



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



Joelson Caco Pereira da Graça

A INTERAÇÃO RIO-MAR NO MUNICÍPIO DE ARARI, ESTADO DO MARANHÃO



São Luís

2022

JOELSON CACO PEREIRA DA GRAÇA

**A INTERAÇÃO RIO-MAR NO MUNICÍPIO DE ARARI,
ESTADO DO MARANHÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia PPGGEO, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, como requisito para obtenção do título de mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Ambiente e análise espacial

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa

São Luís

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Caco Pereira da Graça, Joelson.

A INTERAÇÃO RIO-MAR NO MUNICÍPIO DE ARARI, ESTADO DO
MARANHÃO / Joelson Caco Pereira da Graça. - 2022.

96 p.

Orientador(a): Antonio Coreiro Feitosa.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2022.

1. Arari-Maranhão. 2. Interação Rio-Mar. 3.
Pororoca. 4. Rio Mearim. I. Coreiro Feitosa, Antonio.
II. Título.

JOELSON CACO PEREIRA DA GRAÇA

**A INTERAÇÃO RIO-MAR NO MUNICÍPIO DE ARARI,
ESTADO DO MARANHÃO**

Linha de Pesquisa: Ambiente e análise Espacial

Aprovada em 27 de outubro de 2022

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa
Universidade Federal do Maranhão
Orientador

Prof. Dr. Márcio José Celeri
Universidade Federal do Maranhão
Examinador Interno

Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima
Universidade Federal do Maranhão
Examinador Externo

A
*Aurinda (lusitana beirense), minha mãe,
e Francisco (brasileiro marajoara), meu
pai, pela motivação para descortinar os
horizontes da ilha, e ir além.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que fui, que sou e que serei.

À minha família, em especial, a amada esposa e companheira Eugênia, e filhos Luiz Eduardo, Maria Paula, Luiz Arthur e Leonardo, sem vocês, nada teria sentido.

Ao prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa, por tudo que ele representa para mim, que é mais que um orientador, é um modelo de geógrafo e professor que desejo e busco ser.

Aos professores (a) Ediléa Dutra Pereira, Jorge Hamilton Souza dos Santos e Leonardo Gonçalves de Lima, pelo compartilhamento de conhecimentos, e por me apontarem os caminhos da geologia e geomorfologia.

Ao prof. Dr. Marcio José Celeri, e à prof. Zulimar Marita Ribeiro Rodrigues, professores e coordenadores do PPGGEO/UFMA, pelo zelo com nosso programa.

Aos professores do PPGGEO: André Santos, Hellen Nebias, Marcelino Farias, José Aquino, Julia Petrus, Samarone Marinho e Sávio José, por qualificarem essa conquista.

Aos colegas da turma 2020.1 do PGGEO/UFMA, pela parceria e incentivo.

Aos colegas do NEPA/UFMA, pelo companheirismo.

Aos colegas da SEMA: Felipe, Igor, Karine, Dheyly, Rozélia e Neto, pela colaboração e apoio.

Às instituições SEMA e ANA, por possibilitarem associar trabalho e estudo.

Aos servidores da Defesa Civil do município de Arari, pela presteza.

Ao Dr. Wiliam Carboni Viana, geógrafo e morador de Arari, pelos conteúdos e informações disponibilizadas.

Ao Sr. Gilberto Bigodinho (arariense da gota serena) que é político, inventor, compositor, escritor, pescador, eletrotécnico, guia turístico e historiador, pela ajuda nas atividades de campo.

A todos os munícipes de Arari, que de alguma forma ajudaram a realizar essa pesquisa, aos quais declaro meu respeito.

Obrigado!

RESUMO

A abordagem geográfica analisa o espaço a partir das observações dos fenômenos ambientais em escala espacial e temporal, para identificar as características do ambiente como condições fundamentais para que a sociedade possa atender suas necessidades. A análise sistêmica permite dimensionar os processos recorrentes em um determinado ambiente, identificando seus elementos e atributos, bem como os processos que o modelam. No município de Arari, estado do Maranhão, o sistema fluviomarinho representado pela interação do rio Mearim com o mar, possibilita o atendimento de diversas necessidades da sociedade, como o abastecimento de água, pesca, navegabilidade e proporciona a ocorrência do fenômeno da pororoca, que permite a prática do surfe na pororoca colocando o município em projeção midiática, o que fomenta o turismo de aventura que contribui com aspectos socioeconômicos, embora, o fenômeno acarrete impactos socioambientais negativos, pela intrusão da água salgada, processos erosivos, entre outros. Por meio de abordagem sistêmica, metodologia qualitativa e quantitativa, revisão bibliográfica e emprego de técnicas de observação direta, geoprocessamento e percepção de moradores, foi analisada a dinâmica ambiental da porção do município sujeita a ação do sistema fluviomarinho no segmento do rio Mearim que permeia o município, usando como referência as imagens de satélite do ano de 1976 e 2021, além de identificação e classificação das feições dos meios físicos, bióticos e antrópicos. Os resultados evidenciaram que a interação o sistema fluviomarinho com os demais sistemas ambientais, promoveram elevada dinâmica ambiental no período, cujas consequências foram classificadas como positivas, negativas ou mistas, dentre estas, destacam-se: a disponibilidade hídrica para diversos usos; o surfe na pororoca e suas repercussões socioeconômicas, inundações e seus impactos, processos erosivos que promovem alterações na morfologia do canal, que resultaram em perdas de bens materiais e imateriais, e outros impactos que impuseram a necessidade de adaptações das comunidades locais.

Palavras-chave: Arari-Maranhão, Interação rio-mar, Pororoca, Rio Mearim

ABSTRACT

The geographic approach analyzes space from observations of environmental phenomena on a spatial and temporal scale, to identify the characteristics of the environment as fundamental conditions for society to meet its needs. The systemic analysis allows us to dimension the recurring processes in a given environment, identifying its elements and attributes, as well as the processes that shape it. In the municipality of Arari, state of Maranhão, the river system represented by the interaction of the Mearim River with the sea, enables the fulfillment of several needs of society, such as water supply, fishing, navigability and provides the occurrence of the pororoca phenomenon, which allows the practice of surfing in the pororoca putting the city in media projection, which promotes adventure tourism that contributes to socioeconomic aspects, although the phenomenon causes negative socioenvironmental impacts, by the intrusion of salt water, erosive processes, among others. Through a systemic approach, qualitative and quantitative methodology, bibliographic review and the use of direct observation techniques, geoprocessing and perception of residents, it was analyzed the environmental dynamics of the portion of the city subject to the action of the fluviomarine system in the segment of the Mearim River that permeates the city using as references, satellite images from the year 1976 and 2021, as well as the identification and classification of physical, biotic and anthropic features. The results showed that the interaction of the river-water system with the other environmental systems promoted a high environmental dynamic in the period, whose consequences were classified as positive, negative or mixed, among which are: the availability of water for various uses; the pororoca surfing and its socioeconomic repercussions, floods and their impacts, erosive processes that promote changes in the morphology of the channel, which resulted in losses of material and immaterial goods, and other impacts that imposed the need for adaptations of local communities.

Keywords: Arari-Maranhão, Pororoca, River-sea interaction, Pororoca, Mearim River

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da área de estudo	21
Figura 2	Municípios da Faixa Terrestre da Zona Costeira do Maranhão, Brasil	22
Figura 3	Hipsometria do município de Arari - MA, Brasil	25
Figura 4	Biomos no município de Arari - MA, Brasil	27
Figura 5	Solos no município de Arari - MA, Brasil	27
Figura 6	Fluxograma dos sistemas antecedentes ao sistema geomorfológico	38
Figura 7	Fluxograma dos sistemas geomorfológico em sequência	39
Figura 8	Imagens orbitais de 1976 e de 2021 de Arari - MA, Brasil	48
Figura 9	Sobreposição do rio Mearim de 1976 e 2021 em Arari - MA, Brasil	49
Figura 10	Depósito de sedimentos e processos erosivos em Arari - MA, Brasil	50
Figura 11	Exumação da Formação Cujupe em Arari - MA, Brasil	51
Figura 12	Segmentos do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	53
Figura 13	Segmento 1 do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	55
Figura 14	Área inundada no segmento 1 do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	56
Figura 15	Corpos d'água no segmento 1 do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	56
Figura 16	Segmento 2 do trecho do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	57
Figura 17	Alteração na seção do rio Mearim na em Arari - MA, Brasil	58
Figura 18	Esporão do meandro do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	59
Figura 19	Barra de pontal do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	60
Figura 20	Alagamento na área urbana de Arari - MA, Brasil	61
Figura 21	Igarapé do Nema em Arari - MA, Brasil	62
Figura 22	Barragem no igarapé do Nema em Arari - MA, Brasil	62
Figura 23	Segmento 3 do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	63
Figura 24	Estações pluviométricas na B.H do rio Mearim, Maranhão, Brasil	66
Figura 25	Pluviômetros de Bacabal – MA e de Arari - MA, Brasil	70
Figura 26	Carcaça de baleia encontrada no ano de 2018 em Arari - MA, Brasil	71
Figura 27	Leão marinho resgatado no ano de 2019 em Arari - MA, Brasil	72
Figura 28	Balsedos no rio Mearim em período de estiagem no ano de 2021	72
Figura 29	Carnaubeiras em área alagada em Arari - MA, Brasil	73
Figura 30	Solapamento da estrutura da calçada em Arari - MA, Brasil	74
Figura 31	Zona preferencial do surfe na pororoca em Arari - MA, Brasil	75
Figura 32	Vila do surfe, povoado Curral da Igreja em Arari - MA, Brasil	76
Figura 33	Reivindicação do povoado Curral da Igreja, em Arari - MA, Brasil	76
Figura 34	Surfe na vazante do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	77
Figura 35	Cartaz do Festival da Melancia em Arari - MA, Brasil	78
Figura 36	Captação de água pluvial na zona rural de Arari - MA, Brasil	79
Figura 37	Produção artesanal de embarcação em Arari - MA, Brasil	81
Figura 38	Canal artificial em área de rizicultura em Arari - MA, Brasil	81
Figura 39	Fluxograma do sistema rio-mar em Arari - MA, Brasil	84
Figura 40	Paisagens contraditórias em Arari - MA, Brasil	85
Gráfico 1	Série histórica de pluviosidade na Bacia hidrográfica rio Mearim	67
Gráfico 2	Gráfico do SNIRH/ANA da PCD Bacabal no rio Meari em 2021	69
Gráfico 3	Gráfico da SNIRH/ANA da PCD Aratoi Grande - rio Grajaú-2021	69
Tabela 1	Classificação de sinuosidade proposta por Christofolletti (1980)	53
Tabela 2	Classes de sinuosidade do rio Mearim em Arari - MA, Brasil	54
Tabela 3	Estações Pluviométricas por sub-bacia do rio Mearim	66
Tabela 4	Alguns parâmetros de qualidade de água em Arari - MA, Brasil	79

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRASPO	Associação Nacional de Surfe de Pororoca
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento
CIT	Convergência Intertropical
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
SEDEC	Secretaria de Proteção e Defesa Civil
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra à Seca
DOU	Diário Oficial da União
DSG	Diretoria de Serviços Geográficos
ENOS	El Niño, Oscilação Sul
EP	Estação Pluviométrica
EFC	Estrada de Ferro Carajás
ETA	Estação de Tratamento de água
GNSS	Global Navigation Satellite System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONG	Organização Não Governamental
PA	Pluviômetros Automáticos
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
SAAE	Serviço Autônomo de água e Esgoto
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UDC	Unidade de Defesa Civil
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 METODOLOGIA.....	17
2.1 Métodos e técnicas.....	17
2.2 Procedimentos Metodológicos.....	17
3 ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.1 Localização.....	21
3.2 Características geoambientais.....	23
3.3 Do Curado à cidade de Arari: história, sociedade e economia.....	28
4 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	31
4.1 Abordagem sistêmica nas análises geográficas.....	31
4.2 Interação rio-mar.....	34
4.3 Considerações sobre os sistemas ambientais.....	36
4.3.1 Estruturação Geológica-Geomorfológica.....	36
4.3.2 Interação Climática e Biogeográfica.....	40
4.3.3 Hidrodinâmica fluviomarinha.....	41
4.3.4 Integração sociedade e ambiente.....	44
5 RESULTADOS.....	47
5.1 Configurações e reconfigurações do meio Físico.....	47
5.2 Interações do meio Biótico.....	70
5.3 Interatividade do meio Antrópico.....	73
5.4 Alternância rio-mar como sistema ambiental em Arari.....	82
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS.....	91

INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Na busca de conhecer e entender os fenômenos naturais, a priori, por intermédio da observação da forma como se manifestam, o homem configura e define alguns padrões de suas ocorrências e, por conseguinte, de suas consequências, criando modelos de ocupação espacial que são perceptíveis pelo padrão e finalidade, e estudados por diversas ciências. De posse do conhecimento sobre os fenômenos ambientais, as sociedades catalogam dados e informações quanto à sua periodicidade, frequência, magnitude e duração, dentre outros aspectos, e assim, cria modelos das ocorrências para compor os ensinamentos a serem repassados à sociedade futura.

Historicamente a humanidade buscou ocupar as áreas de domínio ou de influência dos ambientes costeiros, tendo os aspectos geográficos desses ambientes como aliados para garantir a sua sobrevivência. Essa forma de ocupação, sendo favorecida pela localização estratégica, serviu também para definir domínios territoriais a partir de aglomerados humanos que mais tarde se formaram em cidades e atualmente grandes metrópoles (OLIVEIRA, 2010).

Em território nacional, o processo de colonização portuguesa foi regido pela lógica de uso prioritário de áreas da planície costeira, por representarem espaços estratégicos devido a localização para comunicação com Lisboa, e por possuírem recursos naturais de valor econômico como a madeiras, animais e plantas, que compunham a biodiversidade da Mata Atlântica, e pela disponibilidade de solos com aptidão para a produção da cana de açúcar, sendo este o produto que se tornaria o principal item de exportação à época.

Ao estabelecer seu domínio, a colonização portuguesa definiu limites a partir do ambiente costeiro em direção as áreas mais elevadas para dentro do continente, usando o critério de capitanias hereditárias, as quais, mantiveram suas sedes na zona costeira, onde era possível o estabelecimento de portos e estruturas administrativas, e que mais tarde evoluíram para províncias e depois cidades que na sua maioria ainda existem.

Durante os períodos Colonial e Imperial, a dinâmica das atividades econômicas devido o incremento populacional, levou a necessidade de redefinição do espaço geográfico pela descentralização dos aglomerados humanos, promovendo a fragmentação do território, e com isso, ocorrendo a criação de novos núcleos humanos, sobretudo nas áreas das planícies fluvio marinhas. Essas áreas passaram a ser usadas com formas adaptadas as atividades humanas que necessitavam de menor quantidade de recursos, e que a priori, serviam para o auto consumo como a pesca, extrativismo vegetal e criação de animais. Essa nova forma redistribuiu o modelo de ocupação do espaço, que era preferencialmente paralelo a costa.

Ao ocupar as margens dos rios ou áreas costeiras, a sociedade busca sobretudo aporte de recursos, vias de deslocamento e proximidade com os locais de desenvolvimento de atividades produtivas, muitas vezes desconhecendo os complexos sistemas geomorfológicos que formam as planícies fluvial e marinha (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Cardoso (2011) assevera que a ocupação da costa norte do Brasil, pela coroa portuguesa, teve como marco principal a expulsão dos franceses do Maranhão em 1615. Considerando o tempo decorrido desde a chegada de Pedro Álvares Cabral ao território brasileiro, este acontecimento evidencia certo relaxamento das fronteiras, uma vez que navios franceses já faziam comércio e outras práticas nessa região desde muito antes. A falta de patrulhamento e desinteresse de Portugal sobre a costa norte do Brasil, é destacada por Lopes et al., (2017, p. 46), ao afirmar que “uma vez constatada a não existência de metais preciosos nas terras portuguesas do norte da América, não pareceu lucrativo à Coroa portuguesa insistir em sua ocupação imediata”.

Os processos de ocupação do território maranhense ocorreram a partir de três frentes de expansão, uma delas com origem na ilha Upaon-Açu em direção ao interior do estado, seguindo o curso dos rios que deságuam no Golfão Maranhense como o Itapecuru, Mearim, Munim e o Pericumã, conforme Feitosa (2006, p. 2).

Os franceses, primeiros exploradores, fixaram-se e reconheceram toda a ilha Upaon-Açu; os portugueses, no primeiro período de ocupação, ampliaram seus domínios para as terras do entorno do Golfão; os holandeses exploraram os vales adjacentes aos baixos cursos dos rios que deságuam no Golfão e os portugueses, no segundo e definitivo período de ocupação ampliaram seus domínios para a costa a leste e oeste do Golfão e para o interior do território.

Tais processos permitiram, além da exploração de recursos e fixação de aglomerados humanos, o reconhecimento de fragilidades e potencialidades dos ambientes que se desvelavam na ação expansionista.

No município de Arari, estado do Maranhão, a ocupação humana se submeteu, e ainda está submetida, à intensa dinâmica ambiental em decorrência da condição climática e da interação dos sistemas fluvial e fluviomarinho. Esses sistemas, atuando sobre a topografia baixa e plana e o tipo de solo, resultam na ocorrência de inundações sazonais e do fenômeno da pororoca¹, expondo os moradores da área a condições de vulnerabilidade pela perda de bens materiais e imateriais, de processos erosivos intensos, proliferação de doenças de veiculação hídrica, salinização de poços, realocação de agrupamentos humanos, dentre outros.

¹ Segundo Bagno e Carvalho (2014), a palavra Pororoca tem origem na língua Tupi-Guarani significa estourar, rebentar;

O fenômeno da pororoca tem repercussão no imaginário popular mediante o reconhecimento da força da natureza, e no aspecto socioeconômico do município devido ao seu potencial para a fomentar o turismo de aventura, como a prática do surfe na pororoca, atraindo visitantes de diversos estados do Brasil e do exterior.

A município está inserido na Bacia Sedimentar do Parnaíba, possuindo relevo plano com extensas áreas rebaixadas, inundadas e/ou sujeitas a inundações sazonais, e altitudes próximas do nível do mar. O clima apresenta elevadas temperaturas o ano todo, e altos índices pluviométricos mais concentrados nos primeiros meses do ano, e estiagem leve nos demais. Esses fatores associados, contribuem para existência de solos com pouca capacidade de percolação hídrica, promovendo a existência de uma vegetação cuja predominância é de formações pioneiras com influência Fluvial/Lacustre Herbácea (IMESC/ZEE, 2019).

Christofolletti (1999, p. 40) assevera que os arranjos espaciais são resultado da interação dos aspectos naturais e sociais que atuam em determinada área, sendo que “a dimensão espacial é atributo e qualitativo para caracterizar, inicialmente, o objeto de significância geográfica”. O autor assegura que essa organização deve ser interpretada como um sistema funcional e estruturado, o que potencializa a percepção holística do cenário estudado.

Petersem et al., (2019), afirma que a Terra é muito complexa para que só um modelo possa explicar os seus componentes ambientais e suas relações com os demais, assim, a pesquisa foi desenvolvida com a metodologia qualitativa e quantitativa, em seu trajeto contou com abordagem sistêmica, e fez uso de técnicas variadas, dentre elas, procedimentos de geoprocessamento como sensoriamento remoto e vetorização de feições, trabalho de campo para registros fotográficos, observações e conversas com a comunidade, dentre outros.

O objetivo da pesquisa foi compreender como os sistemas fluvial e fluvio-marinho interagem no local, identificar os principais agentes e processos modeladores da paisagem, os impactos socioambientais mais significativos para a vida da população e as alterações ocorridas na morfologia do canal fluvial, tendo como referência as imagens orbitais de 1976 e 2021. E para tanto, o resultado da pesquisa foi dividido nos seguintes itens: Introdução, Metodologia, Área de Estudo, Referencial Teórico, Resultados e Considerações Finais.

Dessa forma, buscou-se evidenciar as alterações ambientais resultantes da interação do rio-mar, permitindo a identificação de fragilidades e de potencialidades, além de complementar os estudos existentes e subsidiar novas investigações, com vistas a embasar a elaboração de políticas públicas que possam garantir a sociedade local segurança na relação ambiente e sociedade.

METODOLOGIA



2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com fundamento numa abordagem integrativa, capaz de possibilitar a análise dos fenômenos espaciais demonstrando a aplicação de conceitos geográficos considerando a atividade dos fatores, agentes e processos modeladores da paisagem atuantes em determinada porção do espaço.

2.1 Métodos e técnicas

Para Christofletti (1980), a abordagem sistêmica se justifica por instrumentalizar os estudos ambientais, dando a possibilidade de uma visão de causa e de efeito dos elementos, bem como suas trocas de matéria e de energia, permitindo estabelecer correlação e conexões nas resultantes, sobretudo na ação entre o homem e a natureza, tendo como exemplo os sistemas geomorfológicos, onde as formas e os processos são fundamentais na estruturação do relevo, em interação com os sistemas: geológico, climático, biogeográfico, hidrológico e antrópico.

Quando ao método da pesquisa, optou-se pelo qualitativo e quantitativo, uma vez que possibilita a execução de análises que associam as visões positivistas às fenomenológicas, culminando com sínteses que possuem melhores condições de explicar os resultados (ARAÚJO e OLIVEIRA, 1997). Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e observação direta para melhor reconhecimento e interpretação das imagens orbitais.

2.2 Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa compreende atividades de gabinete, representada pela investigação bibliográfica, atividades de campo de laboratório, executadas em caráter complementar, para a avaliação das interações dos agentes e processos. As atividades de campo subsidiaram a observação, mensuração e obtenção de dados ambientais. No deslocamento para a coleta de dados primários e secundários, foram observadas as regras e cuidados estabelecidos pelos órgãos competentes quanto às medidas de contenção da pandemia de COVID-19 como: uso de máscara, luva, álcool gel, distanciamento social e permissão da aferição de temperatura pelos agentes de saúde.

A pesquisa bibliografia e o levantamento e análise de documentos cartográficos, foi realizada em livros, artigos e periódicos impressos e eletrônicos, teses e dissertações, bem como documentos do arquivo Público estadual e municipal. Esta etapa se estendeu por todo período da pesquisa, visando embasar os aspectos teóricos pertinentes a pesquisa para subsidiar a elaboração do relatório.

O levantamento e a aquisição dos dados primários, foram realizados através de diversas incursões em campo para esclarecimento de feições previamente analisadas em imagens de sensoriamento remoto, como o reconhecimento de locais onde ocorrem os eventos ligados ao surfe na pororoca, e captação de dados sobre as enchentes dentro do espaço temporal pretendido.

As incursões em campo ocorreram nos dias 17 e 18 de agosto de 2021 e nos dias 21 e 22 de janeiro de 2022, coincidindo respectivamente com os períodos de menor e maior pluviosidade no município. Na oportunidade, houve interação entre o pesquisador e munícipes, através de conversas informais, sem caráter interrogativo, com objetivo de colher dados a partir da percepção e registros de memória, visando contribuir na identificação de características socioambientais locais. Essas técnicas, proporcionam melhor identificação e registro dos fenômenos e seus impactos, assim como dirimir as dúvidas da fase de fotointerpretação das imagens orbitais e demais dados secundários. Conforme Marconi e Lakatos (2002), as incursões em campo para observação direta, podendo ser complementadas com mensurações, reduzem as tendências seletivas e depuração de conceitos pré-estabelecidos. O deslocamento pela área de estudo ocorre por via terrestre com uso de veículo, a pé pelas áreas sem vias de acesso estruturadas, e por via fluvial, em embarcação de pequeno porte cedida pela Unidade de Defesa Civil (UDC) do Município.

Nas atividades de coleta de dados no campo foram utilizados os equipamentos: Receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) portátil, modelo Garmim Oregon 650; veículo aéreo não tripulado (VANT) modelo Drone Mavic 2 Air, e câmera fotográfica de resolução de 12 megapixels.

Foram buscados e extraídos dados secundários de registros de pluviosidade e temperatura, capturados por sensoriamento remoto a partir de Plataforma de Coleta de Dados (PCD) de instituições como: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), bem como dados históricos registrados pela extinta Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Com utilização de imagens orbitais, foram realizadas análise das alterações da morfologia dos canais e dos demais elementos da paisagem, e para tanto, foram aplicadas técnicas de geoprocessamento que contam com vetorização de formas de arquivos *raster*, elaboração de recorte, extração, divisão de feições, cálculo de área, dentre outros, bem como procedimento digital de imagem (PDI) como composição de bandas espectrais e fusão de imagens. Estes procedimentos permitiram a avaliação da dinâmica das ações do sistema fluvial

sobre os canais, bem como os impactos que provocaram alteração das formas e organização do espaço, sobretudo de terrenos, estradas e edificações.

As imagens de sensores orbitais, dentre eles os instalados nos satélites Landsat-2 e Sentinel-2, foram buscadas em plataformas como da Diretoria de Geração de Imagens do INPE, Land Viewer e SCI/HUB - Copernicus, sendo escolhidas as imagens de 1976 e 2021 devido apresentarem melhor qualidade visual. Foram aplicados procedimento de fusão de imagens para melhorar sua resolução espacial com base no método *Pan Sharpening*, que utiliza dados e imagens em 8 bits, 16 bits, 32 bits, e permite a fusão de imagens adquiridas por diferentes sensores (LEONARDI et al., 2009).

Os dados da altimetria do terreno, foram extraídos do Modelo digital de elevação (MDE), a partir do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 m disponível na plataforma TOPODATA/INPE. As bases cartográficas foram extraídas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo complementadas por dados extraídos junto a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA), Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), dentre outros.

Segundo Florenzano (2008), o uso de técnicas de geoprocessamento em análises ambientais é recomendado por possibilitar a análise integrada de grandes quantidades de dados e de informações com qualidade e acurácia proporcionadas pelos sistemas de informação geográfica (SIG). Nesse contexto, foram realizadas técnicas de fotointerpretação de imagens captadas por sensoriamento remoto na elaboração dos mapas temáticos que permitirá melhor identificação das feições analisadas.

Os procedimentos relativos às técnicas de geoprocessamento estão sendo realizados em ambiente SIG no *software Open Source QGIS*® na versão 3.22.11. Foi definido como referencial geodésico o Datum SIRGAS 2000 sistema de coordenadas geográficas para os produtos cartográficos da pesquisa.

Dessa forma, as atividades realizadas no âmbito do desenvolvimento da pesquisa visam encadear os procedimentos metodológicos de acordo com a abordagem proposta, permitindo que os dados sejam analisados em sua relação com sistemas ambientais que atuam na área.

ÁREA DE ESTUDO



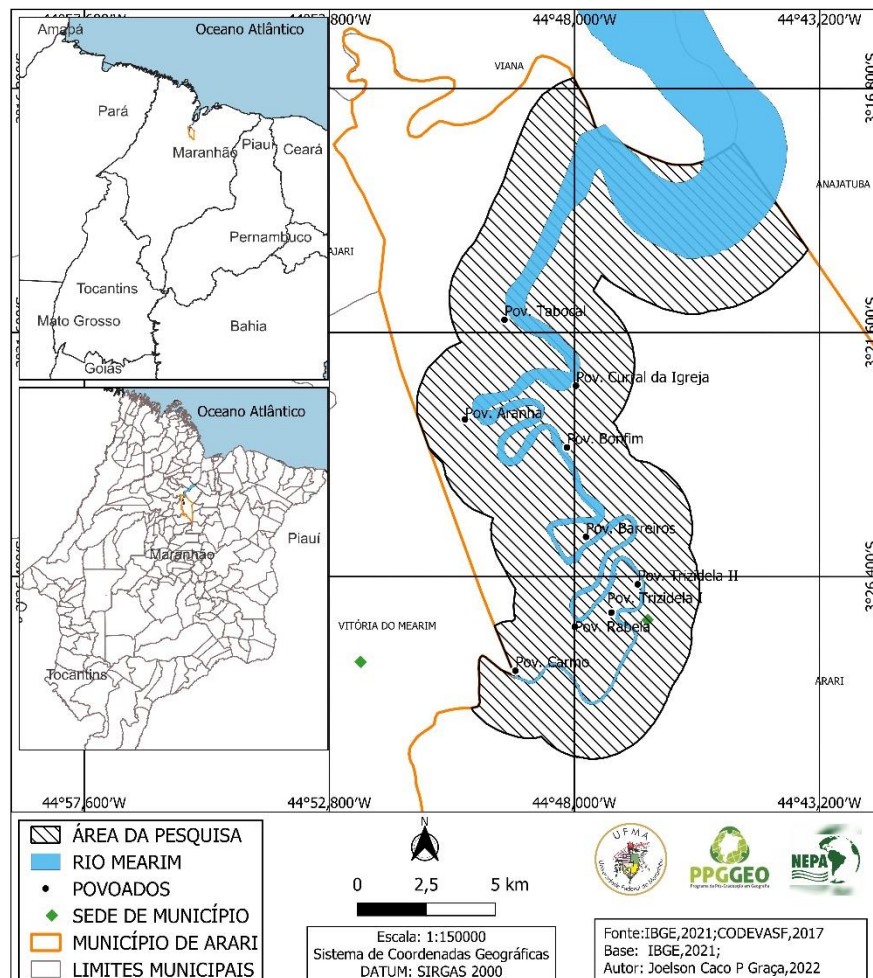
3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

A área da pesquisa compreende parte do espaço marginal do curso do rio Mearim que permeia o município de Arari, possuindo aproximadamente 180 km² (16% da área do município), delimitada entre a divisa com o município de Vitória do Mearim, e os municípios de Anajatuba e Viana. O curso do rio apresenta configuração sinuosa por cerca de 60 km na área pesquisada.

Além da sede municipal, a área da pesquisa alberga nove povoados, sendo seis pela da margem esquerda: Aranha, Carmo, Rabela, Tabocal, Trizidela I e Trizidela II; e três pela margem direita: Barreiros, Bomfim e Curral da Igreja (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo



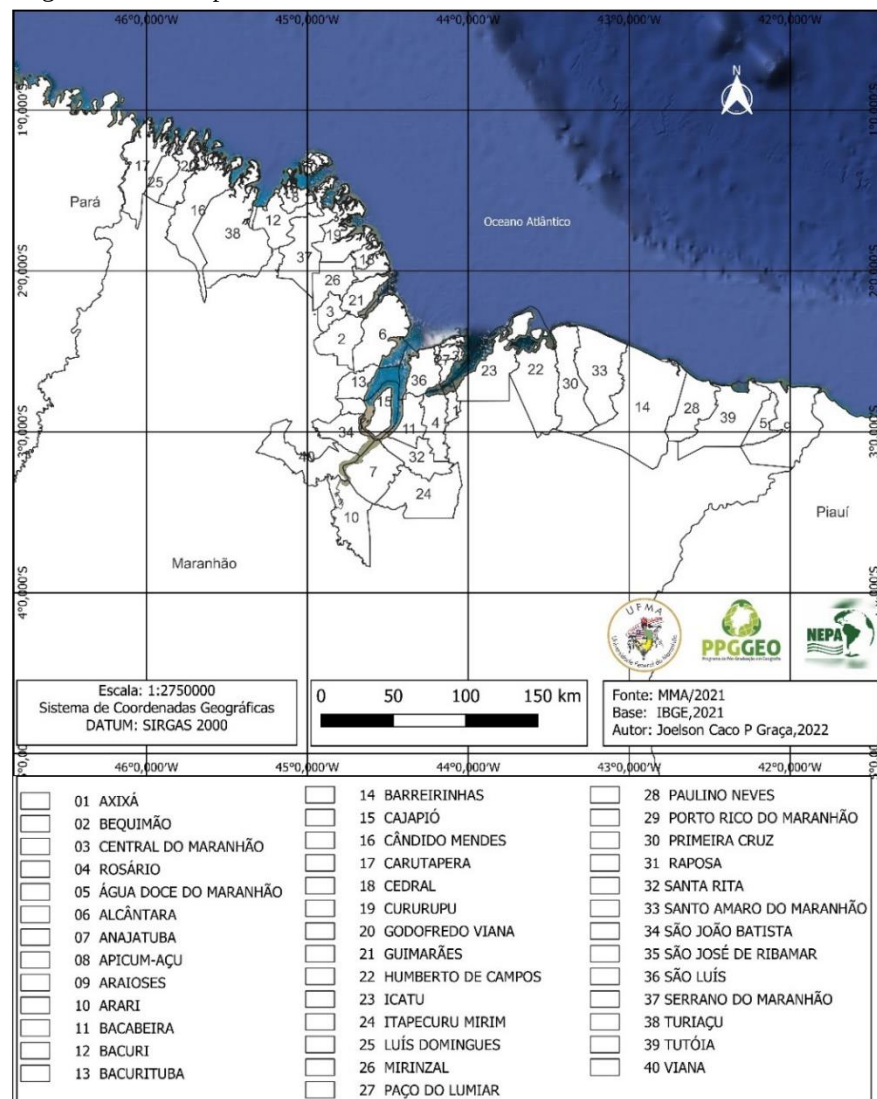
Fonte: Dados da pesquisa

O município de Arari se localiza na mesorregião do norte Maranhense, microrregião da baixada maranhense, inserido na Área de Proteção Ambiental- APA da Baixada Maranhense,

possui extensão de 1.100,28 km, e sua sede municipal está localizada na porção centro-oeste do município nas coordenadas: 03°27'25" S e 44°46'35" W.

A partir da Portaria nº 34, de 2 de fevereiro de 2021, do Ministério do Meio Ambiente (MMA), publicada no Diário Oficial da União (DOU), o município de Arari passou a compor o grupo de 40 município maranhenses que integram a Faixa Terrestre da Zona Costeira do Estado do Maranhão (Figura 2).

Figura 2 – Municípios da Faixa Terrestre da Zona Costeira do Maranhão, Brasil



Fonte: Adaptado BRASIL, 2021

Considerando que o Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, em seu Capítulo II, Seção I, Art. 3º e inciso II, cuja redação define a “faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira”, Arari já se enquadrava nas condições legais para ter acesso as políticas públicas estabelecidas pelo Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído pela Lei

nº 7.661 de 16 de maio de 1988. Dessa forma, a portaria publicada em 2021 sobre o tema apenas regularizou uma situação de ordem legal, pois o é afetado por processos costeiros.

3.2 Características geoambientais

As características geológicas, geomorfológicas, climáticas e de localização do município, fornecem condições para que o município possua grande quantidade de terrenos alagados, quer seja pela ação das marés, pela formação de lagos pluviais, pelo transbordamento do rio Mearim ou pelo afloramento do lençol freático.

Para Christofoletti (1980), os processos responsáveis pela morfogênese litorânea, são controlados por fatores ambientais diversos, como o embasamento geológico, o clima, os fatores bióticos e os oceanográficos, variando tanto no espaço como no tempo. Como resultado, podem-se encontrar praias, mangues, vasas, pântanos, apicuns, lagunas e falésias, e nas áreas atingidas indiretamente pela maré dinâmica, ocorrem os pântanos e campos inundáveis.

As áreas localizadas próximas ao estuário do rio Mearim, são determinantes para a análise de aspectos geoambientais específicos, pois submetem a biodiversidade a uma série de adversidades. Nesse contexto Pinto-Coelho e Havens (2014, p. 87), asseveram:

A grande proximidade entre as diferentes formas de usos humanos com o recurso natural estuarino coloca esses ecossistemas em constante risco: construção e dragagem de canais, despejo e poluição de toda sorte de efluentes líquidos, eutrofização devida ao aporte de matéria orgânica e excesso de nutrientes (N e P); assoreamento excessivo decorrente da intensa atividade de construção; poluição por resíduos sólidos (lixo).

Para Suguio (1980), os estuários caracterizam-se como corpos d'água rasos e salobros, situados na desembocadura dos vales fluviais, e representam a porção final de um rio de drenagem exorreica, sendo um ambiente de transição entre o continente e o oceano.

O município de Arari se insere geologicamente na porção norte da Bacia Sedimentar com suas formações superficiais dominantes do Cretáceo, representado pelas formações Itapecuru e Cujupe; e o Quaternário pelos Depósitos Fluviolagunares e Fluviomarinhas (RODRIGUES et al., 1994). Após algum tempo, a Formação Itapecuru passou a identificar todos os depósitos sedimentares entre a Formação Codó (Aptiano) e as formações Pirabas/Barreiras (Oligo-Mioceno/Plioceno), que se estendem da região leste do estado do Pará e oeste do estado do Maranhão (CERQUEIRA e MARQUES, 1984)

Os depósitos de Sedimentos Fluviolagunares abundantes na região norte do estado, são constituídos por argilas adensadas com areia fina disseminada, maciça, localmente bioturbada, de coloração cinza e plástica, e ocorreram pelo assoreamento do sistema de golfo, pela decantação de carga hídrica suspensa, a partir da última transgressão marinha.

Sobre esse aspecto, Lima et al., (2019, p. 119), assevera que “evolução costeira que se seguiu desde a última Transgressão Marinha Pós-Glacial destruiu grande parte dos registros Quaternários, bem como as evidências sedimentológicas e paleontológicas de variações do nível do mar”.

O litoral maranhense possui extensão de 640 km, e corresponde à faixa de terras que regularmente são alcançadas pelas marés, tendo como limites as linhas de preamar e de baixa-mar. Feitosa (2006, p. 5), destaca que as particularidades apresentadas pelas formas resultantes da atuação dos processos geomorfológicos litorâneos no Maranhão, justificam a sua subdivisão em Litoral Ocidental, Litoral Oriental e Golfão Maranhense, sendo que o município de Arari compõe esse último.

Golfão Maranhense – abrange a reentrância delimitada, a oeste, pela ponta do Guajuru, município de Cedral, e a leste, pela ilha de Santaninha, no município de Humberto de Campos, tendo, ao centro, a ilha Upaon-Açu, mais conhecida como ilha do Maranhão ou ilha de São Luís, além das ilhas do Medo, Pequena, Livramento, Carangueijos, Duas Irmãs, Tauá-Redonda, Tauá-Mirim e Ponta Grossa e compreendendo as baías de Cumã, São Marcos, São José e Tubarão.

A amplitude altimétrica atinge aproximadamente 78 m, com os pontos mais elevados localizados a sudeste do município no limite com o município de Matões do Norte. Possui feições colinosas com vertentes no sentido NO/SO, que contribuem para a formação de lagos perenes e sazonais, e áreas conhecidas como baixões que são abandonados pela sociedade no período de alagamento, sobretudo ocorrendo a retirada de animais confinados (Figura 3).

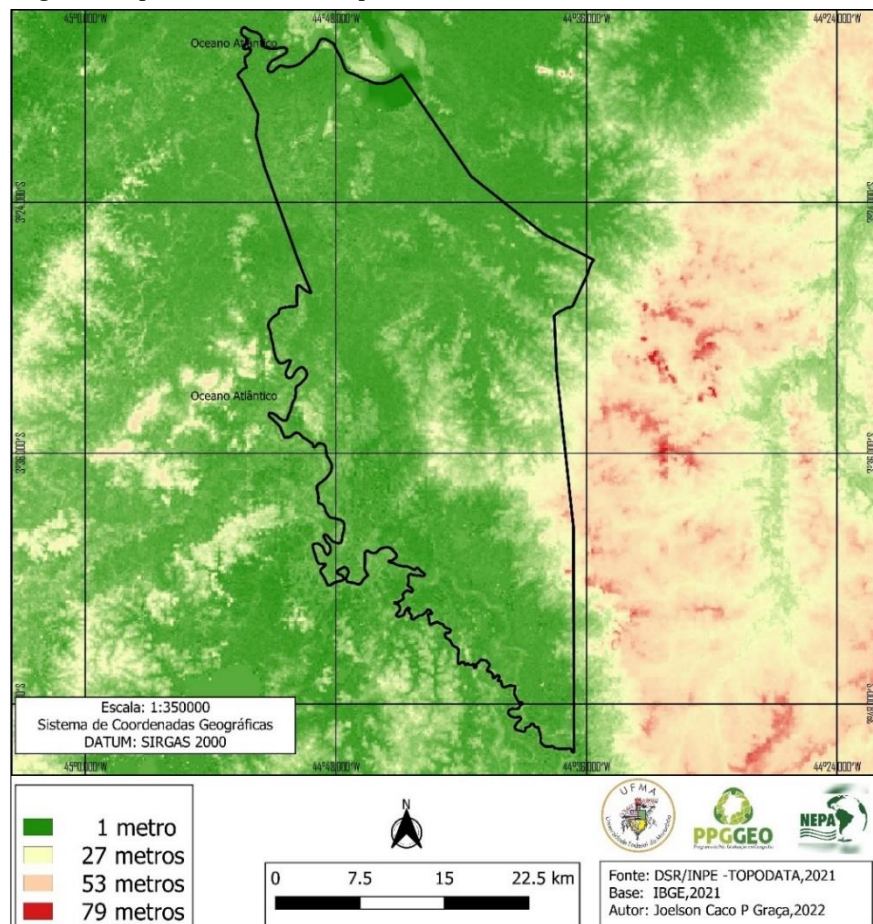
Feitosa (1989, p. 26), assevera que “a Planície Fluviomarinha do Golfão Maranhense possui uma dinâmica sedimentar mais relacionadas ao litoral de “rias” apresentando lagoas fluviais, várzeas inundáveis, áreas colmatadas e um sistema hidrográfico divagante e labiríntico”.

Conforme Araújo et al., (2019), a característica climática do Maranhão apresenta a noroeste o clima tropical quente e úmido, típico da região amazônica, e a sudeste é marcado o clima tropical quente e semiúmido, apresentando altas taxas de precipitação anual, que podem chegar a 2000 mm/ano, e temperatura média de 27°, com baixa amplitude térmica.

Pinheiro (2018), destaca que a influência dos fenômenos atmosféricos, que de forma periódica, influenciam no clima das regiões, como é o caso do El Niño Oscilação Sul (ENOS) A pluviosidade possui maior incidência entre os meses de janeiro a maio, alcançando até 75% do total precipitado no ano, enquanto os índices de temperatura não apresentam variações consideráveis, mantendo-se estáveis durante todo ano.

O município situa-se no baixo curso do rio Mearim, próximo a seu estuário, possuindo grande quantidade de lagos perenes e sazonais e pequena rede hidrográfica, e dentro da área da pesquisa, destaca-se o Igarapé do Mena. O rio estabelece os limites municipais ao sul e sudoeste com os municípios de Conceição do Lago Açu e Vitória do Mearim em um percurso de aproximadamente 85 km. Em seguida, atravessa o município em um percurso de aproximadamente 60 km no sentido preferencial norte, até a foz do rio Pindaré, no limite com os municípios de Viana e Anajatuba.

Figura 3: Hipsometria do município de Arari – MA, Brasil



Fonte: Adaptado INPE/TOPODATA, 2021.

Conforme a CODEVASF (2019, p.40), o rio Mearim é um dos mais importantes do estado, destacando sua extensão com aproximadamente 742 km de extensão, tendo suas nascentes no município de Formosa da Serra Negra, nas encostas setentrionais da Serra da Menina, em altitudes de 460 m, e desaguando na baía de São Marcos com foz estuarina. Possui drenagem exorreica, com vazão média total de 557 m³/s. A Bacia Hidrográfica do rio Mearim é a maior em extensão do estado com 99.289,05 km² que corresponde a 29.6% do território,

sendo ocupada por 89 municípios e uma população estimada em 2.337.160 habitantes (IBGE 2020).

O município de Arari possui a maior parte e seu território inserido no bioma amazônico, e uma pequena parte no bioma Cerrado, estando na faixa considerada de transição. Predominam as vegetações do tipo campos, matas de galeria na borda dos corpos hídricos, capoeira nas áreas elevadas, mata de cocais e mangues (Figura 4).

Costa-Neto et al., (2015), destacam que as características geoambientais da baixada maranhense, onde o município de Arari está inserido, ocorre alternância do ciclo pluviométrico anual períodos de estiagem e alta pluviosidade, estes influenciam na temperatura atmosférica e do solo, na disponibilidade hídrica, dentre outros, favorecendo a produção abundante de gramíneas e ciperáceas propícias para o pastoreio animal, sendo mais comum espécies como o capim-açú (*Andropogon minarum*), capim marreca (*Paspalum conjugatum*), algodão bravo (*Ipomoea Carnea*) e salsa brava (*Ipomoea asarifolia*), e manguezais.

Nas áreas emersas ocorrem espécies vegetais da Mata dos Cocais, como o Babaçu (*Orbignya phalerata*) e, sendo destacada a presença da palmeira Carnaúba (*Copernicia cerifera*), e outras variedades, todas característica da faixa de transição.

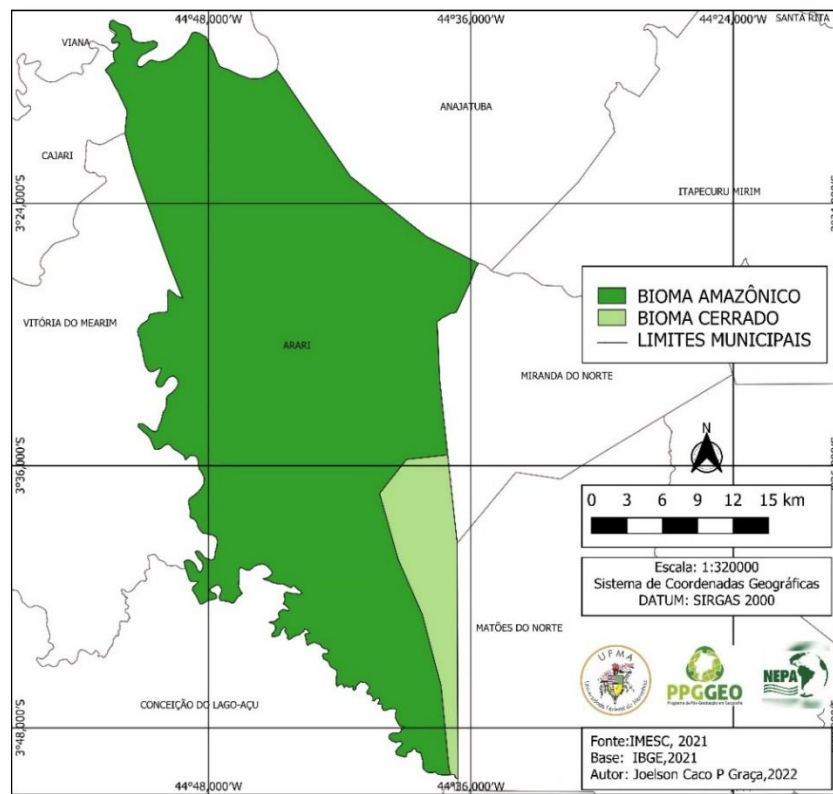
Sobre a tipologias da cobertura vegetal, Machado e Pinheiro (2016, p. 1411), comenta:

Nas áreas inundáveis da Baixada Maranhense podem ser encontradas diferentes unidades de paisagem, compostas por uma variedade de tipologias vegetacionais: Os Lagos, com Macrófitas Aquáticas e nos seus entornos, Matas de Igapó e Matas Ciliares Não Inundáveis; Campos inundáveis e Não Inundáveis, com seus Campos Herbáceos e Matas de Igapó; os Aterrados, com suas Matas de Aterrado; os Tesos com sua Mata de Igapó e Campos Herbáceos; e a Terra Firme, onde aparecem as Florestas Secundárias (Capoeiras), os Babaçuais e as Matas Ciliares Não Inundáveis

Os dados extraídos da plataforma de *WebSIG GeoInfo*, que armazena e disponibiliza dados espaciais da EMBRAPA para pesquisas, em Arari foram encontradas três classes de solos que somados ocupam 105.674 ha, correspondendo a 95,1 % da área do município, sendo estes: Plintossolos, Gleissolos e Neossolos Flúvicos. Das classes de solos evidenciados, os Plintossolos predominam com 46,4 % (49.059 ha) da área municipal, os Gleissolos com 38,6 % (40.775 ha) e os Neossolos Flúvicos com 15 % (15.840 ha). Na área definida pelo recorte da pesquisa, os Neossolos Flúvicos são predominantes, seguidos dos Gleissolos (Figura 5).

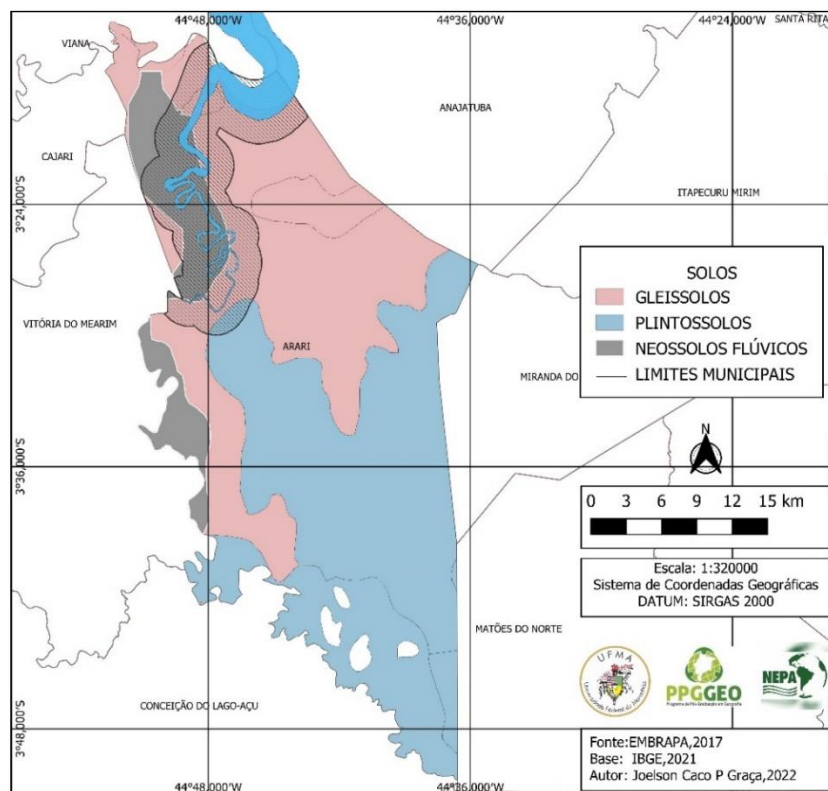
Para Farias Filho et al., (2020), os solos do município possuem características marcantes do material de origem, do relevo plano e do clima, o que lhe confere uma condição de baixas capacidades de troca catiônica e fertilidade, tendo sua origem associada a transgressão marinha e decantação dos sedimentos, que proporcionam a predominância de solos Hidromórficos.

Figura 4: Biomas no município de Arari – MA, Brasil



Fonte: Adaptado IMESC, 2021

Figura 5: Solos município de Arari – MA, Brasil



Fonte: Fonte: Adaptado EMBRAPA, 2021.

3.3 Do Curado à cidade do Arari: história, economia e sociedade

Marques (1870), assevera que o curato de Arari (na época Arary), foi fundado em 1723 pelo fidalgo português e Capitão-mor da capitania do Maranhão José da Cunha d'Eça e possuía uma localização privilegiada as margens do rio Mearim, sendo cortado pelo igarapé do Mena, que drenava o Lago da Morte. O autor revela que em 1806 um grupo de moradores do pequeno lugarejo, liderados por Lourenço da Cruz Bogéa pediu autorização para construção de um templo religioso ao Bispo Luiz de Britto Homem, o qual ficou erguido até o ano de 1808. O grupo de devotos se dirigiu até a “villa” da Victória (atual Vitoria do Mearim), buscar em procissão uma imagem de N.S. da Graça que pertencia a uma antiga ordem religiosa. A transladação da imagem ocorreu em 1809 em barco através do rio Mearim, e foi acompanhada por mais de 400 pessoas de vários locais, inclusive da capital.

Como forma de manutenção da estrutura administrativa para atendimento das almas (fiéis), foram cedidos recursos ao lugar com objetivo de custeio, conforme Marques (1870, p. 23):

Em 20 de agosto de 1810 na freguezia ele N. S. de N. S. da Nazareth da Victoria do Mearim, o juiz, procurador, thesoureiro e mais irmãos mesarios da irmandade de N. S. do Arary, por escriptura publica passada pelo tabellião José Joaquim de Meirelle, e obrigaram a dar para patrimonio da capella, erecta á mesma Senhora, no lugar Arary o rendimento de 28 cabeças de gado cavallar (egoas) e dous cavallos para paes d'egoa o qual importava no valor de rei 1205000.

Segundo Marques (1870), em 1856 o lugar contava com 130 habitações, sendo 40 de telha e 90 de palha, 8 lojas ou quitandas e 10.086 habitantes e destes 313 escravos. Com a promulgação da Lei Provincial nº 465, de 24 de maio de 1858, o lugar foi elevado à categoria de freguesia, sendo filial da villa de N.S. de Nazareth da “villa de Victoria do Mearim”.

A condição de vida das pessoas na localidade, foi comentada por Marques (1870, p.24), como sendo favorável a longevidade:

Arary é um dos lugares mais salubres da provincia. e onde se vive maior número de annos. Os estrangeiros, principalmente os portuguezes, chegam a uma longevidade extraordinaria, e para prova disto basta citarem-se os seguintes factos mais recentes: José de Sousa de Farias, contava com mais de 120 annos, quando falleceo, e o tenente Lourenço da Cruz Bogéa, mais de 100. Existem ainda, talvez, mais de 12 homens que contam 80 e mais annos, e tão fortes e robustos que ainda pensam na viagem para o outro mundo! Quanto aos naturaes seria fastidioso enumerar os que teem morrido, e os que ainda vivem com aquellas idades. É tão benigno o clima deste lugar, que tem sido preservado de todas as epidemias, que nestes ultimas vinte annos tem assolado a capital e muitos lugares do interior.

Para o ano de 2021, a população do município foi estimada em 30.014 habitantes e uma densidade demográfica de 25,89 hab./km², apresentando maior concentração na área

urbana do município estimada em 18.600 habitantes, representando 62% do total, e destas, 48,8% têm acesso a esgotamento sanitário (IBGE, 2020). O índice de Desenvolvimento Humano Municipal-IDHM registrado é de 0,626, abaixo do índice do Maranhão que é de 0,639 (IBGE, 2011).

As manifestações culturais no município possuem características diversas, e se manifestam de variadas formas e períodos do ano. São materializadas em festejos de cunho religioso, com forte influência do cristianismo, sobretudo devido a história de formação do município, como de Nossa Senhora das Graças e Bom Jesus dos Aflitos, tendo estes recebido proposta de serem considerados patrimônio imaterial do Estado do Maranhão, conforme projeto de Lei nº 487/2019 enviada para sanção governamental.

Ocorrem também festivais culturais como o Bumba Meu Boi, manifestação tradicional no estado desde o século XVIII que possui concentração de atividades nos meses de junho e julho, além dos festivais, feiras e festejos com toponímia a partir de produtos da produção local como: melancia, peixe, juçara, dentre outras.

A economia municipal tem importante contribuição do extrativismo vegetal, com destaque o carvão vegetal, lenha, madeira e amêndoa de babaçu; a agricultura, com lavouras temporários e permanentes, os destaques são a produção de arroz, mandioca, melancia, milho e melão, que juntos atingiram 19.106 toneladas em 2011; na pecuária destacam-se os rebanhos bovino, suíno, caprino, ovinos e aves, sendo alguns em modelo de criação extensiva e outros confinados. A criação extensiva de patos também é destaque no município, tendo como importante mercado consumidor o estado do Pará.

Segundo Almeida (2005), a pesca é uma atividade importante no município, sendo 100% artesanal e os pescadores são beneficiados por programa assistencial em época de piracema. Outra atividade econômica de destaque no município é a rizipiscicultura², principalmente pelas características do meio físico, com a grande oferta de água e a ocorrência de lagos que se mantem devido as características hidromórficas dos solos.

O setor de serviços representados pelo comércio e o turismo, tem grande contribuição dos eventos ligados a prática do surfe na pororoca, atraindo praticantes do esporte de origem estadual, nacional e internacional, como por exemplo a Associação Nacional de Surfe de Pororoca /ABRASPO, realizam campeonatos e divulgam através da mídia tradicional e pelas redes sociais seus eventos.

2 Segundo Sato (2002), é técnica de criar peixes ou crustáceos nos quadros de arroz irrigado

REFERENCIAL TEÓRICO



4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Abordagem sistêmica na análise geográfica

Através da realização dos atos reflexivos, o homem busca cunhar novos entendimentos através do tempo, e com isso, vai reescrevendo seus pensamentos, moldando e alterando suas relações sociais, com impactos no ambiente em que se insere. O Desenvolvimento desses atos, enseja o estabelecimento de critérios de análise, que compõem o conhecimento científico que, conforme Conti (1997, p. 20) “é o conjunto de ideias estabelecidas e conectadas entre si, isto é, organizadas segundo uma ordem lógica. Baseia-se em teorias pré-formuladas, também conduz à construção de novas teorias ou paradigmas. A ciência é analítica, explicativa e propõe questionamentos”.

As diversas propostas e alterações ocorridas, durante séculos, na busca de estabelecer bases e metodológicas para o conhecimento científico, diversos cientistas experimentaram, mesmo que de forma esporádica, a noção de sistema, sobretudo quanto as metodologias não poderiam responder a contento as indagações com base no pensamento cartesiano (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003). Mesmo os conceitos basilares como o de Newton e suas considerações sobre Sistema Solar, perpassando por reflexões de Leibniz, Nicolau de Cusa, Vico, Ibn-Kaldun dentre outros (BERTALANFFY, 2010).

A Geografia passou por várias tendências e escolas de pensamento, dentre elas: tradicional, determinista e possibilista, além de positivista e crítica, que constituem orientações importantes para o posicionamento dos seus pesquisadores que, desde meados do século XX, vem desenvolvendo uma compreensão mais completa dos fenômenos naturais e sociais, a sistêmica ou holística, pautada numa abordagem mais integradora dos sistemas estudados buscando compreender suas relações e possibilitando maior abrangência e profundidade em suas análises.

Nessa linha, destaca-se a importância de identificar os fatores, agentes e processos que modelam a paisagem, e que resultam na alteração do equilíbrio ambiental, conforme apresentado por Feitosa (1989, p. 106):

Cada agente modelador da paisagem participa da operacionalização dos processos com modo e ritmo próprios ainda que concomitantemente, em função da quantidade de energia que possui, das propriedades dos elementos ambientais e das resistências dos materiais submetidos à decomposição e à meteorização. O concurso intenso e continuado de vários agentes morfogenéticos sobre uma paisagem resulta na aceleração de sua dinâmica, instabilidade e tendência à desagregação do equilíbrio ambiental.

Ross (2006), enfatiza que a abordagem sistêmica favorece os estudos da geografia física, uma vez que essa tem o objetivo de investigar fenômenos naturais em suas inter-relações, que se caracterizam por serem dinâmicos em seus fluxos de energia e matéria, formando um todo indissociável.

No tocante a vertente dos estudos promovidos pela Geografia, diversos os autores propuseram reflexões acerca do desenvolvimento de conceitos e pesquisas sobre os sistemas ambientais, com destaque para Christofolletti (1977, 1979, 1999), Feitosa (1989, 1993, 2006), Sotchava (1977,1978), Passos (1997, 2021), Bertrand (1968), Tricart (1966, 1977), Troppmair (1983, 2008), Neves (2015), Ab’Saber (2004), Monteiro (2000,2001), dentre outros.

No início do século XX, as discussões sobre novas tendências científicas encontravam campo fértil junto aos pensadores; é nesse cenário que *Ludwig Von Bertalanffy*, em 1937, em Chicago (EUA), propõe uma discussão filosófica sobre o conceito de sistemas, porém, somente após a Segunda Guerra Mundial suas ideias tiveram maior repercussão com o lançamento da obra “Teoria Geral dos Sistemas”. A ideia do autor foi agregar as diversas linguagens científicas, relacionando os elementos em uma visão sistêmica, conforme Bertalanffy (2010, p. 28) a proposta:

Pressupunha uma episteme complexa e que, na essência, buscava uma linguagem científica única que englobasse todos os campos do conhecimento, permeando a Biologia, a Engenharia, a Física, a Matemática, a Psicologia, as Ciências Sociais, as Ciências da Terra e outras, através da definição e análise de componentes e estruturas funcionais inerentes a todos os campos da realidade, os quais colocam-se como suporte para sua compreensão, os sistemas.

Passos (1997), assevera que na década de 1960 diversos autores soviéticos, dentre os quais D. L. Armand, A. A. Grigoriev, A. G. Isachenko, S. V. Kalesnik, V. S. Preobrazhenskii, A. M. Riabchikov, V. B. Sotchava, N. K. Solntsev e I. P. Gerasimov, do Instituto Geográfico da Sibéria e do Extremo Oriente, contribuíram com teoria do Complexo Físico ou Complexo Natural, postulando que a Terra possuía em sua composição elementos individuais que se relacionam entre si em diversas escalas, e que estes estão distribuídos de forma irregular na superfície terrestre. Tal concepção tornou-se basilar para a estruturação do geossistema.

Na perspectiva russa, destaca-se o trabalho de Sotchava (1977, p. 2) salienta a importância do estudo integrado da paisagem, associando os elementos e suas relações dinâmicas, não devendo se limitar aos “componentes da natureza, mas as conexões entre eles, e não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para estudo de sua dinâmica, estrutura funcional e conexões”. Para o autor as análises geográficas não devem estudar os componentes da natureza isoladamente, mas as

conexões entre eles, projetando-se para o estudo da dinâmica, estrutura funcional, conexões, que compõem a morfologia da paisagem.

O geossistema, na concepção de Sotchava, não contemplava em sua composição os aspectos relativos a Geografia Humana, uma vez que possuía maior aproximação com teorias e conceitos relativos aos aspectos naturais, consubstanciado por reflexões teóricas oriundas das Ciências Exatas e Ciências da Terra. Conforme Passos (1997, p. 8)

No âmbito das escolas moscovitas, mais marcadas pela morfologia da paisagem, as ideias concernentes a geossistemas e geotopologia estão associadas às correntes de pensamento caracterizadas por abordagens de paisagem mais próximas das ciências "duras", Física ou Matemática, que das ciências naturais. A Geofísica da Paisagem e suas derivações mais ou menos cibernéticas exprimem particularmente bem este fenômeno.

Georges Bertrand, apoiado nas concepções de Karl Troll, e pela perspectiva russa, desenvolveu suas pesquisas e chegou a proposições que culminaram com a concepção teórico-metodológica do geossistema, quando o autor publica em 1968 texto: *Paysage et Géographie Physique Globale: esquisse méthodologique* traduzido em 1971. Com as contribuições de Bertrand, o geossistema passou a ter um caráter espacial, considerado o resultado da combinação do potencial ecológico (Geologia, Geomorfologia, Clima, Hidrologia) da exploração biótica (Vegetação, Solo, Fauna) e da ação antrópica, caracterizada pelos interesses que são diversos, configurando-se o encadeamento dos sistemas, seus agentes e processos que atuam em determinada área e que são: complexos, dinâmicos e por vezes não harmônicos.

A importância da análise geossistêmica nos estudos ambientais é defendida, sobretudo, porque a interação entre os sistemas analisados traz sentido aos dados levantados. Neste contexto, Troppmair e Galina (2008, p. 83) fazem interessante analogia à obra de Piaget, assinalam que “uma letra no alfabeto não tem sentido; uma palavra um sentido restrito; uma frase já tem sentido social; então um parágrafo, um livro, tem bastante sentido”.

Essa perspectiva de análise tem como desafio a integração de saberes de ciências sociais, humanas e da Terra, ensejando grande esforço intelectual de muitos geógrafos. Muito mais que uma nova abordagem, abre a possibilidade de análises integradas, sendo os teóricos e estudiosos do ambiente natural, os responsáveis pelo seu desenvolvimento na busca de integrar a diversidade de elementos que compõem o espaço geográfico.

Nos ambientes costeiros, a perspectiva sistêmica tem sido aplicada em pesquisas desenvolvidos por outras ciências além da Geografia, como: Biologia, Ecologia, Geologia e Oceanografia. Um dos destaques na aplicação da abordagem sistêmica nos estudos costeiros no Brasil, conta com importante contribuição do livro “Contribuições para a gestão da zona

costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro” do professor Antônio Carlos Robert Moraes, publicado em 1999.

Sobrinho et al., (2019), ao realizar o estudo da Planície Costeira do Amapá, destacam que as análises geossistêmicas em áreas costeiras, podem apresentar maiores níveis de complexidade se comparados com as áreas continentais, devido a origem dos elementos e pela dinâmica dos processos existentes em seu ambiente.

A complexidade das análises em áreas costeiras, são potencializadas quando o espaço de análise abriga sistemas ambientais distintos, como planície fluvial, planície fluviomarinha, planície de inundação, planície de maré, constituído pelas dinâmicas fluvial e marinha, dessa forma, tem-se um espaço geográfico em constante modificação. Destacando a relevância uso da abordagem sistêmica para os estudos em ambientes costeiros, Alves et al., (2007, p. 12), asseveram:

Os sistemas ambientais que conjugam a dinâmica fluvial de grandes bacias hidrográficas com a dinâmica costeira apresentam-se como distintos em relação aos demais, pois associam elementos e processos dinâmicos de diferentes origens que interagem simultaneamente e se repercutem no espaço geográfico.

No município de Arari, a hidrodinâmica fluvial e fluviomarinha promovem alterações frequentes nos geossistemas locais, promovendo impactos que atingem o meio físico, biológico e sobretudo social. Dessa forma, torna-se fundamental, que seja utilizada a visão sistêmica na pesquisa, com vistas a identificar os geossistemas existentes, propondo ações e análises que possam contribuir para mitigar os impactos negativos e potencializar os positivos.

A despeito das proposições e os caminhos da abordagem sistêmica apresentados pelo grande número de autores já citados, esta pesquisa se pautará na percepção de Christofolletti (1979) e busca nas suas contribuições sobre o tema, a metodologia para interpretação dos dados, entendendo que aplicação da Teoria dos Sistemas em Geografia propicia melhor delineamento e exatidão dos estudos ambientais.

4.2 Interação rio-mar

A interação do sistema marinho e do sistema fluvial apresentam elevado grau de complexidade, uma vez que ambos se encontram “sob severa pressão ambiental associada a indutores antrópicos, tais como urbanização, industrialização e produção agrícola” (NICOLODI et al., 2009, p. 1).

O sistema fluvial possui funcionalidade por meio de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas, carreando para o canal se forma continuada, os materiais desagregados do solo pela ocupação antrópica e suas diversas atividades. O sistema marinho

através de processos oceanográficos como correntes longitudinais e de marés, promove a entrada de água salgada, que nem sempre se misturam devido a maior densidade maior da água do mar em relação a água do rio. Ambos os fluxos têm seu efeito definido e potencializados por processos meteorológicos além de aspectos relacionados à topografia terrestre e marinha.

Pritchard (1967), apresenta um conceito sobre estuários no qual os apresenta como sendo corpos d'água costeiros semifechados com acesso livre ao oceano, que em seu interior a água doce derivada da drenagem fluvial, se dilui gradativamente na água do mar.

De acordo com Miranda et al., (2002, p. 194), os estuários realizam a integração do continente com o mar, sendo o ponto de contato das águas doce e salgada, e define-o como: “Classicamente os estuários são definidos como corpos de água parcialmente fechados par ao oceano adjacente, onde a água do mar é diluída pela água de origem fluvial”. Os autores complementam a análise ao asseverar que “A presença da água salgada na boca faz do estuário um sistema que bombeia constantemente água salgada para seu interior”.

Parker (2007) destaca, que a onda de maré em contato com a zona estuarina, tem suas características alteradas pelo afunilamento do canal (característico de estuários), haverá a dissipação da energia da onda, porém ocorrerá reduzindo lateralmente, porém o afunilamento manterá a elevação da onda, resultado em distorções em sua forma. Destaca o autor que a influência sobre a onda de maré também terá origem na vazão do rio que ampliará as suas distorções.

Park (1989) contribui ao propor a divisão dos estuários em três seções: Baixo - Que possui conexão livre com o oceano; Médio - Onde ocorre o processo de mistura da água marinha com água doce; Alto - Dominado por água doce, mas, ainda sentindo os efeitos da maré, seja no nível ou com pela presença de saís.

Considerado o conceito de afunilamento do canal estuarino e as divisões propostas por Park (1989), um dos principais efeitos da interação do rio Mearim com o oceano Atlântico, através da baía de São Marcos, no município de Arari é o fenômeno da pororoca, cujas ondas, apresentam potencial destacado para a prática do surfe na pororoca. Assim os praticantes dessa modalidade de surfe, e a sociedade local, monitoram os agentes atmosféricos, com vistas a identificar o melhor período para programar a realização de eventos esportivos e turísticos.

Além das ondas formadoras da pororoca, as alterações morfológicas causadas pela hidrodinâmica no canal fluvial, precisam ser monitoradas, pois, podem provocar rompimento de meandros, isolando propriedades ou colocando-as na direção do novo fluxo fluvial ou fluviomarinho, que pode provocar perdas materiais, imateriais e até mesmo, colocando as pessoas que ocupam essas áreas em risco de morte.

4.3 Considerações sobre Sistemas ambientais

Conforme Christofolletti (1999, p. 4), sistema é um “conjunto organizado de elementos e suas interações, possuindo conhecimento científico de uso antigo e difuso, citando como exemplo o sistema solar”. O autor complementa ao definir que o sistema é o conjunto de objetos (elementos ou unidades) e seus atributos (qualidades) e suas relações para execução de uma função particular, recebendo *input* e transformando-os em *output*, sendo estes processos realizado em um determinado lapso de tempo. Considera que no estudo da composição dos sistemas, é necessário abordar os aspectos: matéria, energia e estrutura, no contexto da pesquisa.

A partir das discussões que culminaram com a elaboração da Teoria Geral de Sistemas por Ludwig Von Bertalanffy, a ciência moderna, através de estudos interdisciplinares, possibilitou a inclusão de novos paradigmas científicos. Em relação aos estudos relativos ao ambiente, tanto na análise dos processos como na estrutura do sistema, a abordagem deve levar em conta os elementos externos ao objeto de estudo, em uma perspectiva holística, portanto mais abrangente. De acordo com essa premissa, a partir da década de 1980, muitas pesquisas as obras passaram a se ocupar do desenvolvimento de estudos de sistemas ambientais, associando a estes, as questões ligadas aos aspectos socioeconômicos.

De acordo com Christofolletti (1999, p. 177,), estes estudos possuem eixos temáticos que foram distribuídos em “obras focalizando a perspectiva geográfica, as elaboradas sob a perspectiva ecológica e a integração entre meio ambiente e economia”. O autor argumenta que a Geografia Física, como subconjunto da Geografia, deve ter por princípio a preocupação com o estudo da organização espacial dos sistemas físicos, denominados geossistemas, considerando diferentes escalas espaciais.

Feitosa (1989), destaca que os elementos ambientais são partes de um todo, sendo os agentes morfológicos vinculados aos fatores ambientais, e este por sua vez, vinculados aos elementos estruturantes da terra.

4.3.1 Estruturação Geológica-Geomorfológica

Silva e Crispim (2015), sustentam que a Terra foi formada a partir de processos de resfriamento, onde os elementos leves flutuaram e os mais pesados afundam, formação do núcleo interno (Ferro e Níquel), colisões constantes, Formação da crosta, atividades vulcânicas, Criação da atmosfera primordial com a liberação de CO² do interior e acresção de gases do espaço, formação das primeiras chuvas, dos oceanos, incorporação do CO² às rochas, até que a atmosfera tivesse CO² em quantidades significativas, oriundos da fotossíntese das cianobactérias.

De acordo com Press et al., (2006), o entendimento de como a Terra evoluiu ao longo dos milhões de ano, necessariamente passa pela perspectiva geológica de tempo. O autor assevera que os geólogos estimam que a idade da Terra seja de cerca de 4,5 bilhões de anos, mas o surgimento da vida humana ocorreu numa pequena parte desse tempo.

A gravidade, como a força niveladora, exerce sua ação a partir da atração que toda massa possui em relação a outra. Nesse sentido, Bloom (1996, p. 19), faz alusão as forças de mudança e as fontes de energia a qual a superfície da Terra está sujeita

Cada partícula de rocha na superfície da Terra está sujeita à ação de muitas forças. Estas forças provêm de uma variedade de fontes de energia, incluindo o sol, a Lua e o calor do interior da Terra. Para compreender por que e como as paisagens modificam, precisamos primeiramente considerar estas forças de mudança e as fontes de energia que dirigem as forças.

Para Chistopherson e Birkeland (2017), a conformação e a topografia dos assoalhos dos continentes e oceanos, resultam de processos como orogênese, epirogênese, falhamentos, dobramentos, erosão, processos e subducção, dentre outros, e são evidências da dinamicidade da Terra. Os sistemas ambientais endógenos enviam fluxos de calor e matéria para a superfície, que irão formar a crosta terrestre em um processo contínuo.

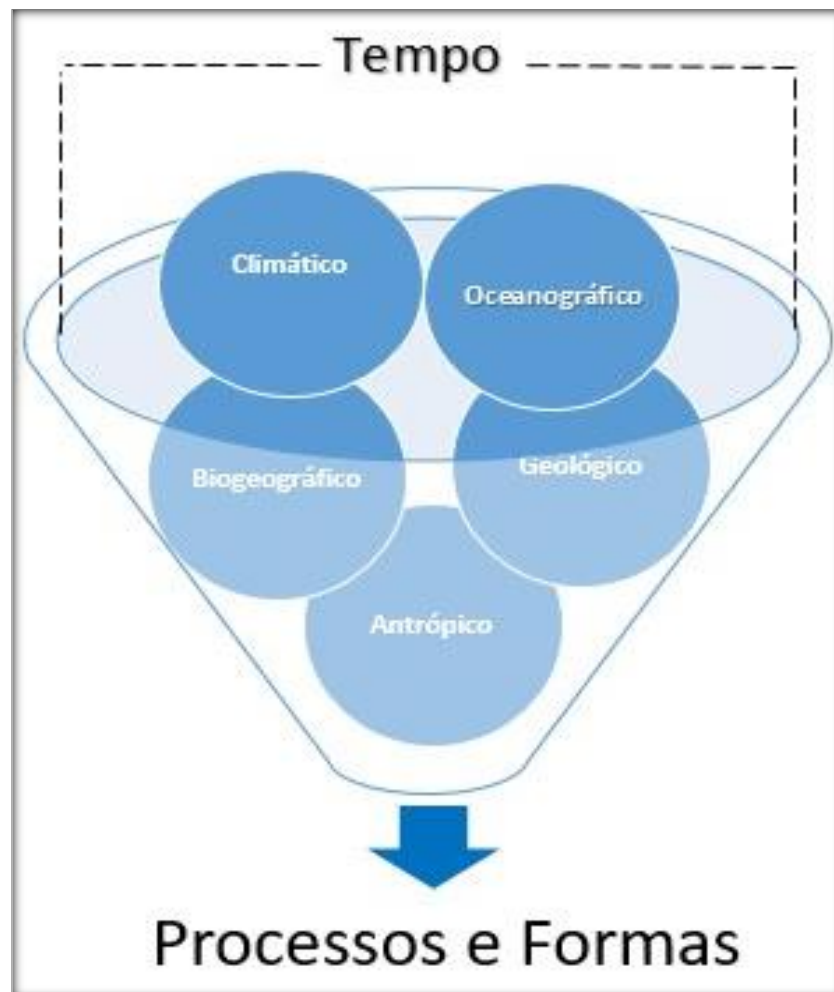
O sistema geológico, através da variabilidade e dos atributos da litologia que resulta dos processos endógenos, fornece material que será trabalhado pelo intemperismo físico, químico e biológico, promovendo a fragmentação do material. Além de contribuir como os padrões da rede de drenagem, é parte integrante da formação dos solos, da existência de água em subsuperfície, dentre outros. As rochas e os solos compõem a base de sustentação do ambiente, sendo fundamental para que a paisagem se estruture e evolua. A composição das rochas, permite a formação de solos específicos, que associados a condições climáticas, permitem a ocorrência de determinado tipo de vegetação.

Considerando que as rochas possuem graus variados de resistência, devido sua origem, deve-se considerar que para formação do relevo e demais feições, a idade geológica. A contribuição do sistema geológico na formação do relevo, são divididos em dois grupos de fatores: Tectônicos e Litológicos. De acordo com Werlang (2019, p. 54):

Os fatores tectônicos representam as forças tectônicas, de condição endógena, que construíram o relevo por meio de deformação da litomassa. Provocam grandes dobramentos, falhamentos, subsidências e basculamentos. Para entender esses fatores, é preciso considerar os grandes traços da teoria da Tectônica de Placas, um dos mais importantes paradigmas da moderna Geologia.... Nesse sentido, ainda merece se destacado que muitas das condições litológicas apresentadas vêm a ser resultados da maior ou menor resistência dos corpos rochosos aos mecanismos de erosão, conforme foi anteriormente assinalado.

Tendo como fundamento a concepção de que as formas e os processos modeladores da paisagem são o cerne da geomorfologia, faz-se necessária a distinção dos sistemas antecedentes, sendo estes os que definem as formas da superfície Terrestre. Sendo a área da pesquisa localizada em planície fluviomarinha, os sistemas controladores dos processos morfológicos são de origem: geológica, climática, hidrológica, oceanográfica, biogeográfica e antrópica, os quais, atuando em determinado lapso temporal, fornecem a energia que modela as formas e configura a paisagem local (Figura 6).

Figura 6: Fluxograma dos sistemas antecedentes ao sistema geomorfológico



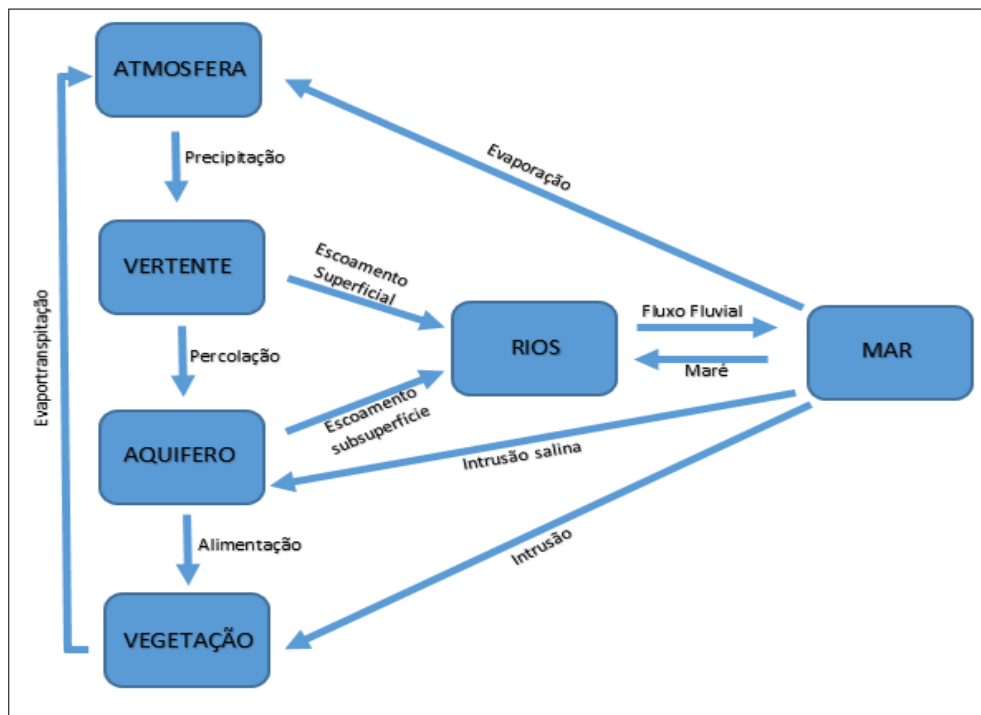
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A movimentação de energia e de matéria no sistema geomorfológico, perpassando pelos processos que ocorrem em seu interior, resultam em *outputs* que definem as formas, caracterizando assim o geossistema resultante. No sistema geomorfológico, os *outputs* principais são representados pela descarga de água e de detritos, assim, os sistemas fluviomarinheiros e de sedimentação se classificam como sistemas subsequentes.

Conforme Christofolletti (1980), os sistemas em geomorfologia podem ser classificados de acordo com critério funcional, divididos em: Isolados, Não Isolados e Morfológicos. Nos Sistemas Isolados não trocam nem energia e nem matéria com o ambiente circundante. Nos Sistemas Não Isolados, há relações com os demais sistemas, e podem ser subdivididos em sistemas abertos onde ocorrem constantes trocas de energia e matéria, sendo os mais comuns, como exemplos: Bacia Hidrográfica, Vertentes, Homem, Cidade, Indústria, dentre outros; e Sistemas Fechados, nos quais há troca de energia, mas não de matéria. Como exemplo: Planeta Terra, que recebe energia solar e a perde pela irradiação. Os Sistemas Morfológicos correspondem as formas e são compostos somente pelas propriedades físicas como geometria, composição, e outros, nestes pode-se analisar as medidas, granulometria, densidade.

No tocante a complexidade, o autor destaca os sistemas sequência, que possuem uma cadeia de subsistemas permitindo análise de sua magnitude espacial e localização geográfica, relacionados por uma cascata de energia e matéria (Figura 7); e os Sistemas Processos-respostas, onde existe combinação entre os sistemas em sequência, que indicam o processo a ser executado e os sistemas morfológicos que representam a forma, ou seja, a resposta do processamento.

Figura 7: Fluxograma dos sistemas geomorfológico em sequência



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980)

Summerfield (1991), contribui na perspectiva do sistema geomorfológico, afirmando que as mudanças no fluxo de energia e massa, bem como os ajustamentos na estrutura do sistema são controlados pelas relações entre as variáveis dentro do sistema.

4.3.2 Interação Climática e Biogeográfica

O clima configura-se como um agrupamento de agentes que atuam sobre a superfície terrestre, a partir do controle de processos geomorfológicos, pela ação do intemperismo sobre as rochas, solos e demais elementos da paisagem. Nos ambientes de baixa latitude, os raios solares resultam na elevação da temperatura, sendo este um dos fatores fundamentais para o comportamento da pressão atmosférica, da evaporação e conseqüentemente na pluviosidade, estando diretamente relacionado ao desenvolvimento de organismos vegetais e animais (FEITOSA, 1989).

Ruddiman (2015, p. 15) utilizando a abordagem sistêmica, corrobora com a tese da influência da humanidade no sistema climático.

Nossos ancestrais agricultores começaram a interferir no funcionamento natural do sistema climático muito tempo atrás, ao acrescentar **dióxido de carbono (CO₂)** e **metano (CH₄)** à atmosfera... As emissões desses gases de **efeito estufa** provenientes da agricultura inicial mantiveram o clima relativamente quente quando as tendências naturais teriam provocado o resfriamento (Grifos do autor).

O calor promove o intemperismo nas rochas formando dentre outros elementos, os sedimentos; e influência o ciclo da água, através dos processos de evaporação e evapotranspiração. A água precipitada percola no solo e escoar superficialmente, carreando dentre outros elementos, os sedimentos pela rede de drenagem, que é resultado do processo de erosão do terreno. Os ventos, que se constituem como o resultado da diferença de pressão atmosférica, são responsáveis pelas ondas superficiais na água, que por sua vez, também são agentes modeladores do terreno, como assevera Bloom (1996, p. 126):

As ondas atacando as bordas da Terra, representam uma forma de conversão de energia solar...o aquecimento diferencial da atmosfera e do mar, pela radiação solar, produz correntes atmosféricas ou ventos que transportam a energia termal dos trópicos para os polos. Quando o vento sopra sobre a água, produz ondas superficiais na água, a qual se move na direção para onde sopra o vento.

De acordo com Nimer (1989), da convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios, origina uma descontinuidade térmica denominada Convergência Intertropical (CIT). O autor assevera ainda, que há variação da posição de acordo com o movimento solar, e por possuir grande área continental, o hemisfério norte é em média mais quente que o sul, sendo este o

motivo da CIT se encontrar na maior parte do ano ao norte. Esta localização é dinâmica e varia com resfriamento dos hemisférios, podendo a CIT se deslocar latitudinalmente em até 10°.

Conforme Barros et al., (2002), o El Niño e a La Niña fazem parte do mesmo fenômeno atmosférico-oceânico de ocorrência no oceano Pacífico, na região Equatorial, influenciando a atmosfera adjacente. Considerando a média histórica da temperatura do oceano Pacífico nessa faixa, seu aquecimento e resfriamento. Esta alternância de temperatura do oceano Pacífico Equatorial, promove a nível global, efeitos nas taxas de temperatura e precipitação.

Os estudos sobre sistemas, apresentam influência da cobertura vegetal nos padrões de canais, resultado da estabilidade e coesão das margens (SCHUMM, 1968).

O sistema biogeográfico participa do processo através da cobertura vegetal e da fauna, que por características diversas, podem evitar ou intensificar os processos, inserindo ou retirando matéria do sistema, como assevera Feitosa (1989, p. 132):

Animais e vegetais participam da transformação da paisagem na qualidade de agentes dos processos. Essa participação é diferenciada na forma, caracterizada pela produção de ações mecânicas e químicas, e convergente no efeito, expresso através da dinâmica da paisagem.

Segundo Martonne (1954), a repartição dos seres vivos na superfície do planeta e a análise de suas causas e missão da Biogeografia. Ao analisar o sistema Biogeográfico, se faz mister dividi-lo em dois campos: Fitogeografia e Zoogeografia. Conforme as observações de Camargo (1998), o estudo da vegetação se reveste de valor, devido a cobertura vegetal imprimir qualidades que se expressam na paisagem, pois se constitui de componente de fácil observação. O autor assevera que a cobertura vegetal é a síntese do clima, relevo, solo e hidrografia, ao contrário dos estudos de Zoogeografia, devido ao objeto de estudo possuir extrema mobilidade.

Bigarella, Suguio e Becker (1979, p. 167), destacam a importância da vegetação para o sistema fluvial, considerando a associação entre a retirada da vegetação e o impacto causado no balanço de sedimentação dentro do sistema fluvial. “Antes das derrubadas, os rios transportavam pequena carga de sedimentos, agora, é elevada, e provém da erosão dos solos das extensas áreas de agricultura primitiva e degradativa”.

4.3.3 Hidrodinâmica fluviomarinha

De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), a humanidade tem interagido de alguma forma e de forma intensa com as bacias hidrográficas e seus componentes ao longo dos últimos 5 (cinco) milênios. Essa interação ocorre de tal forma, que praticamente todos os sistemas fluviais da Terra sofrem ou sofreram interferência humana na busca de atender suas necessidades.

Christopherson e Birkeland (2017), destacam que os sistemas ambientais estão em estado de equilíbrio constante, quando mantêm sua estrutura e características ao longo do tempo, e mantem suas taxas de entrada e saída de energia e matéria considerando a média de um determinado período, e quando demonstram uma tendência de mudança ao longo do tempo, encontram-se no estado de equilíbrio dinâmico. Como exemplo, na composição do Sistema fluvial, o *input* da matéria água no sistema, será depositada no leito, na planície fluvial e lagos, ou carregada para o mar, caracterizando o *output*, assim os subsistemas buscam o equilíbrio de todo o Sistema.

Os processos fluviais correspondem aos modeladores do ambiente, sendo parte dos estudos da geomorfologia fluvial. Os rios possuem grande capacidade de transporte de detritos das rochas intemperizadas, e o fazem considerando as características das partículas, conforme Bloom (1996, p. 77):

Algumas partículas (silte e argila, coletivamente chamadas de lama quando úmidas, e poeira quando secas) são tão pequenas que se conservam em suspensão pelo fluxo de água turbulenta. Estas partículas constituem a carga de sedimento em suspensão. Partículas maiores, do tamanho de areia e cascalho, ou pesados fragmentos de rocha, rolam, deslizam ou saltam a longo do leito do rio. Eles formam a carga do leito do rio. Os contribuintes intemperizadas das rochas, que são transportados em solução química, perfazem a carga dissolvida.

Tricart (1977) se referiu ao sistema fluvial como ambiente de processamento de energia e matéria em seus diversos níveis, asseverando que é constituído de subsistemas como bacias hidrográficas, vertentes, rios e sistema antrópico. Dessa forma, a bacia de drenagem configura-se como um sistema aberto, onde o há *input* de energia (precipitação) e de forças tectônicas, e o *output* em forma de escoamento da água, de sedimento e nutrientes que há compunham.

De acordo com Christofolletti (1980), os padrões de drenagem de uma determinada área, refletem o resultado da combinação de processos que incluem a geologia, geomorfologia, clima e hidrografia, e que os tipos mais comuns de padrão de drenagem são: Dendrítico, Retangular, Treliça, Anelar, Radial, Irregular e paralelo.

Christofolletti (1981, p. 19) destaca que o rio transporta água e sedimentos, e faz as seguintes considerações:

Há muito tempo reconhece-se que o transporte dos sedimentos é governado pelos fatores hidrológicos, que controlam as características e o regime dos cursos de água. Os fatores hidrológicos, cujos mais importantes são a quantidade e a distribuição da precipitação, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal influenciam a formação do material intemperizado na bacia hidrográfica e o carregamento desses materiais até o rio.

Christofolletti (1981, p. 20), assevera a importância da sedimentação fluvial para o planejamento, e comenta sobre o impacto humano nos sistemas fluviais afirmando que os programas de planejamento regional, urbano ou agrícola, envolvem aspectos ligados com a sedimentação fluvial, pois “muitas atividades humanas podem aumentar ou diminuir a quantidade de água escoada superficialmente, tendo consequências no regime fluvial e na intensidade das cheias”.

Segundo Góes e Junior (2017), as massas continentais e os oceanos vêm sendo moldados nos últimos 65 milhões de anos, que remetem ao Cretáceo superior/Terciário inferior. O Oceano Atlântico sul por exemplo, teve seus estágios iniciais de formação pela separação de duas grandes massas continentais, evoluindo o rifteamento do que nos tempos atuais é a costa oeste da África.

Christofolletti (1980) assevera que em todos os períodos geológicos a ação dos processos litorâneos afetou uma faixa litorânea de largura reduzida, mas as flutuações do nível do mar, sobretudo durante o Quaternário, permitiram a distinção de formas subaéreas atualmente submersas nos oceanos, e também para verificar terraços escalonados, formados pela morfogênese marinha, localizados a várias altitudes acima do nível do mar. Por isso, os estudos da geomorfologia litorânea, não se restringe a faixa de costa entre a terra e o mar, e deve incluir toda zona que foi afetada, considerando os movimentos relativos do nível das águas sobre a terra.

Nos sistemas ambientais costeiros, os agentes dos processos de erosão, transporte e deposição, são variados. Nesses ambientes, as ondas dispendem energia cinética, se chocam contra as bordas do terreno; as correntes oriundas das ações do vento, das marés e das ondas, transportam sedimentos, direcionando-os para a costa ou para o mar (BLOOM, 1996).

Para Lynch (1982), a atuação das forças gravitacionais estabelece protuberâncias na superfície da terra, elevando o nível das águas em um ponto e diminuindo em outro, o que provoca ondas de grande magnitude.

Torres et al., (2012), destacam que a morfogênese das regiões costeiras é resultado de fenômenos de uma dinâmica global, devido fatores ambientais de dimensões planetárias como clima, tectônica de placas, variações do nível do mar provocadas pelo posicionamento da Terra em relação à lua e o sol, e pela dinâmica costeira, representadas pelas ondas, correntes litorâneas que resultam na mobilização de sedimentos, pelo regime de marés e ressacas, pelos ventos, dentre outros.

De acordo como Massel (2017), as ondas oceânicas superficiais de gravidade, são geradas pela ação do vento, e possuem como parâmetros que as caracterizam a altura, o período

e a direção de propagação, sendo que estes variam em função das características do vento, como a intensidade, duração, pista de atuação e distância da zona de geração.

As ondas de maré nos estuários, são sujeitas a uma diversidade de fatores como de maré a topografia local, descarga fluvial, geometria dos canais e morfologia do leito. A variação da altura da maré estuário possui relação com as margens e o atrito da massa d'água com o leito do canal. Dessa forma a convergência das margens causa elevação das ondas, bem como o atrito com o fundo diminui a sua energia (DYER, 1997).

Esta condição ocorre por ocasião das marés de sizígia, que recebem a influência gravitacional das fases da lua cheia e lua nova, os impactos das ondas contra a corrente fluvial que, por suas características singulares são conhecidas como pororoca, também resultam da morfologia e declividade do canal e do fundo do estuário, sendo potencializada pela ação do vento.

4.3.4 Integração sociedade e ambiente

O ambiente tem sido ocupado e alterado pelo ser humano desde seus primórdios, a partir de desejos e necessidades variadas, tornando-se o principal agente nos processos de transformação da paisagem. Os geossistemas socioeconômicos foram criados com a finalidade de usar dos recursos oferecidos pelos sistemas ambientais de forma nem sempre positiva do ponto de vista da sustentabilidade. Dessa forma, manter as bases naturais e energéticas para fornecimento de materiais que permitem o atendimento das necessidades cada vez maiores do ser humano é um grande desafio.

A Geografia possui como objetivo compreender como se materializam os fenômenos no espaço considerando a diversidade de atividades desenvolvidas pela sociedade em sua relação com a natureza. Com uso de teorias e suas aplicações práticas, essa ciência pretende identificar padrões e processos, que resultam na forma de transformação que a sociedade promove no ambiente, conhecida como a produção do espaço e da natureza, bem como analisar os processos decorrentes deste processo.

Para Santos (2002, p. 214), é nesse contexto que emerge a noção de proximidade que importa ao geógrafo, e que não deve se limitar a questão da distância, mas, sobretudo na falta de compreensão da proximidade de interesses, culturas e forma de reprodução, onde “O espaço se dá ao conjunto dos homens que nele se exercem como um conjunto de virtualidades de valor desigual, cujo uso tem de ser disputado a cada instante, em função da força de cada qual”.

Dessa forma, o resultado das ações antrópicas no ambiente são uma sucessão configurações e reconfigurações que se fazem ao longo do tempo, ensejando uma relação de

continuidade na busca da reprodução de culturas e da espécie. Nessas condições, para garantir que a sociedade se reproduza em determinado espaço, é necessária a busca por manter o espaço possível e apto à reprodução.

A apropriação da natureza na produção do espaço pela sociedade, é sustentada pela classe capitalista, ou como uma prática ambientalista, muitas vezes beneficiando-se de uma condição natural, ou como meio de contabilizar aumento de produção econômica, desconsiderando interesses e consequências para outras comunidades que se sobrepõe no mesmo espaço, mesmo estas sendo nativas (MARQUES, 2019).

Lefebvre (2006), considera que apropriação do espaço pela sociedade é histórico, e não está limitado apenas nos fatos que se apresentam no espaço geográfico, muito mais que isso, evidencia a dinâmica das sociedades, com suas percepções culturais, que associadas a fatores econômicos, criam forças produtivas que alteram o ambiente.

Conforme Tricart (1977), a sociedade interage com uma natureza dinâmica que, muitas vezes, possibilita apenas a percepção superficial de sua complexidade, sendo um obstáculo seu entendimento. Esta realidade permite que a sociedade se limite a mensurar os impactos dos fenômenos no ambiente, sendo difícil levantar os efeitos causados pelo homem, muito embora esteja claro que sua interferência causa impactos e desequilíbrios.

Destaca-se que a diversidade nem sempre harmônica da interação dos elementos da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera conjugados com as ações do ser humano, ensejam na necessidade de análises integradas entre as dinâmicas socioeconômicas e ambientais, reforçando assim, a importância de considerar a sociedade como parte constituinte da natureza, uma vez que se está sujeita as consequências da interação das forças naturais.

Representando o sistema antrópico, o ser humano promove a movimentação de matéria e de energia variável em frequência e magnitude no sistema, sendo o responsável pela maioria das alterações de curto prazo. A análise integrada das ações dos elementos da natureza e a sociedade, permite compreender a severidade que seus impactos na produção do espaço, sobretudo pelo ritmo e motivação capitalista. Nesta perspectiva, deve-se considerar que os fenômenos naturais não se distribuem de forma equânime no planeta, assim como a sua percepção e interpretação, que dependem da relação histórica entre o ambiente e sociedade.

Em Arari, os fenômenos naturais associados a características geográficas, determinam condições ambientais que se refletem na relação da sociedade com a natureza, que muitas vezes, buscam priorizar a exploração pelo capital dos recursos naturais, deixando quase sempre um rastro de problemas socioambientais.

RESULTADOS



5. RESULTADOS

Os geossistemas identificados na área da pesquisa, evidenciam que ocorreram alterações no lapso de tempo analisado, e que são resultantes da hidrodinâmica das interfaces do sistema fluviomarinho no ambiente. Estas foram, e continuam sendo potencializadas pela ação dos demais sistemas ambientais antecedentes, compostos pela sazonalidade climática, a base geológica, o relevo, o oceanográfico e o antrópico. Estas feições podem ser percebidas a partir de análise temporal, e evidenciam alterações no meio físico pelas modificações na paisagem, no meio biótico com reflexos na fauna, flora e demais organismos e no meio antrópico, reverberando em aspectos econômicos e culturais, resultando na necessidade de adaptações por parte da comunidade local.

Os resultados da pesquisa foram divididos de acordo com a dinâmica provocada pelos sistemas ambientais na área de estudo, e serão ordenados nos seguintes tópicos: Configurações do meio físico, Interações do meio biótico, Interatividade do meio antrópico, e Alternância rio-mar como sistema ambiental em Arari.

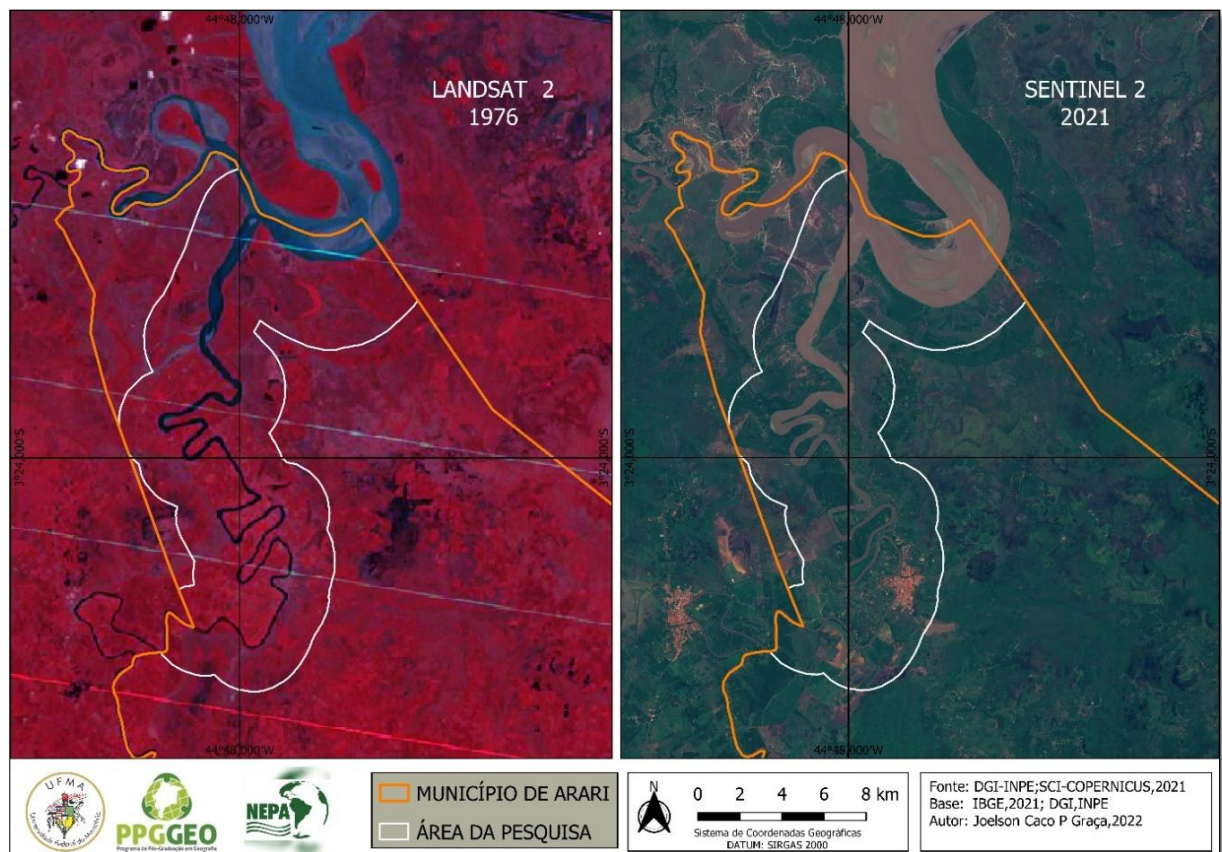
5.1 Configuração e reconfiguração do meio físico

As alterações no canal do trecho do rio Mearim identificadas nesta pesquisa, ocorreram a partir de processos erosivos e de deposição de sedimentos, tendo como principais agentes o fluxo do rio e a maré. Estas podem ser constatadas visualmente pela comparação das imagens dos satélites Landsat 2 de julho de 1976 e Sentinel-2 de agosto de 2021, ambas reprojetadas para o Datum SIRGAS 2000. Destaca-se que as imagens são do início do período de estiagem no estado, portando sem o volume de água devido as precipitações a montante (Figura 8).

O canal fluvial é suscetível a ação dos agentes do sistema fluviomarinho, no qual a energia potencial oriunda das áreas mais elevadas ou do fluxo da maré, é convertida em energia cinética, sendo dissipada pelo atrito com as bordas do canal e na atmosfera. Estes agentes interagem com o substrato e a quantidade de material disponível, realizando ajustes morfológicos no canal, que ocorrem em seu gradiente e na morfologia, sendo o primeiro muito mais lento que o segundo. Sobre esse aspecto, Stevaux e Latrubesse (2017, p. 155) concluem que:

O canal é a estrutura que o rio constrói para otimizar a energia utilizada para o escoamento da água e do material transportado. Suas dimensões quanto à geometria da seção (largura e profundidade), padrão (arranjo areal dos canais) e perfil longitudinal (pendente) dependem não apenas das características do fluxo (magnitude, velocidade e regime), mas também do tipo de substrato (rochoso ou aluvial) e da natureza (carga de fundo, suspensa ou dissolvida) e da quantidade de material por ele transportado.

Figura 8: Imagens orbitais de 1976 e de 2021 de Arari -MA, Brasil



Fonte: Adaptado DGI/INPE, SCI/HUB, 2021

Mesmo estando fora da área desta pesquisa, chama atenção o processo erosivo que provocou estreitamento da faixa de terra próximo a foz do rio Pindaré, pertencente ao município de Viana, ao norte de Arari. Trata-se de um processo de rompimento do meandro, que poderá provocar uma ligação direta do rio Mearim estudo com seu estuário, e que possivelmente transferirá a foz do rio Pindaré. Esta nova morfologia, poderá impactar diretamente o fluxo de energia da maré que chega ao município de Arari pelo rio Mearim, e os municípios de Cajari e Viana, pelo rio Pindaré.

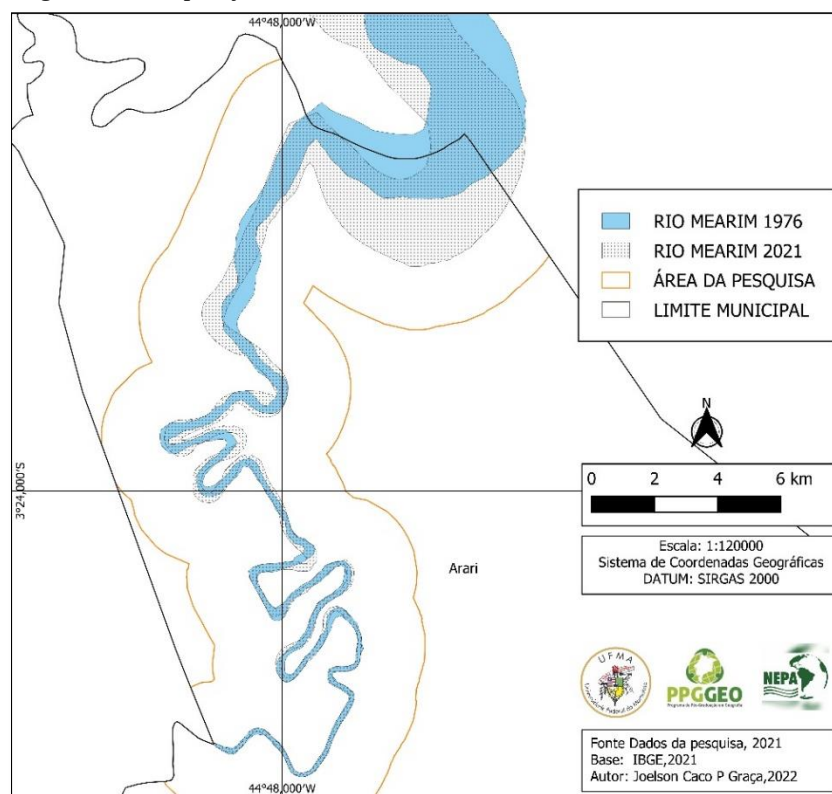
Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), a denudação do relevo configura-se como a principal causa da alteração da energia do fluxo no rio, mas não é a única. Os autores destacam que os fatores que desencadeiam as mudanças são de natureza Intrínseca (Denudação e processos fluviais), Extrínsecas (Tectonismo, Mudança Climáticas e Intervenção Antrópica). No caso do trecho do rio Mearim, a sua localização na zona estuarina, proporciona ação integrada de muitos desses fatores.

O fluxo nos canais fluviais é dinâmico, e se configuram como os responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos que ocorrem derivados de seu escoamento. Na perspectiva geomorfológica, essa condição é primordial na modelagem dos cursos fluviais, sendo relevante

na ação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, pela ação de transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais que resultam na esculturação da topografia do leito (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Para evidenciar as alterações ocorridas no padrão morfológico do canal de 1976 a 2021, foi realizada extração da morfologia do canal em ambos os anos uso de técnicas de geoprocessamento, onde as feições dos arquivos *raster* foram transformadas em arquivos vetoriais e sobrepostos. Para realizar este procedimento, foi necessário que ambos os arquivos raster fossem reprojetadas para o mesmo Datum (Figura 9).

Figura 9: Sobreposição do curso do rio Mearim em 1976 e 2021



Fonte: Adaptado DGI/INPE,2021

As alterações no padrão morfológico nos trechos compreendem processos de erosão e deposição, processo de rompimento de meandros, alargamento e retificação em algumas partes do canal fluvial. Cabe destacar ainda, que algumas partes do canal não ocorreram alterações e que sugerem a ocorrência de algum tipo de controle estrutural.

As características geológicas e do relevo, associadas a localização da área da pesquisa contribuem para que sedimentos mobilizados até o local, se depositem nas margens do rio Mearim, os quais são identificados com acamamentos cujas feições se configuram como estratificação tipo plano-paralela ou planar, podendo ser encontradas com largura variável, não

ultrapassando 1,5 m em situação de maré vazante, pela exposição da base recobertas por vegetação rasteira (Figura 10).

Os processos de erosivos promovidos pelo fluxo hidrológico devido a vazão do rio Mearim e as ondas de marés, remodelam as feições através de sua energia (*input*), e que devido as condições do material e da topografia, culminam com feições erosivas (*output*) das margens do canal, resultando em reformulações do trajeto, bem como de seu alargamento (Figura 11).

Cabe ressaltar que não existe uma relação de compensação entre a vazão do rio e a maré, uma vez que a força das ondas, sobretudo em intervalos mais retilíneos do rio, apresenta maior energia potencial devido à baixa declividade do terreno e a localização em relação ao mar.

O processo de sedimentação se caracteriza por ser um sistema aberto, pois, há entrada e saída de massa e energia, bem como interação entre os elementos que o constituem, tendo sua origem a partir de diversos elementos do sistema Terra, de acordo com Zeffass (2016, p. 130):

Enquanto sistema aberto, o sistema sedimentar prevê entrada e saída de massa e de energia. A movimentação tectônica da litosfera, produzindo áreas-fontes e bacias, cria um arcabouço geral do sistema e define uma via principal de transferência de massa. A massa, na forma de sedimento, fluido, íons e organismos, entra no sistema por intermédio de intemperismo e erosão, precipitação, emissão de gases e partículas por vulcões e fumarolas, dissolução de gases atmosféricos na água e metabolismo dos seres vivos.

Figuras 10: Depósito de sedimentos e processos erosivos em Arari – MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021

Segundo Guerra (2005), os sedimentos se originam da erosão que ocorre pela desagregação do solo, devido a ação da pluviosidade e de outros processos que fragmentam o material. A distribuição da precipitação no ano, assim como sua quantidade e intensidade são

determinantes para o desenvolvimento dos processos erosivos. Os processos de transporte e deposição dos sedimentos nos cursos d'água, dependem de um agrupamento de fatores como a precipitação, o escoamento superficial, rede de drenagem, topografia e os fatores antrópicos representados pelo uso do solo.

O Grupo Itapecuru está representado na área pela Formação Cujupe, a qual possui espessa camada sedimentar, sendo constituída por argilitos e arenitos finos cuja origem é a deposição fluvioestuarina. Os depósitos da formação têm idade incerta entre os Cretáceo Superior e Neógeno Inferior, sendo constituídos de camadas de arenitos caulíníticos, bem selecionados e com textura fina, com coloração predominante branca ou rósea, sendo intercalados com argilas branca e cinza (ROSSETI et al., 2001).

A erosão provocada pela ação dos sistemas fluviomarinho, promoveu a exumação da Formação Cujupe na margem esquerda do rio Mearim, na altura do povoado Curral da Igreja, evidenciando o pacote argiloso arenoso com de coloração rósea, e logo abaixo a camada de argila caulinita (Figura 11).

Figura 11: Exumação da Formação Cujupe em Arari – MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

Sobre as características da argila caulinita, Daré et al., (2015, p. 60) assevera:

Os minerais de argila, por possuírem propriedades físicas e químicas singulares, podem exercer diversas funções quando presentes em cosméticos, e têm sido incluídos em diferentes produtos, como cremes faciais, protetores solares, produtos para limpeza de pele, xampus e produtos de maquiagem (bases, sombras, máscaras faciais).

De acordo com relato de moradores locais, em situação de maré vazante, onde há a exposição da argila branca (caulinita), as pessoas entram no rio e buscam a “argila branca” para passá-la no corpo devido o potencial hidratante do material (Figura 11).

Considerando a dinâmica das alterações no padrão morfológico do canal fluvial, reflexo da interação do rio Mearim com o oceano Atlântico, fez-se necessária a realização de análise morfométrica no trecho do rio Mearim, com objetivo de para definir seu índice de sinuosidade (I_s).

Christofolletti (1980), ressalta que os estudos morfométricos tiveram contribuição significativa a partir dos estudos do engenheiro hidráulico Robert E. Horton que foi influenciado por Artur N. Stralher, quando estabelecer que que rios e bacias hidrográficas são um conjunto dinâmico e interdependente, podendo estes ser interpretados através de formulações matemáticas, permitindo dessa forma que estes sejam interpretados de análise sistêmica. Para Machado et al., (2011, p. 1141), “análise morfométrica objetiva estabelecer as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes”. Dessa forma, os padrões matemáticos refletem o modelado do conjunto submetido a equação que classificará sua forma.

Para Christofolletti (1980), o I_s dos canais fluviais é um parâmetro para distinção de canais meândricos dos demais, sendo parte do conjunto de técnicas morfométricas que compõem os estudos hidrográficos, e propõem parâmetros que visam propiciar análises quantitativas com vistas a evidenciar as principais características com análise areal, linear e hipsométrica. Seu índice é obtido pela equação:

$$I_s = 100. \frac{(L - Ev)}{L}$$

Onde:

I_s = Índice de Sinuosidade;

Ev = Equivalente Vetorial (linha reta)

L = Comprimento do canal (Ortogonal)

De acordo com a proposta, os I_s dos canais fluviais são obtidos por uma equação expressa em forma de percentual, tendo como parâmetros a relação entre o “ L ” que é medida do curso seguindo o talvegue (Comprimento Ortogonal), e o “ Ev ” media em linha reta (Equivalente Vetorial), tendo como referência os mesmo ponto inicial e final. Este índice determina 5 classificações de sinuosidade, que variam de menor que 20% e maior que 50%. (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de sinuosidade proposta por Christofolletti (1980)

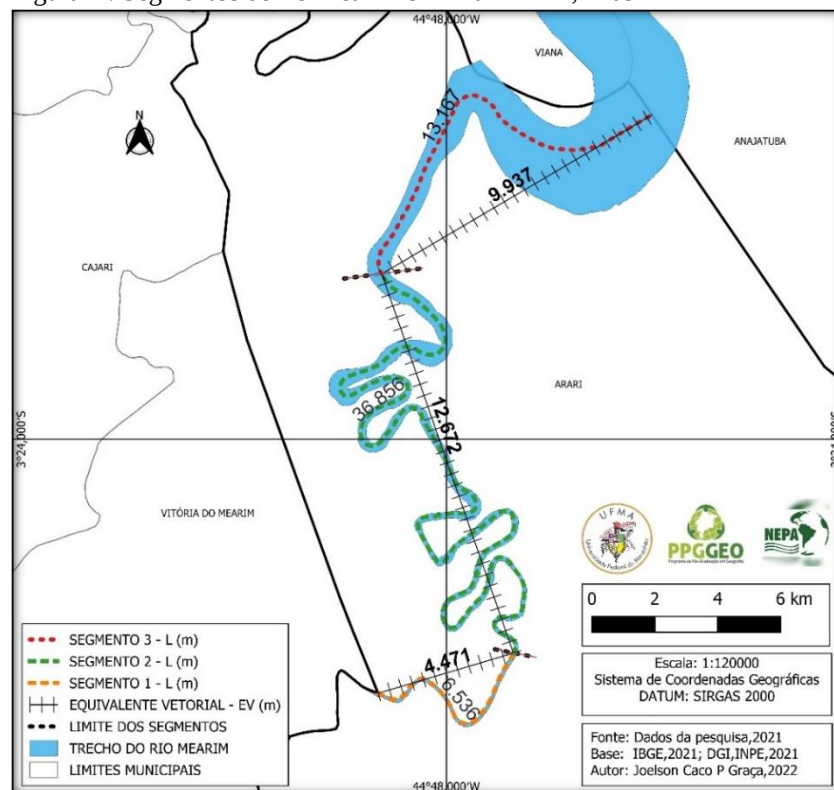
Classe	Morfologia	Limites
I	Muito Reto	> 20 %
II	Reto	20 – 29 %
III	Divagante	30 – 39,9 %
IV	Sinuoso	40 – 49,9 %
V	Muito Sinuoso	>50 %

Fonte: Christofolletti, 1980

Para definir as dimensões atuais do trecho do rio Mearim foi realizada sua mensuração, a partir da imagem do satélite Sentinel-2 de agosto de 2021. Para realizar esse procedimento, a imagem foi reprojeta para coordenadas métricas (*Universal Transversa de Mercator*), com objetivo de aproximar os resultados da realidade.

Com objetivo de melhor realizar a análise, o trecho do rio Mearim foi dividido em três partes para esta pesquisa, os quais foram denominados de “segmentos”. O resultado obtido revelou que o trecho (somas dos três segmentos), possui 56.559 m de extensão ortogonal, ou seja, o trajeto do curso, e 27.080 m de extensão do equivalente vetorial, que é uma linha reta entre o início e o fim de cada segmento (Figura 12).

Figura12: Segmentos do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Os limites dos segmentos foram estabelecidos pelo critério de identificação visual de sinuosidade a partir das imagens orbitais, e pela forma de uso e ocupação predominante pela comunidade que foi identificada nas atividades de campo.

O segmento 1, tem seu ponto inicial nos limites municipais de Arari e Vitória do Mearim, no povoado Carmo, e vai até a ponte Itapuã na sede municipal de Arari e possui extensão ortogonal de 6.536 m, e equivalente vetorial de 4.471 m. O segmento possui em grande parte do canal, a presença da mata ciliar e uso de sua área marginal bastante interna quanto as atividades antrópicas. E conforme a comparativa dos trechos, não apresenta alterações significativas quanto a migração lateral no período analisado.

O segmento 2 tem o ponto inicial na ponte Itapuã e vai até o povoado Tabocal, possuindo extensão ortogonal de 36.856 m, e equivalente vetorial de 12.672 m. Este segmento apresenta muitos meandros, com feições de extrema dinamicidade morfológica, com áreas rebaixadas onde predominam lagos sazonais, que podem ser antigos canais abandonados.

O segmento 3 tem seu ponto inicial na altura do povoado Tabocal, e vai até a saída do rio Mearim dos limites de Arari, possuindo extensão ortogonal de 13.167 m, e equivalente vetorial de 9.937 m. Destaca-se nesse segmento a largura do canal e a pouca ocupação humana na área marginal.

Os dados dos segmentos, foram submetidos a equação da classificação de índice de sinuosidade (I_s) proposta por Christofolletti (1980), e são apresentados na tabela 2, e analisados a seguir.

Tabela 2 – Classes de sinuosidade do trecho do rio Mearim em Arari – MA, Brasil

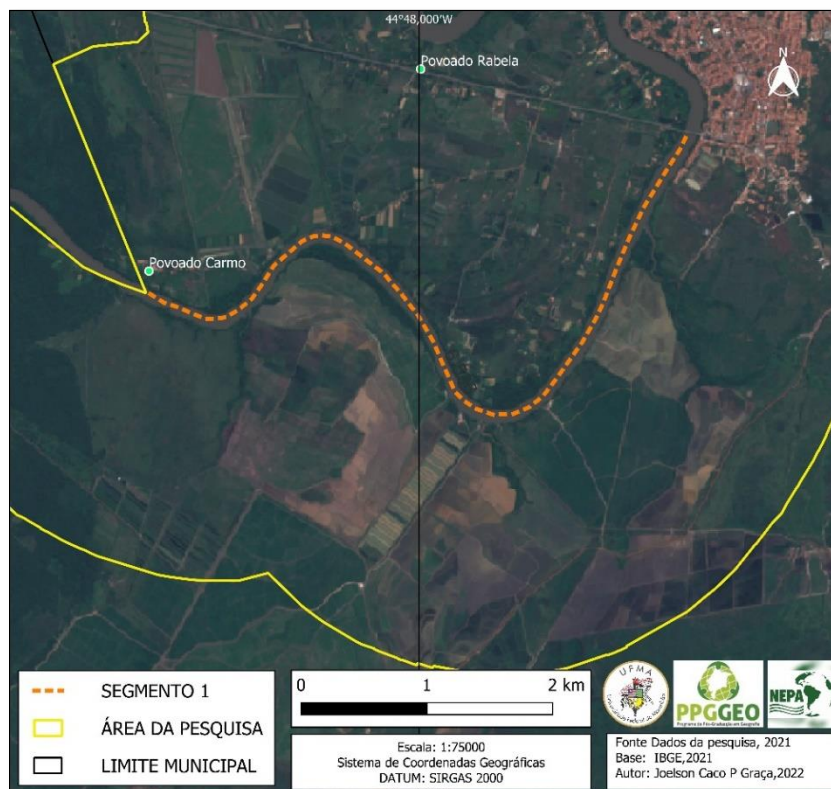
Elementos	L^m	E_v^m	$I_s\%$	Classe
Segmento 1	6.536	4.471	31,6	II - Divagante
Segmento 2	36.856	12.672	65,6	V – Muito Sinuoso
Segmento 3	13.167	9.937	24,5	II – Reto
Trecho	56.559	27.080	52,1	V – Muito Sinuoso

Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Segmento 1 possui I_s de 31,59 %, Classe II-Divagante: Este segmento apresenta pouca tortuosidade no seu curso, e alterações pouco significativas na escala espacial analisada, provavelmente devido a sua distância em relação ao exultório, não sendo submetido de forma mais intensa a energia do sistema fluviomarinho, ou pela presença de vegetação compondo a mata ciliar que atua na contenção de processos de erosivos (Figura 13).

No segmento, a predominância do uso do solo é para cultivos de diversos portes, sendo encontrados pequenos sítios, pousadas, casas de fim de semana e grandes propriedades rurais com áreas cultivadas, cuja predominância da rizicultura irrigado. É possível identificar a existência de canais artificiais ou retificados que direcionam o fluxo do rio Mearim para as áreas de produção, e para defluir o excesso de água a jusante. A área também faz parte da zona periférica da sede municipal.

Figura 13: Segmento 1 do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Adaptado DGI/INPE, 2021

Este segmento não apresentou alterações em sua morfologia, que fossem perceptíveis pelo critério visual, esse comportamento se deve a ocorrência de Gleissolos na sua margem direita que apresentam maior resistência a processos erosivos. Nessa margem é onde ocorre o transbordamento do rio por ocasião do período de maior precipitação a montante, resultando no aumento o volume e velocidade de escoamento superficial, ocorrendo sazonalmente a inundação do rio no segmento. (Figura 14).

A inundação foi testemunhada pelo pesquisador na atividade de campo realizada em 22 de janeiro de 2022, sendo registrada o transbordamento e preenchimento da planície de inundação. Segundo relatado por moradores locais, por ocasião das inundações de maior magnitude, ocorre a fuga de peixes dos tanques de piscicultura, provocando prejuízos de ordem

material, bem como impacto na biota faunística pela inclusão e proliferação de espécies exóticas ao rio (Figura 15).

Figura 14: Área inundada no segmento 1 do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

Figura 15: Corpos d'água no segmento 1 do rio Mearim em Arari - MA, Brasil

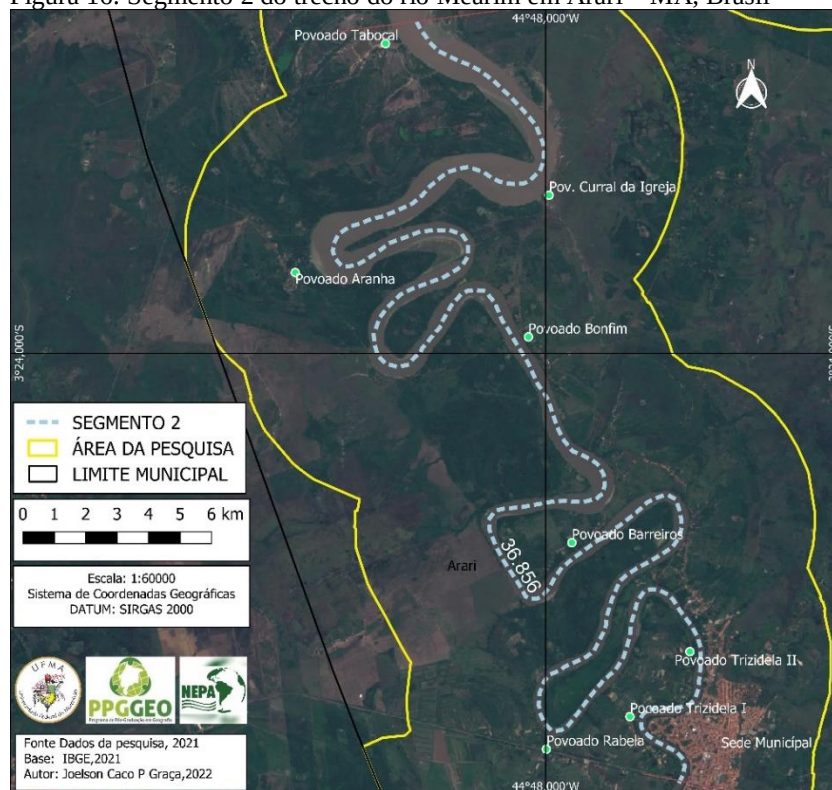


Fonte: Acervo do autor, 2022

Segmento 2 possui Is de 65,6 %, Classe V-Muito Sinuoso: O segmento apresenta alterações significativas na morfologia do canal fluvial, com a presença de processos de erosão e deposição, presença de muitas feições que sugerem a existência de meandros antigos abandonados, e outros em processo de abandono.

Este segmento possui a maior densidade populacional do município, albergando além da zona central e periférica da sede municipal, e os demais povoados identificados na área da pesquisa, sendo estes: Rabela, Trizidela I, Trizidela II, Barreiros, Bonfim, Aranha, Curral da Igreja e Tabocal (Figura 16).

Figura 16: Segmento 2 do trecho do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

A imagem orbital do ano de 2021, evidencia o acentuado padrão de sinuosidade do segmento do rio Mearim, bem como, as feições de meandros antigos, a ocorrência de acúmulo de água na superfície e a espaçada ocorrência de aglomerados humanos.

Christofolletti (1980 p. 89), afirma que esse padrão muito sinuoso é muito comum nos baixos cursos dos rios, pela intensa ocorrência de processos de erosão e deposição. Destaca ainda, que a predominância de transporte de material em suspensão, e que os processos erosivos contribuem para acentuar a migração lateral dos canais, pela erosão das margens côncavas e consequente sedimentação nas margens convexas do canal, sendo este o modelo de adaptação dos cursos d'água nesses ambientes.

A observação de que os meandros são mais frequentes nos baixos cursos fluviais encontra ressonância nas diversas considerações expendidas a propósito do comportamento fluvial e da tipologia dos canais. Em direção a jusante, à medida que diminui a competência, há decréscimo na granulometria dos sedimentos, aumentando a porcentagem da fração de silte-argila na composição do material detrítico componente do perímetro do canal e predomínio cada vez maior da carga em suspensão em detrimento da carga do leito.

Das feições identificadas no segmento 2 no ano de 2021, destaca-se as barras de pontal (*point bars*), que conforme descreve Christofolletti (1980, p. 90) “São os baixios arenosos ou de cascalhos construídos pelo rio através da deposição no lado interno das curvas, dos materiais arrancados dos bancos de solapamento situados a montante”.

Para demonstrar as alterações ocorridas no segmento, foi sobreposta sobre a imagem de 2021, o arquivo vetorial do curso do rio Mearim em 1976. Essa seção foi escolhida devido as condições de acessibilidade para registro fotográfico em solo e para sobrevoo com Drone. A área alberga o povoado Barreiros, com residências, sítios e atividades agrossilvopastoris de pequeno porte (Figura 17).

Figura 17: Alteração na seção do rio Mearim na em Arari - MA, Brasil



Fonte: Adaptado DGI/INPE, 2021.

A ação do sistema fluviomarinho provocou o estreitamento da largura do esporão do meandro, que possuía 579 m no ano 1976, e foi mensurado em 218 no ano de 2021, uma redução de 361 m, equivalente a 8,02 m por ano. Essa condição de estreitamento do esporão, é o

processo que antecede o rompimento do meandro, conforme assevera Christofolletti (1980, p. 90) “...o esporão ou pedúnculo que separa os dois braços de um meandro. Sofrendo ação erosiva em duas frentes, a sua tendência é ser cortado”.

A largura do canal no mesmo ponto sofreu pequena alteração, passando de 257 m no ano de 1976, para 276 m no ano de 2021. Contudo, o deslocamento lateral do eixo central do canal nesse ponto foi total. O processo em questão é discutido por Stevaux e Latrubesse (2017, p. 171):

“...a margem côncava é erodida e avança lateralmente e direção oposta ao centro do canal, formando a barra em pontal. A margem convexa, por sua vez, em virtude da baixa velocidade do fluxo, sofre ativa sedimentação e avança por **acrecção lateral** para o centro do canal com a mesma velocidade com que margem oposta é erodida, mantendo dessa forma a largura do canal” grifo do autor.

A possibilidade de rompimento desse meandro, pode provocar o isolamento temporário da maior parte do povoado, transformando-o em uma ilha, principalmente no período que maior elevação do nível da água e de maior pluviosidade. Essa condição poderá comprometer a integridade física dos moradores da área, além de perda de bens materiais, dentro outras consequências.

Segundo moradores locais, a área erodida do esporão, possuía arruamento com sítios, residências, áreas cultivadas e pastagem. Na imagem aérea, ainda é possível ver o traçado de uma estrada abandonada, porém os postes e linhas de transmissão de energia não foram alterados (Figura 18).

Figura 18: Esporão do meandro do rio Mearim em Arari - MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Outra estrutura de destaque nas alterações ocorridas na morfologia do canal, comparando 1976 e 2021, é a barra de pontal construída a partir de processos deposicionais, a qual promoveu acréscimo de 257 m de área emersa (Figura 19).

Figura 19: Barra de pontal do rio Mearim em Arari - MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

Salta aos olhos uma parte do canal na margem esquerda que aparentemente não sofreu alteração pelo critério visual, sendo extremamente retilínea, apesar de estar na margem côncava do fluxo fluvial, ou seja, sujeita a erosão, sugere a existência de algum tipo de controle estrutural, um lineamento.

No segmento está localizado um dos mais antigos engenhos ainda em atividade no Brasil, trata-se do Engenho São João que funciona desde o século XVIII. Observa-se na imagem que em relação a localização do engenho, a margem do canal do rio Mearim no ano de 1976 era mais distante do local de sua instalação. Sobre o Engenho São João, Viana e Santos (2021, p. 142) comentam:

O engenho São João corresponde a um precioso registro material referente a história dos engenhos de cana-de açúcar no Nordeste do Brasil, na medida em que reflete temporalidades e diversificados usos sociais, em constante mutação ao longo dos séculos. Não foi possível identificar a data de fundação do engenho São João de forma precisa, porém o conjunto de dados acessados aponta à informação de que ele deve estar ativo a pelo menos desde o século XVIII. A tração animal foi a primeira força a mover a moenda para manufatura da cana, revertendo-a em açúcar; cujos vastos territórios com plantações corresponderam a catalizadores de pessoas.

No segmento, está localizada a maior parte da sede do município, e em função do nível topográfico de algumas áreas, tem algumas de suas vias públicas invadidas pela água que extravasa o leito, provocando alagamentos pela ocorrência da premar e baixa-mar (Figura 21).

O tempo de permanência do alagamento nessas áreas, está diretamente associada a condição do uso do solo, da rede de drenagem e a sazonalidade climática.

Figura 20: Alagamento na área urbana de Arari -MA, Brasil



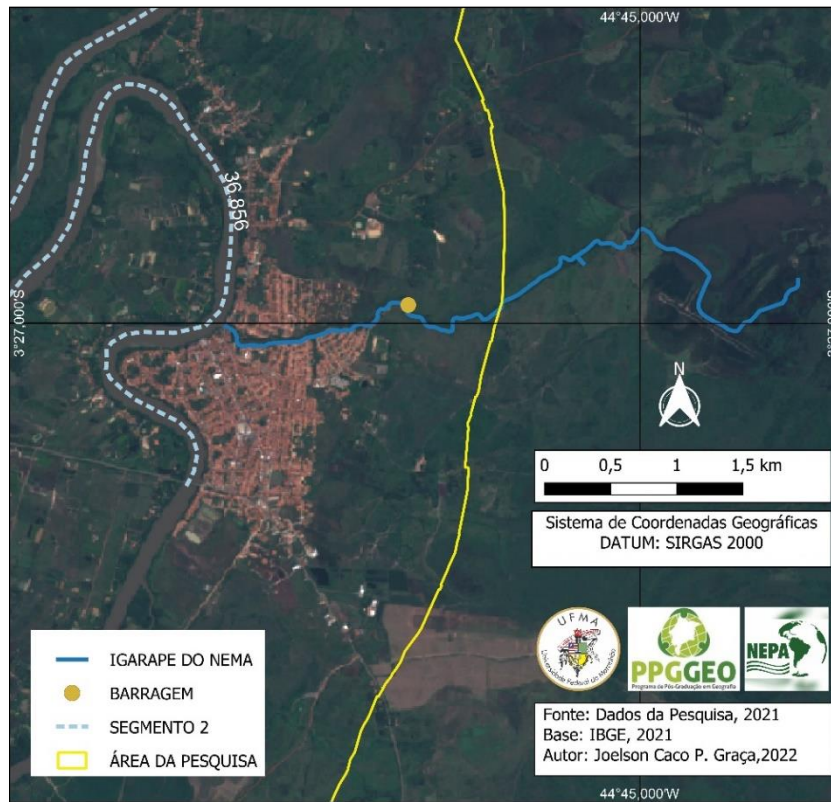
Fonte: Acervo do autor, 2022.

A ocorrência desses alagamentos, tornam o cotidiano dos moradores sempre muito complexo, uma vez que a estrutura viária e de mobilidade urbana do município é limitada, e o uso de bicicletas e motocicletas no município, segue a realidade da grande maioria dos municípios maranhenses, sendo a principal opção de locomoção.

Além do rio Mearim, a rede hidrografia da área analisada, possui outro curso d'água de destaque, o Igarapé do Nema. O curso d'água travessa a sede municipal, e drena as áreas centrais do município, sobretudo o Lago da Morte, corpo hídrico localizado a aproximadamente 3.500 m do rio Mearim.

O igarapé do Mena é um importante curso d'água do município, e que outrora já foi provedor de recursos pesqueiros e via frequente de locomoção da comunidade local. Atualmente se encontra em condições análogas aos cursos d'água das áreas urbanas das cidades, onde a principal função é de drenagem de efluentes (Figura 21).

Figura 21: Igarapé do Nema em Arari -MA, Brasil



Fonte: Adaptado DGI/INPE, 2021.

No igarapé do Nema está instalada uma barragem de contenção, que tem por objetivo represar a água dos lagos centrais do município no período de estiagem, mantendo os peixes nos lagos, dentre eles, o Lago da Morte, além de servir para usos diversos pelas comunidades do seu entorno (Figura 22).

Figura 22: Barragem no igarapé do Nema em Arari -MA, Brasil



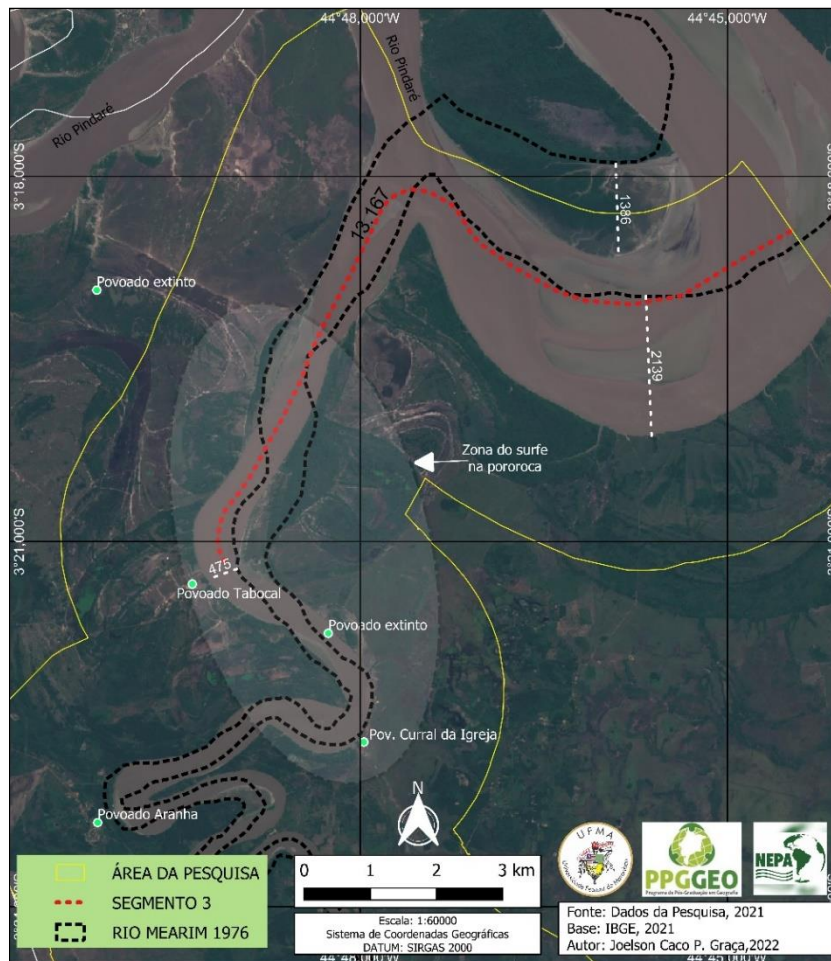
Fonte: Acervo do autor, 2022.

Segundo munícipes, a barragem atual é uma das três que foram construídas desde a década de 80 no curso d'água, sendo que as duas anteriores em locais diferentes da atual, apresentaram problema de rompimento e mudança do trajeto do curso d'água.

As condições atuais do funcionamento da barragem são precárias, com mecanismos de ferro oxidados pelo intemperismo, e acúmulo de matéria orgânica. Não foi possível encontrar nenhum profissional da estrutura administrativa do município que pudesse dar detalhes de funcionamento ou programação de manutenção.

Segmento 3 possui Is de 24,5 %, Classe 3-Reto: Apresenta-se visualmente como sendo a junção de dois cursos relativamente retos, com o ponto de inflexão no centro do curso, nas proximidades da foz do rio Pindaré, formando um ângulo aproximado de 90° (Figura 23).

Figura 23: Segmento 1 do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Adaptado DGI/INPE, 2021.

A dinâmica das alterações promovidas pelo sistema fluviomarinho neste segmento foram mais intensas no período de comparação, com manifestações de processos erosivos e deposicionais intensos.

A partir do povoado Tabocal, ocorreu retificação e alargamento do canal, com a migração lateral do canal em direção ao povoado, ordem de 475 m, estabelecendo uma taxa de 10,55 m/ano. Após a foz do rio Pindaré, o processo erosivo promoveu alargamento considerável na curva do meandro na ordem de 2.139 m, estabelecendo uma taxa de 47,53 m/ano. Nesse local, além da contribuição da maré e do fluxo do rio Mearim, existe a contribuição da energia do rio Pindaré.

Na margem esquerda do rio Mearim, a sedimentação construiu uma barra de pontal, que alcançou no período uma extensão na ordem de 1.386 m, estabelecendo uma taxa de 30,8 m/ano. É neste segmento que ocorre a prática do surfe, que na imagem foi destacada como zona do surfe na pororoca, sendo os povoados Curral da Igreja e Tabocal, pontos de apoio aos praticantes da modalidade. A zona é escolhida devido possuir menor incidência de obstáculos naturais, como as croas que são evidências da imagem, a jusante da zona de surfe.

Além da migração lateral do canal e construção de barras de pontal e croas, são evidenciados na área muitos meandros abandonados, e até mesmo um antigo canal, que aparentemente ligava o rio Pindaré ao Mearim.

De acordo com relatos de munícipes, existiu até o século XX na área do segmento, dois povoados que foram abandonados em momentos diferentes, sendo: Carnaubal na margem direita que existiu até os anos 1980, e Vassoural na margem esquerda que existiu até os anos 1970.

A análise temporal evidencia que a migração lateral do canal, erodiu a área do povoado Carnaubal, e atualmente no local é o leito do rio. Segundo munícipes, as pessoas de lá, deslocaram para o Curral da Igreja. Quanto ao povoado Vassoural, o relato é que houve um alagamento subido que atingiu o povoado (rompimento de meandro?), o que provocou o abandono da área. Em ambos os casos ocorre a perda de bens materiais e imateriais, uma vez que nesse contexto, perdem-se conexões com a história e as relações com o lugar.

As condições climáticas são determinantes nas feições encontradas na área da pesquisa, pois contribuem com o aporte de energia, a partir da precipitação, vento, insolação, e outros fatores. As sub-bacias do rio Mearim e do rio Grajaú, ocupam aproximadamente 50% da área total da bacia hidrográfica do rio Mearim, sendo a precipitação nessas áreas drenadas diretamente para o baixo curso do rio Mearim.

As consequências das precipitações pluviométricas encontram na baixa declividade do terreno, na cobertura vegetal, no solo e na ação da maré no sentido contrário, fatores que estabelecem a ocorrência de transbordamento da água do rio Mearim, e que provocam

inundações frequentes cujas proporções do impacto socioambiental, variam de acordo com os índices pluviométricos e do barramento do fluxo pela força da maré.

De acordo com Une et al., (1988, p. 10):

O fenômeno das enchentes no caso específico dos rios maranhenses está ligado, muitas vezes, à coincidência entre a ocorrência de grandes marés com o aumento do caudal dos rios em função da elevação do índice pluviométrico no interior do estado. Assim o nível dos rios da bacia do Mearim é no baixo curso, influenciando pela variação das marés, de tal maneira que eles só apresentam características específicas de baixo curso nos trechos onde a presença do fluxo marinho já é insignificante. Com o início da preamar, ou baixa-mar, os rios podem apresentar grande turbulência e correntes violentas que, ao deslocar grande massa de água, tendem a carrear quantidades consideráveis de materiais em suspensão.

Sobre o alcance da onda em direção ao continente, os autores afirmam:

O represamento das águas se reflete até no médio curso, e este sofre as consequências das enchentes, já que o fenômeno das marés se estende pelo interior, até cerca de 180 km no Mearim, e avança 27 km no Grajaú. Neste último, bem como no rio Pindaré, esta influência, apesar de ser menor que no Mearim, é, também, bastante significativa

Dos eventos de inundações no médio e no baixo curso do rio Mearim no século XX que possuem alguma referência no registro, destacam-se as nos anos 1924, 1974, 1978, 1985, 1986 e 1988 (UNE, 1988).

Segundo moradores locais, de todas as inundações registradas na memória e na história repassada de geração a geração, as de 1985 e 2009 foram consideradas as com maior impacto socioambiental. Nesse aspecto, deve-se considerar que quanto maior for a área ocupada pelo ser humano, maior é a percepção de magnitude de impacto.

A série histórica contendo dados dos índices de pluviosidade registrados na bacia hidrográfica do rio Mearim, corroboram com a percepção dos munícipes, quando atribuem aos anos de 1985 e 2009 como sendo os de maior impacto. Nesse caso, destaca-se que o número e mecanismos de medição de pluviosidade também aumenta na proporção em que as áreas passam a ser ocupadas. Dessa forma, é possível que a capilaridade e quantidade de equipamentos hoje seja maior que em períodos anteriores.

Os dados de pluviosidade analisados foram registrados por 74 (setenta e quatro) estações pluviométricas (EP) dos tipos convencional e telemétricas do período de 1967 a 2016, distribuídas na Bacia Hidrográfica do rio Mearim (Figura 24). Apesar de ser um bom número, as dimensões espaciais da bacia hidrográfica do rio Mearim requerem mais pontos de coleta de dados, e até mesmo, melhor distribuição, uma vez que existem pontos de coleta de dados muito próximos, e áreas que não possuem equipamentos. As EP foram instaladas e administradas por instituições que possuíam (algumas ainda possuem) interesses diversos, como: avaliação de

investimento no desenvolvimento econômico, prevenção de eventos hidrometeorológicos, gestão dos recursos hídricos para evitar escassezes, dentre outros. As instituições responsáveis pelas EP são Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pelo consórcio ANA/CPRM. Estas funcionaram em períodos diferentes, sendo que algumas migraram de um administrador para outro, dentro do mesmo por ocasião do encerramento das atividades e outros motivos (Tabela 3).

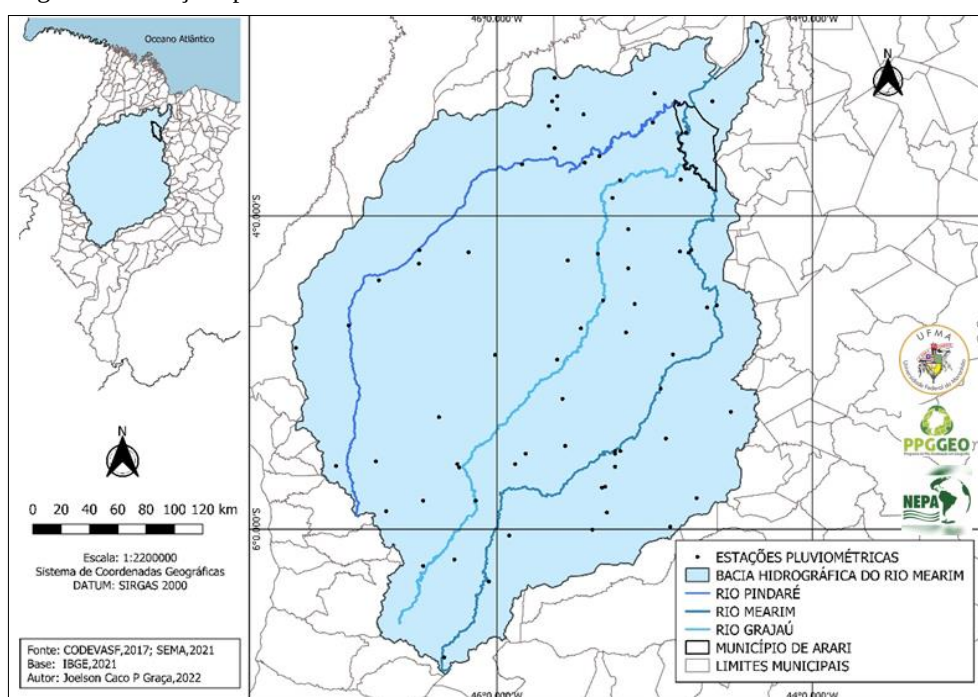
Tabela 3: Estações Pluviométricas por sub-bacia do rio Mearim Maranhão - Brasil

Sub bacia	Quantidade	Instituição	Ano Início	EP mais antiga
Rio Pindaré	21	1-3-4	1967- CPRM	Zé Doca
Rio Grajaú	24	1-3-4	1967-SUDENE	Grajaú
Rio Mearim	29	1-2-3-4	1967- DNOCS	Pedreiras

Legenda de Instituições: 1- ANA/CPRM, 2- DNOCS, 3- INMET, 4- SUDENE

Fonte: Adaptado da SEMA/Sala de Situação, 2022

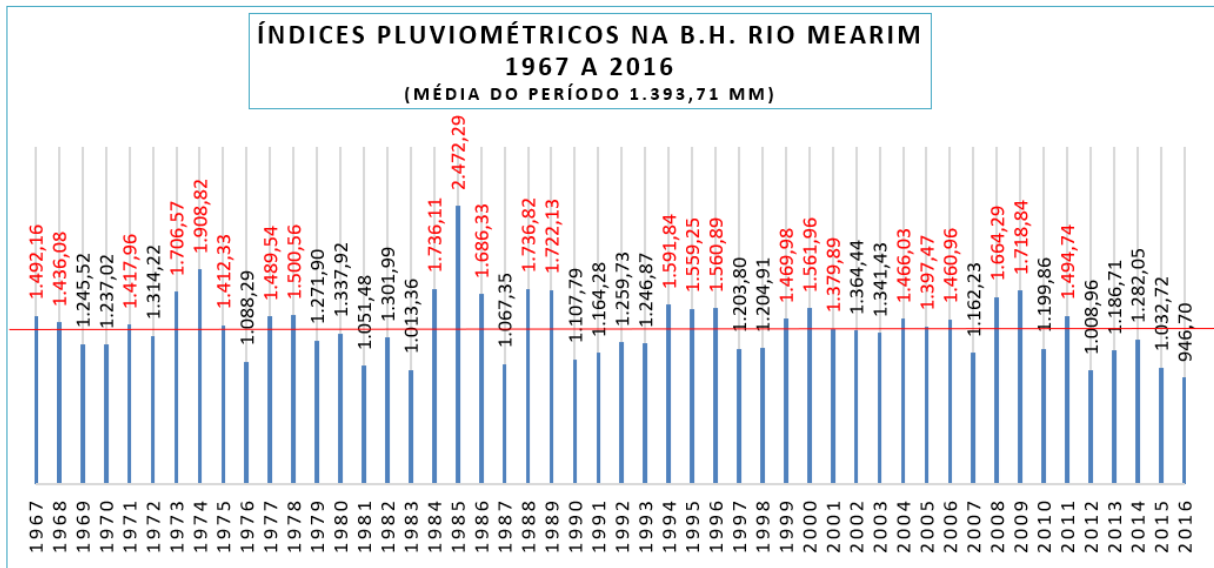
Figura 24: Estações pluviométricas na B.H do rio Mearim



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

Cabe ressaltar que as EP citadas, não operaram conjuntamente em todo o período, e a média de pluviosidade utilizada, para estabelecer a série histórica do período de 1967 a 2016, considerou apenas os anos em que houve registro de dados, e/ou foram validados (Gráfico 1).

Gráfico 1: Série histórica de pluviosidade na bacia hidrográfica rio Mearim



Fonte: Adaptado SEMA/Sala de Situação, 2022

A série histórica de dados de pluviosidade confirmaram que o ano de 1985 foi o ano com o maior volume de chuvas com 2.472,29 mm, atingindo um volume 77,4% acima da média da série do período que é de 1.393,71 mm.

Merleau-Ponty (2011), destaca que a percepção é uma ação própria do indivíduo, baseado nas experiências que lhe conferem no ambiente. O conhecimento do mundo, mesmo dos aspectos da ciência, são frutos de experiência individual. Nesse contexto, observa-se que a percepção dos munícipes desconsidera os dados históricos (científicos), e diz respeito sobre aquilo que sente, que vivencia.

Dessa forma, na percepção de alguns munícipes, o ano de 2009 foi citado como o ano de maior inundação. Contudo, os dados evidenciaram que 2009 foi o 6º ano com maior índice atingindo 1.718,84 mm, volume 23,3% acima da média. As inundações do ano de 2009, precisam ser analisadas considerando vários fatores que podem ter lhe conferido a condição de maior em relação ao ano de 1985, dentre eles, a publicidade devido ao incremento das redes de comunicação, aumento das pessoas atingidas devido ao crescimento vegetativo da população promovendo a expansão de áreas urbanas, o aumento da infraestrutura rodoviária, a menor cobertura vegetal, dentre outros.

A percepção de magnitude dos fenômenos de inundação, foram discutidas por Zanandrea et al., (2017, p. 4), aplicando metodologia de análise que considerou as séries acima de um limiar POT (*Peaks over Threshold*), incluindo os valores que superaram um certo valor de referência ou limiar estabelecido, e uso Plataformas de Coleta de Dados (PCD) da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) da ANA, determinou que:

a inundação de 1985, que em termos de duração do extravasamento das águas apresenta uma recorrência de aproximadamente 90 anos e de volume de 225 anos, corresponde a uma recorrência de somente 32 anos quando a variável a ser considerada é a vazão de pico. Já a máxima vazão de pico registrada no período de observações (1978 a 2014), isto é, a de 2009, corresponde a uma recorrência de 36 anos e de volume de 30 anos, mas em termos de duração apresenta uma recorrência de somente 12 anos. Neste sentido, do ponto de vista daqueles que ficaram inundados, o evento de 1985 pode ter sido mais crítico que aquele de 2009, embora este último tenha apresentado um pico de vazão maior.

Atualmente, o monitoramento hidrometeorológico do município conta com equipamentos de sensoriamento remoto (telemétricos) e manuais. Dentre os equipamentos que fazem o monitoramento hidrometeorológico que se relacionam diretamente com a área pesquisada, destaca-se a PCD da ANA que fazem o monitoramento hidrometeorológico, e Pluviômetros Automáticos (PA) do CEMADEN.

As PCD a montante e mais próximas estão instaladas no rio Mearim, na sede municipal de Bacabal, e no rio Grajaú na zona rural do município de Bela Vista do Maranhão. Estas PCD fazem parte da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR), e são operadas pela SEMA e CPRM quanto a sua manutenção preventiva e corretiva. As estações registram dados de pluviosidade, vazão e nível do rio nos locais de sua instalação. Cabe destacar que o rio Pindaré, que também contribui com a dinâmica fluvial na área pesquisada, não possui atualmente monitoramento telemétrico.

De acordo com a ANA (2017), para transmissão dos dados no caso da RHNR é usado o conjunto de satélites denominados GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*), e pela política da agência americana NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), instituição responsável pelo gerenciamento do GOES, o uso deste instrumento para fins de utilidade pública ou governamentais são gratuitos.

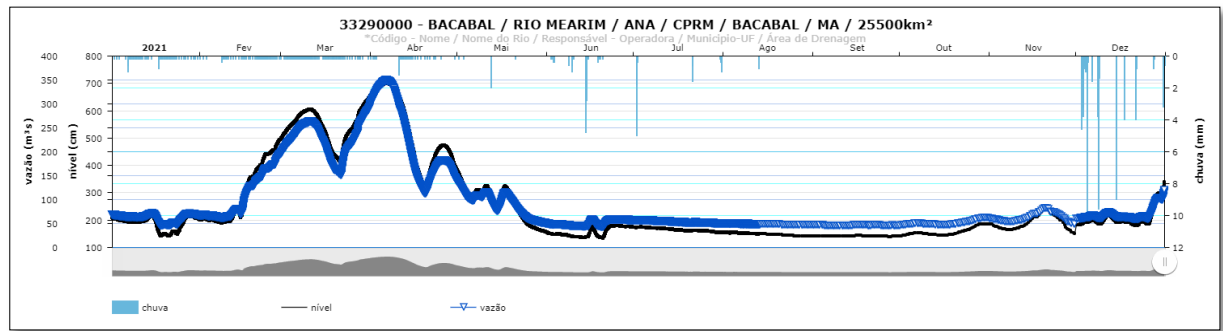
Os PA do CEMADEM que monitoram a região a área são: Arari, Vitoria do Mearim, Conceição do Lago Açu, Igarapé do Meio e Bacabal, Cajari, Penalva e Viana.

Os PA são instrumentos integrados a rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, e visam subsidiar a emissão de alertas de desastres naturais. Os dados de pluviosidade registrados pelos PA são transmitidos via sistema Serviço de Rádio de Pacote Geral (GPRS) a cada 10 minutos, sendo, então, processados e disponibilizados na plataforma do CEMADEN.

Visando demonstrar a influência do sistema fluvial a montante da área pesquisada, foram extraídos dados das PCD de Bacabal e de Aratoí Grande (Bela Vista do Maranhão) do ano de 2021.

Os gráficos demonstram o comportamento hidrológico dos rios Mearim (Gráfico 2) e Grajaú (Gráfico 3).

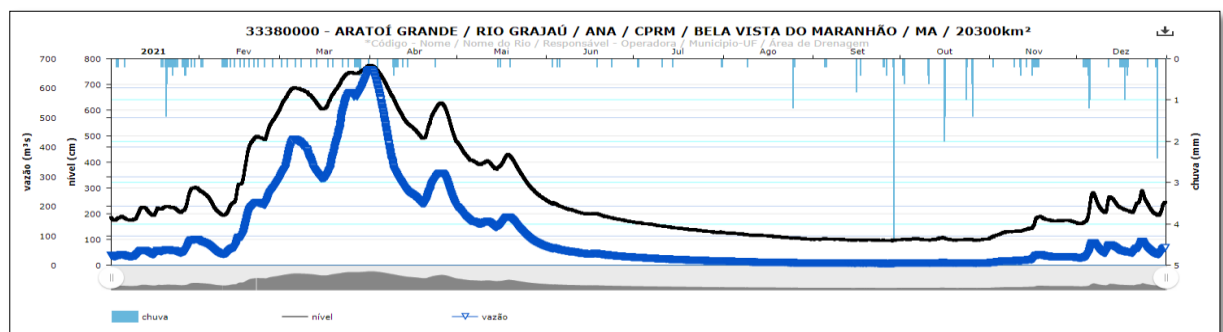
Gráfico 2: Gráfico do SNIRH/ANA da PCD de Bacabal no rio Mearim em 2021



Fonte: Sistema HIDRO-telemetria/ANA, 2022

O gráfico da PCD-Bacabal, indica que no início de janeiro de 2021, o nível do rio era 2,07 m e vazão de 68,59 m³/s; no dia 06/04/2021 alcançou seus maiores índices da série com nível de 6,99 m e 349,50 m³/s. A partir de 07/04/2021 iniciou um processo contínuo de redução de nível e vazão, atingindo em seus menores índices em 11/09/2021 com nível de 1,40 m e vazão de 45,48 m³/s, voltando a subir a partir de outubro encerrou o ano com nível de 2,91 m e vazão de 100,76 m³/s.

Gráfico 3: Gráfico da PCD Aratoi Grande no rio Grajaú em 2021.



Fonte: Sistema HIDRO-telemetria/ANA, 2022

O gráfico da PCD-Aratoi Grande, mostra que no início de janeiro de 2021, o nível do rio era 1,85 m e vazão de 33,60 m³/s; no dia 31/03/2021 alcançou seus maiores índices na série com nível de 7,73 m e vazão de 662,90 m³/s. A partir de 03/04/2021 iniciou um processo contínuo de redução do nível e vazão, atingindo seu menor nível em 0,98 m e vazão de 0,23 m³/s voltando a subir a partir de novembro, e encerrou o ano de 2021 com 2,35 m de nível e vazão de 54,76 m³/s.

Os dados de pluviosidade de ambas as PCD para o ano de 2021, foram considerados inconsistentes e não foram contabilizados. As restrições sanitárias impostas pela pandemia, prejudicaram a manutenção desses equipamentos, como a limpeza e calibração dos componentes. Estes estão sujeitos a diversas situações que podem comprometer a captação dos

dados, conforme evidenciado no pluviômetro da PCD de Bacabal em novembro de 2021 por este pesquisador (Figura 22).

O PA de Arari não registrou nenhum dado durante o ano de 2021, sendo consultada a instituição CEMADEN sobre o motivo do problema, a mesma informou que devido as limitações impostas pela pandemia nos anos de 2020 e 2021, não foram realizadas as manutenções programadas, e dessa forma, muitos equipamentos desse instituto deixaram de funcionar em nesse período. Durante a atividade de campo, o equipamento foi localizado e constatou-se estar em condições precárias (Figura 25-A)

Cabe destacar que a pandemia de COVID-19, comprometeu o a captação de dados por equipamentos de sensoriamento remoto nos anos de 2020 e 2021, comprometendo as séries históricas. Estes equipamentos estão instalados em ambientes abertos, apropriados para seu objetivo, e estão sujeitos a intemperes que prejudicam seu funcionamento. Como é o caso do pluviômetro da ANA em Bacabal, que em atividade profissional do pesquisador, foi encontrado entupido pela construção de um ninho de pássaro em sua área de captação (Figura 25-B).

Figuras 25: Pluviômetros de Bacabal – MA e de Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021

5.2 Interações do meio Biótico

A interação dos sistemas fluviomarinho, promovem alterações no meio biótico, a partir da alteração das condições de habitabilidade dos seres vivos. De acordo com relatos de pescadores, o aumento do volume dos lagos e o extravasamento do leito do rio provocando inundações, propicia a fuga de peixes de tanques de piscicultura ou rizipiscicultura, promovendo a ocorrência de espécimes exóticas no rio Mearim, e que podem a médio e longo prazo, promover alterações significativas com impacto na atividade pesqueira.

A intrusão marinha propicia a entrada de espécies animais marinhos no rio Mearim, devido a elevação do nível e salinização da água. No ano de 2015, o Instituto AMARES, ONG que trata do encalhe de animais marinhos na costa do estado, registrou e seu *site* que um boto-cinza (*sotalia guianensis*), ficou preso em rede de pesca em Arari, sendo o animal resgatado e devolvido ao seu meio natural pela ONG.

No ano de 2018 uma baleia de espécie não identificada, devido ao avançado estado de decomposição da carcaça, foi encontrada na margem do rio Mearim no município (Figura 26).

Figura 26: Carcaça de baleia encontrada no ano de 2018 em Arari - MA, Brasil



Fonte: g1/Maranhão/TVMirante,2018

Em 2019, um leão marinho (*otariinae*), foi encontrado preso em galhos em terra firme, e foi resgatado pela brigada do Corpo de Bombeiros Militar (CBM). Provavelmente o indivíduo deve ser seguido uma presa (cardume), que em maré alta, busca abrigo por entre a vegetação marginal, ficando preso por ocasião da baixa-mar (Figura 27).

Apesar de estar associada ao bioma amazônico, a vegetação composta por formações pioneiras de influência fluvial/lacustre, a vegetação possui abundância de ervas e arbustos e inserção de espécies exóticas como gramíneas.

No rio Mearim durante o período de estiagem, destaca-se a presença de aglomerados de plantas aquáticas que formam balesdos, os quais seguem o fluxo e acumulam nas curvas de meandro, muitas vezes obstruindo totalmente a passagem de pequenas embarcações. Neste amontoado de plantas aquáticas predominam o aguapé ou mururu (*Eichorniacrassipes*).

Figura 27: Leão marinho resgatado no ano de 2019 em Arari - MA, Brasil



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar, 2019

Conforme Bani (2016, p. 43), sendo o rio Mearim responsável pelo abastecimento de água por grande parte da população do município, a ocorrência do aguapé contribui para a presença de coliformes fecais, “pela intensa atividade biológica capaz de absorver os elementos nocivos à saúde. Essa planta também é indicadora de assoreamento e de eutrofização do corpo hídrico por excesso de esgoto em alguns pontos”. A grande quantidade de balsedos na estação seca, ficou evidente na atividade de campo em julho de 2021 (Figura 28).

Figura 28 :Balsedos no rio Mearim em período de estiagem no ano de 2021



Fonte: Acervo do autor, 2021

A proliferação da espécie vegetal é influenciada pelos regimes refluxo, preamar e fluxo definido pelo sistema fluviomarinho, promovendo a agitação e consequentemente a homogeneidade dos elementos físicos, químicos e biológicos. No período de estiagem, o fluxo de maré mais lento, resulta na proliferação do mururu, pela concentração de nutrientes na água.

Por ser uma área de transição de biomas, a região de Arari tem uma grande quantidade de palmeiras, com uma paisagem característica da Mata dos Cocais. Entre as palmeiras, destaca-se a predominância da Carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore), ocorrendo áreas com concentração de muitos indivíduos, e que na maioria das vezes, estão na margem esquerda do trecho do rio Mearim, em todos os segmentos. (Figura 29).

Figura 29: Carnaubeiras em área alagada em Arari - MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021

A predominância da espécie na área, encontra justificativa de Arruda e Calbo (2004, p. 219) “é uma palmeira típica do Nordeste brasileiro, ocorrendo com frequência em terrenos salinizados e mal drenados”

5.3 Interatividade do meio Antrópico

No município de Arari, a hidrodinâmica das marés permite que as ondas de grande magnitude adentram o rio Mearim com força e velocidade, resultando no fenômeno da pororoca, que é vista como oportunidade de prática do surfe por grupos específicos, e que na

sua grande maioria não fazem parte a comunidade local, nem possuem interação com as atividades socioeconômicas desenvolvidas no município.

Por outro lado, o rio, a montante, configura-se como um fornecedor de água para atividades socioeconômicas, como pesca, dessedentação de animais, consumo humano, produção de alimentos, transporte, entre outras. Além dos usos descritos anteriormente, o rio Mearim em seu baixo curso, possui histórico de enchentes que culminam em inundações, que causam prejuízos que englobam aspectos, sociais, ambientais e materiais.

Na área pesquisada alguns povoados e a própria sede municipal, se formaram as margens do rio Mearim. Foram identificados nove povoados ao longo do trecho do rio, estando localizados de acordo com a divisão dos segmentos como segue: segmento 1: Povoado Carmo; segmento II: Povoados Aranha, Barreiros, Bonfim, Curral da Igreja, Rabela, Tabocal, Trizidela 1 e Trizidela 2; no segmento 3, não foi identificado a existência de povoados.

A dinâmica do sistema fluviomarinho em relação a obras de infraestrutura, sobretudo nas que estão sujeitas a variações de nível e intensidade e salinização, ensejam a necessidade de estudos prévios para que possam atender seus propósitos, reduzindo assim o desgaste das estruturas, cujas consequências podem atingir níveis variados, como prejuízos ordem financeira do setor público ou do privado, as catástrofes com perda de vidas.

A ação do sistema fluviomarinho, provocou o solapamento do terreno, promovendo a desestabilização da base do calçadão da praça da igreja da matriz, limitando a utilização do espaço pela comunidade (Figura 30).

Figura 30: Solapamento da estrutura da calçada em Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021

Entre os povoados Curral da Igreja e Tabocal, encontra-se o eixo principal da maior parte do percurso para a prática do surfe da pororoca. Os praticantes do esporte buscam as ondas um pouco depois do início do segmento 3, após o povoado Tabocal, e percorrem até as imediações do povoado Curral da Igreja em um percurso de aproximadamente 4,5 km (Figura 28). Segundo informações de moradores do povoado, os praticantes do surfe evitam ir além deste ponto para encontrar as ondas, evitando a área denominada “paredão da morte”, pois no local já foram relatados acidentes fatais durante a prática do esporte.

O surfe na pororoca, constitui uma das fontes de projeção midiática do município no cenário nacional e internacional. A beleza cênica que cerca o local de sua prática, traz a sensação e o ambiente para quem busca associar lazer, esporte e tranquilidade. Os eventos de surfe promovidos por entidades como a ABRASPO e outras, contribuem com a economia local, e o povoado Curral da Igreja compõe este cenário associando natureza, aventura e simplicidade (Figura 31).

Figura 31: Zona preferencial do surfe na pororoca em Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

No entanto, a satisfação dos habitantes do povoado Curral da Igreja com a sua localização e as belezas naturais proporcionadas pelo ambiente não são o suficiente, já são necessárias melhorias na infraestrutura e instalação de equipamentos públicos que melhorem a qualidade de vida de seus habitantes (Figura 32).

A falta de atendimento por parte do poder público das necessidades dos moradores, desencadeia manifestações de insatisfação que são materializadas em cartazes e faixas, e em comentários de moradores locais para qualquer estrangeiro que visite o local.

As reivindicações perpassam por melhores condições de acesso ao povoado, uma vez que a estrada de ligação com a sede municipal conta com a distância de 10 km, e possui condições ruins de pavimentação, abastecimento de água potável, estrutura para receber os visitantes, quer seja dos praticantes do surfe na pororoca, como para quem vai até o local para contemplar a paisagem, coleta regular de resíduos sólidos, área de lazer, e outras.

As manifestações ocorrem independente dos períodos em que o povoado é “invadido” por praticantes do surfe na pororoca, momento esse que o Curral da Igreja se torna o centro de atenção e vivência dos praticantes do surfe, tornando-se assim para os visitantes, a própria vila do surfe (Figura 33).

Figura 32: Vila do surfe, povoado Curral da Igreja em Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

Figura 33: Reivindicação do povoado Curral da Igreja, em Arari -MA, Brasil

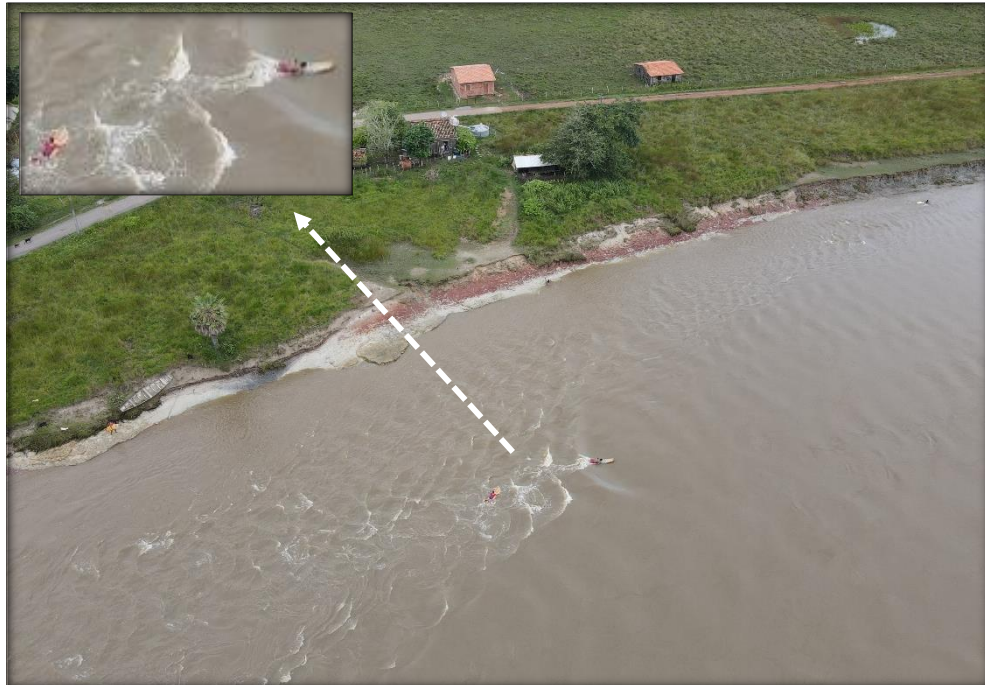


Fonte: Acervo do autor, 2022

Nem só da maré vive o surfe em Arari! Moradores locais e grupos de pessoas de localidades próximas, realizam manobras de surfe na vazante do rio Mearim, que para os mais experientes são conhecidas como treinos. A prática ocorre no momento da vazante do rio Mearim (Figura 34).

O local da prática é nas proximidades da margem direita do rio Mearim, no povoado Curral da Igreja, e são provocadas pelo atrito da água no leito do rio, possivelmente devido o material argiloso da Formação Cujupe na área, bem como do depósito das partículas maiores depositados no fundo. Dessa forma, conclui-se que a prática do surfe em Arari, não se limita a ocorrência de ondas da pororoca.

Figura 34: Surfe na vazante do rio Mearim em Arari – MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

O surfe na pororoca se configura como uma atividade incorporada à vida socioeconômica de Arari e que recebe por parte das autoridades locais o incentivo para que essa modalidade de surfe, seja associada ao município e sua cultura. Como exemplo dessa proposta, foi o cartaz de um dos eventos anuais promovido pelo município, o Festival da Melancia (Figura 35).

O abastecimento de água para potável consumo humano e dessedentação de animais, é diretamente impactada pela interação do rio Mearim com oceano através da baía de São Marcos. Segundo relato de munícipes, é grande a quantidade de poços abandonados por apresentarem água salobra. Este fenômeno ocorre pela intrusão da cunha salina, que atinge

aquíferos costeiros, e no caso de Arari, as inundações levam a água salgada até poços e reservatórios superfícies, limitando ou impossibilitando o uso dessas fontes de abastecimento.

Figura 35: Cartaz do Festival da Melancia em Arari – MA, Brasil



Fonte: <https://festivaldamelancia.arari.ma.gov.br>, 2022

No que diz respeito a salinidade da água, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente/COHANA nº 357 de 19 de março de 2005, na qual “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”, o seu Capítulo I- Das definições, Art. 2º, a classificação das águas quanto a salinidade possuem as seguintes classificações: Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %; Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %; Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %.

Através e Acordo de Cooperação Técnica/ACT entre a SEMA e a ANA são realizadas, duas vezes por ano, análise laboratorial para controle de qualidade de água em diversos cursos d’água do estado. Um desses pontos de controle está localizado no rio Mearim em Arari, próximo ao povoado Barreiros, este passou a integrar o grupo de pontos estabelecidos pela ANA a partir de 2019. Alguns dados de qualidade de água do ponto foram tabulados para evidenciar a salinidade em relação a sazonalidade. Cabe destacar que no ano de 2020 foi realizada apenas uma coleta, devido às limitações da pandemia (Tabela 4).

Tabela 4: Alguns parâmetros de qualidade de água em Arari – MA, Brasil

Data	Hora	Chuva em 24 h	Ar(°C)	Água(°C)	pH	Turbidez (NTU)	Salinidade (%)	Alcalinidade (mg/L)
27/09/2019	08:30	Não	27,75	29,75	7,10	882,90	0,59	44,00
27/11/2019	12:10	Não	29,63	29,60	7,55	486,17	15,90	16,00
09/12/2020	10:44	Sim	27,03	30,58	9,06	113,40	0,16	14,00
25/05/2021	08:53	Sim	26,84	30,15	6,76	52,38	0,06	16,00
07/12/2021	12:08	Não	27,45	30,89	7,70	291,58	1,73	36,00

Fonte: SEMA/ANA, 2022

Os dados evidenciam que apenas nas coletas de 9/12/2020 com 0,16 %, e 25/05/2021 com 0,06 %, a água foi classificada como doce. Em ambas as datas, houve ocorrência de chuva nas últimas 24 h, que pode ter contribuído para essa classificação.

O abastecimento de água pela rede de distribuição, é realizada e distribuída pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) criado em 1971, atendendo mais de 80% da população urbana do município. A captação é realizada por sistema de bombas submersas, e a água é canalizada para a Estação de Tratamento de Água (ETA), depois armazenada em reservatório com capacidade para 150m³, sendo encaminhada para ETA, e posteriormente para o reservatório semienterrado. a zona rural, a população cria alternativas para captar água pluvial (Figura 36).

Figura 36: Captação de água pluvial na zona rural de Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2022

A aquicultura e a pesca se rio, igarapés e lagos, se configuram como uma das principais das atividades socioeconômicas e de lazer no município. Segundo Bani (2016), o abastecimento

de pescado para ao mercado interno, não é totalmente suprido pela produção local, sendo necessário a importação de outros municípios e de outros estados. Sobre a variedade de pescado no comércio local, Bani (2016, p. 65) assevera:

Nas bancas e feiras foram encontradas as seguintes espécies: Bodó (*Hypostomus plecotumos*), Tambatinga (híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), Uritinga (*tachysuris Grabducassis*) (que segundo informações coletadas é pescado na foz do rio Mearim), Pescada de água doce (*Plagioscion squamosissimus*), Camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*) e Piranha (*Serrasalmus sp*, *Pygocentrus sp*).

O arroz foi introduzido no Estado do Maranhão por imigrantes da ilha dos açores por volta entre os anos 1620 e 1650. Sobre o tema, Viana (2021, p. 74) assevera:

O tipo de arroz trazido era o veneza, também conhecido como arroz da terra ou vermelho. Sendo essa a única categoria de arroz cultivada no âmbito doméstico até por volta de 1772, quando a foram proibidas as plantações de arroz que não fosse o branco. Cabe dizer que nos baixos cursos do Mearim e Itapecuru a produção do arroz veneza havia se intensificado, com o processo de colonização pela concessão das sesmarias.

Atualmente a concentração dos rizicultores às margens do rio Mearim, não tem mais o propósito de uso do transporte fluvial de outrora devido a implementação de infraestrutura de outros meios modais, no entanto, a variedade da rizicultura praticada nas áreas, necessita de água em abundância, sendo o rio Mearim o principal fornecedor desse insumo.

Considerando a necessidade de aumento da produção com sustentabilidade, o manejo de pragas, é necessário para sua manutenção. No entanto, esta perspectiva está mais alinhada com interesses econômicos que ambientais (EMBRAPA, 2004). Destaca-se que o segmento 1 encontra-se a montante do ponto de captação de água para consumo humano no município. Cabe destacar que na rizicultura, o uso de produtos químicos como pesticidas é muito comum, e parte desses compõem os efluentes que seguem para o rio Mearim por canais com esta finalidade, e de acordo com Farias Filho (2006, p. 37):

Nas áreas de várzea onde implementos agrícolas são utilizados no preparo dos solos e o cultivo do arroz é intenso, há o aparecimento de uma série de problemas relativos à infestação por ervas espontâneas (inclusive por arroz vermelho, que desvaloriza comercialmente o produto) e à compactação e quebra da estrutura desses solos o que leva a uma autolimitação da cultura.

Considerando a abundância e características hidrográficas, as canoas e barcos de madeira de pequeno e médios portes, se configuram como artefatos essenciais para a habitabilidade em ambientes cuja hidrografia seja abundante, como nos ambientes amazônicos. Em Arari existem pequenos estaleiros, onde artesãos se ocupam desse tipo de produção (Figura 37).

Figura 37: Produção artesanal de embarcação em Arari -MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021

A captação da água do rio Mearim para uso nos tanques de produção, é feita por canais artificiais ou artificializados por meio de retificação, e visam conduzir a água para o interior das propriedades onde circulam entre os tanques de produção e são defluídas ao rio Mearim (Figura 38).

Figura 38: Canal artificial em área de rizicultura em Arari - MA, Brasil



Fonte: Acervo do autor, 2021.

5.4 Alternância Rio-Mar como sistema ambiental em Arari

Christofoletti (1979, p. 1) advoga que “um sistema é um operador que recebe, em determinado lapso de tempo, recebe o *input* e o transforma em *output*”. O autor salienta que um sistema se organiza para realizar uma tarefa, gerar um produto ou uma condição, que promova alterações na estrutura do ambiente, ou proporcione à sociedade a necessidade de adaptações, que muitas vezes, tornam as potencialidades de uma feição em fragilidades, e vice-versa. Dos *inputs* que correspondem as entradas na análise sistêmica e que contribuem para as condições ambientais atuais na área pesquisada, foram identificados a água, energia eólica, energia térmica, sedimentos, gravidade e recursos financeiros.

As interações evidenciadas, resultam de processos pertinentes aos meios identificados e foram representados pelo Intemperismo, Evapotranspiração, Cultura, Economia, Pedogênese e Sedimentação. Considerando os *inputs*, os atributos, os processos realizados, e os *outputs*, foi elaborada a representação esquemática do sistema ambiental, representando a da interação rio-mar na área pesquisada (Figura 39).

Os elementos Geológicos, submetidos a processos de erosão, sedimentação intemperismo e pedogênese, dentre outros, propiciam a formação de solos Hidromórficos, que por suas características físicas, irão gerar a grande quantidade de lagos para armazenamento superficial da água que são usados para garantir o abastecimento de água para finalidades econômicas e culturais. A sedimentação também se manifesta pela formação de croas e barras, que limitam o uso do rio Mearim pelo risco oferecido para navegação, sobretudo pelo tipo de embarcações locais. O processo erosivo promove alterações frequentes na morfologia dos canais, gerando áreas rebaixadas nas margens devido canais de meandros abandonados e alteração lateral dos canais fluviais.

As manifestações do sistema climático, são responsáveis pela maior parte do fornecimento de água no geossistema local, uma vez que no período de maior pluviosidade, os lagos aumentam em número e dimensão, e o rio Mearim tem o seu nível elevado que, que ocasionalmente extravasa do leito e provoca inundações com impactos socioambientais negativos.

O abastecimento de água para consumo humano e dessedentação de animais, ocorre a partir de captação da água pluvial nas áreas urbanas e poços privados, por ocasião de chuvas, a água do rio tem sua salinidade diluída, classificando-se como água potável. No período de estiagem, o baixo nível dos rios resulta na sua eutrofização e aumento da salinidade, limitando

ainda mais seu uso da água do rio, sobretudo em alguns pontos de seu curso, o que favorece a concentração de nutrientes que por sua vez promove a presença dos balsedos.

As potencialidades que a hidrografia local possui, geram dualidades quanto aos aspectos de sustentabilidade do ambiente, pois se por um lado alguns usos da água para produção promovem a defluência material contaminante, outras favorecem o desenvolvimento econômico sem comprometer os corpos hídricos, como por exemplo as atividades turísticas pela visitação das áreas marginais dos rios e lagos e eventos esportivos como surfe na pororoca que promovem o município em nível nacional e internacional.

A intrusão marinha promove a presença de espécies animais exóticos ao local, e que adentram o estuário em busca de alimentos, e em função da variação de maré, sobretudo no período de estiagem, não conseguem voltar ao seu habitat natural. As ondas de maré, potencializadas pelo vento ou em maré de sizígia, representam as melhores opções para que a prática do surfe na pororoca ocorra, favorecendo assim os aspectos socioeconômicos do município.

Cabe destacar, porém, que a prática do surfe na pororoca, e seus eventos esportivos e turísticos, bem como as grandes produções de agropecuárias como criação de gado, arroz irrigado e outros cultivos, são dominados em sua maioria por pessoas de fora, assim o protagonismo e dominância, não são redistribuídos no local, limitando-se ao pagamento de salários, impostos e comércio local. No caso do surfe na pororoca, os praticantes profissionais se organizam em grupos de caravaneiros, que chegam e saem, obedecendo uma escala de competições, não realizando assim uma efetiva ligação com o lugar.

Nessa perspectiva, a pesquisa encontrou dicotomia na percepção dos munícipes sobre ambiente local, com algumas manifestações que consideram as atividades desenvolvidas pelos “estrangeiros” salutaras do ponto de vista de geração de emprego e renda para os habitantes, e outras contrárias a presença destes agentes de fora.

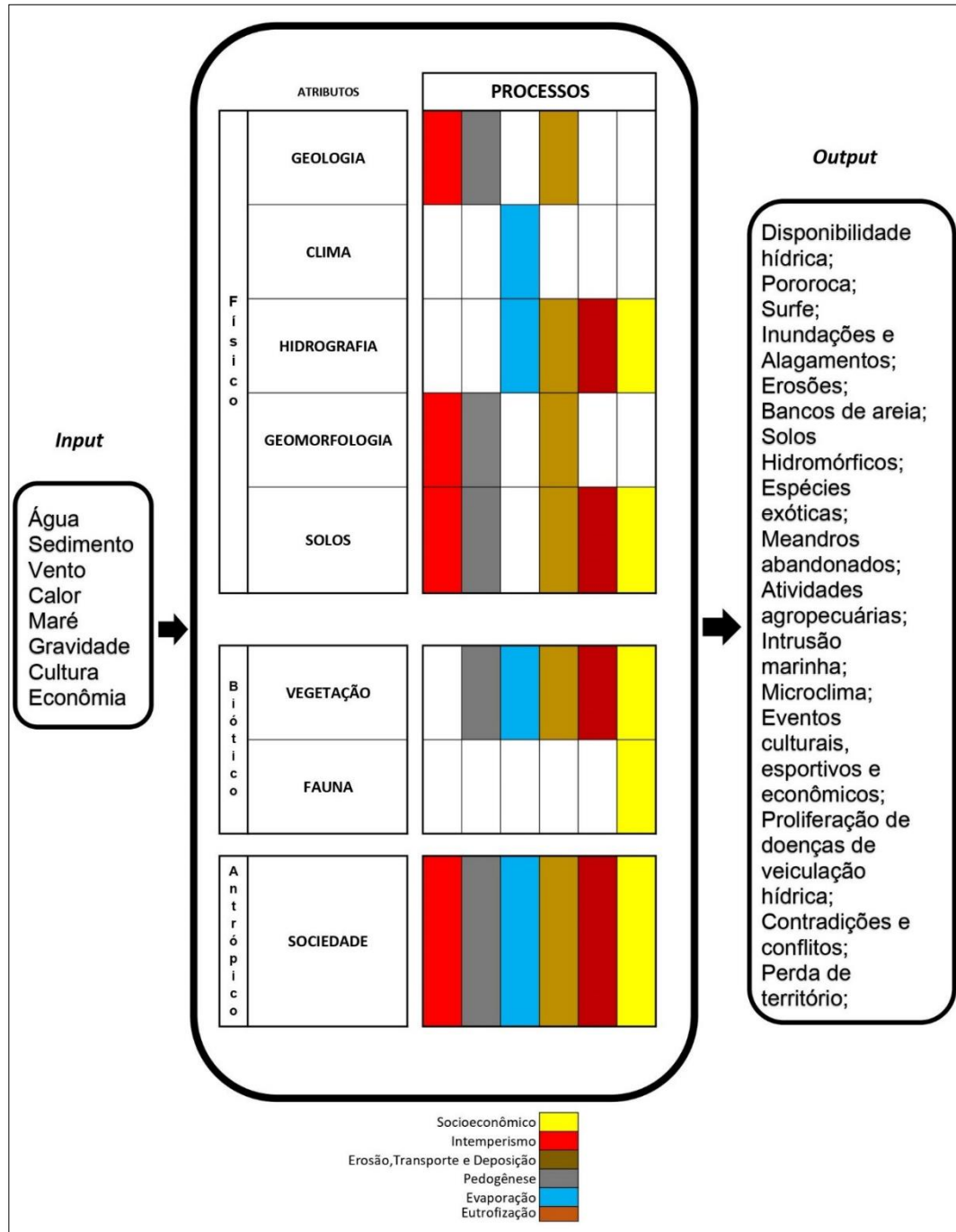
Sobre essa dualidade de percepção, Tuam (1983, p. 5) comenta:

Os espaços são demarcados e defendidos contra invasores. Os lugares são centros aos quais atribuímos valor e onde são satisfeitas as necessidades biológicas de comida, água, descanso e procriação. Os homens compartilham com outros animais certos padrões de comportamento, mas como indicam as reflexões de Tillich e Bohr, as pessoas também respondem ao espaço e ao lugar de maneiras complicadas que não se concebem no reino animal

Dessa forma, o protagonismo que o município possui pela ocorrência do fenômeno da pororoca, com suas reverberações nos aspectos socioeconômicos, fica diluído pela falta de estrutura e equipamentos públicos que promovam uma melhor qualidade e modo de vida da

população, principalmente na área onde o fenômeno manifesta sua força, como as margens dos rios e zonas periféricas.

Figura 39: Fluxograma do sistema rio-mar em Arari- MA, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Os geossistemas oriundos da interação dos sistemas fluvial e marinho em Arari são variados, e resultam do processamento dos matérias (*inputs*), submetidos aos elementos de atributos dos sistemas naturais a partir de processos como: socioeconômico, intemperismo,

erosão-transporte-deposição de sedimentos, pedogênese, evaporação e eutrofização, e resultam em condições ambientais que destacam as fragilidades e potencialidades do ambiente.

Na perspectiva do sistema antrópico, a alternância rio-mar na área pesquisada, gera um ambiente dinâmico, e que é evidenciado por paisagens contraditórias, revelando que os territórios (do surfista), e o lugares (da comunidade), estão juntos no mesmo espaço, mas não se misturam, sustentando a *(in)* satisfação de muitos com as realidades contraditórias entre a paisagens do turista e do munícipe (Figuras 40)

Figura 40: Paisagens contraditórias em Arari - MA, Brasil.



Fonte: Acervo do autor

Esse conjunto de geossistemas resultantes, submetem a população a consequências classificadas pelo pesquisador em: positivas, negativas e mistas, e que estão segmentadas abaixo:

Consequências Negativas:

- ✓ Emigração de população de áreas devido alterações no canal do rio Mearim;
- ✓ Perda de bens imateriais (topofilia, relações interpessoais, memória, tradições e outros);
- ✓ Perda de bens materiais (casas, terrenos, cultivos animais domésticos e outros);
- ✓ Doenças de veiculação hídrica por ocasião das inundações;
- ✓ Limitações à pesca;
- ✓ Intrusão marinha;
- ✓ Escassez de água doce;
- ✓ Limitações à habitação;
- ✓ Limitação para navegação;
- ✓ Perda de recursos pela exploração de estrangeiros;
- ✓ Manutenção de ambiente rústico para atender o ecoturismo;

Consequências Positivas:

- ✓ Disponibilidade hídrica para o consumo humano, dessedentação de animais, práticas agropecuárias e pesca;
- ✓ Ondas da pororoca;
- ✓ Turismo de aventura e ecológico que fomenta economia local;
- ✓ Extrativismo vegetal
- ✓ Manifestações sócio culturais;
- ✓ Lazer;

Consequências Mistas

- ✓ Ondas de grande magnitude e intrusão marinha;
- ✓ Exploração econômica do território pelos organizadores do surfe na pororoca;
- ✓ Exploração agropecuária por grandes investidores, gerando emprego local;
- ✓ Clima;
- ✓ Alterações morfológicas e laterais dos canais;
- ✓ Manutenção de ambiente rústico para atender o ecoturismo;

CONSIDERAÇÕES FINAIS



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atuação do sistema fluviomarinho representado pela dinâmica da interação do rio Mearim com o oceano através da bacia de São Marcos, possui grande importância na configuração das feições ambientais no município, principalmente na área pesquisada, sendo este sistema responsável por uma variedade de geossistemas que se configuram e reconfiguram, conforme evidenciado pela comparação das imagens orbitais de 1976 e 2021.

A dinâmica do ambiente promoveu alterações na morfologia do rio Mearim, formando e reformando a geometria do canal, que por sua vez, altera o fluxo de água e sedimento a jusante dos pontos alterados. Essas alterações não estão sujeitas somente ao fluxo hídrico do rio Mearim, mas também, ao regime de marés, as alterações do uso do solo pela sociedade, e as condições climáticas pela entrada de calor e água, que variam sazonalmente.

A situação geográfica da área em relação a bacia de drenagem a jusante, proporciona que muitos processos morfológicos atuem na área, e muitas vezes, no mesmo momento. A entrada de água no trecho do rio Mearim analisado, não está condicionada somente a situação pluviométrica local, uma vez que o baixo curso do rio, sobretudo na área analisada, é responsável por drenar quase 50 % do fluxo de água e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Mearim, que são carregados pelas sub-bacias do rio Grajaú e do próprio rio Mearim.

Considerando as dimensões do estado, a distância da localização das nascentes dos rios Mearim e Grajaú em relação a Arari, e a variabilidade climática do estado, muitas vezes, o aumento do nível e da vazão do rio Mearim no local, não estão condicionadas as precipitações pluviométricas no município, uma vez o alto curso desses rios recebem as primeiras chuvas do estado, impactando diretamente no volume e vazão do rio no seu médio e baixo curso.

O impacto do sistema fluviomarinho, que atua fortemente a jusante do município, tem na variação natural da maré seu principal agente modelador do geossistema local. Este possui frequência diária pelos ciclos naturais da maré, contudo, seu volume e energia são potencializados pelo movimento de aproximação da terra em relação ao seu satélite natural, provocando as marés de sizígia, resultando em ondas de maior magnitude, conhecidas como o fenômeno da pororoca. Essas ondas contribuem para os processos erosivos que são evidenciados na área, e promove o município como a sede do surfe na pororoca no Maranhão, sendo umas das manifestações mais importantes dessa interação para no sistema antrópico. Contudo, o surfe na pororoca em Arari, confunde-se com a própria identidade do lugar, afetando as relações de territorialidade, impactantes na percepção dos munícipes.

As limitações impostas pela pandemia de COVID, limitaram a realização de outras análises importantes para compor esta pesquisa, as quais além de pertinentes considerando a metodologia proposta, iriam complementar como mais informações necessárias para que a sociedade local pudesse requerer junto as autoridades, um conjunto de ações a serem implantadas e executadas com vistas a mitigar os impactos negativos e estimular as possibilidades que a área possui. A complementação desta pesquisa, também terá como resultado uma melhor explicação desse ambiente e suas peculiaridades, sobretudo ambientais, para as pessoas que possuem relação de territorialidade e pertencimento com a área.

Em relação às análises complementares a serem realizadas, sugere-se:

- ✓ Monitoramento da velocidade da corrente e da altura e período das ondas da pororoca;
- ✓ Medição da salinidade da água em dois pontos: no local da bomba submersa do sistema autônomo de água e saneamento, e na saída do rio Mearim do município;
- ✓ Acompanhamento das alterações do perfil transversal do rio Mearim no início dos segmentos estabelecidos nesta pesquisa;
- ✓ Caracterização social dos praticantes do surfe na pororoca;
- ✓ Caracterização das populações de cada povoado na área da pesquisa;

Esses e outros estudos e análises complementariam e enriqueceriam esta pesquisa, permitindo que a “fotografia” do geossistema local, pudesse refletir como maior nitidez as peculiaridades deste espaço.

De todas as feições da paisagem reveladas na pesquisa, chamam atenção os processos erosivos que causam estrangulamento de meandro, dentre eles, destacam-se, o que está ocorrendo na área do povoado Barreiras. Nesse caso, sugere-se estudos específicos que possam embasar intervenções de engenharia para implantação de obras de estrutura verde ou cinza, com intuito de mitigar a perda de terreno entre os canais, e que de acordo com esta análise, já perdeu aproximadamente 360 m no período analisado.

Outro processo igualmente impactante está ocorrendo a jusante do município de Arari, na zona estuarina média, que levará a reconfiguração não só do curso do rio Mearim, como também do rio Pindaré. Caso haja o rompimento desse meandro, a hipótese é que ocorra a formação de uma nova ilha no estuário, desta feita do município de Viana, e que ocorra mudança da foz do rio Pindaré e da morfologia do estuário do rio Mearim. Sem o obstáculo do meandro atual, que diminui a energia da maré, poderá ocorrer seu acesso direto potencializando

o novo processo de remodelação da morfologia do canal, com maior energia de processos erosivos.

Por fim, destaca-se que os sistemas ambientais são conjuntos dinâmicos e que variam a partir de ocorrências e fenômenos de ordem global, e escala temporal, que independem de decisões dos seres humanos, de suas vontades e necessidades, porém, precisam ser monitorados quanto a sua evolução, sobretudo pela presença de comunidades humanas sujeitas danos que podem comprometer sua integridade física.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.
- ARAÚJO, M. L. S., SANTOS, J. R. N., FEITOSA, F. E. C. S., SANTOS, J. S., SILVA, V.A.R., ALMEIDA, J, L., RIBEIRO, C.V., SILVA, F.B. Caracterização espaço-temporal dos componentes do balanço de radiação e calor na região de transição amazônia-cerrado. **In: Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, fev., 2019
- ARRUDA, G.M.T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore), **In: Acta bot. bras.** 18(2): 219-224. 2004
- ARAÚJO, A.; OLIVEIRA, M.C. **Tipos de pesquisa**. São Paulo, 1997.
- ALMEIDA, I.C.S. **Indicadores e tensores ambientais nos ambientes aquáticos da região lacustre de Penalva APA da Baixada Maranhense**. Monografia apresentada à Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2005
- ALVES, N. DE S. M; FONTES, A.L.; SILVA, D. B. DA; ALMEIDA, J.A.P.DE. Dinâmica Geoambiental, Processos Morfodinâmicos e uso das Terras em Brejo Grande, Baixo São Francisco–Sergipe. **In: Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, 2007.
- BAGNO, M.; CARVALHO, O, L.de S. **Pororoca, pipoca, paca e outras palavras do Tupi**, São Paulo, 2014.
- BARROS, V. R, GRIMM A, M.; DOYLE M. E. Relação entre temperatura e circulação no sudeste da América do Sul e sua influência do El Niño e La Eventos Niña. **Jornal da Sociedade Meteorológica do Japão**, 80, 21-32, 2002
- BANI, E. Segurança Alimentar urbana na Baixada Maranhense: o caso do município de Arari, **Dissertação de Mestrado em Saúde e Ambiente, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA**, 2016
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis, Editora Vozes, 351p. 2010
- BERTRAND, G. Paysage et Géographie Phusique Global. Esquisse Méthodologique. **Revue Géographique des Pyrenes et du Sud Ouest. Toulouse**, v. 39, nº 3, 1968
- BIGARELLA, J.J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. **Ambiente Fluvial Ambiente de Sedimentação, sua interpretação e importância**. 1ª. ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná. Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979
- BRASIL. **Portaria nº 34, de 2 de fevereiro de 2021**, que aprova a listagem atualizada dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira brasileira, publicado na ed. 23, seção 1, pag.53 do D.O.U. em 03 de fevereiro de 2021.
- BRIDGE, J. S. **Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record**. Oxford: Blackwell Science, 2003
- BOMBONATO, R. R. O tempo geológico nas narrativas de museus de história natural: análise comparativa; **Dissertação de Mestrado do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo-USP**, 2016
- BLOOM, A. L. **Superfície da Terra**, Ed. Edgard Blucher, SP, 1996

- CAMARGO, J.C.G. Evolução e Tendências do Pensamento Geográfico no Brasil: a Biogeografia. **Tese de Livre Docência do Instituto de Geociências e Ciências Exatas na Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro**, 1998
- CARDOSO, A. A conquista do Maranhão e as disputas atlânticas na geopolítica da União Ibérica (1596-1626), In: **Revista Brasileira de História**, v. 31, nº 61, p. 317-338, São Paulo - 2011
- CERQUEIRA, R.; MARQUES, L.F.P. Avaliação geoquímica da Bacia de São Luís. **Relatório Interno PETROBRAS/CENPES**, 130-0392, 31 p., 1984
- CODEVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAIBA –, **Plano de Preservação e Recuperação das nascentes do rio Mearim**, 2019
- CONTI, J. B., Epistemologia, Métodos e Técnicas em Geografia/Climatologia In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, Curitiba. Anais... Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 20-23.,1997
- COSTA-NETO, J. P; BARBIERI, R.; IBANEZ, M do S. R.; CAVALCANTE P. R. S.; PIORSK, N.M.; **Limnologia de três ecossistemas aquáticos característicos da baixada maranhense**, Boletim Laboratório de Hidrobiologia,14/15
- CHRISTOFOLETTI, A; **A mecânica do transporte fluvial**, USP, 1977
- _____. **Análise de Sistemas em Geografia**, Ed. Hucitec, SP, 1979
- _____. **Geomorfologia**. 2ª edição, 15ª reimpressão, Ed. Blücher, São Paulo - SP, 1980
- _____. **Geomorfologia fluvial**, Edgar Blücher, São Paulo -SP, 1981
- _____. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, v.52, n.2, p.21-35. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. **Modelagem de sistemas ambientais**, Ed. Edgard Blücher, São Paulo.1999
- CHRISTOPHERSON, R.W.; BIRKELAND G.H. **Geossistemas: uma introdução a geografia física**, Ed. Bookman, Porto Alegre, 2017
- DARÉ, R. G., ESTANQUEIRO, M., AMARAL, M. H. D. A. R., & TRUITI, M. C. T. **Significância dos argilominerais em produtos cosméticos**, In: Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, 2015
- DYER, K. R. **Estuaries: A Physical Introduction**. London: Wiley, 1997
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo, **Circular Técnica nº 67**, Santo Antonio, Goiás, dezembro, 2004
- FARIAS FILHO, M. S. **Caracterização e avaliação do cultivo do arroz em sistema de vazante na baixada maranhense**, Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, 2006
- FARIAS FILHO, M. S.; BUENO, C. R. P.; VALLADARES, G. S. Caracterização e classificação de solos Hidromórficos sobre as aluviões fluviomarinhas no município de Arari – Ma. In: **Revista Ra'e Ga, Curitiba** v. 47, n.1, p. 85-98, jul.,2020
- FEITOSA, A. C.; CHRISTOFOLETTI, A. Caracterização geomorfológica das praias do litoral norte do município de São Luís Ma. In: **Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo**, v. 5, p. 231-236, 1993.

FEITOSA, A. C. Relevo do Estado do Maranhão: Uma nova proposta de Classificação Topomorfológica. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia. **In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia – Anais**. Goiânia: UFG, v. 1: 1-11, 2006

_____. Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão, **Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP**, Rio Claro-SP, 210 p. 1989

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia, conceitos e técnicas atuais**, Ed. Oficina de Textos, SP, 2008

GOES, E. R.; JUNIOR, A.V. F.; Caracterização morfossedimentar da plataforma continental Brasileira. **In: Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1595-1613, 2017.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de Influência das Cidades 2018**, Rio de Janeiro, IBGE, 2020

_____. **Divisão Territorial Brasileira**, R. J. IBGE, 2020

_____. **Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira**, R. J. 2011

IMESC-INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE. Etapa bioma amazônico**. São Luís, IMESC, 2019

LEONARDI, F.; OLIVEIRA, C. G.; FONSECA, L. M. G.; ALMEIDA, C. M. Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC. In: **Anais DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR)**, São José dos Campos, 2009

LEFEBVRE, H. A produção do espaço. Tradução: Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins (do original): **La production de l'espace**. 4. éd. Paris: Éditions Anthropos, 2000). **Primeira versão: início** - fev. 2006.

LIMA, L. G.; PARISI, C. K.; SANTOS, J. H. S. DOS; CARNALHO NETO, F. C. RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO QUATERNÁRIO NO ESTUÁRIO DO RIO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO, **In: Revista Geociências, UNESP v. 38, n.1, p. 117 - 130**, 2019

LYNCH, D.K. **Tidal Bores**. **Scient Amer** 247 p. 134-143, 1982

MACHADO, M.A.; PINHEIRO, C. U. Da água doce à água salgada: mudanças na vegetação de igapó em margens de lagos, rios e canais no baixo curso do rio Pindaré, Baixada Maranhense, **in Revista Brasileira de Geografia Física v.09, n.05**, 2016

MACHADO, A. S. et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 5 p. 1441-1448**, maio 2011

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados** - 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2002

MARQUES, C.A. **Diccionario historico-geographico da provincia do Maranhão**, Typografia do Frias, Maranhão 1870

- MARQUES, M. I. M. Natureza e Sociedade. In: **A necessidade da Geografia**. São Paulo: Ed. Contexto, 256 p., 2019
- MARTONNE, E. de. **Panorama da Geografia (v. II)** Lisboa, Ed. Cosmos, 1954
- MASSEL, S. R. **Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction**. 3. ed. Singapura: World Scientific, 2017
- MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da Percepção**. São Paulo: Martins Fontes, 2011.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios da Oceanografia Física de Estuários**, Ed. USP, 2002
- MONTEIRO, CA DE F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, v. 2, 2000.
- _____. William Morris Davis e a teoria geográfica. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, 2001.
- NEVES, C.E. DAS. **Geossistema: a história de uma pesquisa. Trajetórias e tendências no Estado de São Paulo**, v. 191, 2015.
- NOCOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. F. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica, In: **Revista da Gestão Costeira Integrada nº 9**, p. 9-32 ,2009
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**, 2ª edição, Ed. IBGE, Rio de Janeiro, 1989
- PARK, D. **Tides and Shallow Water Processes**. Reino Unido, The Open University, 1989.
- PARKER, B. B. **Tidal Analysis and Prediction**, NOAA Special Publication NOS CO-OPS 3, Maryland, 2007.
- PASSOS, M. M. DOS. Eco-história da paisagem, In: **Boletim de Geografia**, v. 15, n. 1, p. 69-84, 1997.
- _____. O GTP bertrandiano transladado para a realidade da Geografia brasileira. In: **Geosul**, v. 36, n. 80, p. 17-42, 2021.
- PETERSON, J.; SACK, D., GABLER, R. E.. **Fundamentos da Geografia Física**; da 1ª edição Norte Americana Thiago Humberto Nascimento, Ed. CENGAGE, SP, 2019
- PRESS, F., GROTZINGER, J., SIEVER, R., JORDAN, T, H.. **Para Entender a Terra**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006
- PRITCHARD, D. W. What is an estuary: a physical point of view. In: **Lauff, GH, Ed., Estuaries, American Association for the Advancement of Science**, Washington DC, Vol. 1, 149-176, 1967
- PINTO-COELHO, R.M.; HAVENS, K. **Crise nas águas: educação e governança juntas evitando conflitos gerados pela escassez e pela perda Da qualidade das águas**, Ed. Recóleo, MG, 238 P, 2014
- RODRIGUES, T. L. N., ARAÚJO, C, C.; CAMOZZATO, E.; RANGRAB, G, E, (Org.). São Luís Folha SA.23- Z-A, Cururupu Folha SA.23-X-C: Estado do Maranhão: escala 1:250.000. In: **Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB**, CPRM, Brasília, 185 p. 1994
- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; SOUZA, L.S.B. Estratigrafia da sucessão sedimentar pós barreiras (Zona Bragantina, Pará) com base em radar de penetração no solo, In: **Brazilian Journal of Geophysics**, Vol. 19, 2001

- ROSS, J. L.S. **Ecografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**, Ed. Oficina de Textos, SP, 2006
- RUDDIMAN, W. **A terra transformada**; Tradução: Théo Amon, Porto Alegre, Ed. Bookman, 2015
- SANTOS, M. **A Natureza do espaço: técnica e tempo: razão e emoção**. 4ª. Edição, Ed.: EDUSP, São Paulo, 2002
- SATO, G. **Rizipiscicultura: uma alternativa rentável para o produtor de arroz irrigado**, In: Agropec. Catarin., v.15, n.3, nov. 2002
- SILVA M. V. C. DA; CRISPIM A. B. **Geologia Geral** - Fortaleza: Ed. U.E.C.E. 140 p., 2015
- SOBRINHO, T. R. G.; JARDIM, K. A.; SANTOS, V. F. dos. O geossistema como proposta metodológica aplicada a planície costeira do Amapá: Cabo Norte, Brasil, ISSN 2318-2962, **Caderno de Geografia, v.29, n.57**, Minas Gerais, 2019
- SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre**, São Paulo: USP – FFLCH, Departamento de Geografia, 1977
- _____. **Introdução à doutrina sobre os geossistemas**. Editorial Nauka, Filial de Sibéria, Novosibirsk, 1978.
- SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1980
- SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms**, Ed. Routledge, N.Y., 1991
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2017
- SCHUMM, S. A. **River Adjustment to Altered Hydrologic Regimen-Murrumbidgee River and paleochannels**, Australia, U.S. Geol. Survey Prot. Paper 598, 65p. 1968
- TORRES, F. T. P. **Introdução à Geomorfologia**. Coleção Textos básicos de Geografia, Ed. Cengage Learning, São Paulo, 2012
- TROPPEMAIR, H. **Ecosistemas e geossistemas do Estado de São Paulo**, 1983
- TROPPEMAIR, H. GALINA, M. H.; Geossistemas. In: **Mercator**, v. 5, n. 10, pp. 79 a 90, 2008
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977
- _____. Os tipos de leitos fluviais. **Notícias Geomorfológicas, V.6, n.11, Campinas, v. 6**, p. 41-49, 1966
- TUAM, Y. **Espaço e Lugar: a perspectiva da experiência**, Tradução Livia Oliveira, Ed DIFEL, SP, 1983.
- UNE, M.Y. ALVES, P.E.; CUNHA, Y, V, R, da; AS ENCHENTES NA BACIA DO MEARIM NA DÉCADA DE 70 - UMA ANÁLISE DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS, in: **Revista Brasileira de Geografia, I.B.G.E., ano 50, nº 3., (jul. a set.), R.J., 1988**
- VIANA, W. C.; SANTOS, J. L. DOS. **A moenda e o rio: um estudo da paisagem cultural do engenho São João em Arari - Maranhão (Brasil)**, In: O Ideário Patrimonial, nº15, Portugal, setembro de 2021
- VIANA, W. C. O território usado entre manifestações culturais e firmas transnacionais: O caso da territorialidade da monocultura do arroz na região dos eixos rododiferroviários – Maranhão

(Brasil) – **Tese de Doutorado em Geografia – Universidade do Porto, Porto**, 207 p.; 2021

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A.; Abordagem sistêmica e geografia, in: **Revista GEOGRAFIA**, v. 28, n. 3, Rio Claro, p. 323-344, set./dez. 2003

WERLANG, M.K. **Geomorfologia**, U.F.S.M., N.T.E., Santa Maria/RS, 2019

ZERFASS H., ANJOS-ZERFASS G.S. **A sedimentação em uma abordagem sistêmica**. In: *TerræDidatica*, 12(2):126-149, 2016

ZANANDREA, F., MICHEL, G. P., & MUNOZ ESPINOSA, H. R. Análise de frequência de volumes, durações e picos de inundações na Bacia do Rio Mearim - MA. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, ABRH, Porto Alegre, 2017