



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS DO DELTA DO RIO
TUBARÃO**

Florianópolis

2022

Arthur Henrique Antunes Cruz

Análise das alterações ambientais do delta do rio Tubarão

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador(a): Lindberg Nascimento Junior

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cruz, Arthur Henrique Antunes
Análise das Alterações Ambientais do Delta do Rio
Tubarão / Arthur Henrique Antunes Cruz ; orientador,
Lindberg Nascimento Junior, 2022.
98 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Análise Ambiental. 3. Bacia
Hidrográfica do Rio Tubarão. 4. Geossistema. 5.
Geotecnologia. I. Junior, Lindberg Nascimento . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Geografia. III. Título.

Arthur Henrique Antunes Cruz

Análise das Alterações Ambientais do Delta do Rio Tubarão

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Bacharel"
e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia

Florianópolis, 24 de março de 2022.



Documento assinado digitalmente
Lindberg Nascimento Junior
Data: 06/04/2022 22:54:22-0300
CPF: 049.596.139-63
Verifique as assinaturas em <http://www.ufsc.br>

Prof. Lindberg Nascimento Junior, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Lindberg Nascimento Junior
Data: 06/04/2022 22:54:55-0300
CPF: 049.596.139-63
Verifique as assinaturas em <http://www.ufsc.br>

Prof.(a) Lindberg Nascimento Junior, Dr.
Orientador(a)
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
ERICO PORTO FILHO
Data: 06/04/2022 23:19:26-0300
CPF: 523.141.219-00
Verifique as assinaturas em <http://www.ufsc.br>

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
CARLOS EDUARDO LUCAS VIEIRA
Data: 20/04/2022 16:21:14-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Carlos Eduardo Lucas Vieira, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao meu orientador Lindberg Nascimento Junior pelo desafio aceito de refletir acerca do delta do rio Tubarão.

À Douglas Antunes que através de seus estudos e reflexões acerca da arqueologia da região lagunar, possibilitou a construção desse debate.

Aos meus Pais que sempre acreditaram no estudo como poder de transformação.

À Olívia, por todo seu amor.

Aos grandes amigos que sempre se mantiveram presentes.

Aos colegas do GECAR/SIE que me permitiram trabalhar oferecendo disponibilidade para a concretização deste trabalho.

Um agradecimento especial a todos aqueles que me permitiram refletir acerca dos estudos ambientais e geográficos.

“O homem é a natureza que toma consciência de si própria e esta é uma descoberta verdadeiramente revolucionária numa sociedade que disso se esqueceu ao se colocar o projeto de dominação da natureza”

(Carlos Walter Porto Gonçalves)

RESUMO

O Delta do Rio Tubarão localiza-se na costa centro-sul do Estado de Santa Catarina, disposto sob a planície costeira de sedimentação holocênica, da qual compreende a sub-bacia do Tubarão Baixo, uma subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. Esse delta possui como principal característica sua condição de delta intra-lagunar, considerado como um sistema ativo em relação aos demais deltas quaternários relacionados à desembocaduras fluviais na costa litorânea brasileira. O presente trabalho procura realizar uma análise acerca das alterações ambientais observadas no Delta do Rio Tubarão, através da abordagem metodológica dos geossistemas, buscando destacar as principais transformações na paisagem no decorrer da história natural e social. A metodologia do trabalho compreendeu o uso de séries históricas decenais de imagens de satélite da família Landsat, para o período de 1985 a 2019, com informações de uso da terra disponibilizadas pelo projeto MapBiomas. Os resultados indicam que o Delta do Rio Tubarão é originalmente formado por processos muito recentes, datados ainda no Holoceno. Por esse aspecto, é um sistema muito frágil e de dinâmica muito alta, e apresenta como as primeiras transformações históricas a presença de agrupamentos humanos que constituíram os sambaquis, e mais recentemente a ocupação de povos originários, notadamente, os grupos indígenas Tupi-Guarani e Jê. As alterações ambientais, no entanto, foram mais importantes com os desdobramentos da enchente de 1974 e suas consequências sociais, políticas e econômicas. Neste caso, aponta-se pelo menos três períodos relevantes que impactaram diretamente na reestruturação do geossistema como um todo, sendo: a) a retificação e dragagem do rio Tubarão realizada no final da década de 70; b) a substituição das florestas originais por atividades agropastoris, principalmente os arrozais; c) intensificação do processo de urbanização em ambientes naturalmente frágeis. Em todos os processos mais recentes de alteração ambiental no Delta do Rio Tubarão, o Estado foi o principal indutor das transformações, considerando o financiamento público de obras e o fator de decisão. De modo geral, observa-se que a partir da segunda metade da década de 70, há aumento significativo de áreas agropastoris e urbanizadas, em decorrência de vegetação nativa e de feições deltaicas. De 1985 até 2019 observa-se um aumento de 144% de áreas agropastoris, predominantemente das lavouras de orizicultura. As áreas urbanizadas aumentaram em cerca de 105%, enquanto que as áreas de vegetação nativa ombrófila densa, tiveram uma redução de 51% e as áreas onde não eram observadas grandes intervenções agrícolas, de vegetação baixa e de pouco adensamento, de solos hidromórficos tiveram uma redução de 46%, dando lugar ao agronegócio. Desse modo, o trabalho finaliza com uma proposta de síntese da qual contempla uma visão de fluxos de matérias e energias dentro dos sistemas percebidos nos anos de 1975 e 1986, intercalados entre si pela marcante obra de retificação do rio Tubarão, sendo possível analisá-los de acordo com as alterações da paisagem. Conclui-se, portanto acerca de uma provocação a respeito do futuro da região do delta da perspectiva das mudanças climáticas, que implica diretamente no aumento da fragilidade e dinâmica do geossistema do Delta do Rio Tubarão como um todo.

Palavras-chave: Geossistema; Paisagem; Geotecnologias; Santa Catarina; Rio Tubarão;

LISTA DE ABREVIações

ANA	Agência Nacional de Águas
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
Cfa	Clima Subtropical Úmido com Verões Quentes e Invernos Brandos
Cfb	Clima Subtropical Úmido com Verões Brandos e Invernos Rigorosos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DRT	Delta do Rio Tubarão
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
IPCC	International Panel for Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
MAPBIOMAS	Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil
NRM	Nível Relativo do Mar
PROVARZEAS	Programa Nacional para o Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis
RADAMBRASIL	Projeto Radar da Amazônia
RIMA	Relatório Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS	United States Geological Service

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Taxonomias de um Geossistema segundo Bertrand (1968).....	17
Quadro 2 – Divisão das unidades superiores e inferiores do delta do Rio Tubarão..	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Situação geográfica do Delta do rio Tubarão (2019).....	12
Figura 2– Geossistema segundo Bertrand (1968).....	18
Figura 3 - Esquema Representativo de um padrão delta de foz.	22
Figura 4 - Composições de um Delta adaptado de Coleman & Prior (1982). Traduzido pelo autor.....	23
Figura 5 – Estágios de Formação de Deltas. Fonte: Dominguez (1990)	28
Figura 6 – Esboço metodológico de pesquisa. Org. Autor.	34
Figura 7 – Imagens Landsat e CBERES utilizadas no trabalho. Org. Autor.....	37
Figura 8 – Mapas da situação geográfica com hipsometria (a) e estrutura geológica (b) da Bacia do Rio Tubarão.	39
Figura 9 – Mapas hidrográfico (a) e clinográfico (b) da Bacia do Rio Tubarão	43
Figura 10 - Modelo Evolutivo para o delta do rio Tubarão em cinco etapas durante o Holoceno segundo Nascimento Junior, 2010	44
Figura 11 – Mapa dos tipos climáticos (a) e vegetação (b) da Bacia do Rio Tubarão.....	50
Figura 13 – Palmiteiro à esquerda e Bacopari à direita.	52
Figura 14 – Distribuição de sambaquis nas proximidades da laguna de Santa Marta.	54
Figura 15 – Alguns sambaquis da área (do topo à esquerda, sentido horário): Encantada, Roseta,	56
Figura 16 – Sítios arqueológicos de origem Guarani constatados no litoral sul de Santa Catarina.....	58
Figura 17 – Vista da Ponte Nereu Ramos - momento em que o rio reivindica seu espaço –61	
Figura 18 - Projeto do DNOS de retificação e dragagem do Rio Tubarão (DNOS, 1979). ...	63
Figura 19 – Configuração do Delta do Rio Tubarão em 1975.....	64
Figura 20 – Configuração do delta do rio Tubarão em 2019.....	65
Figura 21 – Mapa político-territorial (a) e do uso da terra (b) da Bacia do Rio Tubarão.....	68
Figura 22– Adaptado de SDM 2001	69
Figura 23 – Série Histórica do Uso do Solo no Delta do Rio Tubarão.	72
Figura 25 - Aglomerado Urbano da Cidade de Tubarão.....	75
Figura 26 - Aglomerado Urbano da Cidade de Tubarão em 2022.....	76
Figura 27 – Esquema de representação dos fluxos no DRT anterior à 1975.....	77
Figura 28- Fluxos de Matérias e Energias do Geossistema do Delta do Rio Tubarão posterior à obra	79
Figura 29 – Lagoas Pesqueiras da Sub-Bacia do Tubarão Baixo. Elab. Autor.....	83
Figura 30 – Modelo de aumento do nível do mar em 1,5 metros para o delta do rio Tubarão. Fonte:Surging Seas, Risk Zone Map (2022).....	86

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.2 Objetivo geral	14
1.3 Objetivos específicos	14
2. ALTERAÇÕES AMBIENTAIS, GEOSSISTEMA E PAISAGEM	15
2.2 O que é alteração ambiental?	15
2.3 Geossistema no estudo das alterações ambientais	17
2.4 Geossistema no estudo de Bacias Hidrográficas	20
2.5 Os sistemas deltas	21
2.6 Delta intra-lagunar	29
2.7 As geotecnologias e o estudo das alterações ambientais	31
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4. O GEOSSISTEMA DELTA DO RIO TUBARÃO	39
4.2 Origem e formação do geossistema	39
4.3 Transformações históricas na paisagem	52
4.4 Alterações ambientais pós-enchente de 1974	60
4.5 Proposta de síntese	76
4.6 Subsídios para Gestão e Planejamento Territorial	82
4.7 Perspectivas Futuras	84
5. CONCLUSÃO	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1. INTRODUÇÃO

O rio Tubarão, localizado no sul de Santa Catarina, apresenta certa especificidade em seu delta. Situado na costa centro-sul do estado de Santa Catarina, o delta do rio Tubarão - DRT, constitui um exemplo raro de delta lagunar que apresenta características intermediárias do estágio evolutivo, uma vez que difere do padrão mais predominante na costa brasileira, cujo os deltas são formados por cordões litorâneos.

Considerado para Giannini (1993) um delta intra-lagunar, o DRT interage diretamente para com o complexo lagunar da Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, Mirim e Imaruí entre os municípios de Laguna, Imaruí e Imbituba – SC, e também serve de aporte para origem de outras lagoas e lagunas localizadas sob o domínio da planície deltaica, como as de Ribeirão Grande, Manteiga, Santa Marta, Camacho e Garopaba do Sul (Figura 1).

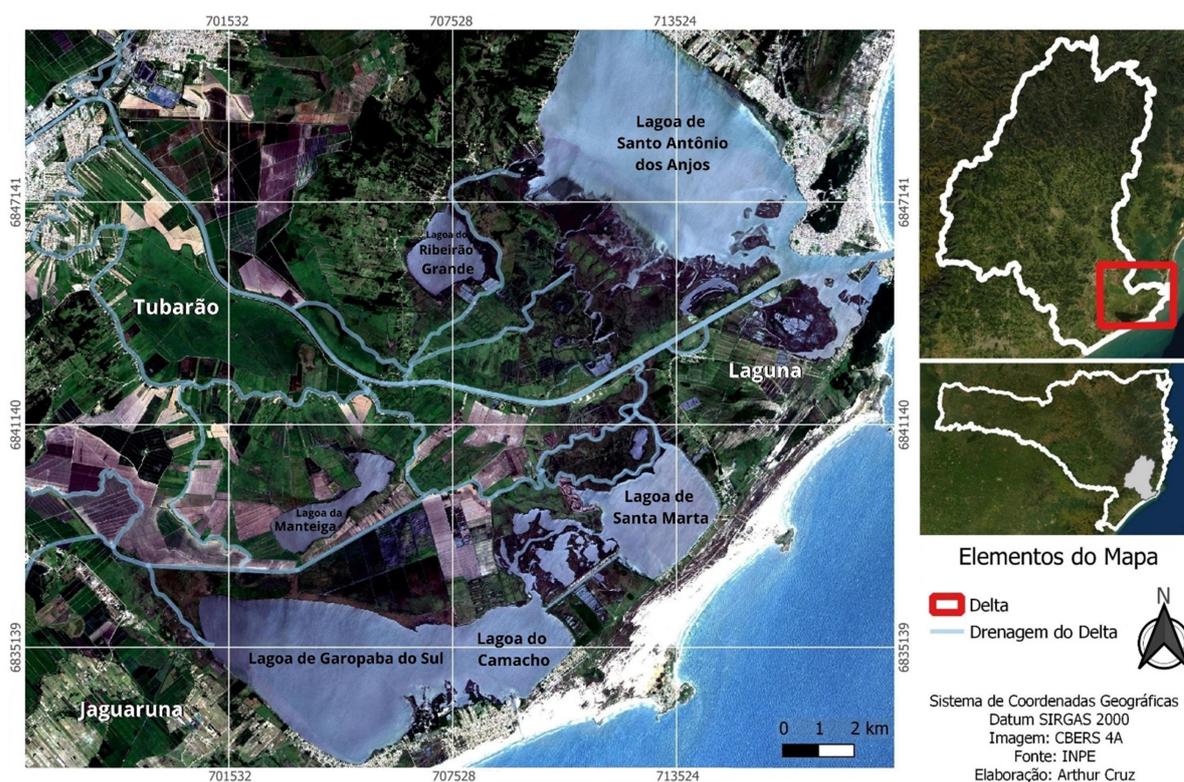


Figura 1 - Mapa da Situação geográfica do Delta do rio Tubarão (2019).

Devido à história de ocupação de toda Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão – BHRT, muitos desses trechos do rio foram submetidos a intensa alteração ambiental, como a desconfiguração do padrão meandrante original e o direcionamento de fluxo exercido pelo “novo” canal do rio Tubarão, e por

consequência também os intensos processos de urbanização e modificação do uso da terra da bacia como um todo, em trechos que ultrapassam os municípios de Tubarão, Jaguaruna e Laguna.

A título de exemplificação, tem-se o trecho desconectado do rio Tubarão, hoje chamado de 'Rio Morto' pela população local, do qual já não recebe mais água no volume original, e atualmente se encontra em estágio de eutrofização, pela falta de escoamento superficial e oxigenação (CONTRERAS, 2018). Esse isolamento se deve aos trabalhos executados no final da década de 1970, após a grande enchente de 1974, quando a obra de retificação e dragagem do rio Tubarão foi executada, pelo antigo Departamento de Obras e Saneamento do Governo Federal - DNOS.

As modificações no curso original do Rio Tubarão são assim oriundas fundamentalmente de ações antrópicas, e que não à toa, oferecem impactos diretos na dinâmica do rio Tubarão e de seus rios principais e distributários, sobretudo e por consequência, nos ecossistemas que constituem o delta e as lagunas associadas.

Nesta perspectiva, pretende-se discutir, como as alterações ambientais no curso do rio Tubarão têm condicionado impactos nos sistemas naturais desta área, e como é possível identificar os aspectos de relações conflituosas entre a sociedade e a natureza na organização da dinâmica do DRT no passado e na atualidade. O objetivo principal é, portanto, identificar as principais ações antrópicas responsáveis para a alteração da dinâmica original do DRT.

Por isso o trabalho foi dividido em quatro principais partes. A primeira compreende a fundamentação teórica, que divide seu conteúdo em uma sequência lógica, tratando inicialmente o conceito de alteração ambiental, para posteriormente refletirmos sobre seus usos a partir da abordagem dos geossistemas, da paisagem, e dos níveis taxonômicos de Bertrand (1968). O esclarecimento sobre deltas e suas particularidades, voltadas ao rio Tubarão dão sequência na ordem, finalizando com uma revisão acerca de sensoriamento remoto e seu uso em análises ambientais.

A segunda parte discorre sobre a metodologia utilizada para os fins de quantificação e interpretação de imagens, bem como das fontes e ferramentas utilizadas para alcançar a perspectiva de análise. O interesse foi contemplar a exigência teórico-metodológica da abordagem dos geossistemas, caracterizada por uma análise espaço-temporal dos aspectos estruturais da BHRT, como critério fundamental para compreender origem, formação, constituição e dinâmica do geossistema do DRT no passado e no presente.

A terceira parte apresenta de fato a análise das transformações ambientais do DRT, iniciando com a origem e a formação do geossistema estudado, no escopo da história natural, e em seguida a discussão sobre as modificações na história social pelas ações antrópicas. Nessa parte, também é apresentada uma proposta de síntese para compreensão da dinâmica atual do geossistema do DRT.

A quarta parte segue com a intenção de gerar subsídios para o planejamento e gestão territorial, bem como realizar uma ponderação acerca das perspectivas futuras para o DRT, contemplando também as considerações finais.

1.2 Objetivo geral

Identificar as ações antrópicas responsáveis para a alteração da dinâmica natural do delta.

1.3 Objetivos específicos

Caracterizar o ambiente do delta do Rio Tubarão a partir de atributos da abordagem do geossistema;

Identificar os processos de ocupação do delta do Rio Tubarão, com ênfase nos contextos históricos da relação urbanização e uso agrícola e as intervenções no curso do Rio Tubarão;

Relacionar os aspectos associados à relação dialética entre a sociedade e a natureza nos anos que sucederam a enchente de 1974;

Gerar subsídios para o melhor conhecimento, gestão, planejamento territorial e ambiental da questão do Delta do Rio Tubarão;

Realizar uma reflexão acerca das perspectivas futuras para a região do Delta do Rio Tubarão.

2. ALTERAÇÕES AMBIENTAIS, GEOSISTEMA E PAISAGEM

2.2 O que é alteração ambiental?

No presente trabalho, o termo alteração ambiental, é referido ao revelar as transformações históricas na paisagem, resultado sobretudo, das ações antrópicas com fins de exploração de recursos. O uso desse conceito, no entanto, tem sido mais convencionalmente usado a partir dos **impactos ambientais**, que é definido segundo a Resolução CONAMA nº001, de 1986 da seguinte forma:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

IV - a qualidade dos recursos ambientais. (grifo nosso)”

Deste modo, se considerado o conceito de impacto ambiental como o conjunto de alterações ambientais, como usualmente é interpretado, deve-se proporcionar a interpretação de que qualquer modificação ambiental designa sempre algum efeito negativo, como por exemplo, o impacto de edificações em áreas naturais. Ou seja, o impacto ambiental é qualquer mudança na estrutura de um ambiente, correspondente a um determinado período em uma determinada área, ele é o resultado de uma dada atividade, quando comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada (WATHERN, 1988a, p.7). O conceito de degradação ambiental, neste sentido, parece dar mais significado a concepção de que o impacto ambiental é majoritariamente um efeito negativo, já que contempla o conjunto de impactos diretos que as atividades humanas promovem na dinâmica dos sistemas naturais, no que tange o esgotamento de recursos e na destruição dos sistemas ecológicos (GUERRA, 1997).

Considera-se, portanto, importante realizar um esclarecimento referente ao termo **dano ambiental**, do qual é descrito por Milaré (2014) como:

“É dano ambiental toda interferência antrópica infligida ao patrimônio ambiental (natural, cultural, artificial), capaz de desencadear, imediata ou potencialmente, perturbações desfavoráveis (in pejus) ao equilíbrio ecológico, à sadia qualidade de vida ou a quaisquer outros valores coletivos ou de pessoas.”

Dessa forma, ao concluir suas conclusões acerca das definições de impacto e dano ambiental, Milaré (2014) salienta:

“[...] cabe considerar que o conceito de impacto ambiental, previsto no art. 1º da Res. CONAMA 1/1986, que remete a alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada pela interferência humana distancia-se do conceito jurídico de dano ambiental, pois como dito, “o impacto pode consistir em um dano ou não”, de modo que “pode perfeitamente haver impactos sem que haja danos.”

Assim, cabe ressaltar que o termo impacto ambiental também pode ser considerado um efeito positivo ao meio ambiente, através de outros aspectos, que não somente remetem à degradação do meio ambiente, como por exemplo, a melhoria da qualidade de vida das pessoas e a valorização imobiliária, dessa forma, a edificação de uma indústria, que se realizada através de estudos ambientais conforme o regimento da lei ambiental, pode ser considerado um impacto ambiental positivo, pois possibilita a geração de empregos a uma determinada camada da sociedade, melhorando sua qualidade de vida. Da mesma forma, pode ser considerada uma obra de infraestrutura que tende a melhorar a segurança das pessoas ao trafegar em determinado trecho, etc.

O impacto e as alterações ambientais podem apresentar um efeito positivo ao meio ambiente, como por exemplo, nos reflorestamentos de mata ciliar. Essa interpretação, necessariamente aponta que a alteração ambiental depende primeiro da finalidade e da tomada de decisões com relação ao estudo, análise e gestão ambiental. Ela inclusive pode ser uma medida estratégica que potencializa processos de restauração ambiental e ecológica em áreas degradadas.

Assim, o conceito de impacto ambiental deve ser operacionalizado de forma muito abrangente da gestão ambiental, já que a importância de instrumentos regulatórios e analíticos como os Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) e Estudos de Impacto Ambiental (EIA), podem ter a finalidade de identificar os principais problemas decorrentes de um determinado projeto de intervenção, sejam eles positivos ou negativos.

De forma geral, se um determinado EIA/RIMA é desenvolvido para prever e relatar um conjunto de atividades humanas e seus efeitos ambientais, o conceito de impacto ambiental deve servir para determinar como as ações a serem realizadas podem evidenciar medidas de mitigação, compensação, contenção, controle e neutralização para evitar impactos ambientais negativos e potencializar os positivos.

Não à toa, esses instrumentos fornecem importantes informações para tomadas de decisão e planejamento territorial, sobretudo, no que tange às estratégias tecnológicas e estruturais para controle de determinado efeito adverso, como também, a indenização de agentes que serão diretamente afetados.

Observados esses pontos, podemos aqui considerar que tratar de **alterações ambientais**, é buscar primeiro os impactos ambientais, porém, contudo considerá-las no contexto dos processos históricos de transformação da paisagem, que resultem em modificações estruturais na dinâmica dos sistemas natural e ecológico, bem como no processo de evolução socio espacial e/ou de territorialização da paisagem.

Dessa forma, a ampliação do uso do conceito de impacto ambiental para alterações ambientais deve garantir uma compreensão mais coerente dos sistemas naturais em sua diversidade, bem como, sua interação com a sociedade. Sua análise não estaria setORIZADA somente a problemas específicos (uma vez que, os estudos técnicos por meios de EIA/RIMA seriam de certa forma mais adequados para este fim), mas principalmente para contemplar todo o caráter íntegro da análise ambiental (MACHIN, 1997; SHISHENKO, 1988), que compreende um significado fundamental a partir da abordagem dos geossistemas.

2.3 Geossistema no estudo das alterações ambientais

A abordagem do Geossistema, provém colaboração em análises ambientais porque possibilita um estudo prático do espaço geográfico com a introdução da ação social e interação natural para com o potencial ecológico e a exploração biológica (NASCIMENTO & SAMPAIO, 2004).

Para Tricart (1977) e Sotchava (1977) os sistemas ambientais físicos, ou sistemas naturais, obtêm certa expressão espacial na superfície terrestre, e a partir de uma composição de seus elementos, que atuam sistemicamente por meio de fluxos para troca e transformação de energia e matéria, eles mostram constante a integração da sociedade com a natureza.

Neste sentido, Monteiro (1978), avalia o geossistema como um sistema complexo e singular, através de interações entre os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, incluindo também elementos socioeconômicos.

Conforme Capra (2000), o geossistema busca uma análise do todo, e não de elementos isolados, e por isso a proposta de Sotchava (1977) e Bertrand (1968) valorizou fortemente os estudos geográficos da paisagem. Para Bertrand (1972), o geossistema é colocado como unidade de paisagem, isto é, uma porção territorial para a análise e delimitação. Dessa forma, cabe o entendimento do geossistema (Figura 2).

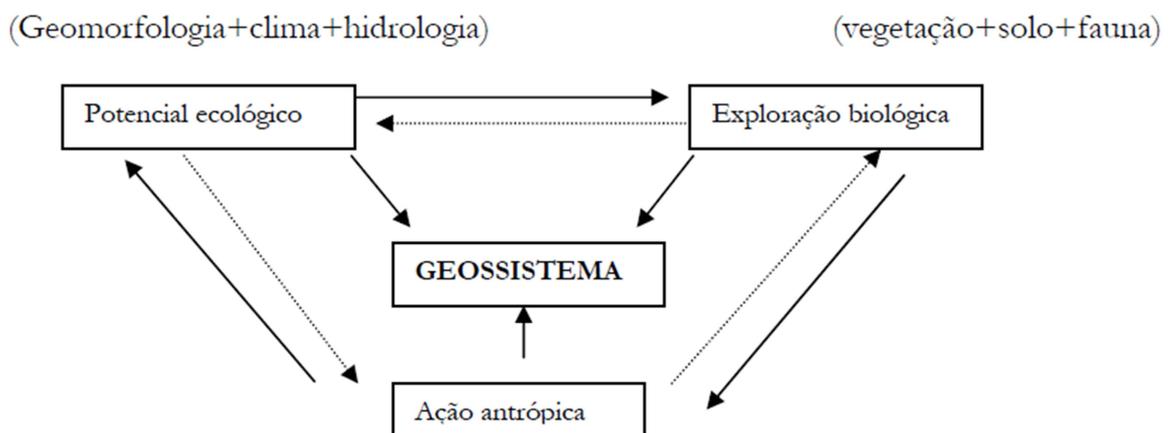


Figura 2– Geossistema segundo Bertrand (1968)

Detalhadamente, Bertrand (1968) considera o geossistema como uma determinada porção territorial, que é resultado de combinações dinâmicas e dialéticas, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, em perpétua evolução. O estabelecimento de níveis taxonômicos, dentro do geossistema, serve para categorizá-lo em unidades superiores (zona, domínio, região natural) e inferiores (geossistema, geofácies, geótopo).

A dupla perspectiva do tempo e do espaço, leva-nos a interpretar que a definição das unidades de paisagem a partir dessa abordagem se dá em função da escala, do tamanho e da abrangência espacial do fenômeno, conforme apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Taxonomia do geossistema conforme Bertrand (1968)

Unidade da paisagem	Escala espaço-temporal (CAILLEUX; TRICART)	Exemplo tomado numa mesma série de paisagens	Relevo	Elementos fundamentais
Zona	G. I (*) + de 1.000.000 km ²	Intertropical	-	Climáticos e estruturais
Domínio	G. II 100.000 a 1000.000 mm ²	Das caatingas semi-áridas	Domínio estrutural	
Região natural	G. III-IV 1000 a 100000 km ²	Litoral do Nordeste brasileiro ou depressão sertaneja	Região estrutural	
Geossistema	G. IV-V ±10 a 1 km ²	Planície litorânea de Fortaleza ou depressão sertaneja de Baturité	Unidade estrutural	Biogeográficos e antrópicos
Geofácies	G. VI	Planície flúvio-marinha do Rio Ceará	-	
Geótopo	G. VII	Salina desativada, encostas, ravinas ou outros elementos bem particulares	-	

Nota: (*) G = Grandeza. As grandezas entre as unidades são muito aproximativas e dadas somente a título de exemplo. Conforme A. Cailleux e J. Tricart; M. Sorre; R. Brunet.

Fonte: Bertrand (1968). Adaptado pelo autor.

Assim, nos níveis superiores interessa contemplar as unidades de paisagem que constituem os aspectos mais gerais do geossistema, como por exemplo, a estrutura geológica, o relevo, o clima e as grandes massas vegetais. Enquanto que as unidades inferiores devem contemplar os fenômenos da paisagem que se desenvolvem as combinações dialéticas da maior importância para a análise geográfica. Nestes níveis, o geossistema se aproxima dos processos econômicos e de territorialização, tornando nítida a intervenção humana na transformação da paisagem.

Mas qual seria a relevância dessa contribuição para as alterações ambientais? Consideramos para este trabalho as alterações ambientais como o conjunto de todas as transformações históricas na paisagem, e no escopo do geossistema esses processos contemplam modificações oriundas da ação antrópica, com implicações diretas no potencial ecológico e exploração biológica.

Nesta perspectiva, a história torna-se a estratégia analítica fundamental para articular a abordagem dos geossistemas no estudo das alterações ambientais. Essa opção reivindica não só a compreensão dos impactos ambientais que marcaram a paisagem em um determinado período ou área, mas também, como esses consolidaram a reestruturação do geossistema como um todo, revelando as relações

sociedade – natureza no passado, e sua reiteração no presente e as possibilidades de transformação no futuro (MONTEIRO, 2000; 2001)

2.4 Geossistema no estudo de Bacias Hidrográficas

Na atualidade, essa abordagem e esse tipo de análise têm sido relevantes, principalmente, a partir da gestão dos recursos hídricos. A título de exemplificação, para Lorandi e Cançado (2008) os aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, focados na qualidade ambiental e na otimização dos recursos naturais, com fim de reduzir impactos ambientais na bacia de drenagem, podem ser contemplados com uma abordagem integrada e sistêmica.

Schiavetti e Camargo (2002) explicitam que a partir do final da década de 1990, a Política Nacional de Recursos Hídricos - documento orientador para a gestão de bacias hidrográficas passou a ser levada em consideração à incorporação de todos os recursos naturais da área de drenagem, cuja bacia hidrográfica é a unidade principal.

Segundo Lima (2012) esse caráter atende a bacia hidrográfica como unidade espacial-territorial principal para o planejamento ambiental sustentável, ressaltando a importância dos planos de bacias e dos seus respectivos comitês. E de acordo com Silva *et al.* (2011), o planejamento ambiental relacionado ao uso e a gestão por bacias hidrográficas, carrega um sentido cada vez mais intenso em nível global, uma vez que, as intervenções devem ser executadas através de uma concepção de domínio e controle dos sistemas naturais.

O sentido é que a análise de bacias hidrográficas através da abordagem dos geossistemas promove à gestão dos recursos hídricos de forma geral, mas também aos conhecimentos da geografia física, o abandono dos estudos que tendem a fragmentar e isolar os elementos da natureza. A valorização da concepção sistêmica contempla a análise holística e integrada, em que as ações antrópicas são inseridas como parte do processo e da dinâmica ambiental.

Reconhecer, por isso, a dinâmica dos sistemas naturais em uma bacia hidrográfica, é a primeira estratégia para identificar como as atividades humanas interferem nos fluxos e nas trocas de matéria e energia, provocam os impactos, as modificações e as transformações do geossistema como um todo.

Além disso, toda bacia hidrográfica apresenta compartimentos e feições que podem ser muito variáveis e específicos de lugar para lugar, o que por sua vez,

indica que a análise do geossistema existe um enfoque que evidencie estas particularidades. Em geral, essas particularidades envolvem aspectos estruturais da bacia.

Os “espigões” ou “divisores de água” são os primeiros a serem reconhecidos, já que são esses compartimentos de relevo que direcionam, separam e distribuem a precipitação necessária para integrar todo o sistema fluvial. A declividade, a vegetação e o uso da terra devem implicar diretamente na estabilidade de entrada e saúde de água no sistema fluvial, proporcionando a diminuição ou aumento do escoamento superficial ou da percolação.

As rochas e o solo devem atuar como reservatórios de água ou concedente de sedimentos, que os defluindo por gravidade em uma seção fluvial única (os rios afluentes ou distributários) estruturam a forma do rio pela organização das margens (direita e esquerda) e das características à montante e à jusante. A foz é o exutório de toda água superficial movimentada pelo sistema fluvial na bacia hidrografia, representando notadamente a concepção de um geossistema.

A formação da foz, no entanto é que o interessa neste trabalho. A bibliografia tradicionalmente apresenta três padrões principais: estuário, delta ou mista. Para fins de análise, vamos dar um enfoque maior na foz com padrão em delta, destacando-a como um geossistema.

2.5 Os sistemas deltas

A relação humana com a foz em delta tendo sido estabelecida desde à antiguidade, quando, ainda sob às margens dos rios, as primeiras sociedades usufruíam dessas unidades de paisagem para construção de civilizações e estabeleciam suas condições de sociabilidade, devido a disponibilidade de recursos naturais e a constituição de terrenos férteis para implementar plantações e cultivos agrícolas.

A título de exemplificação, o uso da palavra delta, carregava o sentido atribuído ao historiador Heródoto (450 a.C.), do qual associou a desembocadura do rio Nilo com a quarta letra do alfabeto grego – “Δ” (COLEMAN & PRIOR, 1982). Por isso, a foz em delta é o padrão que ocorre quando um rio desemboca no mar ou oceano através de redes, originando diversos canais articulados ao rio principal. Em geral, essas redes fluviais devem auxiliar também na formação de pequenas ilhas (Figura 3)

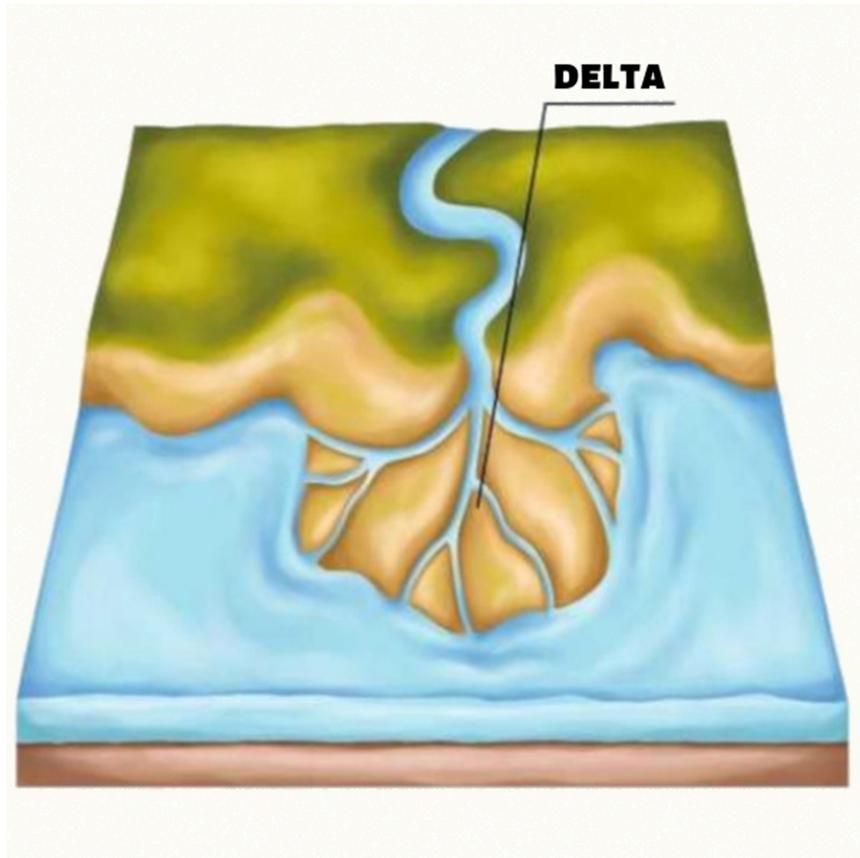


Figura 3 - Esquema Representativo de um padrão delta de foz. Fonte: <https://www.preparaenem.com/upload/conteudo/images/2019/03/foz-delta-ao.jpg>

Barrel (1912) foi o primeiro estudioso a realizar uma definição acerca de deltas. Enquanto realizava suas investigações nos Apalaches (leste dos Estados Unidos), designou que um delta é:

“[...] depósito parcialmente subaéreo construído por um rio dentro ou contra um corpo de água permanente (bacia receptora).”

Fisher (1969) buscou aplicar uma definição mais geral, ao dizer que um delta seria:

“[...] um sistema deposicional alimentado por um rio e que resulta na progradação irregular de linha de costa.”

Wright (1978), na mesma linha de pensamento, define deltas como sendo:

“ [...] acumulações costeiras subaquosas e subaéreas construídas a partir de sedimentos trazidos por um rio, adjacentes e/ou em estreita proximidade com o mesmo, incluindo os depósitos que foram

modelados secundariamente pelos diversos agentes da bacia receptora, tais como ondas, correntes e marés.”

Coleman & Prior (1982) definiram deltas enquanto:

“[...] sedimentos clásticos de origem fluvial, retrabalhados pela interação de processos físicos intrabaciais (energia de ondas, ação de marés etc.).”

Os autores também buscaram representar esquematicamente a estruturação do delta indicando, para além da forma, os fatores limítrofes e a presença de canais ativos e abandonados (Figura 4).

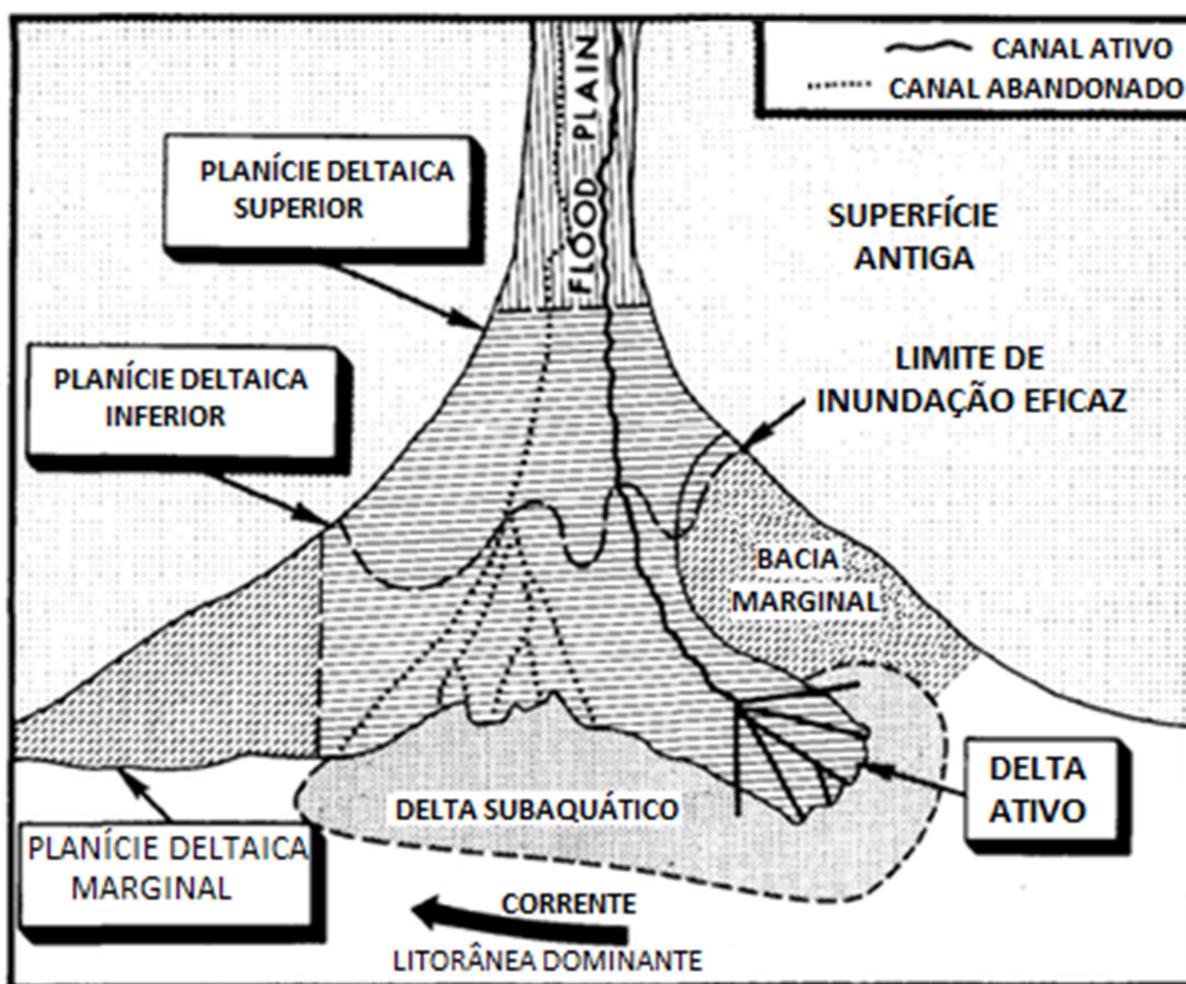


Figura 4 - Composições de um Delta adaptado de Coleman & Prior (1982). Traduzido pelo autor.

Elliot (1986) define deltas como:

“[...] protuberâncias discretas da linha de costa formadas onde rios adentram oceanos, mares semifechados, lagos ou lagoas e suprem sedimentos mais rapidamente do que processos bacinais possam redistribuí-los.”

Snowden (1986) e Waltham (2005) entendem que os deltas são sistemas, e assim são mais bem interpretados como unidades naturais sujeitas a inundações, uma vez que sua topografia é aplainada e drenada por canais, e por isso, é organizada por depósitos de sedimentos estruturados por subsidência e por compactação.

Devido ao padrão espacial, muitas das vezes, o termo delta tende a ser confundido com feições “em forma de leque”. Suguio (1980) aponta que essas feições incluiriam além de “delta *sensu strictu*”, também leque aluvial, delta de cabeceira de baía, deltas de maré, delta de borda de plataforma, leque submarino, leque de sobrelavagem e leque de crevassa. As feições citadas ocorrem pelo meio de ações efêmeras ou episódicas, de diferentes tamanhos e tempo de formação, por efeitos de marés, ondas, correntes fluviais etc. (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Galloway (1975) e Coleman e Wright (1975) difundem a classificação de deltas baseada em processos de sedimentação dominantes no controle da sua forma, reconhecendo os seguintes tipos de delta: a) dominado por rio, de forma alongada ou pé de pássaro, ou ainda, quando sob fraco retrabalhamento bacinal; b) dominado por maré, de forma “em franja” e c) dominado por ondas, de forma “em cúspide” (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Reading e Collinson (1996) utilizaram dessa classificação, adicionando como critério a granulação do sedimento fornecido, e Bhattacharya e Giosan (2003), tomam ainda a existência de classes intermediárias como os deltas influenciados por ondas e marés e suas subdivisões.

Os autores Martin, Suguio e Flexor (1993), afirmam a importância dos estudos da variação do Nível Relativo do Mar para estudos de delta, dos quais, foram quase sempre ignorados nos estudos de deltas quaternários em vários países. Para os autores, é importante ressaltar que as definições de delta estabelecidas por pesquisadores do hemisfério norte, tendem a classificá-los de acordo com as

desembocaduras observadas no Hemisfério Norte, das quais, apresentam uma dinâmica litorânea e costeira diferente do contexto do Hemisfério Sul.

Por exemplo, enquanto estudos mostram que a zona costeira brasileira nos últimos 5.000 anos, passou por uma fase de emersão de 4 a 5 metros, houve um abaixamento do nível do mar, na costa atlântica e no Golfo do México dos Estados Unidos, o nível relativo do mar situava-se cerca de 5 metros abaixo do atual, obtendo elevação progressiva até chegar a sua posição de hoje (MARTIN; SUGUIO; FLEXOR, 1993).

Os autores também apontam que a definição de delta *sensu strictu*, as planícies costeiras situadas em desembocaduras principais fluviais não podem ser consideradas como verdadeiros deltas, uma vez que seus sedimentos foram apenas parcialmente supridos pelo rio, “[...] sendo em grande parte resultantes de retrabalhamento de sedimentos reliquiais da plataforma continental” (MARTIN, SUGUIO E FLEXOR, 1993).

Segundo estes autores, para que um delta *sensu strictu* seja formado:

“[...] é necessário que um rio carregado de sedimentos flua rumo ao corpo permanente de água em relativo repouso. As velocidades das correntes fluviais diminuem a partir da desembocadura para as partes mais distais, de modo que sedimentos sujeitos a velocidades cada vez menores (mais finos) e de forma cada vez menos esféricas e, frequentemente, mais angulosas são depositadas nesse sentido” (MARTIN, SUGUIO E FLEXOR, 1993, p.39).”

Dessa maneira, para que esses sedimentos transportados pelo rio sejam acumulados na desembocadura, é necessário que a bacia receptora não atinja um nível de energia suficiente para dispersar esses sedimentos ao longo da costa, de modo que os sedimentos tendam a empilhar-se em torno da desembocadura fluvial. De outro modo, e conseqüentemente, através desse processo deposicional, o delta tende a progredir para dentro do corpo aquoso. O rio dessa forma, é submetido às leis do movimento gravitacional a proceder pelo meio de seus próprios depósitos, mudando sua dinâmica e movimentação, gerando condições peculiares de sedimentação, e produzindo corpos sedimentares de características distintas (MARTIN, SUGUIO E FLEXOR, 1993).

Por isso, diferentes tipos de deltas são formados de acordo com as condicionantes variáveis de sedimentação deltaica. Deltas quaternários, por

exemplo, são formados pela coparticipação desses fatores, mas ocorrem ao longo de costas com baixíssima amplitude de maré e energia de onda, enquanto outros, são originados sob condições de alta amplitude de maré e acentuada atividade de ondas, podendo vir a ser construídos sob condições de clima tropical úmido, sob intensa atividade química e biológica, ou em regiões da baixa atividade química e biológica. (MARTIN, SUGUIO E FLEXOR, 1993).

Morgan (1970) avaliou os fatores fundamentais de influência na sedimentação deltaica, e indica que o regime fluvial, os processos costeiros, os fatores climáticos e comportamento tectônico são os mais relevantes para análise. Neste sentido, o regime fluvial é o processo resultante do nível de descarga anual, se ele for maior e errático afetará diretamente a disposição de um rio, acumulando sedimentos mais grossos e pobremente selecionados, enquanto que rios com descargas mais uniformes e de menor amplitude, depositam sedimentos mais finos e melhor selecionados.

A taxa e o padrão de crescimento dos deltas dependem da composição litológica da bacia de drenagem, uma vez que essa define o volume de sedimentos supridos, que está ligado às variações de descarga. Os processos costeiros consistem principalmente em efeitos de ondas e marés. O efeito de ondas é responsável pela composição mineralógica encontrada na costa. Em desembocaduras de alta energia de ondas, a composição das areias fluviais, tende a ser alterada, resultando em areias limpas e bem selecionadas, quando a energia de ondas é baixa, as areias depositadas são em essência produtos de processos fluviais, pobremente selecionados, ricas em argila e mica. (MARTIN, SUGUIO E FLEXOR, 1993).

Ao lançar seus sedimentos em ambientes com grande amplitude de marés, a mesma desempenha o mais importante papel ao definir as características dos corpos arenosos deltaicos. Em desembocaduras de rios de macromaré (superiores a 4m) são evidenciadas correntes bidirecionais, que dão início a cordões arenosos subaquosos descritos por Off (1963) e Wright et al. (1975), diferindo das fácies deltaicas criadas em condições de micromarés.

Segundo Morgan (1970) e descrito por Martin, Suguio e Flexor (1993), os fatores climáticos são determinantes para a atuação dos processos, físicos, químicos e biológicos ao agirem sob um sistema fluvial. As bacias hidrográficas das regiões tropicais tendem a sofrer intensa degradação química das rochas, das quais

formam um espesso manto de intemperismo, sendo protegido da erosão pela cobertura vegetal existente nessas áreas.

O rio transporta, portanto, materiais solúveis e partículas finas em suspensão, com poucos sedimentos grossos. Porém esse modelo, ao ser atacado pelo desmatamento e a ação antrópica, acelera a erosão do manto de intemperismo, fazendo com que o rio transporte um material mais grosso. Em climas áridos, por exemplo, a vegetação é escassa e o regime fluvial desigual, assim, os canais tornam-se instáveis e desenvolvem canais entrelaçados, onde se observam sedimentos de excessiva carga de fundo e não de suspensão. A dinâmica da estrutura tectônica, por sua vez, controla a atividade de sedimentação deltaica e por alta subsidência origina “espessos pacotes de areia deltaica” quando lenta ou estabilidade de subsidência, resulta em “delgadas sequências deltaicas” (MORGAN, 1970 *apud* MARTIN, SUGUIO; FLEXOR, 1993).

A planície deltaica é a área plana, onde estão localizados os distributários ativos ou abandonados, separados por ambientes de águas rasas e superfícies subaéreas ou relativamente submersas. Esta área divide sua carga total do sistema fluvial, através de seu grande número de canais distributários, alimentando a frente deltaica. Os diversos tipos de ambientes de águas rasas que se concentram entre os canais deltaicos, como baías, planície de marés, pântanos salinos e manguezais, são extremamente sensíveis ao tipo de clima dominante na área. Em ambientes de clima tropical e subtropical, úmido e quente, as planícies deltaicas apresentam vegetação luxuriante, ao mesmo tempo, em climas áridos e semiáridos, secos, a vegetação se apresenta escassa. As planícies deltaicas podem ser dominadas por processos fluviais ou dominadas por marés (MARTIN, SUGUIO; FLEXOR, 1993).

A frente deltaica é a área da bacia receptora que recebe os tributários deltaicos, carregados ou não de sedimentos, dispersando-os após interagirem em maior ou menor grau de processos dinâmicos atuantes no local. São diferenciados quatro tipos: dominada por processos fluviais, dominada por ondas, dominadas por processos fluviais e ondas, dominada por marés e dominada por processos fluviais, ondas e marés (MARTIN, SUGUIO; FLEXOR, 1993).

A figura 5 apresenta o processo de formação de um delta. O ESTÁGIO I representa a construção das planícies de cordão litorâneo de idade pleistocênica (120ka), formando arcabouços de atuação dos próximos estágios. O ESTÁGIO II representa o máximo da última transgressão marinha (5,1ka), erodindo e afogando

relativamente às planícies de cordões litorâneos do pleistoceno. Esse estágio favoreceu a formação de ilhas barreiras/lagunas, e com os vales aluviais em afogamento, originaram-se os estuários e baías. O ESTÁGIO III representa a construção de deltas intra-lagunares, na presença de grandes rios, dentro das baías, nas cabeceiras de estuários ou lagunas. O ESTÁGIO IV remonta ao seguimento do abaixamento do nível do mar após a máxima transgressão holocênica, resultando na construção de planícies de cordões litorâneos holocênicas, com rios desembocando diretamente na plataforma interna, assim, efluentes fluviais ao reter os sedimentos a barlamar da desembocadura, atuam como molhes.

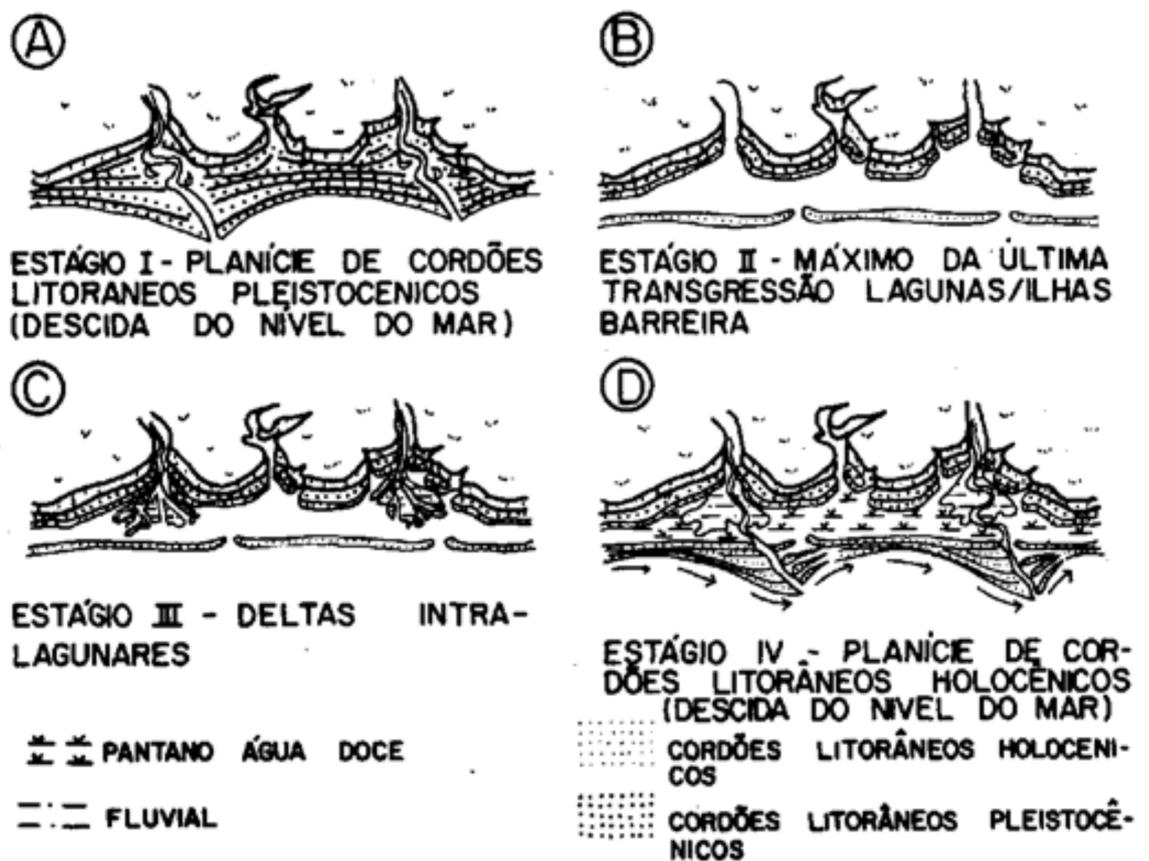


Figura 5 – Estágios de Formação de Deltas. Fonte: Dominguez (1990)

Dominguez (1990) demonstra, portanto, que a morfologia e a distribuição de fácies em deltas dominados por ondas, não são apenas controlados pela relação entre energia de ondas e descarga fluvial, como sugerem os modelos de Fisher *et al.* (1969), Coleman & Wright (1975) e Galloway (1975).

Os deltas brasileiros, ao longo de toda nossa costa, foram formados em áreas de progradação quaternária e holocênica, como o grande delta do Rio Amazonas, que seria dominado por marés, já os deltas dos rios Parnaíba, Jaguaribe, São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul seriam dominados por ondas (BACOCOLI, 1971).

Ao atribuir esses deltas à idades holocênicas, Bacoccoli (1971), realizou um esquema de evolução, cujo mostra que essas planícies costeiras haveriam se formado a contar do máximo da transgressão Flandriana (última grande transgressão quaternária), em alguns casos, transitando por uma etapa estuarina intermediária, até alcançarem as formas tipicamente deltaicas, das quais, sua construção resulta em avanço da linha de costa.

Dessa maneira, pode se dizer que o litoral brasileiro, nos últimos 5.000 anos foi caracterizado por um processo de emersão, ou seja, ocorrendo um abaixamento do nível do mar, promovendo assim, importante aporte de areia da antepraia para a pós-praia. Areias essas, que ao se transportarem ao longo da costa, pelas correntes de deriva litorânea, são bloqueadas por um obstáculo, proporcionando a progradação da linha de costa.

Estudos de Dominguez (1984), Suguio *et al.* (1984) e Dominguez *et al.* (1981, 1987) demonstram que sob as condições de submersão marinha, sistemas de ilhas barreiras/lagunas são o modo dominante de sedimentação. Assim, os rios constroem seus deltas em ambientes resguardados, como lagunas, baías e estuários.

Planícies de cordões litorâneos estão associadas à emersão marinha, e tendem a progredir durante esses períodos. Dominguez (1990) elaborou um modelo, que representa o esquema evolutivo, durante os últimos 120 ka de planícies de cordões litorâneos relacionados às desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul, localizados à costa leste do Brasil.

A construção de um delta, todavia, atravessa algumas etapas de diferentes dinâmicas antes de atingir a sua etapa final da planície de cordões, conforme Dominguez (1990).

2.6 Delta intra-lagunar

Conforme observado em Martin Suguio, e Flexor (1993), a presença de deltas intra-lagunares está associada à paleolagunas de maior porte. Dominguez (1990)

questiona modelos de formação deltaica que levam em consideração apenas a influências de ondas, e negligenciam a variação do nível do mar ou ainda não observados os sedimentos “[...] depositados primariamente pela ação de um rio”. Conforme Moore & Asquith (1971 apud Reineck & Singh 1980) ao tratar sobre o rio Nilo:

“Se o Nilo é realmente um delta do tipo dominado por ondas, e a energia das ondas sempre exerceu um papel dominante na construção da planície deltaica, seria de se esperar que depósitos praias também ocorressem no interior da planície costeira, o que aparentemente não é verdadeiro. Talvez algum outro fator até então não considerado (e.g. as variações do nível do mar) tenha exercido uma importante influência no controle da distribuição de fácies na planície costeira associada à desembocadura do Rio Nilo. Seria o Nilo um exemplo de rio que construiu um delta intra-lagunar e só agora começa a alcançar o mar aberto? (DOMINGUEZ, 1990).”

Portanto, o termo delta está relacionado a situações em que a ação de ondas é restrita, de forma que seu uso quando referido à desembocaduras fluviais em costas dominadas por ondas deva ser abandonado (DOMINGUEZ, 1990). A exceção a essa definição são os “[...] deltas internos, lagunares ou de cabeceira de baía”, como é o moderno exemplo da desembocadura do rio Tubarão (GIANNINI, 1993).

Deltas intra-lagunares estão associados à regressão do nível do mar da qual, formou lagunas e baías ao longo da costa brasileira. A formação de deltas internos é uma fase essencial da evolução holocênica de costas de alta energia e elevado aporte fluvial (LANKFORD, 1977; DOMINGUEZ, 1990). Sua frente deltaica é representada por baixos distributários fluviais em zona intermarés, sendo que a planície deltaica corresponde à zona de domínio de processos fluviais, sem significativa influência de marés (GIANNINI, 1993).

A conexão dos corpos lagunares com o mar se dá geralmente por entre barras-barreiras, ilhas-barreiras, corais etc. Com o abaixamento do nível do mar, essas lagunas-baías, tendem a regredir para as regiões mais baixas da planície sedimentar, possibilitando com que os canais fluviais, ocupem as partes menos baixas da bacia, formando deltas intra-lagunares, dos quais, desembocam diretamente no corpo lagunar remanescente.

Dessa forma, conforme observado por Dominguez (1990), deltas intra-lagunares são considerados como uma etapa de evolução antecessora do sistema

de cordões litorâneos (Figura 5), dos quais os rios desembocam diretamente no oceano. Sua característica morfológica, são os canais em meandramento.

2.7 As geotecnologias e o estudo das alterações ambientais

O sensoriamento remoto tem sua origem com o avanço da tecnologia de mapeamento, permitindo que dados de uma área sejam fornecidos ou detectados sem obter contato com a mesma. No presente trabalho, as técnicas de sensoriamento remoto são utilizadas como meio de investigação de mudanças notáveis nos padrões de uso da terra na área que contempla o DRT.

Lillesand & Kiefer (1994) entendem que o sensoriamento remoto é a ciência de obter e comunicar informação em torno de um objeto, área ou fenômeno, por meio da análise de dados adquiridos pelo sensor que não está em contato com o “meio” pesquisado.

Através das técnicas do sensoriamento remoto, pode-se confrontar mudanças temporais das feições da superfície terrestre (Murni et al, 2000). Freitas et al (2012), ressalta que imagens de satélite são ferramentas usualmente empregadas para análise de mudanças de paisagem.

Monguilhott e Prina (2011) ressaltam a importância do uso de imagens de satélite para estudos de impacto ambiental e de danos causados por eventos extremos, além da análise da ação antrópica sobre recursos naturais, uma vez que essas proporcionam o trabalho simultâneo de grandes volumes de dados e a análise de área com grandes extensões.

Em sensoriamento remoto as imagens são geradas em diferentes faixas do espectro eletromagnético, dando origem as bandas espectrais. Sistemas Sensores, tem a capacidade de captar a energia refletida da superfície terrestre na faixa de luz visível (azul, verde e amarela), bem como na faixa do infravermelho (infravermelho próximo, médio e termal). Sendo que a largura das bandas, bem como a sua quantidade, irá definir a resolução espectral das mesmas.

Devido a importância dessas geotecnologias, o Projeto RADAMBRASIL pode ser destacado pelo papel importante na propagação do sensoriamento remoto no Brasil da década de 1970, sobretudo, por causa da necessidade de se obter informações de recursos naturais com custo compatível no território nacional.

Mais recentemente, em outro contexto técnico-científico e político-econômico, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas)

uma iniciativa envolvendo uma rede colaborativa de especialistas e estudiosos sobre biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e ciências da computação.

O projeto teve origem em um seminário realizado em março de 2015 realizado em São Paulo, em que um conjunto de estudiosos empenharam-se em produzir mapas anuais de uso e cobertura da terra para todo o Brasil de forma significativamente mais barata, rápida e atualizada e possibilitando recuperar dados das últimas décadas. Após um termo de cooperação técnica para a iniciativa assinado com a Google, a equipe do MapBiomas passou a trabalhar com o Google Earth Engine, e devido alta capacidade de processamento e o armazenamento dos dados em plataformas digitais.

Os mapas anuais de cobertura e uso do solo do MapBiomas são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens de satélites Landsat. O processo é realizado através de extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (machine learning) da plataforma Google Earth Engine, da qual oferece imensa capacidade de processamento na sua nuvem. O projeto é dividido em equipes, que operam de acordo com os biomas brasileiros, dessa forma, para o presente trabalho foram utilizados os dados de ocupação do solo referentes à Mata Atlântica.

O projeto utiliza as imagens de séries históricas produzidas pelos satélites Landsat, com 30 metros de resolução espacial. Através das imagens disponibilizadas ao longo do ano sobre um certo ponto, são gerados mosaicos, com bandas de reflectância, índices espectrais, temporais e de textura. As imagens podem conter nuvens, fumaça e outros artefatos, dessa forma, para produzir uma imagem limpa, são selecionados os pixels sem nuvem dentre as imagens disponíveis para o período selecionado. Os mapas são atualizados cada vez que houver um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação, a metodologia de classificação é dinâmica e processual, com finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia (MapBiomas, 2019).

As imagens da série histórica são disponibilizadas a partir do ano de 1985 até 2019, no site do MapBiomas, possibilitando uma análise concreta e temporal das alterações ambientais nos pontos específicos analisados, nesse caso, do DRT, sendo posterior, portanto, à obra de retificação do rio Tubarão, evento de maior magnitude e impacto na paisagem do delta.

As equipes do MapBiomass, classificam as imagens através de um classificador chamado “random forest” no Google Earth Engine, assim, para cada tema a ser classificado (floresta, campo, agricultura, pastagem, área urbana, água, etc) as máquinas são treinadas com amostras dos alvos a serem classificados. Estas amostras são obtidas por meio de mapas de referência, geração de mapas de classes estáveis das séries anteriores do MapBiomass e por coleta direta por interpretação visual das imagens Landsat. Regras de vizinhança são definidas e podem levar a alteração da classificação do pixel, exemplo: um pixel que tenha menos de dois dos nove pixels vizinhos na mesma classe será reclassificado para a classe predominante na vizinhança.

Cada pixel em cada ano e para cada classe de uso passa por este processo de filtragem espacial. Para reduzir inconsistências temporais, às mudanças de cobertura e uso impossíveis ou não permitidas, são aplicadas regras de filtro temporal. O filtro é aplicado em cada pixel analisando todos os anos da coleção (MAPBIOMASS,2019). Para entender as mudanças na cobertura e no uso do solo, são produzidos mapas com as transições das classes entre diferentes pares de anos selecionados. Assim é possível visualizar o dinamismo do território, e responder a perguntas como quanto de floresta virou pastagem de um ano para o outro, entre outras alterações na paisagem (MAPBIOMASS, 2019).

Neste sentido, com dados históricos e com facilidade de aquisição de bancos de imagens o estudo sobre alterações ambientais pode ser bastante eficaz, uma vez, que a articulação espaço-temporal exigida na abordagem dos geossistema, e garantida pelas possibilidades de mapeamento temática e comparação de diferentes períodos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As metodologias utilizadas para alcançar os objetivos deste trabalho estão divididas em quatro etapas: revisão bibliográfica, definição de geossistema do DRT, uso de sensoriamento remoto para comparação histórica, e interpretação de imagens para análise espacial. Essa lógica pode ser esquematicamente visualizada no esboço metodológico apresentados na Figura 6.



Figura 6 – Esboço metodológico de pesquisa. Org. Autor.

Inicialmente, realiza-se uma revisão bibliográfica acerca dos termos e das ideias propostas, a fim de buscar um embasamento para a proposta de síntese a ser realizada na discussão. Dessa forma, buscam-se referenciais teóricos a fim de melhor situar a linha de pesquisa. Posteriormente, parte-se da abordagem do geossistema, baseado na taxonomia de Bertrand (1968), como estratégia para desenvolver a análise da paisagem do DRT. Como podem ser empregadas diferentes escalas e informações nesta estratégia, recorreu-se a valorização da

identificação de geofácies e geótopos contextualizados na bacia hidrográfica do Rio Tubarão.

Não à toa, o trabalho valorizou também a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, uma vez que, diante do avanço e da sofisticação técnico-científica, essas ferramentas facilitam a análise dos estudos sobre impactos e alterações ambientais, sobretudo, por que exigem o trabalho simultâneo com grandes volumes de dados, em consonância à análise de áreas com grandes extensões, como é o caso do Delta do Rio Tubarão (PRINA; MONGUILHOTT, 2011).

Para isso, optou-se inicialmente por extrair parâmetros estruturais e ambientais da bacia hidrográfica do Rio Tubarão e de seu delta por meio de técnicas de sensoriamento remoto, sobretudo os produtos oriundos de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) utilizados para extrair valores para o mapeamento da hipsometria, relevo sombreado e declividade – cujas classes foram definidas conforme Embrapa (2012). Os dados raster SRTM estão disponíveis no site do projeto TOPODATA, do qual oferece modelos digitais de elevação em formato “GEOTIFF” com resolução espacial de 30 metros.

Os dados de solo foram retirados no site do CPRM (Serviço Geológico do Brasil). As informações referentes à bacia do Rio Tubarão como sua delimitação, drenagem e cursos d’água foram extraídas através de dados do CPRM, ANA (Agência Nacional de Águas) e do site <http://sigsc.sc.gov.br/>.

Esses dados foram também combinados aos produzidos pelo Observatório do Clima no projeto MapBiomas Brasil, que serviram para obter informações sobre modificações na ocupação e uso da terra, e evidenciar os níveis de alteração ambiental. Esse processo, no entanto, foi realizado a partir da coleção disponível no link: <https://mapbiomas.org/download>.

O projeto MapBiomas oferece imagens da família Landsat com o uso da terra designado a partir do ano de 1985, por isso, esse instrumento foi utilizado e quantificado a fim de contemplar a análise e suprir uma linha do tempo de quase 40 anos. Porém, como a principal alteração ambiental do sistema é anterior ao ano de 1985, foi necessário utilizar também imagens Landsat retiradas diretamente do USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos – dos quais oferecem imagens do ano de 1975, de grande importância para a análise ambiental da área.

A interpretação de imagens consistiu na organização de uma série histórica, que compreendeu as classificações obtidas em 1975, 1986, 1995, 2005, 2015 e

2020. As imagens brutas estão representadas na Figura 7, e foram submetidas a composição colorida por falsa cor, sendo as bandas associadas ao RGB (vermelho, verde e azul) a fim de evidenciar áreas sujeitas à inundação, áreas de solo exposto, áreas de vegetação etc.

Para as imagens de 1975 e 1986, foi utilizada a composição 567-RGB onde a banda 5 (infravermelho médio) foi associada à cor vermelha, a banda 6 (infravermelho termal) associada à cor verde e a banda 7 (infravermelho médio) à cor azul, gerando uma imagem que contém corpos d'água em um tom avermelhado escuro, áreas de vegetação em azul ciano e áreas de solo exposto e com urbanização mais esbranquiçadas. Para as imagens de 1995 e 2005 foi utilizada a composição 234-RGB, onde a banda 2 (faixa da luz verde) foi associada à cor vermelha, a banda 3 (faixa da luz azul) associada à cor verde, e a banda 4 (infravermelho próximo) à cor azul. Dessa maneira, tem-se os corpos d'água ainda em tom avermelhado escuro, porém com áreas de vegetação em roxo mais, e as áreas de solo exposto e de urbanização em tom amarelado.

As imagens utilizadas na proposta de síntese para a exemplificação do delta do rio Tubarão através do geossistema de fluxos de energias, são imagens Landsat dos anos de 1975 e 1986 e foram submetidas a manipulação de bandas com a composição 341-RGB, onde a banda 3 (faixa de luz azul) foi associada a cor vermelha, a banda 4 (infravermelho próximo) à cor verde e a banda 1 (faixa de luz vermelha) à cor azul, obtendo um resultado com a vegetação em verde claro e corpos d'água em azul escuro, evidenciando as áreas mais sujeitas à inundação

A composição utilizada para a imagem de 2015 é a 432-RGB, onde a banda 4 (infravermelho próximo) é associada ao vermelho, a banda 3 (faixa da luz azul), associada ao verde e a banda 2 (faixa da luz verde) associada ao azul. Obtendo assim, uma coloração próxima da realidade, com os corpos d'água em azul escuro, a vegetação em tons de verde, as áreas de solo exposto em tons de marrom claro, e a urbanização esbranquiçada.

Para a imagem de 2020, a fim de obter um resultado parecido com o produzido para o ano de 2015, utilizou-se a banda 2 (faixa da luz verde) para o vermelho, a banda 1 (faixa da luz vermelha) ao verde e a banda 0 (pancromática) ao azul, gerando uma imagem com cores próximas da realidade, com corpos d'água em azul, vegetação em verde e áreas de solo exposto em marrom (cor de terra) e áreas de dunas e urbanização em branco saturado.

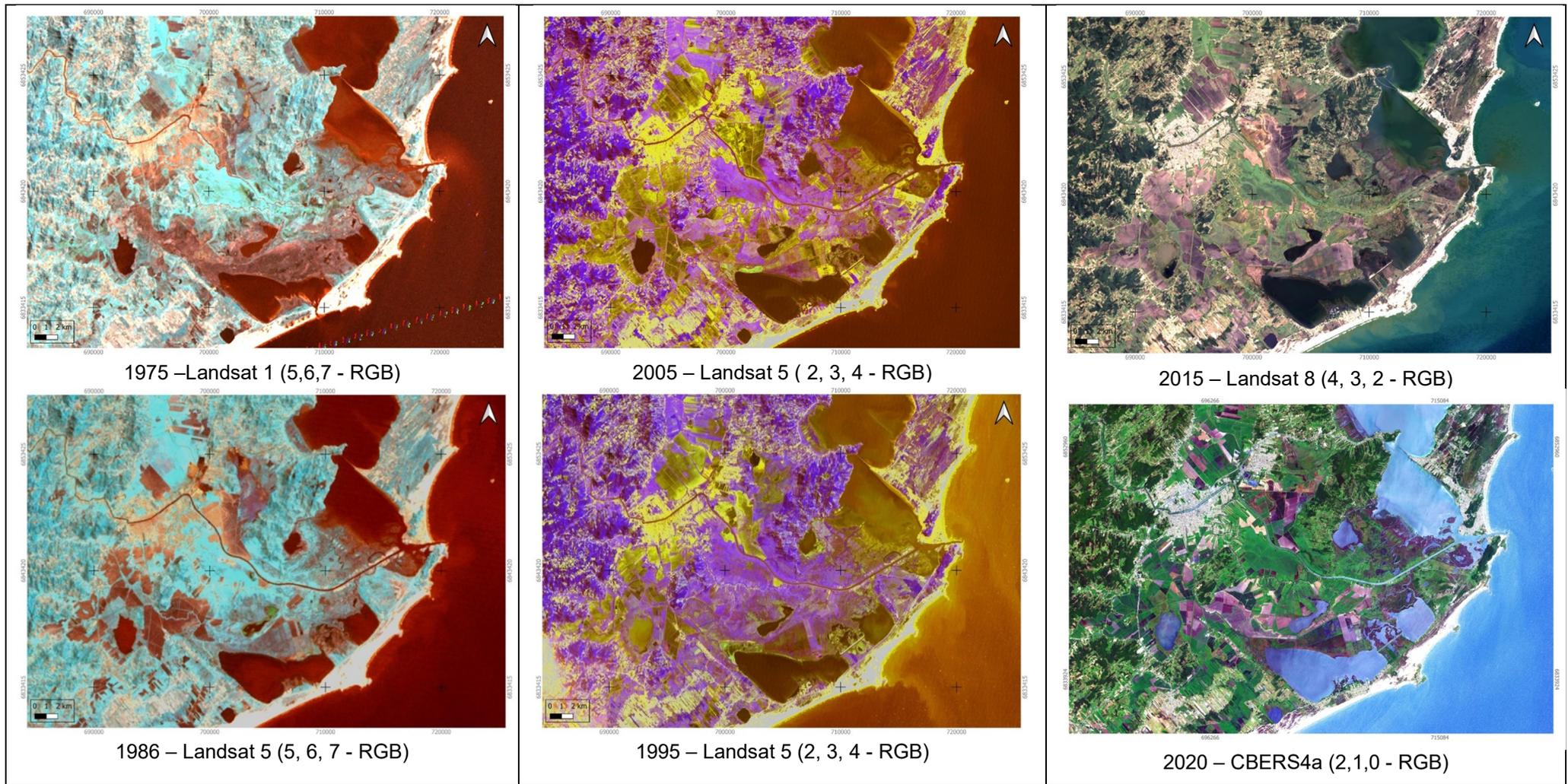


Figura 7 – Imagens Landsat e CBERES utilizadas no trabalho. Org. Autor.

As composições coloridas possibilitam uma análise acerca das distribuições das feições observadas ao passar das décadas, como áreas de inundação, urbanização, mudanças em canais hídricos, vegetação, etc, e representam as principais características das alterações ambientais da área. Uma abordagem geossistêmica foi realizada no tópico 4.5, acerca da direção dos fluxos de energia e matéria das imagens de 1975 e 1986, intercaladas pela obra de retificação do rio, elemento de maior alteração da paisagem.

Os produtos advindos do projeto MapBiomass foram submetidos a cálculos aritméticos simples (subtração), com intuito de verificar quantitativamente as classes de uso da terra que apresentam mudanças de valores ao longo do tempo e serão apresentados no tópico 4.4. O processo de desenvolvimento foi admitindo, como parâmetro de diferenciação, a relação do ano de 1985 com os anos seguintes. Para a realização desses produtos cartográficos, bem como a vetorização dos canais deltaicos foi utilizado o software QGIS 3.16 (Hannover).

4. O GEOSSISTEMA DELTA DO RIO TUBARÃO

4.2 Origem e formação do geossistema

A Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão (BHRT) está localizada na região centro-sul do estado de Santa Catarina, pertencente à vertente de drenagem Atlântica, drenando uma área de aproximadamente 4.733km², com um perímetro de 650km e percorrendo cerca de 120km até alcançar a sua foz na Lagoa Santo Antônio em Laguna, sendo assim, o rio Tubarão, o principal contribuinte fluvial do complexo lagunar, obtendo a mais expressiva bacia hidrográfica da região sul de Santa Catarina. (SDS, 2017)

A BHRT ocupa a maior parte da RH9, contemplando 79,62% de sua área total, e possui uma diversidade de unidades litológicas importantes, das quais revelam parte de sua formação ao longo da história natural (SDS, 2017).

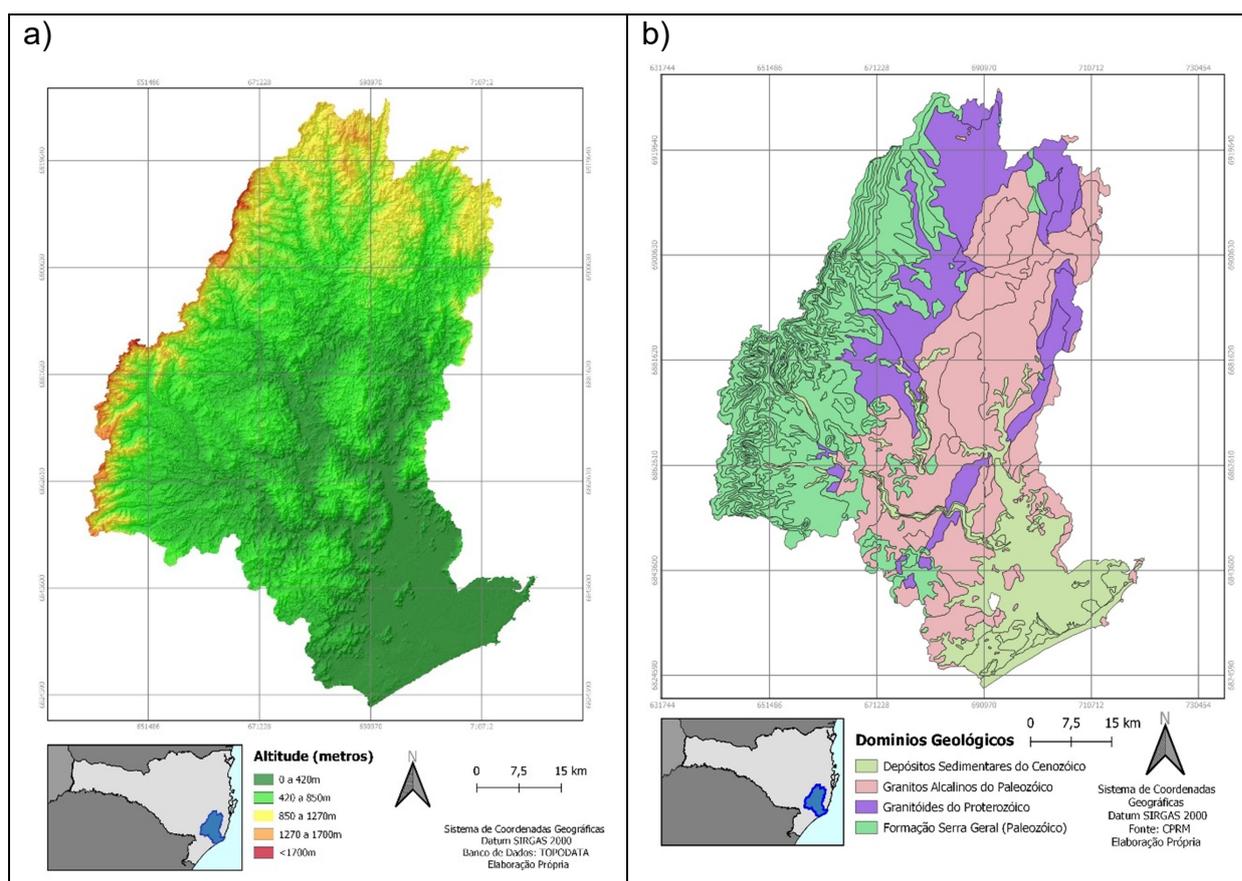


Figura 8 – Mapas da situação geográfica com hipsometria (a) e estrutura geológica (b) da Bacia do Rio Tubarão.

Neste sentido, todo o litoral sul de Santa Catarina consiste no embasamento de rochas cristalinas pré-cambrianas do Escudo Atlântico e coberturas pré-cenozóicas,

de rochas sedimentares e vulcânicas da bacia do Paraná, apresentando um contraste entre as amplas planícies costeiras, interrompidas pelas rochas do embasamento cristalino, na forma de promontórios, pontais, penínsulas e ilhas (CARUSO, 1993; VILLWOCK, 1994).

A origem da BHRT, no entanto, pode ser inicialmente descrita a partir de eventos geológicos que aconteceram no Cretáceo, no contexto da separação, ou rifteamento, entre América do Sul e a África do supercontinente Gondwana (WEGENER, 1912). Esses episódios regionalmente ocorreram a cerca de 130 milhões de anos AP, e sucederam a ativação de estruturas orientadas no sentido NNE-SSW da Formação Serra Geral, originadas no Pré-Cambriano. E quase simultaneamente, há 129 milhões de anos AP, o corpo Alcalino de Anitápolis, teria se colocado através desta mudança do regime tectônico, nesta mesma direção NNE-SSW (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Conforme o rifteamento foi progredindo, ocorriam regimes de compressão no sentido NE-SW e distensão no sentido NW-SE, por isso, observa-se aos pés das serras as marcas visíveis desse processo, tanto na América do Sul, quanto na África¹, e que se qualifica também nos setores da BHRT dominados pelas serras, com altos declives e grandes altitudes que podem passar de 1700m (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

O geólogo Niels Stensen que viveu no século XVII, elaborou em geologia o princípio da horizontalidade, como uma ferramenta capaz de explicar as camadas da terra estarem dispostas de maneira horizontal, quando não há força atuante. Geologicamente, as camadas mais profundas da crosta apresentam as rochas de formação mais antigas, enquanto que, ao observarmos limites, as rochas mais recentes estariam acima das antigas (DE SOUZA COSTA, 2002).

Na BHRT esse princípio explica que presença de litologias graníticas, também conhecidos por Escudos Cristalinos são as unidades geológicas mais antigas, datadas de 650 milhões de anos AP, em seguida, as rochas que compõe a formação Teresina (270 ma AP), Rio Bonito (318 ma AP) e Rio do Rastro, esta última

¹ Para visualizar o processo de rifteamento, basta imaginar uma borracha, e conforme alguém a dobra, a sua parte superior quebra primeiro, e a parte inferior vai se abrindo posteriormente. Dessa forma, os afloramentos foram surgindo formando uma espécie de escada entre os diferentes níveis de massa rochosa, se compartimentando, a medida que foram se afastando da cadeia meso-oceânica.

originada há 260,4 ma AP, sendo encoberta atualmente pela formação Botucatu (161,2 ma AP) e a Formação Gramado (132,4 ma AP) (SCHEIBE, 1986).

Todas essas camadas têm sido submetidas a pressões e temperaturas extremamente altas, mas devido a características estruturais também se apresentam como muito resistente aos processos de intemperismo. De todo modo, pelo menos duas formações deste conjunto podem ser destacadas (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

A primeira, é a camada Rio Bonito (Permiano Médio, era Paleozóica), da qual está presente em grande parte da BHRT, é caracterizada pela grande quantidade de matéria orgânica, uma vez que na época de sua formação, a região estava habitada por diversas espécies de plantas, animais e insetos, aos quais foram drasticamente reduzidos e extintos, por conta de glaciações, erupções e movimentos tectônicos. Historicamente, a importante quantidade de matéria orgânica foi decomposta, sedimentada e submetida à grandes pressões, dando origem à estruturas minerais agregadas, como o carvão mineral - um destacado recursos natural observado na região (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

A segunda, é a formação Serra Geral (Cretácio, era Mesozóica) composto de rochas magmáticas oriundas de intensos vulcanismos ocorridos durante o período inicial de separação do supercontinente Gondwana. Esses períodos marca também a origem dos continentes sul-americano e africano, e do Oceano Atlântico. (fonte??)

No que se refere, as rochas sedimentares observam-se processos de origem terciária, sobretudo em alguns vales entalhados nos costões cristalinos, e outros de gênese quaternárias, cujas interpretações paleoclimáticas ainda requerem sistematizações mais rigorosas (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Das estruturas litológicas mais recentes, destacam-se a formação de depósitos aluvionares holocênicos. O material constituinte desses processos é encontrado ao longo do Rio Tubarão, o que mostra a recorrência de transportes de sedimento e a existência de processos erosivos dos corpos graníticos, antes mesmo de chegar à planície deltaica (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Esse sistema é bem interpretado, na medida em que, o Rio Tubarão nasce na encosta da Serra Geral, no setor oeste da região fundamentalmente no município de Lauro Müller, em meio às rochas sedimentares e magmáticas, sob os mais altos índices de declividade (Figura 9). Os seus principais afluentes e tributários vêm de

drenagens dendríticas localizadas nos setores norte, que fluem através de delineamentos estruturais do Escudo Atlântico, formado de granitos e granitoides pré-cambrianos (SDM 1998, SILVA ET AL. 2000, BELTRAME 2003 *apud* NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Cabe destacar que a BHRT é dívida em 4 sub-bacias (Figura 9), denominadas: Braço do Norte, Capivari de Baixo, Formadores do Rio Tubarão e do Baixo Tubarão, este último por sua vez, é a sub-bacia onde está situado o DRT. Os principais tributários do Rio Tubarão, no entanto, são os Rios Braço do Norte, interceptado em Pedras Grandes e Capivari de Baixo. Em geral a disposição destes fluxos mostraram-se com certa irregularidade, já que os truncamentos de paleocanais e drenagens que voltam para seu canal de origem nas porções mais a jusante da planície deltaica influenciam na dinâmica de marés e avulsões nestas porções (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Exclusivamente o delta, cobre uma área de aproximadamente 250km², encontrando séries de confluências de antigos distributários, alguns ainda ativos. Segundo a classificação de Nascimento Junior (2010), na planície deltaica observam-se rios de primeira à terceira ordem.

Os rios de primeira ordem são: rios Tubarão das conchas e da Guarda, no município de Tubarão, e o rio da Madre, no município de Laguna. Os rios de segunda ordem são os rios Sambaqui Pequeno em Tubarão e Mirim, em Laguna. Os rios de terceira ordem são: rios Carniça e Sambaqui, localizados em Laguna. Observam-se também canais distributários de menor hierarquia, porém, de denominação controversa, de forma que obtém caráter efêmero e/ou são regidos pela influência de marés (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

As condições litológicas de extensa planície lagunar, de caráter sedimentar holocênico (Figura 8), a poucos metros acima do mar (Figura 9), favorecem a distribuição dos braços deltaicos frente a essas condicionantes. Essa característica resulta, da abrangência proporcionada pelo contexto da BHRT, uma vez que o rio Tubarão nasce na Serra Geral (altitude > 1700m) e vai descendo pelas encostas da serra, (altitude 850 à 420m) com certa velocidade, a favor da gravidade, com a declividade em torno de 8 à 20 segundo a classificação EMBRAPA (Figura 9). O rio encontra a planície litorânea com velocidade reduzida apropriada pela bacia receptora, formando o DRT integrado ao complexo lagunar.

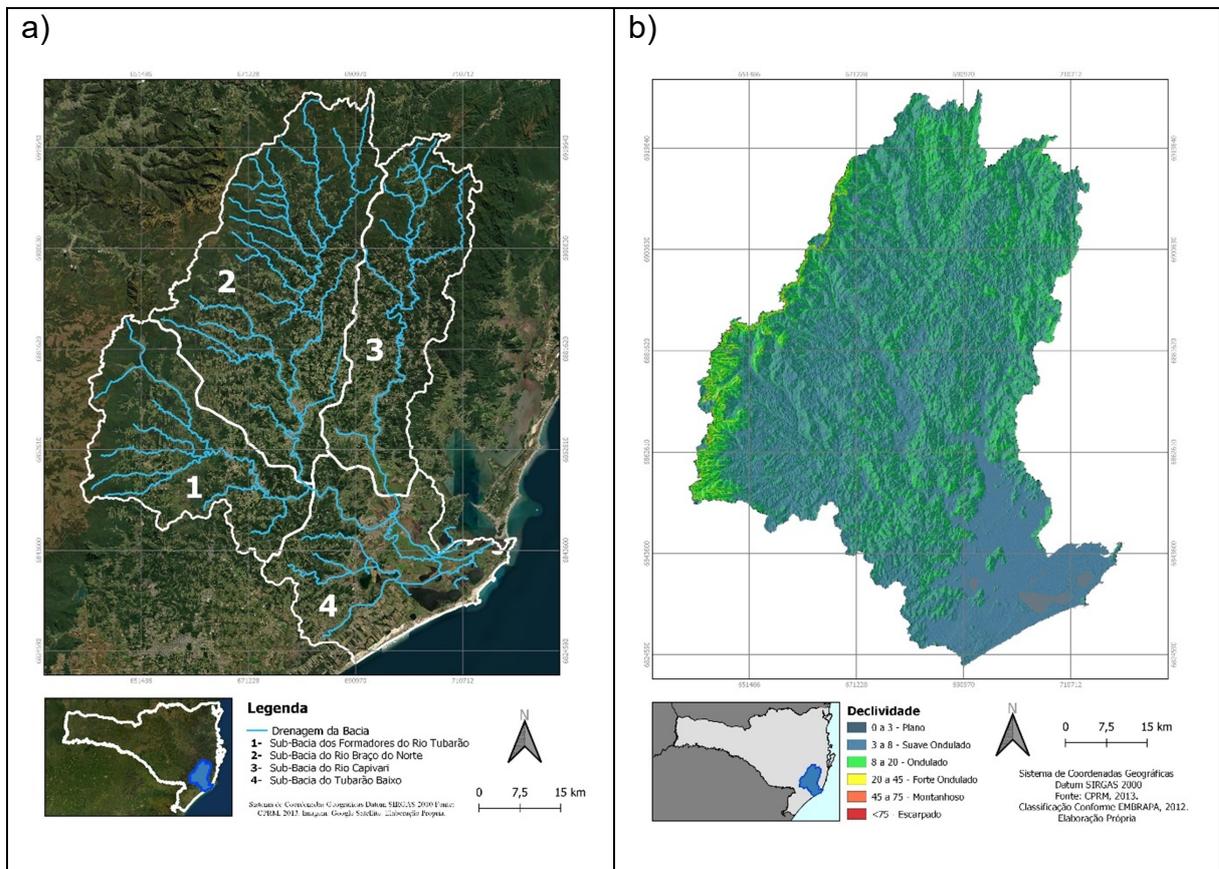


Figura 9 – Mapas hidrográfico (a) e clinográfico (b) da Bacia do Rio Tubarão

Por isso, afirma-se que a estrutura litológica na planície deltaica é extremamente recente, sendo originada há cerca de 5 mil anos AP, ou seja, dentro do Holoceno (época do período Quaternário, da era Cenozóica). Essa informação é importante, sendo comprovada pela presença humana já na formação da área onde está situada a cidade de Tubarão. Neste caso, o sítio urbano mostra um passado recente formado por um ambiente muito similar a uma grande lagoa, além de ser repleta de sambaquis e sambaquieiros (DEBLASIS ET AL, 2007; NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

Conforme Nascimento Junior (2010), a formação deste delta ocorreu após a inundação máxima, com a desaceleração e/ou término da subida do nível relativo do mar. A regressão deu-se na medida em que o aporte sedimentar foi tornando-se maior que a taxa de criação de espaço na bacia. Nascimento Junior (2010) propõe um resumo da história evolutiva do rio Tubarão em cinco momentos principais, apresentado na Figura 10, enquanto um esquema do modelo evolutivo.

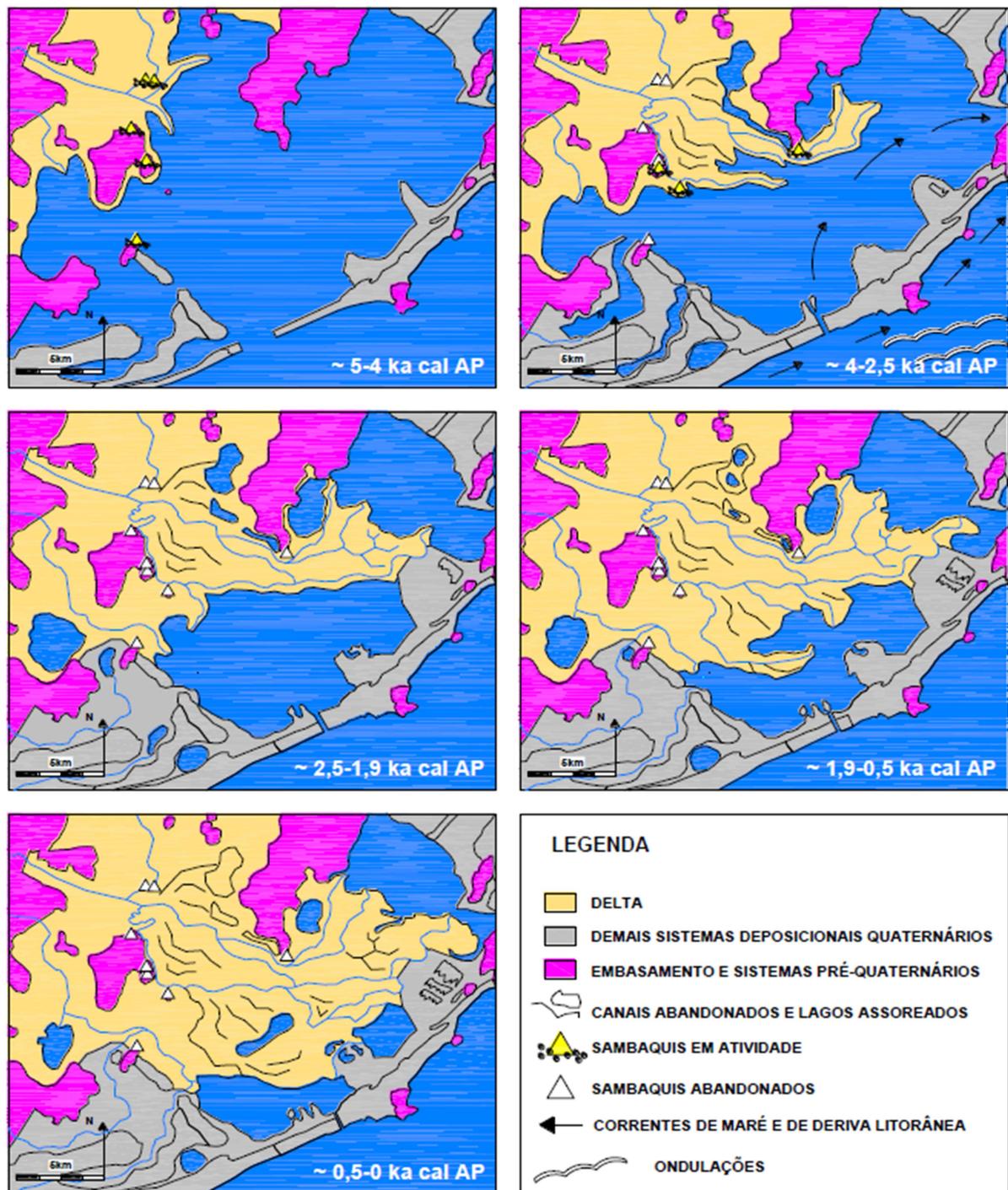


Figura 10 - Modelo Evolutivo para o delta do rio Tubarão em cinco etapas durante o Holoceno segundo Nascimento Junior, 2010

Segundo o autor, o setor a montante da Baía de Santa Marta, sofreu progradação a partir de um delta de cabeceira precursor, e a partir disso, num segundo momento, a progradação deltaica somada à evolução de pontais lagunares e tómbolos marinhos nas porções retrobarreira mais externas, favoreceram a

subdivisão da antiga baía-lagunar em corpos de água semi-individualizados contíguos, configuração atual do sistema lagunar local (NASCIMENTO JUNIOR, 2010). Esses argumentos, também foram utilizados por Fornari *et al.* (2009), Tanaka *et al.* (2009) e Giannini *et al.* (2010).

Primeiramente, houve o ingresso do delta de cabeceira do Tubarão na baía de Santa Marta depois de 4856-4439 anos AP. na junção dos rios Tubarão e Capivari de Baixo, e ramificação do rio Tubarão das Conchas a partir do rio Tubarão.

Em seguida, avulsões dos rios Tubarão e Tubarão das Conchas para SW (rumo ao Morro de Congonhas), com abandono de canais e lagos residuais parcialmente intercomunicados no “banhado” da Estiva dos Pregos (a oeste de Morro Grande). A essa altura, os distributários passaram a progradar preferencialmente para E e NE, influenciados por correntes de marés na baía de Santa Marta (TANAKA, 2010).

O rio Tubarão das Conchas, progradou mais rapidamente que o rio Tubarão, lançando três ramificações antes de 2563-2359 anos AP, o rio Sambaqui Pequeno, e então os rios Carniça e Sambaqui a partir do Sambaqui Pequeno. A laguna Ribeirão Grande, portanto é isolada, por conta das orientações rumo NE desses rios, atingindo a Ponta do Daniel entre 2358-2299 anos AP.

O rio Tubarão, que evolui simultaneamente ao rio Tubarão das Conchas e distributários, migra para NE, atingindo a planície retrobarreira de Campos Verdes após no máximo 1946+-141 anos AP. A laguna Santo Antônio é separada da baía de Santa Marta. Surge o rio da Guarda como ramificação do rio Tubarão. Este momento coincide com o abandono dos Sambaquis na região.

O rio da Guarda se expande entre 1931 e 1393 anos AP e ramifica-se o rio da Madre a partir do rio Tubarão entre 1645 e 788 anos AP. As lagoas Manteiga e Santa Marta, consideradas “protolagunas” por Nascimento Junior (2010), são originadas de sucessivas avulsões dos rios da Guarda e Madre, dos quais assoreiam a porção norte-nordeste da baía de Santa Marta, originando-as.

A ramificação do rio Mirim a partir do rio da Madre iniciou há pelo menos 490 anos AP. Avulsões desses dois distributários em vários rumos, junto à porção terminal do rio da Guarda, são unidos na porção noroeste da planície retrobarreira do Rio do Meio, formando o “rio” homônimo, do qual, subdivide a baía de Santa Marta em lago Manteiga e nas lagoas, Garopaba do sul e Santa Marta, das quais estão parcialmente interconectadas.

Observa-se no objeto de estudo deste trabalho, o DRT, um caso de exceção, quando considerado um delta que “ainda” está disposto no antemar, sob sua planície deltaica que é uma paleolaguna, ou seja, um delta interno, sendo considerado, portanto um delta intra-lagunar.

Giannini (1993) também aponta para a particularidade do delta do Tubarão, como um sistema ativo em relação aos demais sistemas de deltas quaternários relacionados às desembocaduras fluviais na costa litorânea brasileira.

Nele, são observados diferentes tipos de meandramento que se combinam de modo complexo na margem sul da laguna Santo Antônio, frente de progradação atual do delta lagunar (GIANNINI, 1993). Canais abandonados de formas e dimensões variadas são observados como feições sedimentares preenchendo as planícies interdistributárias de frente deltaica. Os rios Guarda e Mirim, são canais abandonados que representam antigos distributários principais e atestam as mudanças sazonais da posição da zona de avanço preferencial do delta lagunar. Esses canais indicam zonas sujeitas a inundação episódica, como observado nas margens norte das Lagunas Garopaba do Sul e Santa Marta (GIANNINI, 1993).

Potter *et al.* (2004) define a região como unidade geomorfológica Planície Colúvio-Aluvionar, da qual constitui área de transição entre depressões de origens continental e marinha. Nas áreas de influência marinha ocorrem terraços marinhos e baixos tabuleiros, cujos topos demonstram as marcas de remobilização eólica.

Fatos geomorfológicos constituem uma das bases para o conhecimento de espaços ambientais, para fins de estudos de organização das paisagens (CRUZ, 1998). Ao analisar o compartimento geomorfológico de uma área de estudo, em menor escala e mais abrangente, observam-se características de formações geológicas, topográficas, formas de relevo e bacias fluviais, com a drenagem atuando através da ação do escoamento fluvial, pluvial e subterrâneo. A constituição do solo da região estudada é caracterizada por uma planície sedimentar de formação recente, sendo que as elevações existentes correspondem a rochedos ilhados. (HIGASHI, s/d, p.03).

Neste caso, inicialmente partimos da definição de Barrell (1912), já que o DRT pode ser compreendido como um depósito subaéreo construído por rio dentro ou contra um corpo de água permanente (bacia receptora). Por isso, ele tende a estar mais próximo e integrado à atividade do complexo lagunar, uma vez que,

diferentemente de outros deltas do litoral brasileiro, ele desemboca em uma bacia receptora e não diretamente no oceano.

Essa característica remete aos deltas intra-lagunares, dos quais Dominguez (1990) se debruçou, associando-os às antigas fases deltaicas de evolução sedimentar, conforme aponta Nascimento Junior (2010):

“Esta definição implica inexistência de sistemas deltaicos ativos no entorno de alguns dos grandes rios da costa brasileira como Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ), embora as planícies costeiras adjacentes a estes rios possuam registro sedimentar mais antigo (holocênico) incluído na classificação de Barrell (i.e. Lamago 1955, Bandeira et al. 1975). É provável que a sedimentação atual do rio Tubarão (SC) sobre a laguna Santo Antônio seja um análogo de antigas fases deltaicas daqueles rios, que hoje desaguam diretamente no mar aberto” (NASCIMENTO JUNIOR., 2010, p.47).”

Assim, as observações realizadas em torno do delta intra-lagunar do rio Tubarão, já indica elementos para compressão de sua origem e formação, e de como a sociedade atual tem desenvolvido seus usos. Mas para avaliar as alterações ambientais na perspectiva dos geossistema, podemos avançar em processos históricos mais recentes. Para esse debate, é importante pontuar a relevância de técnicas de sensoriamento remoto no escopo das geotecnologias.

O sistema delta-lagunar do Rio Tubarão, portanto, tem sua formação associada com o máximo da transgressão marinha, descrita há cerca de 5,1 mil anos AP, e pode ser descrita resumidamente por dois tipos de processos diferentes, mais ou menos simultâneos. O primeiro pode ser designado com o isolamento parcial do corpo d'água no setor continental (formando uma grande paleolaguna, genericamente denominada de “Santa Marta”), e o segundo devido ao crescimento da barreira arenosa transgressiva, da qual corresponde ao sistema barra-barreira.

O delta do Rio Tubarão então se apresenta por um complexo mosaico de processos deposicionais eólicos, lagunares e marinhos interdependentes, e dessa maneira, é possível definir a região como um dos mais complexos e singulares exemplos de interação costeiras quaternárias no Brasil.

Foi considerado por Duarte (1988), como “o maior delta do estado” e “um dos mais importantes do estado”, por ser um exemplo raro de “delta intra-lagunar”, sobretudo pela sua relação com a Laguna de Santo Antônio pertencente à cidade de

Laguna. É caracterizado pela disposição de seus distributários, dos quais apresentam-se irregulares, frequentemente em truncamentos de paleocanais e drenagens, que procuram retornar seu canal de origem, principalmente nas regiões mais a jusante da planície deltaica, que está sob controle de maré. Essas mudanças naturais nos canais fluviais do delta do Tubarão são específicas por se localizarem em uma região de planície sedimentar holocênica, sendo assim, uma região extremamente recente para o tempo geológico.

Dessa forma, tem se em Santa Catarina (1986) e Machado (2008), em que o DRT, encontra-se na unidade geomorfológica das Planícies Aluviais ou Planícies Aluvionares-Deltaicas, definidas como áreas planas situadas junto aos cursos d'água e/ou sazonalmente ou periodicamente inundadas, constituindo-se de um sistema acumulativo de origem marinha e flúvio-marinha, composta de manguezais, aluviões e terraços arenosos.

Atualmente, essa complexidade é enriquecida primeira pela condição climática e vegetacional da área. Neste caso, condicionadas aos regimes subtropicais (determinado por sua localização ao sul do Trópico de Capricórnio) o clima da BHRT, particularmente, é dinamicamente organizado com influências de frentes frias e o efeito orográfico exercido principalmente pela Serra Geral (SDM, 2001).

Por esse aspecto, a precipitação representa o principal elemento que diferencia climaticamente a BHRT e deve impactar diretamente no regime e na sazonalidade de seu complexo lagunar. A SDM (2001) e Nascimento Junior (2010) apontam que os municípios da faixa litorânea apresentam índices pluviométricos muito baixos em relação aos municípios mais próximos da serra, onde as diferenças dos valores pluviométricos podem ser maiores que 50%. No outono e inverno, quando a região é influenciada pelas frentes frias, o município de Laguna que se localiza mais ao norte da região estudada, apresenta os maiores volumes de pluviosidade.

Nessa dinâmica, também participam sistemas atmosféricos do tipo Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que são constituídos de fluxos instáveis de umidade (baixa pressão atmosférica) que se formam, em sua maioria, sobre o Paraguai durante a madrugada e se movem rapidamente para E e NE, habitualmente atingindo a região do sul catarinense entre o final e o início da tarde.

Quando combinados com o efeito orográfico e a entrada de sistemas frontais, são os fatores responsáveis pela nebulosidade e umidade na região do sudeste de Santa Catarina em um nível maior do que o esperado para a região, fator esse que

também resulta em menos horas de insolação, sobretudo entre os meses de setembro e outubro (SDM, 2001).

O impacto desses sistemas atmosféricos e fatores climáticos também podem ser observados no regime térmico, uma vez que, os meses onde temperaturas máximas médias ocorrem acima de 25°C, são janeiro, fevereiro, março e dezembro. Julho é o mês mais frio, com média de temperatura mínima de 7,8°C na estação climatológica de Orleans e de 12,6°C na estação de Laguna. (NASCIMENTO JUNIOR, 2010).

A classificação do tipo subtropical úmido de verões quentes e invernos brandos (Cfa), conforme critérios de Koppen-Geiger atualizada por Alvares *et al.* (2013) sintetiza essa condição, e apresenta boa correspondência com os domínios vegetacionais mais abrangentes, já que é predominante uma sazonalidade sem período seco e com médias térmicas, não inferiores a 15°C, e que também expressa uma complexidade significativa em diversidade florestal (KLEIN, 1978). O clima do tipo subtropical úmido com verões brandos e invernos rigorosos (Cfb) está restrito às áreas de maior hipsometria do escudo cristalino nas encostas e planaltos da serra geral (Figura 11).

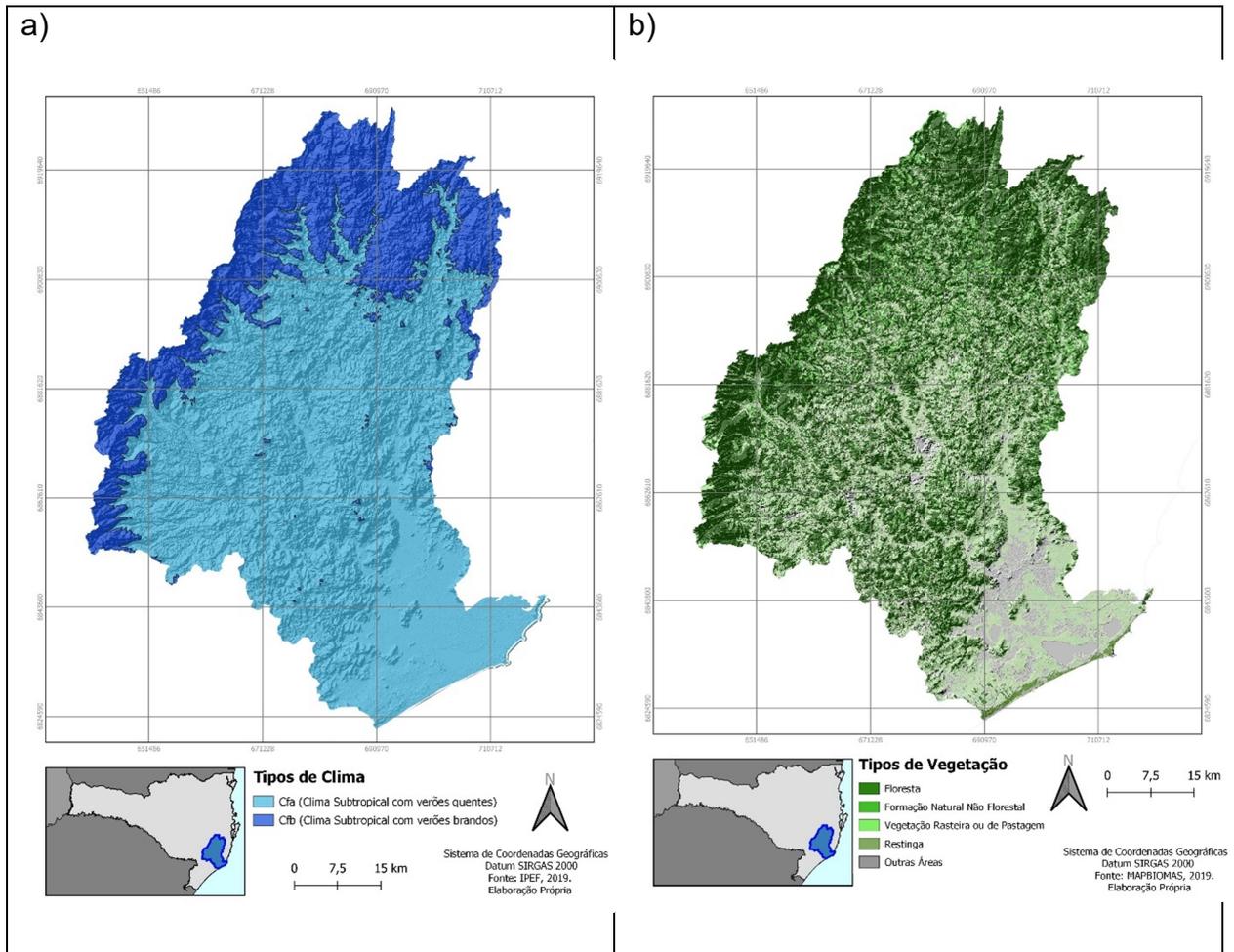


Figura 11 – Mapa dos tipos climáticos (a) e vegetação (b) da Bacia do Rio Tubarão

De acordo com Klein (1978), a BHRT, bem como o complexo lagunar associado, ocupa basicamente a região fitogeográfica conhecida como Floresta Tropical Atlântica. Essa vegetação ocupa desde as encostas íngremes da Serra do Mar e da Serra Geral, até as planícies litorâneas, abrangendo todas as sub-bacias do rio Tubarão, especialmente a do Baixo Rio Tubarão, onde se encontra o delta que está inteiramente disposta nesta formação (Figura 9).

No Brasil, a vegetação das planícies costeiras tem sido genérica e inadequadamente denominada de “vegetação de restinga” (SOUZA 2006, SOUZA et al. 2008). Por causa dos problemas conceituais que envolvem o termo “restinga”, Souza (2006) propôs a re-denominação dessa vegetação para “vegetação de planície costeira e baixa-média encosta” (exceto manguezal).

Neto (1984) demonstra variações, especialmente, relacionadas a diferentes solos e relevos, de forma que na BHRT e complexo lagunar associado pode-se distinguir dois agrupamentos (sub-áreas da Mata Atlântica) que se diferem na sua

estrutura, florística e fitofisionomia, são eles: Floresta Tropical do litoral e encosta centro-sul e Floresta tropical das planícies quaternárias do sul, sendo que o objeto deste estudo, encontra-se predominantemente nesta última.

Separadamente, a Floresta tropical das planícies quaternárias do sul, também conhecida por “florestas de terras baixas”, ocupa as planícies quaternárias costeiras de origem fluvial ou fluvial-marinha, e estão localizadas nas altitudes que variam desde 0 à 30 metros (Gaplan, 1986). Refere-se à floresta pouco desenvolvida e pouco densa, conveniente com as condições edáficas das planícies úmidas.

Klein (1978) faz uma distinção desses grupos vegetacionais, associando a topografia e conseqüente umidade do solo, diferenciando em “florestas situadas nas planícies de solos muito úmidos” e “florestas situadas nas planícies de solos enxutos”.

No primeiro grupo destacam-se a *Tabebuia umbellata* (ipê-amarelo) (Figura 12), *Ficus organensis* (figueira-da-folha-miúda), *Coussapoa schottii* (figueira-do-brejo), *Arecastrum romanzoffianum* (jerivá) (Figura 12), *Marlierea parviflora* (araçazeiro) e *Myrcia dichrophylla* e *M. glabra* (guamirins).



Figura 12 - Ipê Amarelo do Brejo à esquerda e Jerivá à direita. Fonte: Mariana Lorenzo (2012).

E no segundo, sobressaem-se *Talauma ovata* (bagaçu), *Aspidosperma olivaceum* (peroba-vermelha), *Euterpe edulis* (palmiteiro) (Figura 13), *Actinostemum concolor* (laranjeira-do-mato) e *Rheedea gardneriana* (bacopari) (Figura 13).



Figura 13 – Palmitreiro à esquerda e Bacopari à direita. Fontes: Flora10 (2013) e Blog Meu Cantinho (2020).

A diversificação florística é, portanto, resultante da interação dos condicionantes ambientais observado na área e é um aspecto dessa região fitoecológica, da qual permite o desenvolvimento de vários tipos de formações (IBGE, 1990). Não são observados grandes adensamentos de vegetações primárias na região do DRT desde o século XX (SDM/SC, 2001).

4.3 Transformações históricas na paisagem

A paisagem objeto do presente estudo é encontrada em zona originalmente ocupada pela floresta tropical atlântica, dividida por uma diversa gama de canais distributários do DRT, áreas de inundação sazonal e lagoas.

Assim, as interações humanas para com o DRT datam de tempos muito remotos. As interações entre os grupos pré-históricos da região ainda não são bem compreendidas, para diferenciá-los e estudá-los, arqueólogos e antropólogos os agruparam por caracteres culturais, a partir dos hábitos, técnicas e instrumentos (FARIAS ET AL. 2014).

O que se sabe é que os povos originários, que ocuparam a região antes da chegada dos europeus, estabeleciam uma relação não predatória com o ambiente, portando um saber ecológico de magnitude inconcebível, de forma que as pesquisas relacionadas à arqueologia buscam compreender como funcionavam suas relações sociais e econômicas.

No interior, os locais mais altos foram ocupados por grupos caçadores-coletores de tradição Umbu e Humaitá. Esses caçadores-coletores, diferentemente

dos sambaquieiros, transitavam caçando e pescando, coletando materiais para a produção de seus artefatos, e produziam diversos tipos de instrumentos como machados, raspadeiras, talhador, enxó, picão etc (FARIAS ET AL., 2014).

A tecnologia utilizada para a confecção destes utensílios, segundo os pesquisadores, estava baseada no lascamento e polimento de pedras, da qual consiste na técnica denominada que recebe o nome desses agrupamentos. Os acampamentos eram feitos em abrigos rochosos e topos de morros, por isso sua relação com o DRT e o litoral era mínima (FARIAS ET AL., 2014).

De outro modo, os povos que ocuparam a região da paleolaguna de Santa Marta foram os sambaquieiros, sendo este o grupo a deixar a maior quantidade e diversidade de testemunhos de sua permanência no território Brasileiro, sobretudo na zona costeira. Os materiais elaborados encontram-se bem preservados porque, ao contrário de outros grupos que estavam em constante migração, os sambaquieiros ocupavam por muito tempo o mesmo local, portanto, de característica relativamente sedentária (FARIAS ET AL., 2014).

Os trabalhos de Kneip (2004, 2005) afirmam que o movimento do NRM, de 5.000 anos AP até o momento atual, já afetavam a disponibilidade de recursos aquáticos para as populações sambaquieiras. E por isso, pode-se inclusive relacionar a movimentação dos sambaquis de acordo com a regressão marinha.

Deblasis et al. (2007) interpreta também esse processo ao elaborar uma interação entre evolução sedimentar da paisagem e a ocupação pré-histórica da região centro sul da costa catarinense.

Segundo este autor, essa região apresenta cerca de 76 sambaquis, dos quais foram erigidos entre 7,5 e 1 mil anos AP. Além disso, destaca que o grande adensamento de sambaquis, abrange parte dos municípios de Laguna, Tubarão e Jaguaruna, sendo uma área extremamente aplainada, com lagos e lagunas integrados por canais e zonas turfosas encharcadas.

De outro modo, entende que o desenvolvimento e expansão de matas tropicais indicam contínua e progressiva regressão, de forma a não demonstrar predomínio de fases secas, e diante desse argumento, demonstra que há 4000 anos AP o mar estaria 2 metros acima do atual, com uma tendência de rebaixamento gradual, alcançando os 2 metros por volta de 3,7 mil anos AP, onde cerca de 14 sítios arqueológicos já haviam sido erigidos nesse momento (KNEIP, 2004).

Em outro momento, por volta de 3,2 mil anos AP o progressivo fechamento e preenchimento da laguna apontam para uma distribuição de sambaquis nesse período, com o mar 1,5 metros acima do atual. Há 2000 anos AP, o NRM se encontraria em 1 metro acima do atual. Durante esse período entre 4 e 2 mil anos atrás, é percebido um significativo aumento de sítios ativos no entorno da paleolaguna de Santa Marta, demonstrando o expressivo adensamento alcançado pela população sambaqueira nesse momento (KNEIP, 2004).

Kneip (2004) ainda afirma que há cerca de 6 mil anos, a área foi permanentemente ocupada pelos sambaqueiros, e a partir das datações, em nenhum momento deste período o mar se elevou acima das linhas de barreira, pontões cristalinos e paleodunas. O valor de referência indica a localização dos sítios arqueológicos que foram instalados à beira das antigas margens da laguna, conforme apresentado na Figura 14.

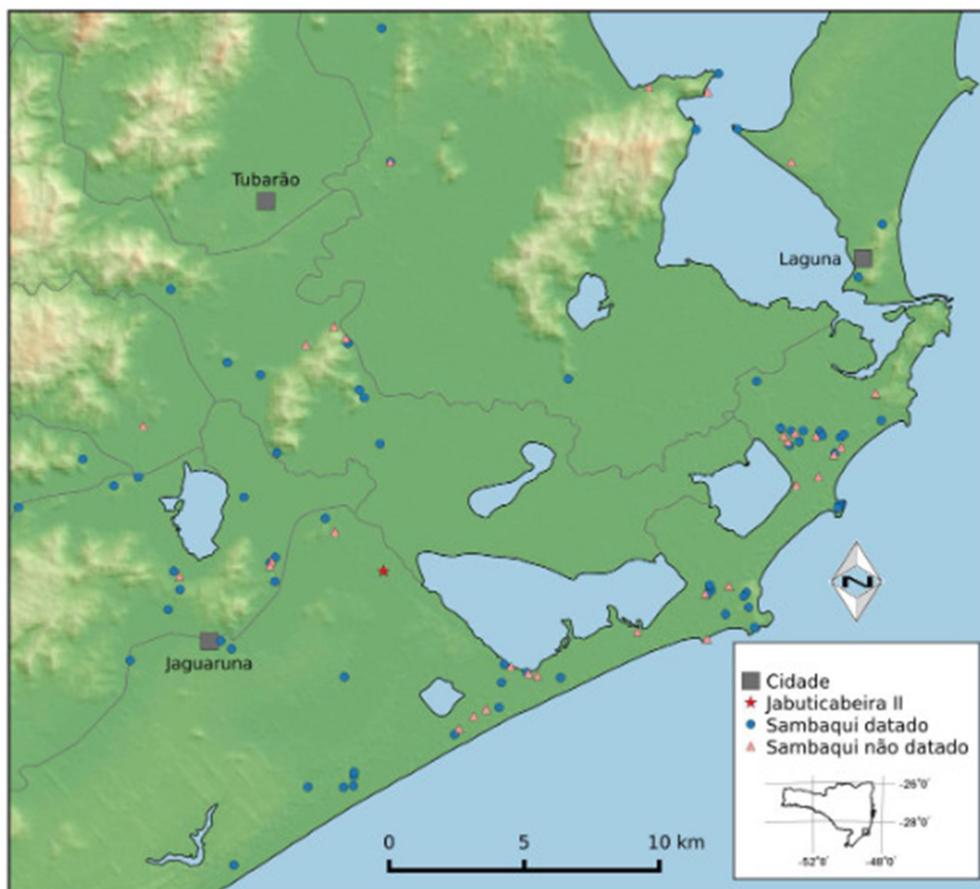


Figura 14 – Distribuição de sambaquis nas proximidades da laguna de Santa Marta.

Fonte: Kneip et al (2018).

Assim, os povos sambaquieiros estabeleciam uma interação inerente à laguna de Santa Marta, sendo que as atividades econômicas mais importantes se situavam no entorno dela. Não são encontrados vestígios de sambaquis para além da planície costeira, portanto, admite-se que os sambaquieiros viviam exclusivamente nas regiões lagunares.

A pesca parecia ser a atividade econômica de importância central para a economia destes povos, porém, a disponibilidade de recursos malacológicos, também serviria tanto para complementação alimentar, como para agregar volume e monumentalidade nos sambaquis.

As evidências reunidas e dispostas no trabalho de Deblasis et al. (2007) sobre o ambiente lagunar, suportam a hipótese de que a laguna poderia sustentar um contingente populacional bastante significativo.

Uma investigação realizada por Gaspar (2005) na região das lagunas em comunidades tradicionais de pesca mostra que as lagunas ainda exercem um papel fundamental na subsistência, e de certa forma ainda muito produtivas. Conforme o autor, esse argumento levou aos pesquisadores e arqueólogos a fazerem analogias em relação a subsistência desses povos para com a laguna.

Dessa forma, levando em consideração a laguna como espaço estruturador da subsistência sambaquieira, reforça a perspectiva de que a região foi fortemente antropizada por esses povos, dos quais, estavam em intensa circulação e interação através da lagoa. Esta organização é refletida na configuração das aldeias dispostas de maneira circular em torno de um "território" que, parece ter mais água do que terra (DEBLASIS, 2007).

Os sambaquis obtinham significância para além de um depósito de restos de alimentos e atividades cotidianas, indicam os pesquisadores, uma vez que esses verdadeiros monumentos configuram um espaço de rituais e espiritualidade, constituindo referências de profundo significado simbólico para seus construtores.

Fish et al (2000) utilizando dados de Jaboticabeira II (Sambaqui da região de Jaguaruna), e de Castro Faria (1959), Hurt (1974) e Bryan (1993), sugerem a cifra de 0,137 sepultamentos por metro cúbico para este sítio, o que leva a uma constatação de algo em torno de 43 mil pessoas ali sepultadas, ao longo de cerca de mil anos. Esta cifra, nos leva a observar uma quantidade demográfica considerável para a população sambaquieira para este único sítio, sendo que, ao

observar toda a área de abrangência da paleolaguna, estas cifras expandiram-se de maneira quase que assustadora (DEBLASIS, 2007).

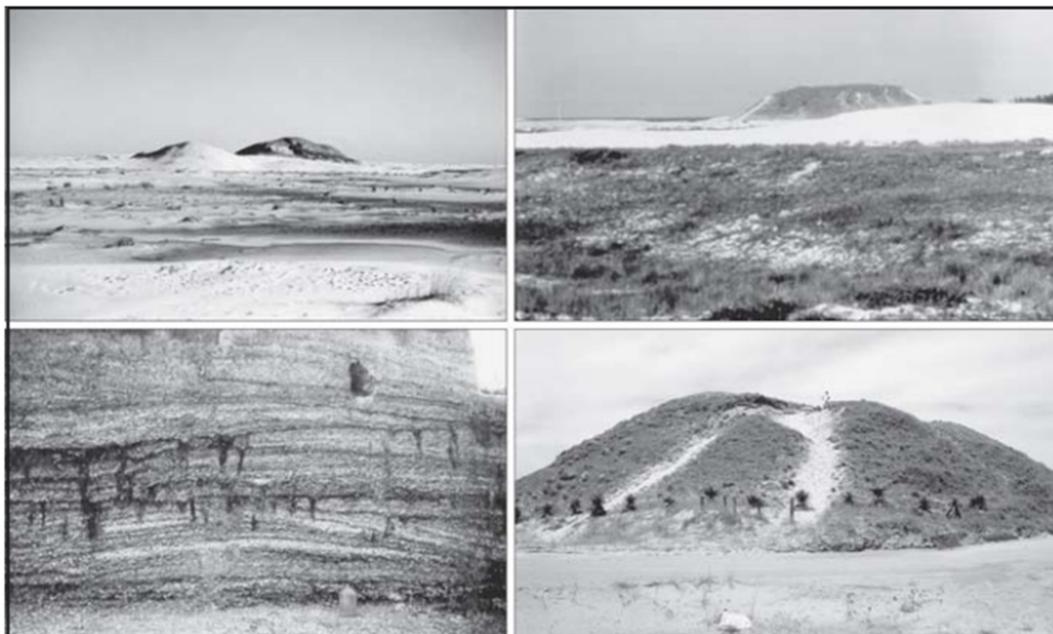


Figura 15 – Alguns sambaquis da área (do topo à esquerda, sentido horário): Encantada, Roseta, perfil estratigráfico de Jaboticabeira II e Santa Marta I. Fonte: Deblasis (2007).

O final das ocupações sambaqueiras é muito pouco conhecido, e pouco pesquisado, mas o que se sabe é que em torno de 1,4 mil anos AP não se construíram mais sambaquis. Esses povos e seu desaparecimento ainda obtém um certo grau de mistério, ainda que hajam algumas teorias a respeito.

Mais recentemente, a ocupação da área foi desenvolvida pelos grupos Jê, estes estavam localizados mais fixamente no planalto e pouco habitavam o litoral, porém, existem registros que constam sepultamentos Jê em Sambaquis, ou até próprios concheiros de elaboração própria (ASSUNÇÃO, 2010). Essa discussão é realizada acerca de alguns sambaquis dos quais constam uma datação mais recente, porém não é conhecido nenhum sítio Jê no litoral, o que se leva em conta é que esses povos utilizavam do litoral para fins ritualísticos, retornando às terras altas da serra catarinense e suas encostas para suas aldeias (MILHEIRA, 2010).

Os Tupi-Guarani também apresentam sua marca territorial. Esses povos migraram da Amazônia Brasileira seguindo os rios Paraná e Paraguai, até a foz do Rio Prata. Parte deles assentou-se no litoral de Santa Catarina e foram os primeiros a fazer contato com os europeus, que os batizaram de Carijós.

O grupo Guarani ocupou a planície costeira, bem como a planície deltaica do Rio Tubarão, expandindo-se rapidamente entre as lagoas, dunas e matas num período de apenas 150 anos aproximadamente, antes da chegada dos europeus.

Considera-se também que quando os Guarani chegaram na região, os povos sambaquieiros já não mais estavam ali, e eventualmente os povos Jê desciam a serra, esse povo não encontrou dificuldades para ocupar e expandir seu território, como encontrado em outras partes do litoral brasileiro. Esse é o principal motivo de obtermos um adensamento de sítios guaranis em um terreno tão amplo em tão pouco tempo, num processo que não parece ter ultrapassado a faixa de 150 anos para seu desenvolvimento. Ainda é desconhecido qualquer tipo de vestígio arqueológico que indique o embate corporal entre os grupos Jê e Guarani, como identificado em outras regiões do Brasil, ainda assim, se houvesse empecilhos em termo de ocupações de outras culturas indígenas na região, das quais pudessem ter causado algum tipo de limitação à dominação territorial por parte dos Guarani, teria sido este um problema a ser resolvido com base em sua capacidade belicosa. Se compararmos a dinâmica de ocupação do litoral de Jaguaruna com outras áreas do Brasil, onde sabidamente outras culturas já estavam estruturadas, veremos que o processo nessas outras áreas foi mais lento (MILHEIRA, 2010).

Considera-se a chegada dos guaranis na região como repentina e numerosa, uma vez que, não é observado através de datações um adensamento populacional gradual e lento. Essa forma de ocupação caracteriza o objetivo que prováveis lideranças encontraram no território para desenvolvimento da cultura e vida guarani, envolvendo novas áreas de plantio, controle de novos recursos etc.

A ocupação guarani observada na região entre as cidades de Laguna, Araranguá, Jaguaruna, Tubarão e Capivari de Baixo foi bastante significativa e densa em termos arqueológicos (MILHEIRA, 2010). Por isso, não são observados grandes adensamentos de vegetações primárias na região do DRT desde o século XX (SDM/SC, 2001).



Figura 16 – Sítios arqueológicos de origem Guarani constatados no litoral sul de Santa Catarina. Adaptado de Milheira (2010).

A partir desse período, no entanto, um outro processo de alteração da paisagem teve origem, sobretudo com a chegada dos europeus na região, que introduziram espécies vegetais de valor comercial, e iniciaram consideravelmente um processo de devastação florística na área (MILHEIRA, 2010).

A partir do século XVII, quando os Vicentistas decidem realizar a expansão bandeirante, a costa litorânea de Santa Catarina é “varrida” de forma a aprisionar indígenas, dando início a uma leva de colonização entre os anos de 1676 e 1684. É em 1676 que é originada a povoação de Santo Antônio dos Anjos da Laguna, pelo Vicentista Brito Peixoto, permitindo assim a implantação imediata do elemento europeu nessas terras, antes dominadas pelos indígenas. Através da forma agressiva de aprisionamento e também de doenças contagiosas, no século XVII já é notada uma escassez de indígenas. Muitos dos que sobraram fugiram para o interior, nas proximidades do Rio da Prata e seus afluentes (MILHEIRA, 2010).

Este momento também marca a fundação da cidade de Tubarão pelos colonizadores dá-se por conta de uma importante rota de interesse econômico, da qual ligava Laguna, de grande importância territorial Portuguesa, até o planalto, pela sua disponibilidade de produtos, como Pinhão, Charque, Queijos e Marmelada, dos quais eram escoados pelos tropeiros (VETTORETTI, 1992).

A pequena localidade tem início em uma região chamada de “poço grande do rio Tubarão”, por conta de um local estratégico de “entre-postos” entre a Serra e o Litoral, onde os barcos e tropeiros paravam, para obter suprimentos, realizar trocas e descansar. Esse local também conhecido por “Paragem de São João”, e coincide com o fim do domínio de afloramentos rochosos e dá início à planície deltaica do rio Tubarão (VETTORETTI, 1992).

Segundo Nunes (2002), era comum que moradores advindos das regiões mais ao norte, principalmente Laguna, se estabelecessem, sazonalmente ou não nas imediações do rio Tubarão para buscar terras férteis para o plantio.

A colonização e adensamento urbano de Tubarão, portanto, nasce da mistura provinda dos Vicentistas que vinham de São Paulo, rumo à Laguna, trazendo uma miscigenação tipicamente Brasileira, em termos de misturas étnicas e raças, constituído de portugueses, índios, mestiços e escravos. Os açorianos, dos quais muitos migram da ilha de Santa Catarina para a região geográfica de Tubarão e posteriormente e indiretamente, das colônias alemãs e italianas que viriam a se formar no século XIX em Braço do Norte e Azambuja, através de incentivos advindos da República ao formar a Comissão de Terras e Colonização (VETTORETTI, 1992).

O surgimento da economia do carvão na região é um fator decisivo, visto que essa indústria até os dias atuais é uma das principais causas de impacto ambiental na BHRT. A região passa por um intenso avanço econômico no final do século XIX com a criação da estrada de Ferro, construída por ingleses, com o objetivo de transportar o carvão da região carbonífera até o porto de Imbituba, e mais tarde no século XX, com a fundação do complexo termelétrico Jorge Lacerda, às margens dos rios Tubarão e Capivari de Baixo (LIMA *et al.* 2001)

Atualmente, a cidade de Tubarão encontra-se a cerca de 8 metros acima do nível do mar e a área onde se localiza é resultado de sucessivos depósitos da erosão de material das encostas próximas e da Serra Geral. As águas do rio homônimo, correm lentamente em função de seu baixo nível topográfico em relação ao mar e sua extensa planície, onde estão as ramificações e distribuições deltaicas (COMISSAO, 2011).

Conforme observado na definição e formação da área de estudo, percebe-se que a região do DRT compreendia em uma série de fluxos de energia condizentes com a dinâmica ambiental natural de um delta intralagunar, antes do início das

transformações da paisagem, provocadas principalmente após chegada dos colonizadores na região e em seguida pelo avanço do processo de urbanização e industrialização.

É notável a relação predatória estabelecida daí em diante, quando a ideia da colonização estaria pautada totalmente na exploração dos recursos, para subsistência e riqueza dos colonizadores portugueses. Iniciando com a postura colocada em prática para com os povos tradicionais que ocupavam a região, sendo que esses ali já habitavam no mínimo há 150 anos, e eram portadores de um saber ecológico imensurável (MILHEIRA, 2010).

Esses saberes poderiam ser suficientes para resguardar a população tubaronense de processos naturais perigosos, uma vez que desde sua fixação na região, e sobretudo no período mais recente, uma série de enchentes e inundações tem provocado um conjunto de adversidades. Em grande parte, esses desastres são em parte produto da falta de conhecimento e empatia ambiental, como também das intensas alterações ambientais observadas na contemporaneidade.

4.4 Alterações ambientais pós-enchente de 1974

Reiteramos que as alterações ambientais tratadas neste tópico estão subsidiadas pela abordagem do geossistema conforme debatido no subtítulo 2.3 deste trabalho. Nesta perspectiva foram pontuados pelo menos três principais momentos de reestruturação do geossistema do DRT: a) a obra de retificação e dragagem do rio Tubarão; b) a implantação do PROVARZEAS (Programa Nacional para o Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis) e; c) a intensificação do processo de urbanização, sendo sem dúvidas a enchente de 1974 o fator mais importante a iniciar o desenvolvimento de todos esses processos.

A enchente de 1974 foi a maior enchente do século XX do sul catarinense, oriunda fundamentalmente de eventos e fatores climáticos específicos associados ao alto volume pluviométrico no planalto e na planície litorânea que acarretaram nos eventos de inundação. Além das chuvas, observou-se que ventos fortes sopravam de leste, vindos do oceano, impedindo o escoamento da água para o mar (FRASSON, 2011).

No dia 22 de março de 1974, as chuvas se tornaram mais intensas com as áreas mais baixas já alagadas, porém, de primeiro momento, sem grandes preocupações. Essas áreas já não causavam surpresa ao estarem submersas

periodicamente em momentos de chuva, visto que algumas delas estão apenas a cerca de 1 metro acima do nível do mar (VETTORETTI, 1992).

Segundo Frasson (2011), em 23 de março, as cidades de Lauro Muller e Orleans, mais próximas das encostas da serra, já vinham sofrendo com alagamentos e adventos climáticos extremos. A vazão do rio logo subiu, desabrigando mais pessoas, durante a tarde, as águas parecem estabilizar-se, e cria-se um momento de alívio, algumas pessoas retornam a suas casas. Porém, com o retorno das chuvas, os noticiários do jornal local alertam a população que a cheia tomou a termoelétrica Jorge Lacerda e fez-se o apagão, iniciando ali a que seria chamada de “noite da agonia” (DO CANTO MACHADO, 2005). Quem conseguiu, se deslocou para as áreas mais altas da cidade ou até mesmo para edifícios públicos. Além do perigo das cheias, foram registrados deslizamentos de terra em encostas e mortes por soterramento (FRASSON, 2011).



Figura 17 – Vista da Ponte Nereu Ramos - momento em que o rio reivindica seu espaço – Fonte: Patrimônio Histórico Municipal

Na manhã do dia 24 de março, o sol aparece e o que se via desde as proximidades da localidade de Gravatal até o Camacho, era uma grande lagoa (FRASSON, 2011).

Depois que as águas baixaram, a cidade estava devastada. Cerca de 60 mil das 70 mil pessoas que habitavam a cidade estavam desabrigadas. A lama exalava forte odor. Animais de corte encontrados vivos eram mortos no meio das ruas e sua carne distribuída às pessoas. Pessoas vieram a adoecer, pelo contato com as águas contaminadas. Depois desses episódios, a população contou com apoio e comoção nacional, recebendo muitas doações e ajudas humanitárias, muitas pessoas perderam suas famílias, e o número de mortes ficou em torno de 200 pessoas. Com a magnitude da enchente, foram realizados planejamentos para obras de contenção de enchentes na região, como a retificação e dragagem do rio Tubarão (FRASSON, 2011).

Cabe destacar que existem relatos de outros eventos observados ainda no século XIX de magnitude talvez maior que a enchente de 1974, de todo modo sua severidade e seu grau de impacto sem dúvidas estão associado ao nível e ao tipo de ocupação antrópica na bacia (FRASSON, 2011).

A título de exemplificação, ainda no século XIX foram registradas enchentes de teor alarmantes na época, das quais danificavam apenas áreas agrícolas, que geralmente estão situadas em terrenos mais baixos e próximos das margens do rio, causando prejuízos para os agricultores. Somente em alguns casos mais excepcionais registraram-se “diversas casas arrancadas pelas águas” (DO CANTO MACHADO, 2005).

Esses episódios ocorreram de maneira constante durante todo o período de ocupação da região, sendo assim, objeto de preocupação para os moradores, dos quais, passaram a habituar-se com os efeitos dessa dinâmica de destruição e reconstrução. Essa situação revela notadamente parte da dinâmica e dos ciclos fluviais da BHRT e também das estratégias de adaptação encontradas pela população local.

Após a enchente de 1974, uma série de obras foram realizadas no leito do rio a fim de evitar novos alagamentos, essas obras vieram a modificar profundamente o leito, alterando a dinâmica de sedimentos, a biogeoquímica e estrutura de seu delta (MATHIAS, ET AL. 2015). A retificação do rio Tubarão foi viabilizada pelo extinto DNOS, ocorrendo no trecho do rio desde o montante da área urbana da cidade até sua principal foz ativa na laguna Santo Antônio (Figura 18).

O rio Tubarão possuía um distributário conhecido como Tubarão das Conchas, do qual se localiza a jusante do município, abaixo da confluência com o rio Capivari

de Baixo, esse distributário favorecia o represamento das águas e a inundação da região a montante (SDM, 2001). Assim, parte do traçado deste rio, foi utilizado para o novo curso do rio Tubarão, agora menos sinuoso, conforme a Figura 18 demonstra, a linha amarela representa o novo curso do rio, e a azul, a sua conformação original, percebe-se que a ramificação a sul, antigo trecho original do rio Tubarão, foi isolada e desconectada (NASCIMENTO JUNIOR, 2010; SOLORZANO CONTRERAS, 2018).

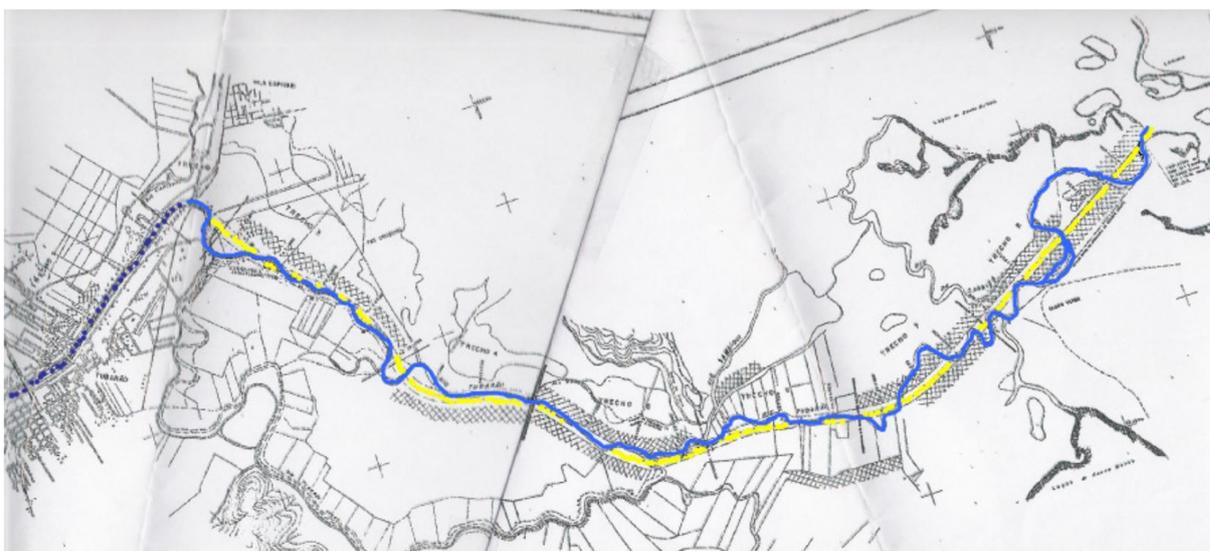


Figura 18 - Projeto do DNOS de retificação e dragagem do Rio Tubarão (DNOS, 1979).

Esse trecho desconectado do rio Tubarão, atualmente conhecido por “Rio Morto” possui planícies naturais de inundação que são aproveitadas para pastagem e lavouras de rizicultura. Percorrendo os bairros Passagem, Campestre, Pasto do Gado, São Clemente, Santa Luzia, Praia Redonda, Morrinhos e Mato Alto, com um comprimento de 21,4 quilômetros, variando sua largura de 10 a 40 metros e profundidade média de 2 a 4 metros (CONTRERAS, 2018).

O fluxo de água nesse trecho é realizado através do acionamento de bombas, visto que após a obra, a diminuição de sua vazão ocasionou em diversos problemas ambientais, como a eutrofização das águas, com densa cobertura de plantas aquosas, gerando mau odor e excesso de mosquitos, além da poluição provinda da ocupação da sua planície de inundação, dessa forma, o que já foi um rio vivo, palco de vínculos afetivos entre as comunidades estabelecidas às suas margens, hoje assemelha-se a um grande banhado poluído (BRAGA, 2011; CONTRERAS, 2018).

O processo de isolamento desse trecho do rio, realizado pela obra de retificação do rio Tubarão, foi concretizado a fim de reduzir prejuízos para a sociedade ali instalada, bem como para a economia local, da qual, obtém grande participação da Termelétrica Jorge Lacerda e da Ferrovia Tereza Cristina. Porém o que se constata, é que a obra feita a época, não levou em consideração possíveis impactos ambientais de efeitos gradativos.

Para fins de análise desses impactos sobre a paisagem, observam-se pelo menos duas fases importantes. A primeira é acontece em 1978, no início das obras de retificação e dragagem do rio Tubarão, quando o delta obtinha seus meandros bem definidos e sua dinâmica fluvial e de efeitos de marés eram extremamente atuantes. Sua configuração até esse momento comportava em vários canais, dos quais interligados, exerciam influência nas lagoas, compartilhando uma diversidade biológica e marinho-fluvial, conforme observado na Figura 19.

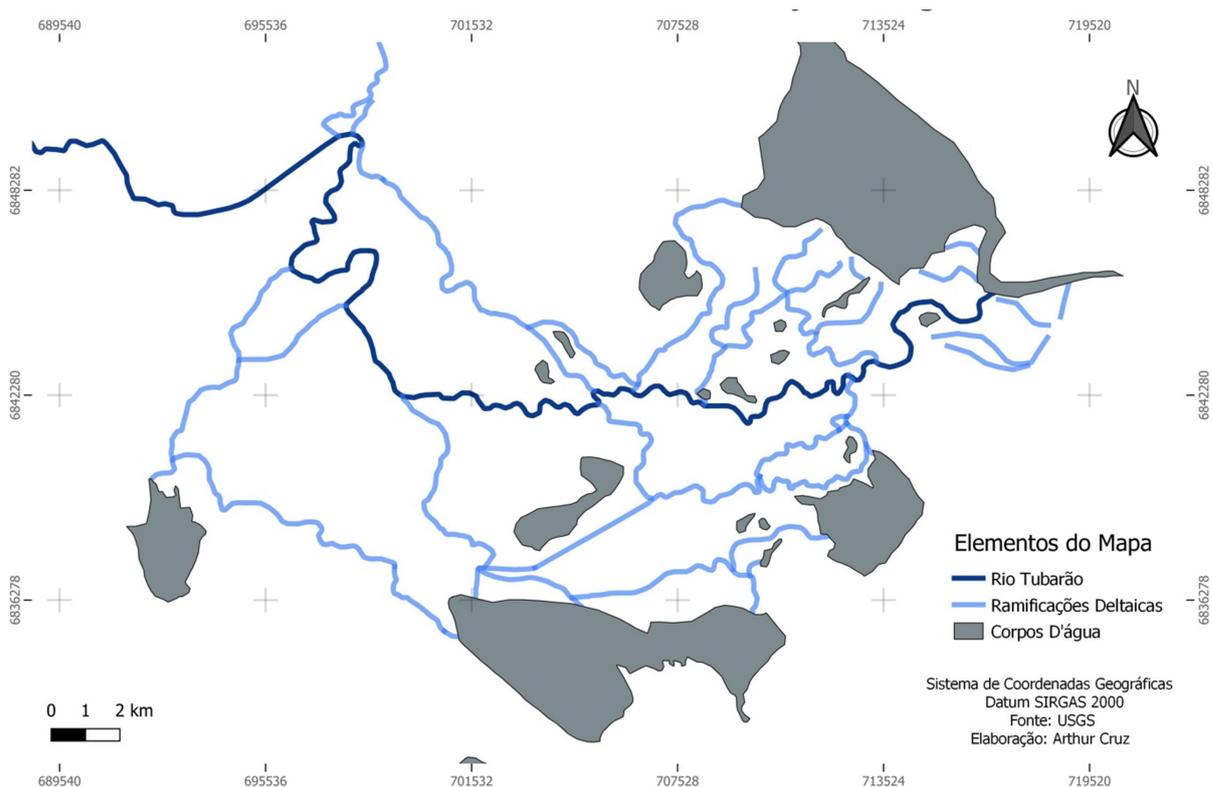


Figura 19 – Configuração do Delta do Rio Tubarão em 1975

Essa dinâmica entre os canais fluviais e habitações humanas, com várias geofácies e geótopos, exerciam intensa ligação entre si até esse momento, sendo esse o motivo causador de “desastres ambientais” como o visto em 1974.

É concebível que naturalmente, essa dinâmica de cheias é um fator natural observado em deltas, bem como em deltas intra-lagunares, de forma que o desastre é uma percepção humana do acontecimento, uma vez que causou mortes e destruição nas vilas e aglomerados urbanos consolidados naquele momento.

A segunda fase a ser analisada é posterior à obra de retificação, quando o rio Tubarão passa a conceber outra configuração, alterando sua dinâmica de fluxos e sua relação entre as geofácies e geótopos são reduzidas, de forma que através da alteração ambiental, o impacto veio a causar certa “harmonia” entre os mesmos. Não é muito difícil fazer uma previsão do que essas alterações podem vir a causar no futuro, uma vez que, o sistema conforme funcionava anteriormente passou a direcionar sua energia de fluxos para pontos específicos, provocando uma diminuição nas geofácies do sistema, das quais já não mais exercem influência direta para com os geótopos de maneira expressiva, excetuando-se as comunidades pesqueiras tradicionais. Observa-se na imagem a seguir, redução significativa das fácies do sistema (Figura 20).

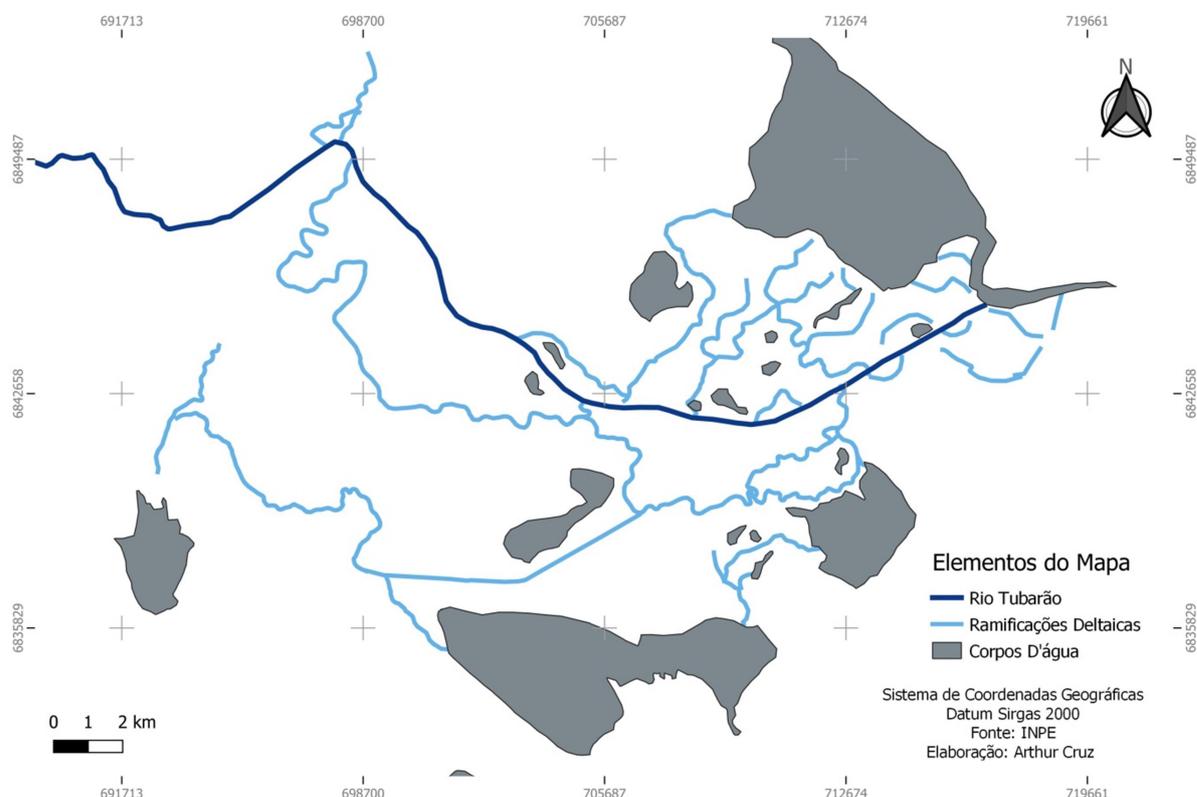


Figura 20 – Configuração do delta do rio Tubarão em 2019

O PROVARZEAS, foi elaborado em 1978 e Decreto Federal no ano de 1981 estabelecido no governo do ditador-presidente João Figueiredo, com finalidade de promover o aproveitamento nacional e gradativo de áreas de várzeas nacionais em nível de propriedade rural. Várzeas essas identificadas como terrenos de solos aluviais ou hidromórficos, como é a planície deltaica do Tubarão. Foram beneficiados com o programa produtores rurais e cooperativas, através de financiamento técnico e suporte técnico-administrativo na drenagem e sistematização de suas várzeas (BRASIL, 1981).

O programa visava a maior produtividade agrícola dos estados brasileiros, sendo de grande importância nas planícies costeiras do Estado de Santa Catarina, refletindo na introdução do cultivo de arroz irrigado. Porém, salienta-se que o cultivo de arroz irrigado já era observado nessas regiões desde o início do século XX, pela facilidade que as áreas de planície obtêm para esse cultivo (LOPES, 2016; BOSIGNARI, 2020).

A colaboração real do programa à esse cultivo, foi através da introdução de técnicas para o nivelamento do solo e melhor distribuição de drenagens, aliando as quadras colocadas em níveis pela água, além do auxílio técnico por parte de extensionistas da EPAGRI e financiamentos advindos dos governos federal e estadual, uma vez, que a recente pavimentada BR-101 favorecia o escoamento desses produtos cultivados. O cultivo do arroz no sul catarinense obteve um crescimento de 140% entre os anos de 1980 e 1987, sendo as técnicas advindas do programa, o principal fator responsável por esse aumento na produtividade (LOPES, 2016; BOSIGNARI, 2020).

A introdução das técnicas do PROVARZEAS na região do DRT causaram impacto ambiental e intensa alteração da paisagem, uma vez que muitos canais deltaicos foram retificados, para favorecer as lavouras, através do controle do nível de água nas mesmas, bem como na utilização de agrotóxicos, a fim de preservar o cultivo de plantas daninhas, pragas e moléstias, uma vez que essas tendem a reduzir significativamente a produção. Embora, sabe-se dos malefícios do uso de agroquímicos nessa região, repleta de canais hídricos em contato com mananciais, tendendo a elevar os riscos de contaminação hídrica. (LOPES, 2016; BOSIGNARI, 2020). Além desse problema, e de outros impactos causados pelo uso de agrotóxicos na lavoura de arroz, no estado de Santa Catarina, os agrotóxicos são o

terceiro grupo responsável pelas intoxicações em seres humanos (SANTA CATARINA, 2019; BOSIGNARI, 2020).

Como observado, a rede de drenagem estabelecida sobre a planície do rio Tubarão, foi submetida a grande redução de sua descarga líquida e sedimentar rumo à bacia receptora. Em grande parte, essas transformações foram desenvolvidas por canalizações, retificações, construção de tanques de carcinicultura, plantações de arroz e outras atividades humanas para aproveitamento de recursos hídricos. (GIANNINI 1993, SDM 1997, BELTRAME 2003).

Atualmente, a BHRT engloba os municípios de Lauro Muller, Orleans, São Ludgero, Braço do Norte, Grão Pará, Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima, Anitápolis, São Bonifácio, São Martinho, Armazém, Gravatal, Capivari de Baixo, Tubarão, Pedras Grandes, Treze de Maio, Jaguaruna e Sangão, conforme demonstra a figura 21 (SDM, 2001).

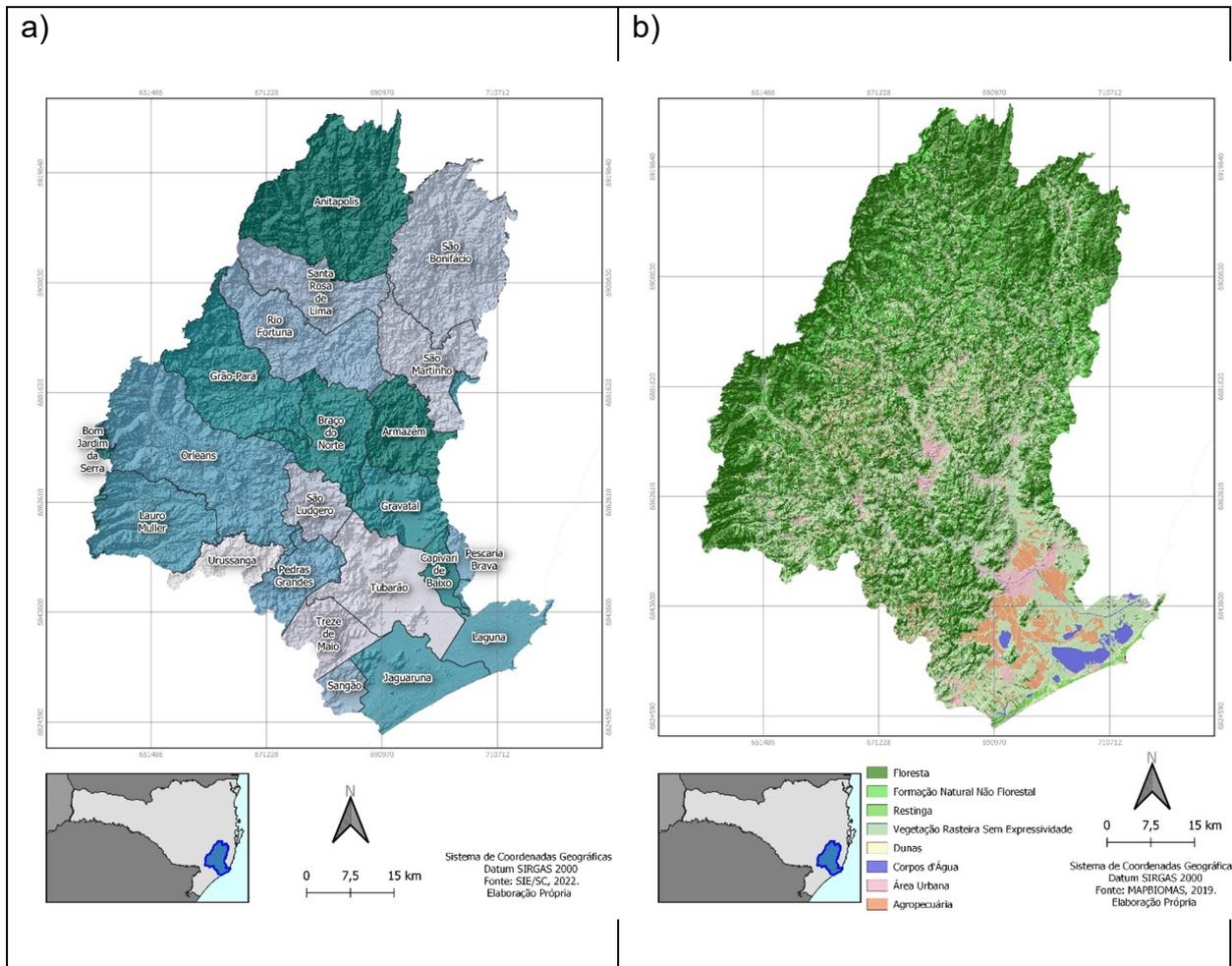


Figura 21 – Mapa político-territorial (a) e do uso da terra (b) da Bacia do Rio Tubarão

As águas da BHRT servem de fonte para o abastecimento de ao menos seis municípios, também sendo utilizada para abastecimento industrial, irrigação, recreação, atividade pesqueira e turística. A totalidade da BHRT é bastante impactada por conta das atividades carboníferas, agrícolas, pecuárias, entre outras (LIMA ET AL, 2001).

O presente tópico pretende quantificar e interpretar através das metodologias utilizadas, a fim de compreender a magnitude das alterações ambientais do DRT, apontando o efeito de suas principais causas, e quais foram os resultados desses anos de constante impacto ambiental.

De início, pode-se destacar que, atualmente a floresta tropical das planícies quaternárias do sul a planície aluvial da BHRT, encontra-se intensamente utilizada por pastagens e culturas agrícolas (Figura 22). Essas culturas predominantes são cíclicas, com destaque para a rizicultura, além de outras menos significativas. Ao natural, essas planícies são pouco apropriadas para o uso agrícola, por apresentar limitações relacionadas à qualidade dos solos, excessivamente hidromórficos e/ou arenosos lixiviados, dependendo de grandes investimentos em drenagem, fertilizantes e corretivos (IBGE, 1990).

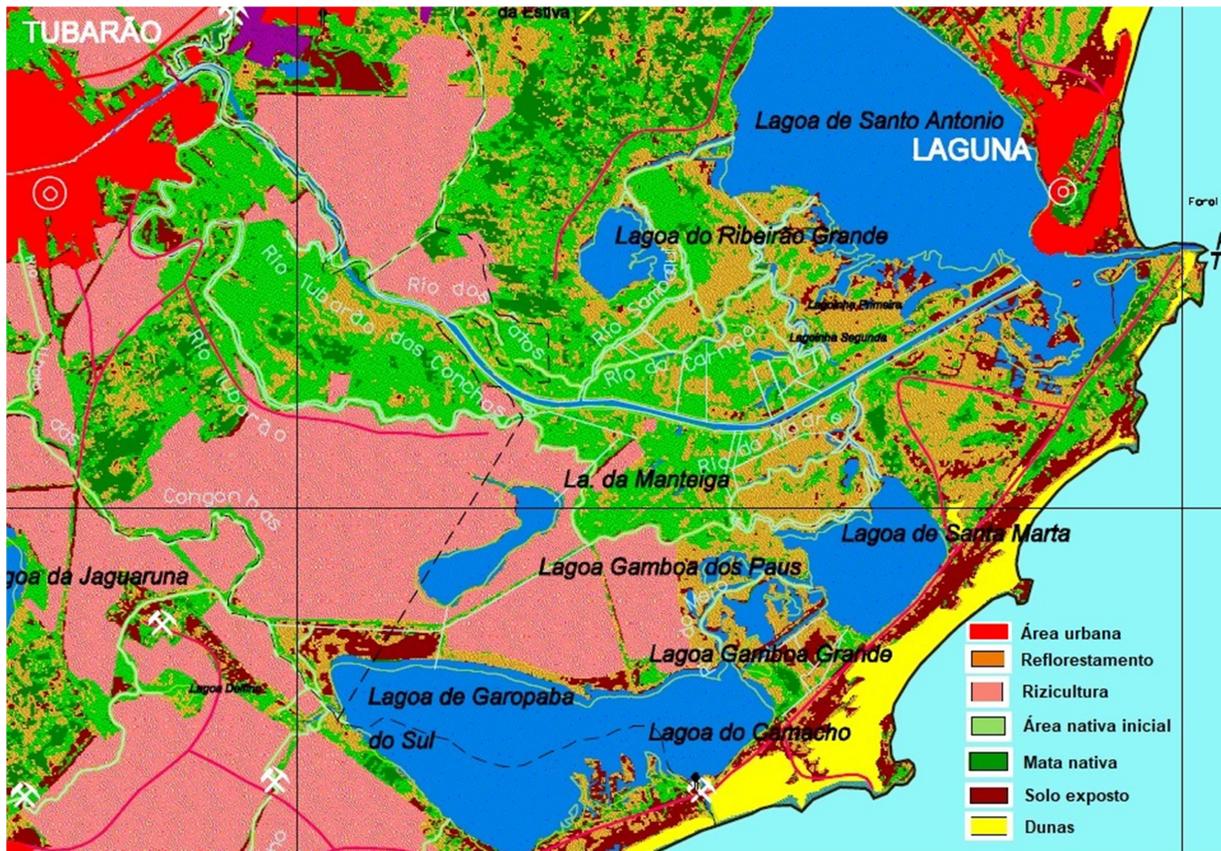


Figura 22– Adaptado de SDM 2001

O delta do rio Tubarão também possui planície deltaica extensamente urbanizada, com mais de 1800 hectares, que abrangem os municípios de Tubarão, Capivari de Baixo, Jaguaruna e Sangão (NASCIMENTO JUNIOR, 2010). Atividades de rizicultura e pastagem provocaram uma intensa mudança da paisagem vegetal através do desmatamento da região nos últimos anos.

A vegetação primitiva vem sendo substituída desde a chegada dos colonizadores, com a exploração desenfreada dos recursos naturais da região. Espécies como o palmito, a peroba-vermelha, e diversas espécies de canela, foram altamente utilizadas para fins comerciais, enquanto outras áreas foram devastadas para implantação de culturas agrícolas (SDM/SC, 2001).

Em áreas onde terras utilizadas pela agricultura e/ou pecuária foram abandonadas por conta do natural empobrecimento do solo, sujeito a processos de erosão/lixiviação/compactação, observa-se comunidades vegetais admitidas por “matas secundárias”, de aspecto semelhante à floresta original. Neste aspecto, é importante destacar que a vegetação secundária, começa com ervas anuais, das quais são sucedidas por séries de capoeirinha, capoeira e capoeirão, terminando na

floresta secundária, com composição florística bastante distinta da original (SDM/SC, 2001).

Klein (1980) em estudos realizados no Vale do Rio Itajaí, analisa serem necessários cerca de pouco mais de 100 anos para a reconstituição completa dessas florestas, porém, não sendo possível a reconstituição com o exato padrão anterior, uma vez que, segundo IBGE (1990), a dispersão de espécies ocorre com certo grau de aleatoriedade, sendo que muitos vetores de dispersão podem ter sido eliminados (SDM/SC, 2001).

Esta paisagem de característica uniforme apresenta algumas espécies vegetais arbóreas/arbustivas, especialmente nas baixadas úmidas, como *Inga uruguensis* (ingá-beira-de-rio), *I. sessilis* (ingá-macaco), *Ficus organensis* (figueira-de-folha-miúda), *Bauhinia sp* (pata-de-vaca), *syagrus romanzoffianum* (jerivá), *Schinus therebinthifolius* (aroeira-vermelha), *Alchornea triplinervia* (tanheiro), *Myrsine coriacea* (capororoquinha), *Sapium glandulatum* (pau-leiteiro), *Tabebuia umbellata* (ipê-amarelo), *Bambusa sp* (taquara) *Myrcia sp* (guamirim), *Faramea marginata*, *Coussapoa sp*, *Guarea sp*, *Mimosa bimucronata* (maricá), além das espécies cultivadas por moradores locais (SDM/SC, 2001).

A Sub-Bacia do Tubarão Baixo apresenta importância na preservação de sua cobertura vegetal, por apresentar condições favoráveis dentro da jurisdição ambiental, definidas no artigo 2º do Código Florestal Federal (Lei federal nº 4771, de 15 de setembro de 1965), bem como pelo artigo 3º da Resolução CONAMA nº004/85, quando observadas as extensas lagoas e áreas de inundação, áreas passíveis de preservação permanente, bem como em relação aos cursos d'água, restingas e dunas, uma vez que a vegetação oferece maior absorção das águas das chuvas, protegendo e mantendo mananciais de água.

A supressão de mata atlântica, mediante autorização do órgão competente (IMA), somente pode ser executada no “estágio inicial de regeneração natural”, conforme rege a Lei Estadual no. 10.472, de agosto de 1997, da qual dispõe sobre a política florestal do Estado de Santa Catarina. Cabe destacar que o estuário do rio Tubarão, abriga a fronteira sul da ocorrência de manguezais no Brasil (SOUZA ET AL, 2018).

Além disso, as mudanças no uso do solo da bacia causam impacto nas vazões médias, de forma que a remoção das florestas densas provoca um aumento na quantidade da água carregada em uma bacia. As vegetações escassas favorecem a

maior quantidade de água gerada na bacia, uma vez que a vegetação densa, retém parte da água. Porém, as respostas a essas mudanças através de manejos, são muito variáveis e imprevisíveis. (HIBBERT, 1967 APUD DEBIASI, 2016).

A região ainda apresenta vulnerabilidade quando observadas espécies raras, consideradas em ameaça de extinção, como por exemplo, espécies das famílias *Begoniaceae* (begônias), *Bromeliaceae* (bromélias), *Conaraceae*, *Myrtaceae* (pitanga, goiaba araçá, etc.) e *Podostemaceae* (plantas angiospérmicas). (SDM/SC, 2001).

Nascimento et al (2005) sugere que as consequências reconhecidas do desmatamento sobre os recursos hídricos, repercutem na qualidade de vida das populações, de forma, a afetar o equilíbrio ambiental das áreas drenadas pelas bacias hidrográficas, porém, conforme o aumento da demanda para seus diversos usos (abastecimento, irrigação, geração de energia, etc.), as ações são direcionadas para promover mudanças na forma predatória de sua utilização, sendo essas, implementadas de maneira consideravelmente tímida.

A coleta de dados do MapBiomas utilizada neste estudo, evidencia que a região do DRT, foi submetida a intensiva redução de vegetação densa nativa no período pós ano de 1985. Sendo essa acompanhada de um notável e crescente aumento de áreas de uso agropastoril. O aumento da urbanização é gradativo a cada década. Enquanto que não foram observadas mudanças significativas na proporção dos corpos d'água.

A vegetação arbórea aqui representada merece um adendo, refere-se àquela mata inicial ou de pequeno porte, que ocupa regiões de várzea, de baixa densidade, visto que essa vegetação vem sofrendo sua devastação desde a chegada dos europeus na região, através da implantação de plantios agrícolas, bem como a sua recorrente alteração observada na ocorrência de cheias, em que o sedimento trazido tende a cobrir essa vegetação com lama, ou até mesmo transportando as mesmas. Portanto, através da utilização do método de sensoriamento remoto disponibilizado pelo projeto MapBiomas, observa-se ainda em 2005 um alto nível dessa vegetação quantificada, gerando certa indagação.

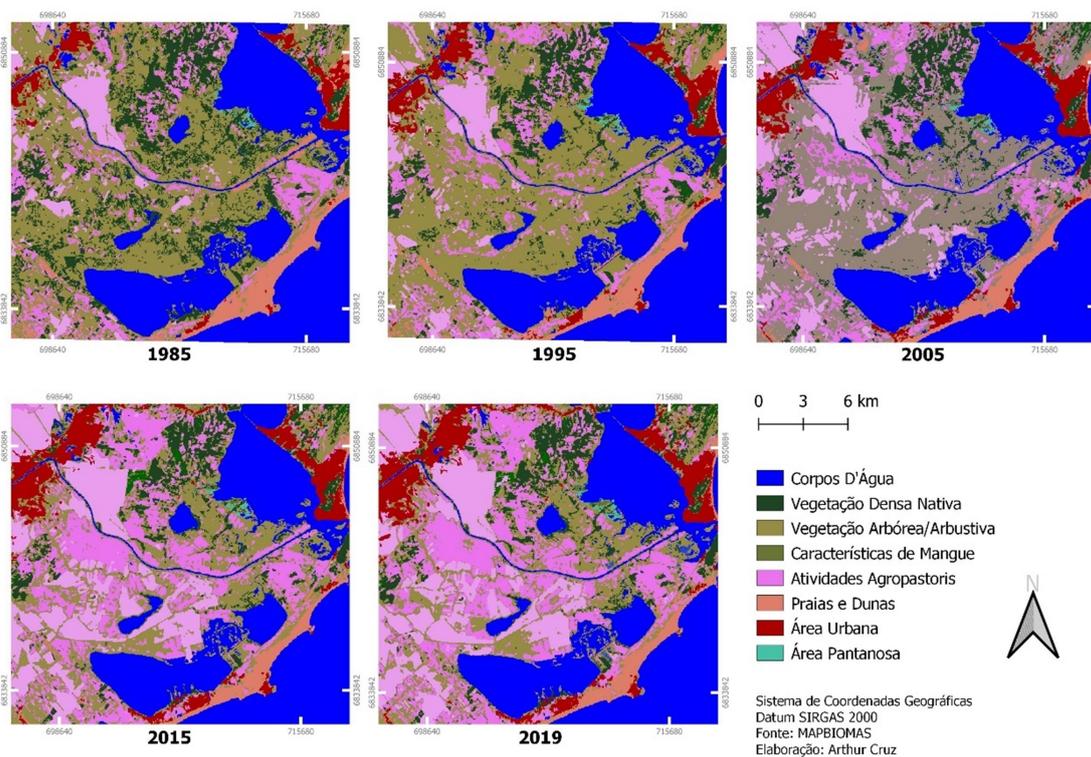


Figura 23 – Série Histórica do Uso do Solo no Delta do Rio Tubarão. Fonte: MapBiomias.

Esse aspecto é mais bem visualizado na Figura 23, que apresenta os resultados das modificações do uso e ocupação da terra da região estudada de acordo com as informações tratadas a partir dos produtos oriundos do MapBiomias. Esses parâmetros foram classificados em 4 principais classes de grupos, sendo eles: atividades agropastoris, vegetação arbórea/arbustiva (rasteira inicial), área urbana e vegetação densa (nativa). Essas 4 classes foram as que mais apresentaram significância pelos dados fornecidos do projeto MapBiomias, sendo que classes como dunas e áreas pantanosas, não apresentaram significativa mudança na série histórica utilizada.

Ao realizar esse procedimento com o subsídio do projeto MapBiomias, surgiu um questionamento referente ao ano de 2005, relacionado a pequena proporção de áreas agrícolas, quando na verdade é sabido que nesse momento a região já era amplamente utilizada para uso agrícola e pastoril. Sendo assim, outra referência foi buscada a fim de confrontar esses dados, dos quais, não parecem coincidir com a realidade. Conforme observado em carta de uso do solo e cobertura vegetal produzido pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (Figura 22), verifica-se já no ano de 2001 um alto nível de ocupação agrícola,

preponderantemente de atividades de rizicultura na região, em contraponto aos dados de sensoriamento remoto do ano de 2005 fornecido pelo projeto MapBiomias.

Esse equívoco pode ter ocorrido, à medida que as imagens capturadas do ano de 2005 não estivessem em boas condições atmosféricas, sendo enquadradas na regra de vizinhança, definindo os pixels da região como de áreas de vegetação natural arbustiva de maior ocorrência. Como essas áreas estão subordinadas à rizicultura, uma outra explicação, seria a captura de imagens em épocas de pré-colheita, quando é observada uma lavoura verde, viva e arbustiva.

De toda forma, é evidenciado o domínio da região por atividades agropastoris, principalmente após o final do século XX, com a obra de retificação e a aplicação do programa PROVARZEA. Os dados de sensoriamento remoto advindos do MapBiomias evidenciam a ação humana na região como o fator de maior influência na alteração da paisagem, bem como de intenso impacto ambiental.

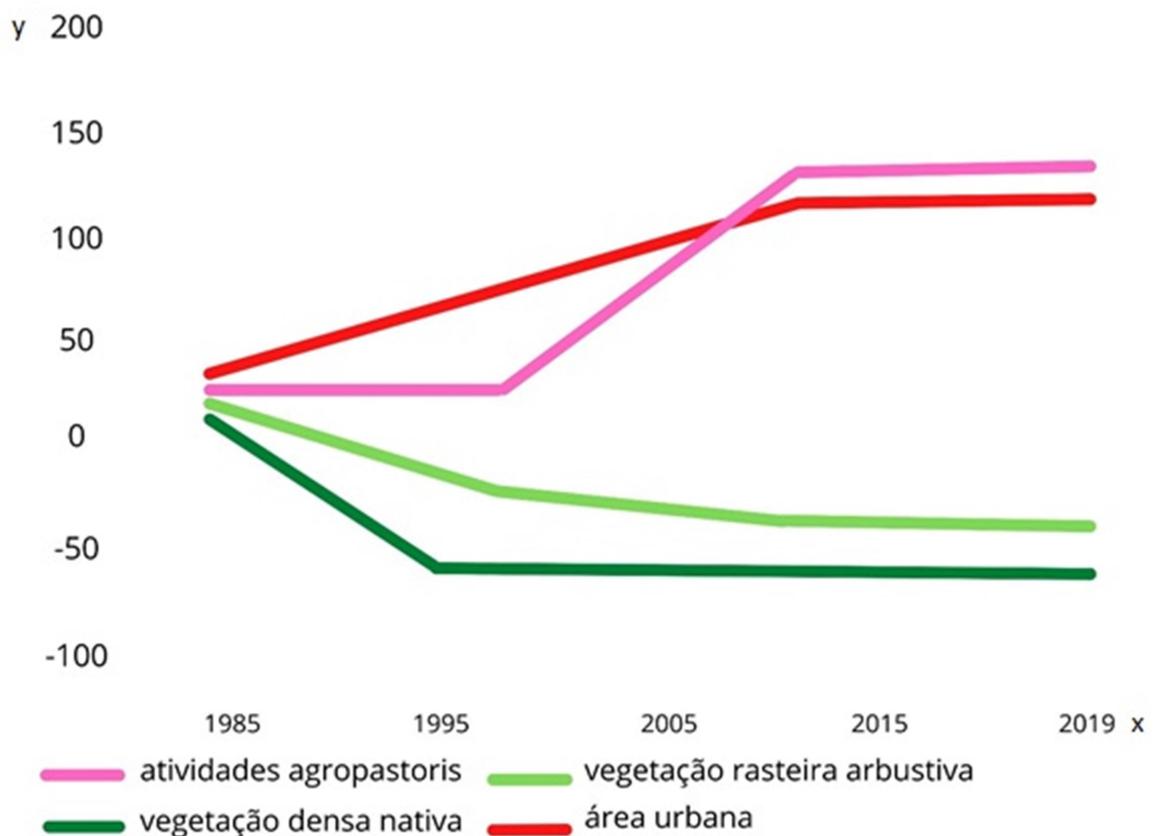


Figura 24 - Série Histórica do uso do solo no Delta do Rio Tubarão. Fonte: MapBiomias

De modo geral, observa-se que a partir da segunda metade da década de 70, há aumento significativo de áreas agropastoris e urbanizadas, em decorrência de vegetação nativa e das feições deltaicas. De 1985 até 2019 observa-se um aumento de 144% de áreas agropastoris, predominantemente das lavouras de orizicultura. As áreas urbanizadas aumentaram em cerca de 105%, enquanto que as áreas de vegetação nativa ombrófila densa, tiveram uma redução de 51% e as áreas onde não eram observadas grandes intervenções agrícolas, de vegetação baixa e de pouco adensamento, de solos hidromórficos tiveram uma redução de 46%, dando lugar ao agronegócio.

É importante também compreendermos que a série histórica tem início no ano de 1985, período posterior à obra de retificação, sendo essa, a ação de maior impacto ambiental direto para com o delta do Tubarão, da qual apresentaria mudança consideravelmente grande se houvesse sido quantificada por sensoriamento remoto, porém, no presente trabalho, essa análise poderá ser realizada através da interpretação de imagens com manipulação de bandas, sendo possível distinguir a magnitude das mudanças observadas no período pré obra de retificação.

A interpretação das imagens Landsat da série histórica de 1975 a 2015, evidencia alterações gradativas na paisagem com o avanço das décadas. As imagens de 1975 e 1986 quando confrontadas apresentam diferenças marcantes, sendo a principal delas o recorte do canal do rio Tubarão retificado no final da década de 70.

Outra alteração marcante do ano de 1986 para 1975 é a região entre a Lagoa da Manteiga e a Lagoa do Camacho, na imagem de 1975 essa região apresenta um forte indício de “encharcamento” e áreas inundáveis, não havendo até então grandes marcas de áreas agrícolas, como os chamados mosaicos, passando a apresentá-los notoriamente em 1986.

O aumento dessas geometrias, produzidas pelo solo exposto em cultivos agrícolas está também associado à retificação do rio, da qual, possibilitou uma maior quantidade de áreas agricultáveis às margens de seu novo canal. Levando em consideração que uma obra de retificação e dragagem implica no transporte do sedimento do leito do rio, para suas margens, essas passaram a oferecer melhores condições de cultivo para lavouras, uma vez que áreas da planície de inundação foram “aterradas”, passando a apresentar menor constância de alagamentos.

A imagem do ano de 1995 não apresenta mudanças radicais em relação ao ano de 1986. Já as imagens de 1995 e 2005 quando confrontadas, apresentam um forte aumento de áreas urbanas e de mosaicos, provenientes de áreas agrícolas, sendo que o fator mais notável é o crescente processo de urbanização, influenciando no menor número de áreas de vegetação e áreas inundáveis. A imagem de 2015 evidencia gradativa expansão urbana, não sendo observados pontos de aumento de vegetação expressiva. O aumento do processo de urbanização é um fator marcante do qual colabora com o impacto e o dano ambiental no DRT, através de processos erosivos com a retirada da cobertura vegetal e a movimentação do solo para implementação de novos loteamentos, principalmente em áreas localizadas em elevações (HEIDEMANN, 2014). Os assoreamentos dos cursos d'água e reservatórios e a destruição ou entupimento da rede de galerias, agravam ainda mais os problemas causados pela erosão, pela indução de enchentes, concentração de poluentes, e perda de capacidade de armazenamento d'água dos reservatórios de abastecimento público (SALOMÃO & IWASA, 1995). O aumento das ocupações urbanas pode ser observado nas imagens de satélite históricas disponíveis no *Google Earth*, do qual pode ser contemplado nas figuras 25 e 26.

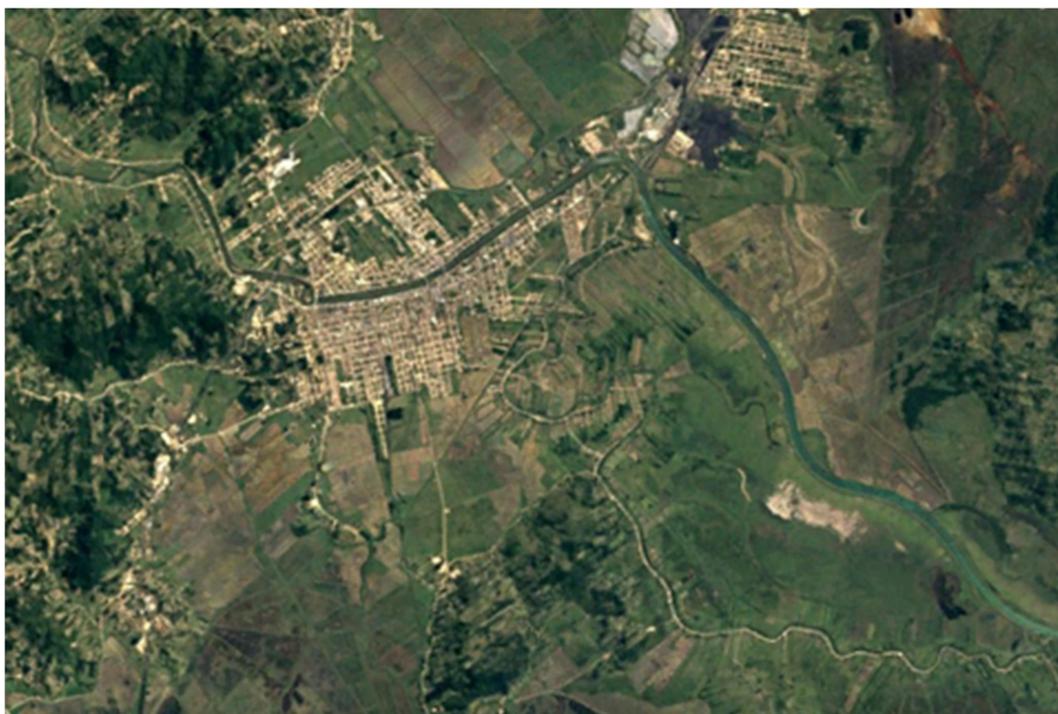


Figura 25 - Aglomerado Urbano da Cidade de Tubarão em 1985. Fonte: Google Earth.



Figura 26 - Aglomerado Urbano da Cidade de Tubarão em 2022. fonte: Google Earth.

Fatores como retificação de canais deltaicos, para usos agrícolas de controle de lavouras, expansão de áreas agricultáveis, expansão da urbanização e consequente desmatamento são os fatores dos quais mais provocaram a alteração da paisagem do DRT ao longo da série histórica.

4.5 Proposta de síntese

Por meio da abordagem do geossistema, é possível compreender o DRT essa é atravessado por uma série fluxos naturais e antrópicos, e apresenta pelo menos dois períodos específicos de alteração ambiental. Um que anterior ao início das obras de retificação do Rio Tubarão, no ano de 1975, e outro, desse momento até os dias atuais.

A dinâmica de fluxos de energia proporcionada pelo delta até o ano de 1978, quando se dão o início das obras, obtinha maior espacialidade, pois compartilhava de ramificações bem espalhadas pelos braços do delta, distribuindo o aporte fluvial de matéria e energia para seus distributários.

Até aquele momento, o DRT apresentava uma dinâmica tipicamente deltaica, sendo possível defini-lo até aquele momento, como um **geossistema climácico** conforme apontam os autores Nascimento e Sampaio (2005), do qual proporcionava

um clímax mais ou menos bem conservado, sem que a intervenção humana compromettesse o equilíbrio do conjunto do geossistema (Figura 27).

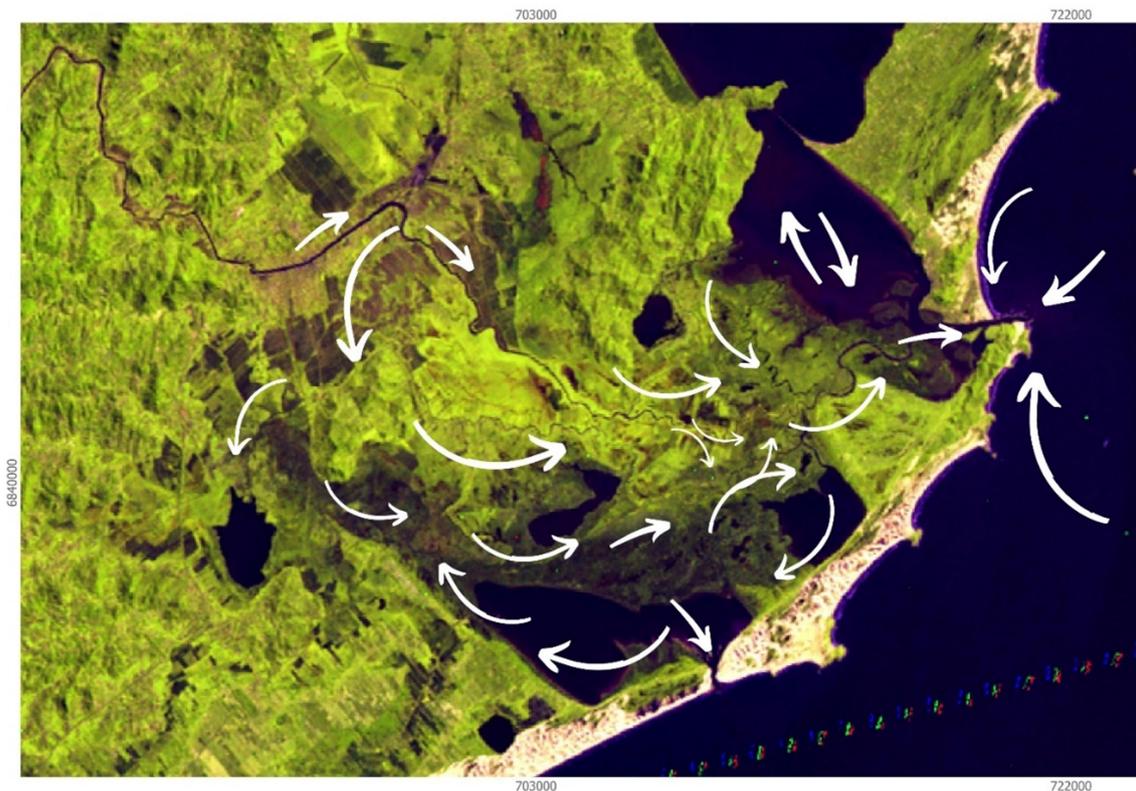


Figura 27 – Esquema de representação dos fluxos no DRT anterior à 1975. Imagem: Landsat. Org. Autor

Observa-se na Figura 27 que os braços deltaicos do Rio Tubarão estabeleciam conexão entre si e para com as lagoas na região mais a jusante, de forma que as cheias aconteciam como parte de um sistema fechado, cíclico. A imagem Landsat utilizada demonstra também a coloração mais escura (próxima da cor do mar) ao norte e noroeste da Laguna de Garopaba do Sul, evidenciando a característica hidromórfica do solo da região, naturalmente suscetível à processos de cheias e inundações.

Tem se então, as geofácies do geossistema em harmonia, sem grandes intervenções antrópicas, das quais podem ser consideradas atuantes desde a constituição dos sambaquis, uma vez que esses, deixaram suas rugosidades no espaço e no tempo. Essa atividade humana, portanto, o geótopo do sistema, obtinha uma relação harmoniosa com os demais elementos do geossistema, por não ser capaz de alterar a dinâmica própria do sistema.

Com a chegada dos colonizadores, e principalmente após a obra de retificação que teve início em 1978 e foi até 1982, essa dinâmica de energias muda, com as tentativas humanas de alargar a calha do rio Tubarão a fim de evitar os alagamentos, assim, o geossistema DRT, passa a dedicar a maior parte de sua matéria e energia à calha fluvial retificada, retilinizada, e mais largamente espaçada, dessa forma, apresenta uma classificação de **geossistema paraclimácico**, do qual, decorre de uma evolução regressiva, gerada por fatores socioeconômicos, como a retificação do rio, alterando parcialmente o potencial ecológico (Figura 28).

A brusca intervenção na paisagem do delta levou a uma transformação radical do seu geossistema, por conta principalmente das aplicações hidrotécnicas, mas também agrotécnicas, ambas acompanhadas do desflorestamento.

Dessa forma, a obra de retificação, à época executada pelo Departamento de Obras e Saneamento (DNOS) buscou aumentar a vazão das águas transportadas pelo rio Tubarão, direcionando a energia e o fluxo fluvial para a calha retificada do rio, com o intuito de evitar alagamentos e enchentes como a supracitada, ou seja, a fazer com que a água vinda dos costões rochosos da Serra do Rio do Rastro, chegassem mais rapidamente na Laguna, e posteriormente no mar. Dessa forma, observa-se na figura 28 que o geossistema antes de alta complexidade ambiental passa a se tornar mais simples com uma redução significativa de fluxos de energia e matéria após as intervenções humanas do último século. Também se nota redução da área de inundação antes observada na figura 27, da qual evidencia os espaços suscetíveis à inundações.



Figura 28- Esquema de representação dos fluxos no DRT em 1986. Imagem: Landsat. Org. Autor

A obra feita à época sem a obrigatoriedade de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), nem Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), não mediu esforços para abrir o canal que hoje se configura no Rio Tubarão, isolando o rio de suas planícies naturais de inundação, sendo posteriormente ocupadas por estradas, prédios e áreas agrícolas. Também toda uma linha de feições meandantes foram eliminadas, reduzindo dessa forma o percurso do rio, que passou de 27km de trajeto meândrico, para 24km de trajeto retificado (CONTRERAS, 2018).

É também observada uma redução drástica no aporte fluvial de trechos de rios distributários, como é o caso do leito desconectado do Rio Tubarão, hoje popularmente conhecido como Rio Morto, mas que anteriormente era o percurso antigo do rio Tubarão. Esse rio atualmente, em uma tentativa pífia da sociedade de gerar fluxo nas suas águas, transporta águas do Rio Tubarão para o mesmo através de bombeamento. Porém o que se percebe até então, é a degradação da qualidade das águas, bem como o mau odor e presença de mosquitos (CONTRERAS, 2018).

Atualmente o geossistema do DRT pode ser descrito segundo os seguintes níveis taxonômicos apresentados no Quadro 2. As taxonomias superiores e inferiores da abordagem geossistêmica, assume-se zona, o conjunto de

características climáticas e estruturais, sendo que para a BHRT, parâmetros estruturais desse porte estão associados à grande vertente de bacias do Atlântico Sul, da qual orienta a direção das bacias do litoral dos estados do sul brasileiro, rumando o oceano.

Quadro 2. Proposta taxonômica para o geossistema delta do Rio Tubarão.

Unidades Superiores	Zona	Vertente Bacias do Atlântico Sul
	Domínio	Escarpas Cristalinas das Unidades Geomorfológicas do Litoral Brasileiro
	Região Natural	Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar
Unidades Inferiores	Geossistema	Delta do Rio Tubarão
	Geofácies	Frente Deltaica; Áreas Naturais de Inundação; Canais Abandonados
	Geótopos	Trecho Isolado do Rio Tubarão; Canais Deltaicos Retificados

Elab. autor

Partindo dessa coerência, o domínio geossistêmico, se encaixa de acordo com a classificação das unidades morfológicas subdivididas do litoral brasileiro, admitidas por Silveira (1964), considerando como o Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas a região que vai do sul do Espírito Santo à região de Laguna. O padrão estrutural desse litoral, é caracterizado pela presença de escarpas do Planalto Atlântico, de embasamento de rochas cristalinas pré-cambrianas do Escudo Atlântico, bem como das rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, de origem pré-cenozóica (RADAMBRASIL-IBGE, 1986).

À região natural desse geossistema, associa-se à bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar Centro Sul Catarinense, do qual reúne singularidades geomorfológicas, sedimentológicas e arqueológicas (GIANNINI, 2002). Sua importância se encontra na constituição das condições geomorfológicas para a transgressão marinha e o aumento do NRM, ocasionando a evolução sedimentar do delta durante o quaternário. Bem como as condições necessárias para o estabelecimento da vida humana em seus arredores.

Portanto, as características taxonômicas de ordem superior de menor para maior escala, de características climáticas e estruturais estão definidas em: Vertente de Bacias do Atlântico Sul (zona), Escarpas Cristalinas das unidades geomorfológicas do litoral brasileiro (domínio) e Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e

Complexo Lagunar (região natural), podendo assim, partir para uma análise de taxonomia inferior, de maior escala e maior detalhe na sua análise.

A última etapa de análise geossistêmica, as unidades inferiores, resultam de características de maior escala da paisagem, das quais obtém maior nível de detalhamento na sua observação, podendo ser considerados diagnósticos sócio econômicos da área, portanto, o uso da terra, e toda sua complexidade, ao englobar as formas de ocupação e alterações da paisagem através do processo de urbanização e expansão das atividades agropastoris realizadas em áreas naturais de inundação, ocupam o geótopo do sistema.

Logo, consideram-se trechos do delta que mais sofreram impactos resultantes do uso do solo, como os geótopos desse geossistema, sendo esses, múltiplos em suas análises locais. Essa última consideração tende a se aproximar daquela considerada por Nascimento e Sampaio (2005) sobre o geossistema de Bertrand (1968) a respeito do geótopo, quando esse estaria associado a alguns refúgios de biocenoses originais, ou seja, as menores unidades geográficas homogêneas discerníveis no terreno.

Veado (1995) ainda diria não existir uma fórmula a ser seguida para estudos geossistêmicos, bem como não se considera uma única metodologia existente na geografia, ao depender do tipo e do objetivo da pesquisa.

Assim, as unidades inferiores do geossistema de maior escala, maior detalhe e de influência socio-econômica estão definidas em: Delta do Rio Tubarão (geossistema), Frente Deltaica, Áreas Naturais de Inundação e Canais Abandonados (geofácies) e Trecho Isolado do Rio tubarão e Canais Deltaicos Retificados (geótopos).

Dessa forma, a paisagem, está situada geossistêmicamente. Estamos tratando de um rio, que obteve uma série de alterações e impactos ambientais provocados por uma sociedade, que vive às margens desse rio, do qual, está inserido em uma paleolaguna de características geomorfológicas específicas e com diversas ramificações, sendo assim um delta, do qual exerce ativas interações com essa laguna, estando sujeito a áreas de inundação, frente deltaica e canais abandonados, por isso um delta intra-lagunar, estando subordinado a uma bacia hidrográfica que contempla um complexo lagunar, da qual obedece padrões geológicos e geomorfológicos particulares, dentro do contexto de uma bacia hidrográfica de maior porte, que é regida aos padrões de chuva e sua disponibilidade.

4.6 Subsídios para Gestão e Planejamento Territorial

Após esse delineamento da configuração dinâmica da paisagem do delta do Tubarão e objeto formal da geografia – o Geossistema -, podemos acessar uma compatibilidade à escala de nível socioeconômico, integrando, elementos de potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica. As metas objetivadas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas e seus subsistemas estão ancoradas no conceito de Desenvolvimento sustentável, do qual abarca três concepções fundamentais: a) Desenvolvimento econômico; b) Equidade social, econômica e ambiental e c) Sustentabilidade ambiental (PIRES; SANTOS & DEL PRETE, 2008).

Dessa forma, pretende-se conceber o DRT como um sistema capaz de gerir o desenvolvimento sustentável, promovendo condições para a subsistência de atividades econômicas como a pesca, da qual ainda resiste em comunidades tradicionais da região (geótopos), estando presente nas lagoas Santa Marta, Garopaba do Sul e Camacho. Segundo o SINDPESCA (2021), existem ao menos 1.866 famílias dependentes da atividade pesqueira artesanal na sub-bacia do Tubarão Baixo (SOUZA, 2021). Os pescadores estão conectados ao uso dos recursos naturais através de saberes de tradição, como: conhecimento empírico de espécies, ambientes com maior piscosidade, sazonalidade dos cardumes etc. (SINDPESCA, 2021).

Conforme apontado por Souza (2021) algumas atividades agrícolas da região podem contribuir para a poluição da água nas lagoas e rios da Bacia do Rio Tubarão, por conta dos resíduos resultantes da aplicação de fertilizantes, agroquímicos. As plantações de arroz são elencadas por pescadores como responsáveis pela poluição da região pesqueira artesanal. Segundo Vieira (2013), a maioria dos agrotóxicos usados na lâmina d'água acaba escoando para os rios e lagoas, devido às chuvas ou esvaziamento das quadras de arroz.

Assunção (2005) salienta que agrotóxicos pulverizados na orizicultura irrigada botam em risco a saúde do ambiente lagunar, através da contaminação da água, prejudicando a biota. Na Bacia do Rio Tubarão são utilizados herbicidas, fungicidas e inseticidas em grande quantidade, e quanto mais produto químico é utilizado, mais deles são escoados para o ambiente aquático ocorrendo mais mortalidade. Autores indicam que há uma escassez de pescados nas proximidades das fazendas de arroz irrigado, onde os agrotóxicos são utilizados rotineiramente (SOUZA, 2021).



Figura 29 – Lagoas Pesqueiras da Sub-Bacia do Tubarão Baixo. Elab. Autor.

O Rio Tubarão está sob a tutela do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, criado em 1997. O mesmo é um órgão consultivo e deliberativo de nível regional, sendo que seu âmbito de atuação é a região hidrográfica RH9 do Estado de Santa Catarina. A criação do comitê partiu de um processo de mobilização social ancorado na conscientização a respeito da poluição das águas na bacia.

A importância dos estudos relacionados à bacia do rio Tubarão está associada, portanto, às tomadas de decisão realizadas por parte dos governantes e da sociedade civil que tem na sua história as marcas de uma convivência pouco harmônica com o rio que corta a cidade de Tubarão e demais cidades localizadas na sua bacia hidrográfica.

Este trabalho sobretudo, é realizado com o intuito de trazer um conjunto de dados a fim de alertar e elucidar a sociedade a respeito dessa região tão importante para o estado de Santa Catarina e tão frágil ambientalmente, principalmente quando se trata de perspectivas futuras a respeito das alterações ambientais e as mudanças climáticas.

4.7 Perspectivas Futuras

Os relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) alertam para o aumento das chuvas no inverno nas regiões sul e sudeste do Brasil, observados nos últimos 30 anos. As projeções futuras também sugerem aumento significativo das chuvas para a região sul do Brasil. (MARENGO, 2014).

Para fins de modelagem e geração de cenários, o nível de incertezas ainda é significativo, por isso, torna-se de grande importância aprimorar e criar novas ferramentas a fim de monitorar e avaliar os detalhes dos impactos no Brasil, fornecendo base científica para a tomada de decisões sobre regiões vulneráveis e processos críticos de conservação ambiental. Assim, existe a necessidade de análises que incluam as respostas dos sistemas naturais e humanos frente às forçantes climáticas de escala global e à corrente dinâmica de alterações causada pela ocupação humana, apontando os fatores de maior impacto (MARENGO, 2014).

Os cientistas concordam que as mudanças climáticas estão causando um aumento no nível do mar global, e o aumento vai acelerar, levando à intrusão do oceano em terra e agravando o risco de inundação costeira (MARENGO, 2014).

O *Climate Central's Program on Sea Level Rise*, é um esforço de fornecimento de informações sobre o aumento do nível do mar e os riscos das inundações costeiras, tanto local, quanto globalmente. Ancorado em pesquisas rigorosas, o trabalho desse projeto se destaca pelos seus mapas e ferramentas de fácil uso, com extenso conjunto de dados e apresentação visual. As informações e a plataforma do programa estão disponíveis no site <https://sealevel.climatecentral.org/>.

A proposta de síntese do presente trabalho pretende realizar uma reflexão ao leitor a respeito dos desafios inerentes ao aquecimento global e o aumento do NRM na região do DRT, de forma que conforme observado nas figuras 1 e 8, o contingente urbano e populacional da cidade de Tubarão, encontra-se a poucos metros acima do mar, dispostos sobre a planície de inundação do rio Tubarão. É sabido pela sociedade civil e por pesquisadores do rio Tubarão que após a obra de retificação e dragagem, os riscos de novas enchentes foram reduzidos drasticamente, oferecendo segurança aos moradores da cidade, principalmente aos mais antigos que sentiram na pele a tragédia de 1974.

Atualmente entende-se que, apesar dos benefícios trazidos à população, as obras não foram feitas adequadamente por conta do alto nível de impactos ambientais causados em toda a sua extensão, afetando a ecologia e as

comunidades ribeirinhas, principalmente aquelas que se situavam às margens do trecho desconectado do rio Tubarão, do qual passou a ser um recurso praticamente inútil e sem vida, não à toa o rio ficou conhecido popularmente como “Rio Morto”.

Entende-se também, que o processo de assoreamento do canal provocado pelo transporte de sedimentos através da rede hídrica, associado ao fluxo de maré no estuário, faz com que a capacidade de escoamento fluvial diminua a cada ano (DCSC, 2015). Dessa forma, torna-se necessário um planejamento de manejo da calha fluvial do rio Tubarão, para o seu desassoreamento, a fim de preservar a ausência de enchentes de grande magnitude, resguardando a biota nativa da região. O relatório de Impacto Ambiental realizado pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (2015) foi montado com o objetivo de tratar das obras de manutenção, aprofundamento e recuperação da calha do rio Tubarão, proporcionando informações de alto nível a respeito dos aspectos socioeconômicos, físicos e bióticos da região. Essa obra torna-se necessária a fim de evitar novas enchentes, uma vez que desde a década de 1980, quando foi finalizada a obra de retificação e dragagem do rio, muito pouco se foi feito para dar sequência à essa preocupação.

Conforme destacado anteriormente, o *Climate Central's Program on Sea Level Rise* disponibiliza uma plataforma de modelagem do aumento do nível do mar para todo o globo terrestre, a figura 30 demonstra quais as áreas do DRT estariam submetidas a um evento extremo de aumento do NRM em 1,5 metros

As áreas em azul são as áreas das quais estariam submersas no caso do NRM venha a subir nos próximos anos, observa-se então, que grande parte das cidades de Jaguaruna e Tubarão tendem a ficar submersas, juntamente com suas áreas urbanas, onde estão concentradas as respectivas sedes municipais. Por esse e outros fatores torna-se necessário o entendimento holístico da bacia hidrográfica do rio Tubarão e principalmente da sub-bacia do Tubarão Baixo onde está localizado o DRT, do qual voltará a um estágio de NRM semelhante ao que se observava a 5,1ka anos AP, no início da formação do seu delta.

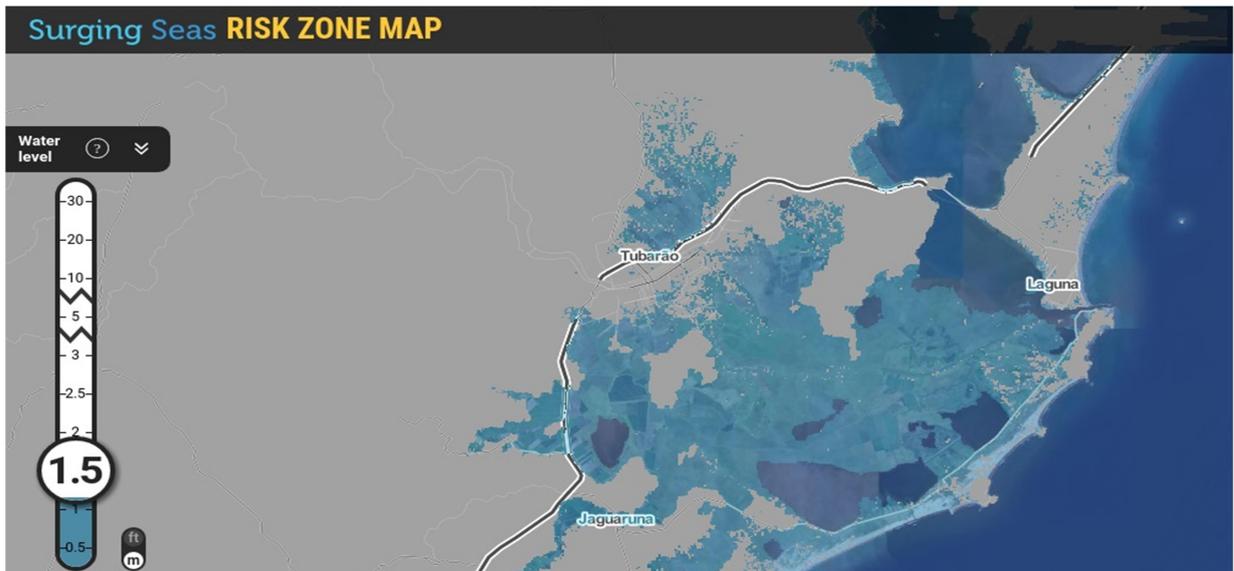


Figura 30 – Modelo de aumento do nível do mar em 1,5 metros para o delta do rio Tubarão.

Fonte:Surging Seas, Risk Zone Map (2022).

Esse entendimento deve estar pautado nos planos diretores das cidades, para que a especulação imobiliária e a capitalização de lotes e terras não seja um motivo de arrependimento futuro. Basta compreender que um evento com a mesma magnitude do que ocorreu em 1974 nos dias atuais seria muito mais catastrófico à cidade e seus habitantes, visto o aumento urbanístico e populacional dos últimos anos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos referentes à alteração ambiental do DRT ao longo das décadas demonstram fortemente o impacto ambiental causado pelas ações antrópicas na região, sendo possível distinguir duas principais fases do geossistema analisado, uma anterior e outra posterior à obra de retificação e dragagem do rio Tubarão, uma vez que a dinâmica de fluxos é imediatamente perturbada após esse marcante fenômeno de motivação antrópica.

Através de dados de sensoriamento remoto da coleção do MapBiomas, foi possível fazer uma quantificação sobre o uso do solo da região na série histórica de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2019, observando as drásticas modificações da paisagem provocadas por motivações antrópicas, causadoras de impactos nas diferentes fácies do sistema deltaico.

Observou-se portanto, de 1985 até 2019 um aumento de 144% de áreas agropastoris, com predomínio das lavouras de rizicultura. As áreas urbanizadas aumentaram em cerca de 105%, enquanto que as áreas de vegetação nativa ombrófila densa, tiveram uma redução de 51%. Áreas com poucas intervenções agrícolas, de vegetação baixa, de pouco adensamento, de solos hidromórficos tiveram uma redução de 46%, dando lugar ao agronegócio.

As interpretações de imagem evidenciam também, o processo de urbanização como efeito a dominar a área em questão, sendo a especulação imobiliária, um fator importante na dinâmica desse processo que se mostrou em avanço nos últimos anos. A tomada de decisões para a realização de novas obras a fim de oferecer infraestrutura para a construção de novos loteamentos nas cidades localizadas na planície de inundação do rio Tubarão, principalmente Tubarão, deve passar por um EIA/RIMA a fim de gerar uma licença ambiental em que se preocupe verdadeiramente com as limitações do sistema natural.

A técnica de interpretação de imagens Landsat evidenciou a redução de áreas “encharcadas”, das quais naturalmente atuavam para transporte e equilíbrio do sistema deltaico, sendo substituídas, quase que totalmente por extensas áreas agrícolas, das quais aparecem em formato de mosaico nas imagens de satélite. Os mapas realizados acerca das feições do DRT do ano de 1975 e 2019, produzem com efeito as diferenças entre si, apresentando abandonos de canais deltaicos através da retilinização dos mesmos para uso agrícola, principalmente nas lavouras de arroz.

A fim de reduzir os impactos das alterações ambientais, torna-se alternativa a conservação de ambientes naturais do delta, bem como o reestabelecimento da vegetação nativa. O uso de agrotóxicos e fertilizantes nas lavouras de rizicultura e a expansão urbana são fatores que atualmente mais impactam o ambiente de estudo.

A região de Tubarão vem expandindo sua malha urbana através de loteamentos situados em regiões de altíssimo risco de inundações. É por isso que se considera este trabalho, de extrema importância para avaliação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar associado. Pelo levantamento de dados realizados ainda que em ampla série histórica, através da abordagem dos geossistemas, evidenciaram-se alterações de grande magnitude na paisagem, caracterizando o impacto ambiental.

No presente trabalho foram consideradas através da concepção geossistêmica, algumas questões estruturais de análise sob o DRT. A primeira ligada a sua dinâmica e estrutura espacial, seu comportamento diante da sua origem e estabelecimento. A segunda tratou de ponderar sobre os aspectos ecológicos e sócio-econômicos, podendo assim alcançar uma terceira questão, da qual procurou tratar dos fluxos de energias e matérias inseridos no sistema, em uma análise histórico-temporal, contemplando a exploração biológica como fator decisivo para as mudanças observadas.

O trabalho ainda procurou encontrar as características fundamentais sobre o sistema de evolução do delta ao trazer mapas e informações de características geográficas fundamentais para o conhecimento de sua espacialidade e condições físicas levando em consideração o espaço e o tempo, como objetos formais da geografia. Bem como, a interação humana para com esse meio, do qual corresponde de diferentes formas, em diferentes tempos, dos quais atuaram diferentes agentes, estruturando diferentes sistemas.

Procurou-se dedicar atenção especial, através das metodologias utilizadas, ao estágio de clímax do sistema DRT, quando observada a quantidade significativa de fluxos de energias e matérias no período em que antecede as principais intervenções antrópicas da paisagem. Essa quantidade significativa é vista com bons olhos dentro da perspectiva da biodiversidade para com a gama de recursos naturais e da qualidade ambiental, visto o potencial ecológico que a região comporta.

Ao compreender como é o funcionamento do sistema natural, considera-se o funcionamento de ciclos, períodos de ápices e baixas, de acordo com seu comportamento, muitas vezes provocados por agentes “externos” ao sistema como condicionantes e anomalias climáticas. Dessa maneira, ao conceituar o sentido geral da dinâmica do sistema conforme Souza (2000) avalia-se que o sistema se encontra em um estágio de regressão, quando observados os impactos e as ações que até o presente momento oferecem riscos para toda a esfera física e geográfica da área de estudo. A proposta de síntese do presente trabalho portanto, oferece uma reflexão sobre os desdobramentos futuros da área estudada, e convida a sociedade civil e governantes à dedicar certa atenção às áreas suscetíveis a eventos de cheias, bem como o respeito a esse ambiente que diante de sua formação tão recente na escala do tempo geológico, configura-se como um ambiente de altíssima fragilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. *Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha*. São Paulo: Edusp, p. 27-49, 1994.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.D.M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASSUNÇÃO, A. F. Contribuição ao desenvolvimento sustentável em zona costeira: usos e ocupações da Lagoa de Santa Marta e entorno, município de Laguna, SC. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005.

ASSUNÇÃO, D. Sambaquis da Paleolaguna de Santa Marta: em busca do contexto regional no litoral sul de Santa Catarina. São Paulo: USP. (Dissertação de Mestrado), 2010.

BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros—Uma tentativa de classificação. **Bol Técnico da Petrobrás**, v. 14, p. 5-38, 1971.

BARRELL, J. Criteria for the recognition of ancient delta deposits. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 23, n. 1, p. 377-446, 1912.

BELTRAME, E. Seleção de sítios e planejamento da atividade de cultivo de camarões marinhos com base em geotecnologias. 2003.

BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global, Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra. **USP–Instituto de Geografia**, n. 13, 1972.

BHATTACHARYA, J.P.; GIOSAN, L. Wave-influenced deltas: Geomorphological implications for facies reconstruction. **Sedimentology**, v. 50, n. 1, p. 187-210, 2003.

BOSIGNARI, V. Rizicultura em Santa Catarina: um panorama sobre cultura, problemas socioambientais e o PROVÁRZEAS. **Revista Discente Ofícios de Clio**, v. 5, n. 9, p. 292, 2020.

BRAGA, R.N. Percepção ambiental: uma análise a partir de histórias de professores residentes nas imediações do rio morto, Tubarão, Santa Catarina. **Programa de Pós-Graduação em Educação**, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 86.146, de 23 de junho de 1981**. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional para Aproveitamento de várzeas Irrigáveis - PROVÁRZEAS NACIONAIS, Brasília. 1981.

BRYAN, A. The Sambaqui at Forte Marechal Luz. **State of Santa Catarina, Brazil: Brazilian Stud**, 1993.

CAPRA, F. A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos seres vivos. 2000.

CARUSO JR, F. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina: texto explicativo e mapa. **Notas Técnicas**, v. 6, p. 1-28, 1993.

COLEMAN, J.M. & PRIOR, D.B. Deltaic sand bodies. AAPG Education Course Note Series #15, Louisiana (EUA). p. 171. 1982.

COLEMAN, J.M.; WRIGHT, L. D. Modern river deltas: variability of processes and sand bodies. 1975.

COMISSÃO Especial de Alerta Contra Catástrofes Climáticas. p.7. 2011.

CRUZ, O. A ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira. Florianópolis: Ed. da UFSC, 280p. ISBN (Broch.) 1998.

DE MORAIS, E.S.; ROCHA, P.C. Formas e processos fluviais associados ao padrão de canal meandrante: o baixo rio do peixe, SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, 2016.

DE MORAIS, E.S.; DOS SANTOS, M.L.; STEVAUX, J.C. Identificação de paleocanais na região da confluência entre os rios Ivaí e Paraná com o uso de dados de sensoriamento remoto e reconhecimento de fácies sedimentares. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 505-512, 2012.

DE SOUZA COSTA, M.N. A Coluna Geológica e a Paleontologia. 2002.

DEBLASIS, P.; KNEIP, A.; SCHEEL-YBERT, R.; GIANNINI, P.P.C. & GASPAR, M.D. Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. **Arqueologia suramericana**, v. 3, n. 1, p. 29-61, 2007.

DEBIASI, A. Avaliação do impacto da mudança de uso de solo no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Tubarão. 2016.

DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. Melhoramento Fluvial da Calha do Rio Tubarão. Relatório de Impacto Ambiental. 2015

DO CANTO MACHADO, C. **Tubarão 1974: Fatos e relatos da grande enchente**. Editora Unisul, 2005.

DO NASCIMENTO, F.R.; SAMPAIO, J.L.F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da casa da geografia de Sobral**, v. 6, n. 1, p. 21, 2004.

DUARTE, G.M. O futuro do litoral de Santa Catarina. **Geosul**, v. 3, n. 6, p. 39-52, 1988.

DOMINGOS, M. Reconstrução ilustrativa das feições pretéritas do estuário do rio Tubarão através da vetorização de imagens Landsat 1. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, p. 163-173, 2020.

DOMINGUEZ, J.M.L. Deltas dominados por ondas: críticas às ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. **Brazilian Journal of Geology**, v. 20, n. 1, p. 352, 1990.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.D.S.P. Esquema Evolutivo da Sedimentação Quaternária nas Feições. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 11, p. 4, 1981.

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Sea-Level History and Quaternary Evolution of River Mouth–Associated Beachridge Plains Along the East–Southeast Brazilian Coast: A Summary. 1987.

ELLIOT, T. Deltas. **Sedimentary environments and facies**, p. 113-154. 1986.

FARIA, L.D.C. **O problema da proteção aos sambaquis**. 1959.

FARIAS, D.S.E.; DEBLASIS, P.; RAMPAZZO, S.E.; DEMATHÉ, A. & GUIMARÃES, G.M. Parque Arqueológico do Sul: Ambiente, Cultura e preservação em Santa Catarina, Brasil. In Funari, P. P; Campos, J. B. & Rodrigues, M. H. (Orgs.). *Arqueologia pública e patrimônio: questões atuais*, p. 425-472. 2014.

FISH, S.K.; DEBLASIS, P.; GASPARG, M.D. & FISH, P.R. Eventos incrementais na construção de sambaquis, litoral sul do Estado de Santa Catarina. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 10, p. 69-87, 2000.

FISHER, W.L. Facies characterization of Gulf Coast basin delta systems, with some Holocene analogues. 1969.

FLORESTAL, BRASIL–CÓDIGO. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Brasília, DF, 1965.

FORNARI, M.; NASCIMENTO JR, D.R.; GIANNINI, P.C.F. Fácies deposicionais na retrobarreira holocênica das lagoas Garopaba do Sul, Camacho e Santa Marta, Santa Catarina, Sul do Brasil. In: **CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO**. 2009.

FRASSON, M.M. A enchente de 1974 em Tubarão-SC: a construção de um desastre natural. 2011.

FREITAS, D.M.D.; DELGADO, R.C.; RODRIGUES, R.D.A. & SOUZA, L.P.D. Variabilidade Espaço-Temporal Na Mudança Da Paisagem No Município De Arelândia, AC. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v. 08, n. 14, p. 935- 935, jun. 2012.

GASPAR, M.D. Sustainable productivity and complexity: insights from contemporary fishermen. Paper presented at the international workshop Anthropogenic landscapes: social and environmental complexity in lowland South America, Florianópolis. 2005.

GAPLAN. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, p. 173. 1986.

GALLOWAY, W.E. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. 1975.

GIANNINI, P.C.F.; VILLAGRAN, X.S.; FORNARI, M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.R.D.; MENEZES, P.M.L.; TANAKA, A.P.B.; ASSUNÇÃO, D.C. & AMARAL, P.G.C.D. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-histórica na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, p. 105-128. 2010.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

HEIDEMANN, M. Mapa Geotécnico de Potencial Erosivo de uma Área de Expansão Urbana de Tubarão-SC. Revista de Engenharia Civil IMED, v.1, n.1, p. 3-10, 2014.

HERÓDOTO 440 a.C. A História, Livro II: Euterpe (gr. Doadora de Prazeres. Trad. George Rawlinson (1994). Sítio eletrônico: <http://classics.mit.edu/Herodotus/history.html>

HIBBERT, A.R. "Forest Treatments Effects on Water Yield." International Symposium on Forest Hydrology, Pergamon, Oxford, p. 813. 1967.

HIGASHI, R.R.; DIAS, R.D. Interpretação de dados cartográficos como subsídio ao planejamento urbano do município de Tubarão. s/d.

HURT, W.R. **The interrelationships between the natural environment and four sambaquis, coast of Santa Catarina, Brazil**. Indiana University Museum, 1974.

IBGE. Geografia do Brasil – Região Sul. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. 1990.

KLEIN, R.M. **Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. Herbário" Barbosa Rodrigues", 1978.

KLEIN, R.M. Ecology of the flora and vegetation of Itajai Valley [Santa Catarina State, Brazil, forest area]. **Sellowia**, 1980.

KNEIP, A. **O povo da lagoa: uso do SIG para modelamento e simulação na área arqueológica do Camacho**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2004.

KNEIP, A.; CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, U.F.T. A arqueologia na construção e na calibração de curvas locais de variação do nível médio do mar. In: **Resumos**

Expandidos, X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), CD-Rom, 6p. 2005.

KNEIP, A.; FARIAS, D.; DEBLASIS, P. Longa duração e territorialidade da ocupação sambaqueira na laguna de Santa Marta, Santa Catarina. **Revista de Arqueologia**, v. 31, n. 1, p. 25-51, 2018.

LANKFORD, R.R. Coastal lagoons of Mexico their origin and classification. In: **Estuarine processes**. Academic Press. p. 182-215. 1977.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. Remote sensing and image interpretation. [s.l.]: Wiley & Sons. 1994.

LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F.D. & BARRERA, P.B. Especiação de cobre e chumbo em sedimento do rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 734-742. 2001.

LIMA, E.C.; DA SILVA, E.V. Estudos geossistêmicos aplicados a bacias hidrográficas. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 03-20. 2015.

LINO, J.T. Arqueologia guarani na bacia hidrográfica do rio Araranguá, Santa Catarina. 2007.

LOPES, A.R.S. Agricultura e desastres no sul de Santa Catarina (1974-2004). **Revista História: Debates e Tendências**, v. 16, n. 1, p. 197-212, 2016.

LOPES, P.R. As elasticidades e o preço de equilíbrio do mercado do arroz irrigado. 2016.

LORANDI, R & CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus**, p. 37-65. 2002.

MACHADO, M.A.; AYLA, L. Mapa Geomorfológico preliminar do Complexo Lagunar Sul Catarinense e análise paleoambiental da Lagoa do Imaruú apoiada em furos de sondagem. **Anais do**, v. 12, 2008.

MACHÍN, J.A. "El Estudio Físico-geográfico sintético base para un adecuado manejo del meio ambiente". Boletim Gaúcho de Geografia Porto Alegre : n.º 22, p. 129-132. 1997.

MAPBIOMAS, Projeto. Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. Retrieved on May, v. 24. 2019.

MARENGO, J.A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32. 2014.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de " deltas" brasileiros. **Boletim IG-USP. Publicação Especial**, n. 15, p. 01-186. 1993.

MARQUES, R. Variabilidade da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão/SC de 1946 a 2006. 2013.

MATHIAS, R.V.; VARELLA, L.; GONÇALVES, M.B. Análise da situação atual do município de Tubarão/SC em resposta a enchentes: comparação com a enchente 1974. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTES DA ANPET**. p. 437-449. 2015.

MILARÉ, É. Direito do Ambiente. Doutrina. 9ª. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: RT, p. 320. 2014.

MILHEIRA, R.G. Arqueologia Guarani no litoral sul-catarinense: história e território. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010

MONTEIRO, C. A. F. Derivações Antropogenicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: ANAIS do Simpósio A comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica. Publicação ACIESP, n.15, P. 43-76 — Ilustr. São Paulo, Acad. de Ciências do Est. de S.P., 1978.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, v. 2, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. **Geografia**, Rio Claro, v. 26, n. 3, p. 131-154, 2001.

MOORE, G. T.; ASQUITH, D. O. Delta: term and concept. **Geological Society of America Bulletin**, v. 82, n. 9, p. 2563-2568, 1971.

MORGAN, J.P.; SHAVER, R.H. (Ed.). Deltaic sedimentation: modern and ancient. 1970.

MURNI, A.; HARDIANTO, D.; NURBAYA, S. The use of remote sensing techniques and expert system in regional planning. In: **IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'99 (Cat. No. 99CH36293)**. IEEE, p. 619-621. 1999.

NASCIMENTO JUNIOR, D.R.D. Evolução sedimentar holocênica do delta do rio Tubarão, Estado de Santa Catarina. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

NASCIMENTO, F.R. e SAMPAIO, J.L.F. "Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem". Revista da Casa da Geografia de Sobral. Sobral, vol. 6/7, nº1, p. 174. 2004/2005.

NASCIMENTO, M.C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C.A.Á.S.; SILVA, E. Delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR)**, Goiânia. 2005.

NETO, S.P. Inventário Florestal Nacional: florestas nativas – Paraná/Santa Catarina. Ministério da agricultura. 1984.

NUNES, E. Tubarão: Histórias e lorotas. Tubarão, SC: Copiart, 96p. 2002.

OFF, T. Rhythmic linear sand bodies caused by tidal currents. **AAPG bulletin**, v. 47, n. 2, p. 324-341. 1963.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: **SCHIAVETTI, A. e CAMARGO, A. F.M. (orgs.). Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus, BA. Editus, 2008.

PRINA, B.Z.; MONGUILHOTT, M. Análise das transformações da paisagem de áreas próximas ao rio Jaguarí aplicando técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite TM Landsat-5. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 15, p. 3812-3818, 2011.

POTTER, R.O. DE CARVALHO, A.P.; FLORES, C.A. & BOGNOLA, I. Solos do Estado de Santa Catarina. **Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**. 2004.

READING, H. G.; COLLINSON, J. D. Clastic coasts: In Reading, HG,(Ed.), *Sedimentary Environment*. 1996.

REINECK, H.E.; SINGH, I.B. Depositional sedimentary environments: with reference to terrigenous clastics. Springer Science & Business Media, 2012.

RESOLUÇÃO Conama 004, de 18 de setembro de 1985. In: **RESOLUÇÕES Conama 1984/1991**. 4. ed. rev. aum. Brasília: Ibama, p. 245. 1992.

ROSS, J.L.S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento. São Paulo: Oficina de texto, 2009.

Salomão, F.X.T., Iwasa, O.Y. Erosão e Ocupação Rural e Urbana. In Curso De Geologia Aplicada Ao Meio Ambiente. ABGE/IPT – DIGEO, 1995, 31-57. 1995.

SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de impacto ambiental. Oficina de textos, 2015.

SANTA CATARINA. DIRETORIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. VSPEA – Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Florianópolis: Governo de Santa Catarina, 2019. Disponível em: www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/phocadownload/Noticias/2019/aBRIL/informativo%20vspea%2001.pdf. Acessado em: 19/09/2019.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, p.173. 1986.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). PERH/SC: Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina. Síntese. Florianópolis: SDS, 2017. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_e/perh_sc_plano_d_e_acoes-2017-final.pdf. Acessado em: 23 dez. 2020.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDM). Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Florianópolis: Diretoria de Recursos Naturais e Gestão Ambiental (DIMA), Gerência de Gestão de Recursos Hídricos (GEHID). V.1, 923 p. 2001.

SANTA CATARINA. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas de Santa Catarina. Florianópolis. 173p. 1986.

SCHEIBE, L.F. A geologia de Santa Catarina - sinopse provisória. 1986.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M. Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus, Ba: Editus, p. 293. 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE (SDM). Diagnóstico dos Recursos hídricos e organização dos agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. Universidade do Sul de Santa Catarina, Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, vol. 6, 163 p. 1998.

SHISHENKO, P. G. Prikladnaia Fizichiskaia Geográfia. Vysha Shkola, Kiev: p. 41-43, 1988. (em russo)

SILVA, E.V.D.; RODRIGUEZ, J.M.M.; MEIRELES, A.J. de A. Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas: Planejamento e gestão de Bacias Hidrográficas - Tomo 1 – Fortaleza: Edições UFC, p. 149 il.; Isbn: 978-85-7282 434-7 (Coleção Estudos Geográficos, 7). 2011.

SILVA, M.A.S.; LEITES, S.R.; CARUSO, F. Jr. Programa de Levantamentos Geológicos do Brasil: Folha Criciúma (SH.22-X-B), Estado de Santa Catarina. CPRM, Brasília, 3 cartas (escala 1:250.000), 85 p. 2000.

SNOWDEN, J.O. Drainage-induced land subsidence in metropolitan New Orleans, Louisiana, USA. 1986.

SOLÓRZANO CONTRERAS, B.F. Avaliação quali-quantitativa de impactos da revitalização do leito desconectado do Rio Tubarão. 2018.

SOTCHAVA, V. B. Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão nº 16**. São Paulo: IG, USP, 1977.

SOUZA, C.A.; DUARTE, L.F.A.; JOÃO, M.C. & PINHEIRO, M.A. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. **Educação**

Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, p. 16-56, 2018.

SOUZA, C.R. de G.; HIRUMA, S.T.; SALLUN, A.E.M.; RIBEIRO, R.R. & AZEVEDO SOBRINHO, J.M. "Restinga": Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental. Instituto Geológico - Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 104p. 2008.

SOUZA, C.R. de G. Mapeamento de compartimentos fisiográficos de planície costeira e baixa encosta e da vegetação associada, no Litoral Norte de São Paulo. In: UGB, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, Goiânia, Anais, CD-ROM. 2006.

SOUZA, L.B.D. Análise dos conflitos entre a pesca artesanal e a orizicultura irrigada na Bacia do Rio Tubarão-RH9 Sul Catarinense. 2021.

SOUZA, M.J.N. O Campo de ação da Geografia Física. Boletim de Geografia Teorética. In: **Simpósio Aplicado de Geografia Física Aplicada**, v. 15, nº 29-30, p. 32-40, 1985. **Questões Metodológicas da Geografia Física**. Fortaleza: Mestrado Acadêmico Geografia – UECE, 2000.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica**. 1980.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. Quaternary emergent and submergent coasts: comparison of the Holocene sedimentation in Brazil and southeastern United States. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 56, n. 2, p. 163-167. 1984.

SURGING SEAS. Sea Level Rise Analysis By Climate Central. Disponível em: <https://sealevel.climatecentral.org/>

TANAKA, A.P.B.; GIANNINI, P.C.F.; FORNARI, M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.R.; SAWAKUCHI, A.O.; RODRIGUES, S.I.; MENEZES, P.M.L.; DEBLASIS, P. & PORSANI, J.L. A planície costeira holocênica de Campos Verdes (Laguna, SC): evolução sedimentar inferida a partir de georradar (GPR), granulometria e minerais pesados. **Brazilian Journal of Geology**, v. 39, n. 4, p. 751-767. 2009.

TANAKA, A.P.B. Sedimentologia, cronologia e dinâmica progradacional das planícies costeiras de Campos Verdes e Ji (Laguna, SC). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE. 1977.

VEADO, R.W.A. O geossistema: embasamento teórico e metodológico. **São Paulo: Instituto de Geociências e Ciências Exatas–UNESP**, 1995.

VEADO, R. W. A.; TROPPEMAIR, H. Geossistemas do estado de Santa Catarina. **GERARDI, LHO &**, 1999.

VETTORETTI, A. História de Tubarão: das origens ao século XX. Prefeitura Municipal de Tubarao, 1992.

VIEIRA, C.V.; FELIX, A.; DE CARVALHO BAPTISTA, E.M. & HORN FILHO, N.H. Paleogeografia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa Garopaba do Sul, litoral sul do Estado de Santa Catarina–Brasil. *Geosul*, v. 24, n. 47, p. 91-112. 2009.

VIEIRA, D. C. Defensivos agrícolas utilizados na cultura do arroz irrigado no Estado de Santa Catarina: análise de risco biológico e mitigação. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2013.

VILLWOCK, J.A. A Costa Brasileira: geologia e evolução. In: ACIESP (org.). 3o Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Brasileira. Anais v. 1. p. 1-15. 1994.

VITTE, A.C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

WALTHAM, T. The flooding of New Orleans. **Geology Today**, v. 21, n. 6, p. 225-231, 2005.

WATHERN, P. An introductory guide to EIA. In: WATHERN, P. (Org.). **Environmental impact assessment: thory and practice**. London: Unwin Hyman, p. 3-30. 1988.

WEGENER, A. Die entstehung der kontinente. **Geologische Rundschau**, v. 3, n. 4, p. 276-292. 1912.

WRIGHT, L.D. River deltas. In: **Coastal sedimentary environments**. Springer, New York, NY, p. 5-68. 1978.

WRIGHT, L.O.; COLEMAN, J.M.; ERICKSON, M.V. Analysis of major river systems and their deltas: morphologic and process comparison. Louisiana State University Coastal Studies Institute, Technical Report (156): 1-114p. 1975.