



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

DARLYANE ROCHA DO NASCIMENTO PEROTE

**EVOLUÇÃO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA SEGUNDO UMA ANÁLISE
GEOESPACIAL DE DADOS DE SATÉLITE NAS ADJACÊNCIAS DA
DESEMBOCADURA DO RIO JAGUARIBE - FORTIM - CEARÁ**

FORTALEZA

2019

DARLYANE ROCHA DO NASCIMENTO PEROTE

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA SEGUNDO UMA ANÁLISE
GEOESPACIAL DE DADOS DE SATÉLITE NAS ADJACÊNCIAS DA
DESEMBOCADURA DO RIO JAGUARIBE - FORTIM - CEARÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Marinha.

Orientador: Professor Dr. George Satander Sá Freire

Co-Orientador: João Capistrano de Abreu Neto

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P535e Perote, Darlyane Rocha do Nascimento.

Evolução temporal da linha de costa segundo uma análise geoespacial de dados de satélite nas adjacências da desembocadura do Rio Jaguaribe - Fortim - Ceará / Darlyane Rocha do Nascimento Perote. – 2019.

74 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Coorientação: Prof. Dr. João Capistrano de Abreu Neto.

1. Sensoriamento remoto. 2. Variação da linha de costa. 3. Litoral. I. Título.

CDD 551

DARLYANE ROCHA DO NASCIMENTO PEROTE

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA SEGUNDO UMA ANÁLISE
GEOESPACIAL DE DADOS DE SATÉLITE NAS ADJACÊNCIAS DA
DESEMBOCADURA DO RIO JAGUARIBE - FORTIM – CEARÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Marinha.

Aprovada em: 27/11/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Satander Sá Freire (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. João Capistrano de Abreu Neto – Coorientador
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dr. Carlos Fernando de Andrade Soares Júnior
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Profa. Dra. Narelle Maia de Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, meu Amor, minha Esperança e
Razão de viver.

E a minha Família, minha base, meu tudo.

AGRADECIMENTOS

Toda honra e toda glória seja dada ao Senhor Jesus! Agradeço em primeiro lugar a Deus, Aquele que pode todas as coisas, o Deus do impossível, que não nos abandona nunca. Sem Ele eu não estaria aqui hoje, concluindo esse trabalho. Obrigada meu Pai!

Agradeço a minha mãe, meu grande amor, que me apoiou, incentivou e me deu força em todos os momentos. A minha irmã, Daysiane, por sempre estar disposta a ajudar e dar todo o apoio necessário em tudo que faço. Ao meu irmão, Dayvidson, que sempre me apoiou e acreditou em mim. A Sofia, minha sobrinha, que apenas com sua presença e carinho já me dava ânimo para prosseguir, e ao meu Pai, que sempre está me protegendo e acreditando no futuro. Sem eles, com certeza, eu também não conseguiria chegar até aqui.

Agradeço ao meu esposo, Luiz, que está ao meu lado nos dias bons e maus e acredita que sempre podemos alçar voos mais altos.

Agradeço ao professor Satander, que me apoiou nos momentos mais difíceis dessa jornada e em nenhum momento desistiu de mim, foi um verdadeiro pai. Obrigada Professor por sua paciência e empatia!

Agradeço ao Dr. João Capistrano, que me ajudou em todos os passos deste trabalho. Obrigada João, sem sua ajuda tudo ficaria mais difícil.

Agradeço ao Dr. Fernandinho, um grande amigo, que me incentivou e me apoiou e mesmo quando ficou distante, se fazia presente com sua preocupação de como estava o andamento do trabalho. Obrigada Fernandinho!

Agradeço a professora Cynthia, que mesmo sem falar muito, sentia o seu apoio e desejo de ver tudo dar certo.

Agradeço a professora Narelle, que há alguns dias me deu conselhos de grande valia. Agradeço a todos que fazem parte do LGMA (Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada).

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Geologia e todos os funcionários do departamento de Geologia.

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram de alguma forma a chegar até aqui.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O processo de erosão na zona costeira do Estado do Ceará vem se agravando com o passar do tempo. Nota-se que diariamente é constatado uma nova zona em que está ocorrendo esse processo, devido a diversos fatores, que podem ser antrópicos, como a ocupação urbana desordenada ou naturais, como a elevação do nível do mar. A zona costeira do Estado do Ceará é caracterizada por ser um espaço de grande valorização devido a sua riqueza e beleza natural, exercendo um importante papel econômico, turístico e social no contexto de desenvolvimento da região Nordeste do Brasil. Diante da importância dessa zona e de tantas ferramentas geotecnológicas disponíveis atualmente para um seguro monitoramento da sua dinâmica evolutiva, o presente estudo tem o objetivo de determinar a variação da linha costa do litoral do município de Fortim do Estado do Ceará e suas adjacências entre os anos de 1984 e 2018, de forma que se possa compreender os processos morfodinâmicos atuantes na área, bem como gerar subsídios para uma eficiente gestão do litoral. No estudo foi utilizado o *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* o qual faz uso de diversos métodos estatísticos para realizar o cálculo da variação das taxas de recuo e avanço da linha de costa, dentre eles os métodos estatísticos *NSM (Net Shoreline Movement)* e o *LRR (Linear Regression Rate)*, que foram escolhidos para a análise da variação da linha de costa do presente estudo. Através destes foram identificados trechos de progradação e retrogradação da linha de costa, onde os resultados apresentaram que a porção oeste da foz do rio Jaguaribe apresentou uma tendência de retrogradação com pequenos trechos de progradação, e o crescimento da flecha arenosa no mesmo sentido da corrente de deriva litorânea, e a porção leste da foz apresentou uma tendência de retrogradação no trecho próximo a foz, principalmente na praia de Fortim, em sequência um trecho de área estabilizada e em seguida apresentou progradação em todo o restante da área, em direção à praia de Canoa Quebrada. Tal recuo e a área estabilizada possivelmente estão associadas ao parque eólico instalado na área, já que a área apresenta pouca ocupação e presença de um extenso campo de dunas.

Palavras-chave: Erosão. Zona costeira. Linha de costa. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The erosion process in the coastal zone of Ceará State has been getting worse over time. It is noted that daily a new zone is found in which this process is taking place, due to several factors, which can be anthropogenic, such as disordered urban occupation or natural, such as sea level rise. The coastal zone of Ceará State is characterized by being a space of great appreciation due to its richness and natural beauty, playing an important economic, tourist and social role in the development context of the Northeast region of Brazil. Given the importance of this zone and so many geotechnological tools currently available for a safe monitoring of its evolutionary dynamics, the present study aims to determine the variation of the coastline of the municipality of Fortim of Ceará State and its adjacencies between the years from 1984 to 2018, in order to understand the morphodynamic processes operating in the area, as well as to generate subsidies for efficient coastal management. In the study, the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) was used, which makes use of several statistical methods to calculate the variation of the shoreline setback and advance rates, among them the statistical methods NSM (Net Shoreline Movement) and the LRR (Linear Regression Rate), which were chosen for the analysis of the shoreline variation of the present study. Through these were identified progradation snippets and retreat of the coastline, where the results showed that the western portion of the mouth of the Jaguaribe river showed a trend of retreat with small pieces of progradation, and the growth of sandy arrow in the same direction of longshore drift current, and the eastern portion of the mouth showed a retreat trend in the stretch near the mouth, especially on the Fortim beach, in sequence one stabilized area stretch and then presented progradation throughout the rest of the area, towards the beach of Canoa Quebrada. Such retreat and the stabilized area are possibly associated with the wind farm installed in the area, as the area has little occupation and the presence of an extensive dune field.

Keywords: Erosion. Coastal zone. Shoreline. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo.....	16
Figura 02 - Mapa geológico da área.....	24
Figura 03 - Sistemas atuantes nos processos morfodinâmicos.....	26
Figura 04 - Fluxograma Metodológico da pesquisa.....	42
Figura 05 - Imagens dos satélites LandSat 5 e LandSat 8 dos anos estudados.....	44
Figura 06 - Mapa de setores analisados.....	45
Figura 07 - Modelo de aplicação do método NSM.....	49
Figura 08 - Modelo de aplicação do método LRR.....	49

LISTA DE MAPAS

Mapa 01 -	Linhas de costa georreferenciadas dos anos de 1984, 1999, 2006, 2009, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2018.....	47
Mapa 02 -	Mapa da área de estudo com transectos, linhas de costas e linha de base.....	51
Mapa 03 -	Mapa do NSM do Setor 01.....	53
Mapa 04 -	Mapa do LRR do Setor 01.....	55
Mapa 05 -	Mapa de NSM do Setor 02.....	58
Mapa 06 -	Mapa da LRR do Setor 02.....	60
Mapa 07 -	Mapa de NSM do Setor 03.....	63
Mapa 08 -	Mapa de LRR do Setor 03.....	65
Mapa 09 -	Previsão de configuração da linha de costa em 10 anos.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 01.....	56
Gráfico 02 - Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 02.....	61
Gráfico 03 - Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 03.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EPR	End Point Rate
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LPM	Linha de preamar média
LRR	Linear Regression Rate
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NSM	Net Shoreline Movement
SCE	Shoreline Change Envelope
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Localização da área de estudo	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Aspectos geoambientais da área	19
2.1.1	Geologia e Geomorfologia	23
2.2	Caracterização da Zona Costeira	29
2.2.1	Sistema fluvial	32
2.2.2	Sistema marinho	33
2.2.2.1	Ondas	34
2.2.2.2	Marés	36
2.3	Sistema eólico	36
2.4	Erosão e Progradação do litoral	37
2.5	Suscetibilidade e impactos no ambiente litorâneo	39
3	METODOLOGIA DE ESTUDO	42
3.1	Levantamento bibliográfico	43
3.2	Sensoriamento remoto	43
3.3	Georreferenciamento da linha de costa	45
3.4	Delimitação da linha de costa	45
3.5	Aplicação do DSAS	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	Setor 01	52
4.2	Setor 02	56
4.3	Setor 03	61
4.4	Cenário futuro	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente de grande importância para a economia brasileira, por razão das atividades econômicas, sociais e culturais que são realizadas nela. As pesquisas sobre dinâmica costeira vem sendo alvo de grande interesse devido, principalmente, a questão das mudanças que vem ocorrendo nos litorais, as variações bruscas nas morfologias costeiras, a destruição de ambientes naturais e estruturas construídas na orla, que ocasionam prejuízos tanto ambientais, como econômicos e sociais.

A ocupação desordenada através das construções de casas e prédios, dentre outros e a exploração indiscriminada dos recursos naturais nestes ambientes acabam resultando no desequilíbrio ambiental e como consequência ocorrem diversos processos, como a erosão costeira. Essas zonas representam cerca 1,6% da superfície das terras emersas do globo terrestre, que abrigam 60% da população mundial. Através de algumas previsões desenvolvidas pela UNESCO, foi demonstrado um considerável aumento dessa taxa, que deverá atingir 75% no ano de 2100 (GUERRA et al., 2007).

A zona costeira brasileira possui, aproximadamente, 8.698 km de extensão de linha de costa, dividida em dezenove estados (BRASIL, 2008). O Estado do Ceará possui 573 km de praias, e sua zona costeira é caracterizada por ser um grande polo de turismo e de moradia e conseqüentemente um grande centro econômico, o que gera a grande concentração de construções que existem nesse ambiente, como polos de lazer, hotéis, resorts, edifícios, indústrias, entre outros.

Estes ambientes são dinâmicos, com ações de marés, de ondas, dos ventos, fatores biológicos, etc. Através dessa dinâmica, há a formação e o remodelamento de inúmeras feições geomorfológicas e suas características podem fornecer importantes registros da evolução do litoral. A zona litorânea do Ceará apresenta traços dessa dinâmica evolutiva, tanto nas unidades morfológicas atuais (praias, dunas, ambientes de deflação eólica, falésias), como nos paleoambientes (paleomangues, paleodunas, terraços fluviais e marinhos).

Tal dinâmica instável dos ambientes costeiros atrelada aos processos de uso e ocupação do litoral que são impulsionados por diversos fatores como a exploração turística e imobiliária e a urbanização geram desequilíbrios que ocasionam a erosão costeira. Para Morais (1996), esta afeta cerca de 75% das linhas de costa do mundo e tem nas formas de intervenção do homem o seu principal intensificador. Este tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado e pode ter origem natural e/ou a partir das atividades humanas.

Colocando em discussão a susceptibilidade das regiões litorâneas em relação as formas de uso do espaço e a evolução da ocupação, assinalamos questionamentos como: O aumento das atividades do homem em um ambiente como os de planícies costeiras, sempre irá apontar perdas em seu aporte sedimentar e gerar como consequências os processos erosivos? Existe como manter o “estado de estabilização” do ambiente costeiro mesmo este sendo alterando pelas ações antrópicas, destacando a urbanização e o turismo?

Devido à complexidade, fragilidade e vulnerabilidade dos ambientes costeiros, as intervenções antrópicas representam um grande risco às zonas costeiras mundiais. Determinar e pôr em prática um ordenamento territorial dessas áreas diante da intensa pressão imobiliária em concordância com a dinâmica natural, com certeza, é um dos grandes desafios para a gestão costeira. Por isso, são tão importantes os estudos científicos acerca da evolução costeira e das variações morfológicas associadas com o objetivo de conhecer a morfodinâmica costeira e os seus processos, pois futuramente irão nortear intervenções com o objetivo do reequilíbrio ambiental da área.

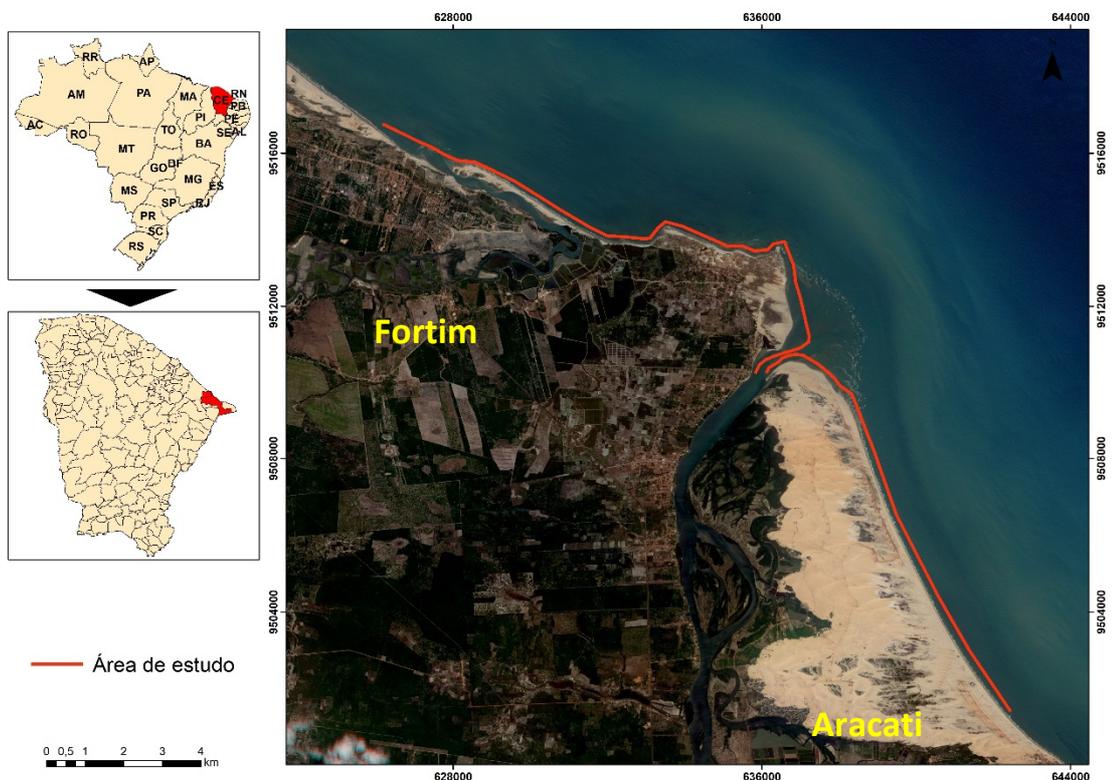
Desse modo, a zona costeira do município de Fortim e adjacências, litoral leste do estado do Ceará, vem sofrendo com esses processos erosivos. Considerando-se a importância dos estudos sobre o assunto e com o objetivo de aplicar as ferramentas disponíveis nas geotecnologias para dimensionar as variações da linha de costa, o litoral foi escolhido para um estudo mais detalhado sobre as causas e as transformações da linha de costa da área.

1.1 Localização da área de estudo

A área estudo está inserida na região costeira do município de Fortim e uma porção da zona costeira do município de Aracati, e desembocadura do rio Jaguaribe que se localiza no litoral leste do estado do Ceará, no município de Fortim que geograficamente encontra-se na Mesorregião de Jaguaribe e na Microrregião do litoral de Aracati.

O Município de Fortim localiza-se a aproximadamente 140 km do município de Fortaleza, nas coordenadas 4° 27' 07" (S) e 37° 47' 50" (L), se limitando ao Norte com o Oceano Atlântico e Beberibe, ao Sul com Aracati, a Leste com Aracati e o Oceano Atlântico e a Oeste com Beberibe e Aracati (IPECE, 2009). A partir deste, o acesso à área de estudo pode ser realizado através da CE-040. A área de estudo com 275 km² abrange as Praias de Parajuru, Pontal do Maceió, Praia de Fortim e Praia do Cumbe, já no município de Aracati (Figura 1).

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autora, 2019.

A topografia do município de Fortim é plana, com os tabuleiros pré-litorâneos pouco ressaltados das planícies fluviais e do campo de dunas costeiro; as altitudes

são inferiores a 100 m, o que auxilia na ocupação da área que vem se intensificando ao longo dos últimos 50 anos.

A bacia do rio Jaguaribe é uma das mais importantes bacias hidrográficas, no contexto hidrológico e histórico no Estado do Ceará. O rio Jaguaribe nasce no extremo sul do Estado, drenando uma área de aproximadamente 72.440 km. O canal principal, com aproximadamente 610 km de extensão percorre terrenos de bacias sedimentares Cretáceas, embasamento do Pré-Cambriano, formações Plio-Quaternárias do Grupo Barreiras e depósitos Quaternários, até desaguar no Atlântico, na divisa dos municípios de Fortim e Aracati (MORAIS et al., 2000).

As atividades econômicas da região residem na pesca industrial, carcinicultura, turismo e na agricultura de subsistência, destacando-se cultura de feijão, milho, mandioca, monocultura de algodão, banana, abacate, cana-de-açúcar e castanha de caju. Na pecuária extensiva sobressaem criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo vegetal baseia-se na fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, além de atividades com oiticica e carnaúba. O artesanato de redes, bolsas, sacolas, chapéus-de-palha e bordados representa fonte de divisas para o município. Na área de mineração, a extração de areia, diatomito e argila (utilizados na fabricação de telhas e tijolos) encontra-se difundida no âmbito do município (CPRM, 2008). A atividade pesqueira é desenvolvida industrialmente, visando o mercado interno e externo. O turismo é de lazer com equipamentos voltados para zona litorânea, que vão desde barracas a rede hoteleira (IBGE, 2010).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 *Objetivos gerais*

O presente estudo tem como objetivo geral analisar a variação da linha de costa nas proximidades e desembocadura do Rio Jaguaribe, localizada nos municípios de Fortim e Aracati no Estado do Ceará, através do monitoramento de sua evolução utilizando as geotecnologias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Georreferenciar a linhas de costa da área em estudo entre os anos de 1984 e 2018;
- Calcular a taxa de variação da linha de costa durante o período escolhido e analisado quanto as transformações ocorridas na área;
- Identificar os principais fatores naturais e antrópicos de interferência na zona costeira da área de estudo;
- Indicar as tendências de erosão e progradação da linha de costa em apreço.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor entendimento do presente estudo e seus objetivos faz-se necessária a apresentação teórica dos processos e conceitos que foram essenciais para alcançar os objetivos propostos, além de explicitar também o princípio básico de funcionamento das ferramentas que foram utilizadas. Essa parte da pesquisa foi realizada sob uma perspectiva sistêmica de modo que envolvesse os processos costeiros, as atividades humanas e as interações que ocorrem entre eles.

Na busca de definir uma melhor forma de planejamento e uso do litoral em apreço, este capítulo fez a análise dos aspectos geoambientais, da geologia e da geomorfologia da área de forma mais detalhada, pois os mesmos fazem parte dos sistemas controladores que influenciam diretamente na dinâmica costeira e se tornam indispensáveis pois atuam de forma direta em conjunto com as atividades humanas, provocando mudanças da linha de costa.

2.1 Aspectos geoambientais da área

O litoral por ser um ambiente de interface e, conseqüentemente, bastante dinâmico, se torna palco das inter-relações entre os elementos geoambientais encontrados nas unidades paisagísticas que formam um todo integrado. Todavia, as alterações em uma destas unidades modificam a configuração e dinâmica evolutiva de outras, ou seja, quando tratamos da linha de costa, sua dinamicidade vai variar conforme os elementos que nela interagem e, através de sua evolução, a configuram.

Considerando os aspectos climáticos, o clima regional é semiárido, apresentando irregularidades pluviométricas temporo-espacial. O regime pluviométrico da região é do tipo tropical com estação de chuvas concentradas em cinco meses consecutivos. No litoral ocorrem chuvas mais abundantes que ultrapassam anualmente 900 a 1000 mm. Para o interior, há um decréscimo sensível das chuvas e os valores ficam abaixo de 700 mm anuais (SOUZA, 2002; ZANELA, 2007).

A concentração das chuvas no Estado do Ceará sofre a influência direta da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, principal sistema atmosférico causador da

precipitação. A ZCIT se forma na confluência dos ventos alísios de NE e SE, onde ocorre a ascendência do ar, formação de nebulosidade e muita chuva. Tal zona se localiza próxima à linha do Equador e, no transcorrer do ano, migra para os hemisférios Norte e Sul, atingindo sua posição mais meridional no verão/outono, quando ocorrem as maiores chuvas no Estado, período chamado popularmente de inverno (ZANELA, 2005).

O regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes térmicas reduzidas. A temperatura média anual é de 26 °C, com variações não ultrapassando 5 °C (MAIA, 1998). A pouca variação das temperaturas deve-se ao caráter tropical da região e a sua proximidade da linha do Equador.

O tempo de permanência da ZCIT no hemisfério sul é determinante para a quadra chuvosa no setor norte da região, ou seja, para o volume das chuvas, contribuindo também na formação de outro sistema causador de chuva, as Linhas de Instabilidade, associadas, principalmente aos meses de dezembro a março e gerando chuvas no período da tarde e noite (FUNCEME, 2019).

Já nas praias de Fortim-CE e adjacências, o clima é conhecido por ser Tropical Quente Semiárido, com pluviosidade de 1.435,4 mm e temperatura média de 26° a 28° C, tendo seu período chuvoso de janeiro a maio do ano (IPECE, 2009). Beberibe e Fortim por se localizar em uma área litorânea apresenta um clima correspondente da faixa costeira com características subúmidas, com chuvas de verão e outono (FUNCEME, 2019).

Quanto ao regime eólico no Estado do Ceará, os ventos se apresentam enquanto um dos elementos climáticos mais importantes. Têm velocidades médias de 5,5 m/s, dominando os alísios de SE, E e NE (FUNCEME, 2018). Estes são naturalmente impulsionadores de sedimentos para edificação de dunas, utilizando estoques sedimentares das zonas de estirâncio, de berma e das praias. Com relação ao parâmetro vento, tem papel fundamental na propagação e geração das ondas *sea*, porém, não estão diretamente relacionadas ao *swell*, pois sua geração ocorre há grandes distâncias da sua ocorrência (OLIVEIRA-MAIA, 2014).

No litoral do estado, este é controlado basicamente pelos alísios, os quais atingem a costa, provindos do quadrante E. No primeiro semestre do ano,

predominam os alísios de NE, no segundo semestre, há um domínio dos alísios de SE, eles sopram a velocidades que podem variar entre 4 m/s (alísios de NE sobretudo) e 7m/s, respectivamente (MAIA, 1998; FUNCEME, 2018). Os alísios de SE, mais intensos que os de NE, têm também menor umidade e são, assim, os mais importantes para a geomorfologia costeira do Ceará, pois mobilizam uma maior quantidade de sedimentos durante o período em que predominam, orientando a direção de migração das dunas (PINHEIRO e SALES, 2007; CLAUDINO-SALES, 1993).

Do ponto de vista da hidrodinâmica litorânea cearense, tem-se que as ondas têm direção dominante E/SE, com altura média significativa de 1,1 m. Dominam as ondas tipo “*sea*”, formadas no local, com ocorrências, sobretudo entre dezembro e março das ondas do tipo “*swell*”, formadas no hemisfério Norte (PINHEIRO et. al., 2015). As ondas, associadas às variações de marés, são responsáveis pela escultura das formas litorâneas, notadamente das falésias, ambientes em processo natural de recuo pela erosão (PINHEIRO et al., 2015).

Conforme Leite et al. (2016), o litoral de Fortim é dominado por marés semidiurnas com intervalos de dez horas e por ondas do tipo *sea*, mas também ocorrem ondas de alta energia nos três primeiros meses do ano, as *swells* que colaboram na modelação da linha de costa. Para Oliveira-Maia (2014), uma das razões, em observações de médio a longo prazo, da dispersão ou perda sedimentar é com relação a formação e percurso da onda.

As correntes de deriva litorânea são responsáveis pela manutenção do equilíbrio dinâmico das praias, como verdadeiros rios de areia que se locomovem suavemente na zona litorânea. A corrente longitudinal ou deriva litorânea, possui velocidade média da ordem de 0,5 m/s e realiza um transporte dominante de leste em direção a oeste (MAIA, 1998). O regime de marés é mesotidal, ou seja, com marés altas não muito elevadas. As marés são semidiurnas, isto é, duas marés altas por dia, com amplitude de marés da ordem de 3,7m e média de marés altas de 2,7m (e.g. MAIA, 1998; PINHEIRO et al., 2015).

Segundo Suguio (2010), a deriva litorânea acompanha à circulação de sedimentos ocasionados pelas correntes fluviais, a ação eólica e o grande suprimento sedimentar disponível, o que contribuem com a configuração morfológica das

margens do rio Jaguaribe e seu estuário, formando bancos de areia e, controlado pelas ondas, um delta submerso.

O município de Fortim em seu limite oeste, com o município de Beberibe, conta com o estuário do rio Pirangi e a leste, no limite com Aracati, há o estuário do rio Jaguaribe, como divisores naturais e políticos entre os municípios. Assim, Fortim encontra-se inserido em duas bacias hidrográficas, a Bacia Metropolitana e a Bacia do Jaguaribe, o que confere grande potencial hidrológico superficial e subterrâneo (CPRM, 2008).

Leite et al. (2016) ressalta que, no contexto local, os fluxos fluviais se comportam como importantes fatores para a configuração da faixa de praia e pós-praia, pois fornecem aportes sedimentares de origem continental e também material dunar (que migram da margem direita em direção à foz do rio Jaguaribe) pela deriva litorânea, em associação às condições climáticas da região.

De acordo com Morais et al. (2008), o rio Jaguaribe se comporta como um molhe hidráulico, fornecendo sedimentos do interior do continente para a deriva litorânea, que se faz responsável pela alimentação das praias localizadas à esquerda da foz do rio.

Dessa maneira, a falta de chuvas influencia na vazão do rio, diminuindo sua competência no transporte dos sedimentos até o oceano, contribuindo também para a fixação de sedimentos no estuário, formando barras submersas, que causam o assoreamento. Somente nos períodos de alta vazão os sedimentos poderão retornar até o alcance das ondas e correntes (LEITE, et al. p. 111, 2016).

Para o mesmo autor (2016), o aporte sedimentar também está sob influência do promontório do Pontal do Maceió, que se comporta como um obstáculo à passagem dos sedimentos nas praias a sotamar da ponta rochosa. Essa característica, no entanto, é influenciada pela vazão do Jaguaribe, que além de estar submetido a um regime climático com irregularidade anual e interanual, também possui um grande número de barramentos, que retêm e fazem reduzir a quantidade de sedimentos que chegam até o litoral.

Com relação aos solos, na área em estudo foram identificadas três associações de solos que se destacam, conforme a atual nomenclatura adotada pela EMBRAPA

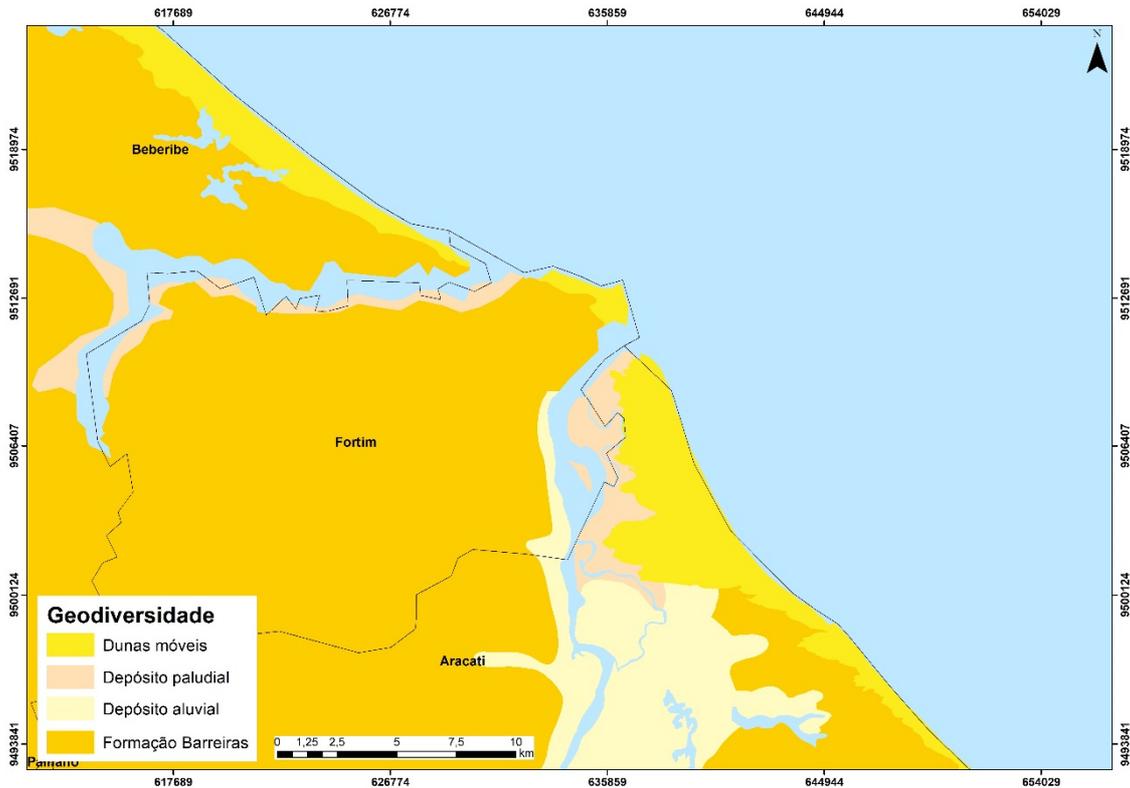
(2006), sendo elas: Planossolos (antigos Solonetz Solodizado, em associação com Planossolo Solódico); Gleissolos (antigos Solonchak Solonézico, em conjunto com os Solos Indiscriminados de Mangue); e Neossolos (antigas associações de Areias quartzosas distróficas).

Dessa maneira, a vegetação encontrada nestes tipos de solo são: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Floresta Mista Dicotillo-Palmácea e Floresta Perenifolia Paludosa Marítima (IPECE, 2009). A mata ciliar e mata de várzea, isto é, as carnaúbas são adaptadas aos solos hidromórficos (EMBRAPA, 2006); a de tabuleiro e de dunas, variando de tipos herbáceos a arbóreos, adaptados aos solos arenosos e salinos; a vegetação Pioneira Psamófila, encontrada em áreas de dunas, atuando na fixação sendo uma vegetação "primeira", do tipo gramíneo-herbáceo, permitindo o desenvolvimento do solo e a vegetação adaptada ao ambiente salobro, com pouco oxigênio como sendo a Paludosa Marítima de Mangue, com tipos arbustivos e arbóreos, como o "mangue preto", "mangue vermelho", "mangue branco" e "mangue de botão" (IPECE, 2009; EMBRAPA, 2006).

2.1.1 Geologia e Geomorfologia

Os elementos geológicos (Figura 02) e geomorfológicos, quando integrados a outros elementos geográficos, como os geoambientais complementam a dinâmica das paisagens e sua evolução, formando ambientes geológicos. Torna-se importante o conhecimento de tais elementos para se compreender as inter-relações estabelecidas dentre todos os fatores que afetam o sistema terra-oceano, assim como os problemas, potencialidades e vulnerabilidades associadas a zona costeira em apreço.

Figura 02: Mapa geológico da área.



Fonte: CPRM, 2018.

Oliveira (2009) afirma que a zona costeira é por excelência um geoambiente em constante evolução, atribuído pelas suas mudanças, por muitas vezes brusca, da morfologia de suas feições, como a retirada de sedimentos de um setor da praia, das variações sazonais segundo os períodos do ano, como por exemplo, da formação da berma durante a estiagem e, em longo prazo, quando das variações climáticas e geológicas, nos processos eustáticos na destruição/construção das praias.

Nos resultados as variações positivas e negativas da linha de costa correspondem respectivamente a variação em relação ao avanço da linha de costa e ao recuo dela. Os resultados representam a taxa de variação de acordo com cada transecto e setor. Portanto, os processos físicos atuam na ação destrutiva (erosão) e construtiva (deposição); o intercâmbio dos fluxos de energia e matéria caracteriza as unidades morfológicas que representam o ambiente costeiro (OLIVEIRA, p. 159, 2009).

Na área de pesquisa, a geologia está representada pelas seguintes unidades geológicas: Formação Barreiras, Depósito Aluvial, Depósito Paludial e Dunas Móveis.

Os depósitos formados pela Formação Barreiras (Mio-Pleistoceno) apresentam-se como uma faixa alongada, de largura variável, e disposta paralela à linha de costa atual, é formado por sedimentos mal selecionados, de textura areno-argilosa e coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes apresentando aspecto mosqueado, forma um relevo tabular, com suave inclinação em direção ao litoral, e inclinações não superiores a 5° (Marino et al. (2012)). Sua granulação varia entre fina e média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos. (CPRM, 2014).

O sistema deposicional Aluvial (Pleistoceno), morfologicamente representado pelas Planícies Fluviais, é descrito por Marino et al. (2012) como uma área de acumulação de sedimentos Quaternários, com constituição litológica areno-argilosa mal selecionado, de granulometria fina a grossa, topografia baixa e plana.

O Depósito Paludial tem origem referente ao Holoceno e, de acordo com Marino et al. (2012) e é formado pela deposição de sedimentos argilo-areno-siltosos, ricos em matéria orgânica em suas áreas de inundação e vegetação de mangue, sendo um ambiente complexo, pois sofre influência periódica das oscilações de maré e dos processos continentais, com morfologia caracterizada como de Planície Flúvio-marinha.

Os depósitos de Dunas Móveis são constantemente mobilizados pela ação eólica.

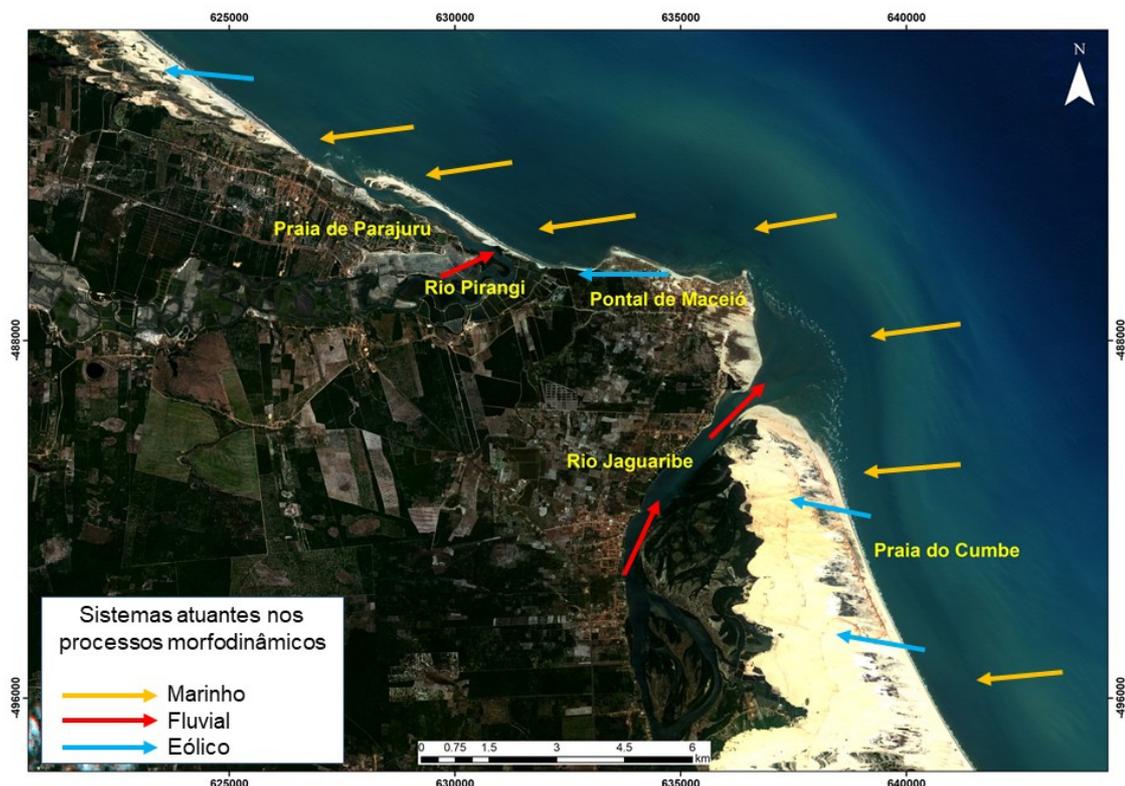
Conforme Leite (2016), a modelagem dos ambientes mais recentes da zona costeira atribui-se às variações do nível do mar durante o Quaternário, mais especificamente no decurso do Holoceno, dando-se nessa época a formação de falésias e da planície litorânea, com proveniência no acúmulo de sedimentos de origem marinha, dunares, lacustres. Atualmente, a dinâmica de tais ambientes é influenciada pelo clima, composição sedimentar, e, até mesmo, pelas formas de ocupação e elevação do nível do mar (SALES; PELVAST, 2006).

Os tabuleiros litorâneos correspondem, geologicamente, aos sedimentos do Grupo Barreiras, ocupam uma área de pouco mais de 2.259,63 hectares (31,86%) do território demarcado no litoral de Fortim e situam-se à retaguarda das planícies

litorâneas, dos campos de dunas, formando falésias mortas ou vivas quando alcançam a planície litorânea e na margem esquerda do rio Jaguaribe (LEITE, et al. p. 116-117, 2016).

Quanto a Geomorfologia da área de estudo, foram identificados três sistemas atuantes nos processos morfodinâmicos (Figura 03), sendo o primeiro representado pelos rios Jaguaribe e Pirangi. O segundo sistema é o marinho, onde os processos reguladores são de origem oceanográfica, dentre eles os fluxos originados pela ação das marés, ondas e deriva litorânea. E o terceiro é o sistema eólico, responsável pelo transporte através do vento, originando as dunas, que podem abastecer a própria praia ou os canais fluviais com sedimentos.

Figura 03: Sistemas atuantes nos processos morfodinâmicos.



Fonte: Autora, 2019.

O Estado do Ceará é composto por uma diversidade de paisagens e feições. Quando se trata de Litoral, que possui 573 km de extensão, em tais paisagens podemos encontrar praias, falésias, estuários, manguezais, barreiras, campos de dunas de diferentes gerações, planícies litorâneas, arenitos de praia, lagoas, lagoas

e rios, dentre outros. Meireles (2005) afirma que *“a evolução do relevo do Ceará está basicamente associada a regimes tectônicos e climáticos diversos, relacionados com eventos que geraram as condições morfoestruturais para a origem de cadeias de montanhas”*.

O relevo da área em estudo se divide basicamente em Tabuleiros Pré-Litorâneos e Planície Litorânea (IPECE, 2009). Os Tabuleiros Pré-Litorâneos é representado pela Formação Barreiras, caracterizado por depósitos do Tércio-Quaternário. E, conforme Souza (2003) estes constituem as porções centro-meridionais dos municípios litorâneos da costa cearense, dispendo-se entre a planície litorânea e as depressões sertanejas circunjacentes. Os tabuleiros são compostos por sedimentos mais antigos e se dispõem de modo paralelo à linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos, marinhos e fluviomarinhos que constituem a planície litorânea.

As falésias do Grupo Barreiras são constituídas por sedimentos consolidados, com uma composição areno-argilosa. Em parte, as falésias são ativas (sob ação fluviomarinha) e um setor menor é considerado como falésias inativas. Em geral, alcançam 90° de declividade (MAIA, 1993). Em seu conjunto, são suscetíveis à erosão subaérea (chuvas e vento), sendo que alguns trechos são estabilizados pela vegetação, e outros não, onde a erosão é acentuada, constituindo pequenos sulcos erosivos. O fluxo fluviomarinho é o principal responsável pela dissecação, visto que essa tipologia se concentra na margem esquerda do rio Jaguaribe (LEITE, 2016).

A planície litorânea é uma superfície geomorfológica deposicional de baixo gradiente, formada por sedimentação predominantemente subaquosa, que margeiam corpos d'água de grandes dimensões, como o mar ou oceano (SUGUIO, 2003). Estes sedimentos de neoformação (Holocênicos) têm granulometria e origens variadas, capeando os depósitos mais antigos da Formação Barreiras.

Segundo Freire et al. (1998), a Planície Litorânea do Ceará teria se originado pelo suprimento de areias provenientes da erosão de falésias da Formação Barreiras, bem como pelas variações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Para Souza (2003) os sedimentos que formam o local são de neoformação (Holocênicos) e possuem granulometria e origens variadas, os quais capeiam os depósitos antigos da Formação Barreiras.

Para Meireles (2005), os indicadores que existem na planície costeira cearense confirmam eventos oscilatórios do nível do mar, principalmente durante a última fase regressiva, que iniciou há 5.100 anos A.P. Já Claudino Sales (2005) corrobora ao afirmar que o principal elemento formador das planícies litorâneas são as variações eustáticas, elas representam idades diversas, sendo as mais conservadas aquelas do Holoceno Superior.

Outro ambiente que se destaca na área são as dunas. Segundo Brandão (1998), as dunas encontradas na área formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidas, vez ou outra, por planícies fluviais e fluviomarinhas, por sedimentos mais antigos pertencentes à Formação Barreiras que por vezes se projetam até a linha de praia, expondo-se como falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes.

McKee (1979) apud Branco et al., (2003) apresenta uma classificação fundamentada tanto no aspecto morfológico-morfodinâmico, agrupando as dunas em dois tipos: ativas, que correspondem a um conjunto bastante variado de formas, entre as quais podem se destacar as dunas: barcanas, cadeias ou cristas de barcanóides, dômicas, estrelas, frontais (*foredunes*), longitudinais, parabólicas, reversas, transversais *blowouts* e *rebdo* (feições de deflações) e inativas, que equivalem a depósitos eólicos recobertos por densa cobertura vegetal, normalmente posicionada à retaguarda das dunas móveis, dentre elas estão às dunas: parabólicas, de sombra, longitudinais.

Conforme Oliveira (2009), é de fundamental importância o monitoramento da migração das dunas móveis e da preservação das dunas fixas e paleodunas, uma vez que, os lençóis freáticos e mananciais advém de sua fixação e sedimentação propícia quando associados à formação barreira, afim da aplicação de medidas de planejamento e gestão nas atividades socioeconômicas existentes a serem desenvolvidas na zona costeira.

Também ocorrem nos ambientes em análise os depósitos aluviais são formados por sedimentos de origem fluvial de períodos recentes, localmente influenciados pela ação marinha, sendo representados principalmente por argilas, areias e cascalhos (CPRM, 2014). A planície fluvial é composta, principalmente, pelos depósitos fluviais componentes dos riachos que entalham os tabuleiros litorâneos. Os

sedimentos de origem continental e marinha são percebidos no litoral de Fortim, formando a planície fluviomarinhas (LEITE, 2016).

Suguio (2003) ressalta que os conflitos na zona costeira é uma realidade, mas poderiam ser minimizados ou solucionados caso os principais fatores geológicos e geomorfológicos que afetam ou controlam determinada área fossem melhor equalizados. As transformações que já vem ocorrendo in loco implicarão em degradação em todas as esferas, ou seja, paisagística, ecológica, morfológica, sedimentológica, hídrica, enfim, na dinâmica local na medida em que, visualmente, a praia desvalorize-se pela perda de seus componentes constituintes da zona costeira (OLIVEIRA, 2009).

Desse modo, a busca por estudos voltados para o manejo adequado da área e a gestão ambiental da zona costeira, requer a análise da vulnerabilidade desse tipo de ambiente, através de análise da paisagem e de sua evolução ao longo dos anos. Na área de estudo já se pode verificar a degradação dos ambientes de dunas, o desaparecimento de aquíferos e lagunas, a poluição dos recursos hídricos e do solo por práticas de carcinicultura e liberação de resíduos líquidos e sólidos, perda de faixa de praia e volume sedimentar, redução do receptor e fornecedor de sedimentos devido ao crescimento populacional e urbano (especulação imobiliária e turismo de veraneio e lazer), dentre outros impactos ambientais que interferem e afetam no recuo da linha de costa.

2.2 Caracterização da zona costeira

As zonas costeiras são os ambientes que possuem a maior pressão populacional e a mais intensa apropriação dos recursos e elementos naturais (MOURA, 2009). Este se constitui de um ambiente natural de extrema complexidade e sensibilidade, tanto nos aspectos físicos e biológicos, como nos socioeconômicos (MOURA, 2012).

Tal pressão vem se expressando através da urbanização, da navegação e do turismo, traduzindo-se frequentemente em destruição da paisagem natural e, mais especificamente, das planícies litorâneas com suas praias, campo de dunas, manguezais, rios e lagoas costeiras, ocasionando a descaracterização ecológica destes, o desconforto climático e a poluição dos recursos hídricos (MOURA, 2009).

Esta situação desvaloriza os elementos que inicialmente funcionaram como atrativos para a ocupação e o uso destas áreas.

De acordo com Campos et al. (2003), a zona costeira pode ser definida, do ponto de vista espacial, como sendo a estreita faixa de transição entre o continente e o oceano. Já do ponto de vista da gestão, ela é o palco onde se acentuam os conflitos de uso, se aceleram as perdas de recursos e se verificam os maiores impactos ambientais, devido basicamente, à grande concentração demográfica e aos crescentes interesses econômicos e pressões antrópicas.

Erroneamente a zona costeira é conceituada como costa ou orla, logo, não podemos deixar de apontar a acepção de costa ou orla marítima, que pode ser definida como unidade geográfica inclusa na zona costeira, delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e do mar (MUEHE, 2006).

A Lei 7.661/88, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) define a zona costeira como sendo:

“a área de abrangência dos efeitos naturais resultantes das interações terra/ar/mar, leva em conta a paisagem físico-ambiental, em função dos acidentes topográficos situados ao longo do litoral, como ilhas, estuários e baías, comporta em sua integridade os processos e interações características das unidades ecossistêmicas litorâneas e inclui as atividades socioeconômicas que aí se estabelecem”.

Nesse contexto, Brandão apud Silva (2008) nos afirma que a geologia assume papel de destaque no planejamento e ordenamento territorial de regiões costeiras.

O conhecimento da evolução ao longo do tempo geológico, envolvendo os processos passados e atuais, que resultam nas feições costeiras hoje observadas e na dinâmica que modifica constantemente a configuração morfológica dessas áreas, faz da informação geológica um instrumento fundamental para a gestão sustentável da zona costeira (SILVA, 2008, p. 90).

Para Sousa (2007), a planície litorânea é o geossistema que se destaca na zona costeira como sendo um espaço de diversas paisagens. É definida como um ambiente de acumulação de origem recente na escala geológica, dominado pela morfogênese, onde o clima, a hidrologia, o relevo, a hidrografia, a vegetação, ou seja, os componentes geoambientais são elementos deliberativos na configuração espacial deste espaço. Logo, a atuação conjunta desses elementos culmina em um sistema com alto grau de instabilidade e bastante frágil à ocupação, o que torna os tensores

antrópicos forças catalisadoras de impactos ambientais na planície litorânea (MOURA, 2009).

A Lei 7.661/88 também afirma que as praias têm sua definição legal fixada pela caracterização do ecossistema, conforme o art. 10, § 3.º que diz:

"Entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema."

As praias são feições deposicionais no contato entre terra emersa e água, comumente constituídas por sedimentos arenosos mobilizados principalmente pelas ondas, sendo deslocados num vaivém, em constante busca de equilíbrio. Por se localizar junto a um corpo de água, esta se estabelece como espaço de forte atração para o lazer e para atividades econômicas desenvolvidas por meio do turismo e esportes náuticos (MUEHE, 2006).

Conforme Rossetti (2008), essa grande variação nas feições advém da complexa interação de processos deposicionais e erosivos, relacionados com a ação de ondas (tanto normais, quanto de tempestades tropicais ou tsunamis), marés, correntes litorâneas e ação dos ventos.

De acordo com Souza (1994) dentre as feições que compõem a planície litorânea e que serviram de critério para definir os espaços, serão consideradas as seguintes: faixa praial e terraços marinhos; campos de dunas móveis; dunas fixas e paleodunas; espelhos d'água lacustres, planícies ribeirinhas e planícies fluviomarinhas com manguezais.

A zona costeira brasileira é estabelecida como patrimônio nacional na Constituição Federal e compreende uma faixa terrestre de mais de 8.500 km, considerando baías e reentrâncias, voltados para o Oceano Atlântico. Inclui também o mar territorial, correspondente à faixa marinha de 12 milhas náuticas. Cerca de 50,7 milhões de brasileiros seguem a tendência da população mundial de ocupar áreas próximas ao litoral e moram nos 463 municípios da zona costeira brasileira, o que representa 26,6% (1/4) dos habitantes do País GERLING et al., p. 42, 2016).

2.2.1 Sistema Fluvial

Os ambientes fluviais têm sido estudados desde os primórdios de nossas civilizações em razão da curiosidade e da necessidade de compreensão dos processos que ocorrem na evolução e esculturação do relevo. Por serem impulsionados a terem uma dinâmica muito intensa, estes ambientes estão em constante alteração, mudando seus mecanismos de transporte de sedimentos e formas deposicionais, e, por conseguinte, modificando as formas de usos por parte da sociedade (CAVALCANTE et al., 2011).

Conforme Souza, et al. (2012) a partir da ideia de bacia hidrográfica como recorte espacial é fundamental encontrar uma episteme sistêmica que suporte a análise integrada dos diferentes elementos em estudos sobre o ambiente fluvial.

Nesta perspectiva, Christofolletti (1999) afirma que sistema fluvial, é entendido como a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição. Esses elementos não são espacialmente excludentes, interagindo entre si, além de apresentar escalas diferenciadas. E ainda coloca que coloca que “o fluxo e o material sedimentar são os dois componentes fundamentais a estruturação do canal fluvial”.

De acordo com Moura (2017), é regulado pelos processos de transporte fluvial e ações de maré diárias. Como destaca Meireles et al., (2002), nesse sistema, “os processos morfogênicos interagem com os materiais transportados pela deriva litorânea e migração de dunas, bem como os sedimentos de fundo de canal e em suspensão”.

Um sistema fluvial segundo Carvalho et al. (2014), pode ser considerado como um sistema modelador da superfície terrestre, o qual, através de uma interligação complexa da rede de drenagem, tem a capacidade de dissecar o relevo e assim gerar novas superfícies de aplainamento, erodindo e transportando sedimentos. É um sistema aberto que funciona controlado por diversos fatores, com relações interdependentes complexas e com diferentes escalas temporais e espaciais de atuação.

Morais e Carvalho (2013) destaca que esses sistemas são modelados pela variação da descarga (volume de água), tipos de sedimentos transportados, morfologia do canal (variáveis relativas à sua geometria), morfologia do terreno (gradiente) e ao tipo de cobertura do solo. Estes fatores são responsáveis por dar características peculiares aos processos fluviais (erosão/deposição e transporte).

Dessa forma, o entendimento dos processos hidrodinâmicos, sejam estes por fatores internos à bacia, ou por externos, nos dá suporte para compreender a dinâmica entre os elementos funcionais deste sistema, como é constituído e como está estruturado, o que é importante para analisarmos seu comportamento referente às variáveis internas (gradiente, fisiografia, padrões de drenagem, carga sedimentar e demais morfologias associadas) (CARVALHO et al., 2014).

De acordo com Cavalcante et al. (2011), o rio Jaguaribe, estando inserido na área de estudo, representa um importante exemplo de comportamento de drenagem no Semiárido Brasileiro, com cerca de 610 km de extensão e 74.000km² de bacia hidrográfica, englobando cerca de 50% de área do Estado do Ceará.

Queiroz et al. (2018) afirma que considerando que em regiões semiáridas a precipitação é a variável mais importante a definir um padrão para um sistema fluvial, observou-se que os regimes pluvial e fluvial no rio Jaguaribe apresentam características semelhantes, ou seja,

a dinâmica quantitativa de barras fluviais no baixo curso do rio Jaguaribe se dá em consonância com a dinâmica de vazões, de modo que, nos anos secos, observa-se uma redução das feições devido à ausência de fluxos significativos para promover o transporte de sedimentos, ao passo que, nos anos chuvosos, houve um incremento na quantidade de barras fluviais (laterais e centrais) em decorrência de novos ciclos de agradação no canal fluvial (QUEIROZ, et al., p. 24, 2018).

2.2.2 Sistema Marinho

Os mares e oceanos cobrem 70% do planeta e são 90% da biosfera, que é o conjunto de todas as partes do planeta Terra onde existe ou pode existir vida. E essa vida nos mares e oceanos, assim como os processos ambientais geológicos e físicos têm grande complexidade, principalmente por causa do elemento água, que possibilita maior conectividade nas três dimensões espaciais (GERLING et al., 2016).

De acordo com Ursi et al. (2012), cerca de 71% da superfície do planeta é ocupada pelos oceanos, ou seja, aproximadamente 361x106 km². A profundidade média dos oceanos é de cerca de 3.6 km e o seu volume médio é de aproximadamente 1370x106 km³. Os oceanos constituem o maior repositório de organismos do planeta uma vez que existe vida em maior ou menor abundância em todos os domínios do

meio marinho. Altitude média das terras emersas 84 0m. Profundidade média dos oceanos 3795 m. Maior profundidade oceânica 11500 m (fossa de Mariana, oceano Pacífico).

Para Parker (1985), o meio marinho constitui o maior meio aquático do planeta. Como tal torna-se necessário subdividi-lo em diversas zonas tanto no domínio pelágico como no domínio bentônico. A província nerítica é constituída pelas massas de água que ocorrem sobre os fundos da plataforma continental. A província oceânica inclui as restantes massas de água oceânicas. Os organismos pelágicos vivem no seio das massas de água sem dependerem do fundo para completar os seus ciclos vitais. O domínio pelágico é constituído pelas águas oceânicas longe das massas continentais. Os organismos bentônicos são aqueles cuja vida está diretamente relacionada com o fundo, quer vivam fixos, quer sejam livres. O domínio bentônico é constituído pelas regiões adjacentes às comunidades bentônicas. Pode-se ainda considerar as províncias nerítica e oceânica.

Vale ressaltar que a zona costeira está conectada direta e indiretamente tanto com o ambiente marinho quanto com a porção continental do território. Para Gerling/ et al. (2016), de alguma forma, qualquer atividade desenvolvida no ambiente marinho tem reflexo na ocupação dos espaços costeiros e continentais. Por sua vez, as diversas atividades antrópicas, concentradas na porção continental do território, dependem e afetam os ambientes costeiros e marinhos.

A Terra possui 70% de sua superfície dominada por água, onde os oceanos oferecem aproximadamente 300 vezes mais espaço habitável do que o provido por habitats terrestres e de água doce (GOMES & FIGUEIREDO, 2002). Logo, nos processos hidrodinâmicos, este sistema marinho é composto da ação conjunta de ondas, correntes e das marés, o que se torna importante para a análise dos estudos costeiros através dos dados hidrodinâmicos.

2.2.2.1 Ondas

As ondas constituem-se da forma da superfície da água, uma deformação da superfície de um corpo d'água provocada principalmente pelo vento (MOURA, 2009). E de acordo com Muehe (1996) é o principal fator de modelagem das zonas costeiras, pois ao chegarem à praia geram um movimento resultante chamado corrente

longitudinal, que realiza o transporte de sedimentos que vai alimentando as faixas de praia das zonas litorâneas.

Do ponto de vista da dinâmica sedimentar, as ondas desempenham o papel de importantes agentes de energia, constituindo-se na principal causa de erosão e gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de areia. Desse modo, como aponta Wright e Short (1984), a dinâmica praial é resultante da “interação das ondas incidentes, permanentes e aperiódicas e dos fluxos gerados por ondas e marés”.

Para Morais (1996), o perfil transversal de uma praia varia com ganho ou perda de areia de acordo com a energia das ondas e da fonte de suprimento sedimentar. Ambos por sua vez, estão subordinados as alternâncias entre tempo bom e tempestades. Nos locais em que o regime de ondas se diferencia significativamente entre o verão e o inverno, a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação e de erosão, denominados perfil de verão e perfil de inverno respectivamente.

Conceitualmente, as ondas representam o resultado da transmissão de energia na superfície aquosa do oceano pela ação dos ventos (KINSMAN, 1984). As ondas passam a atuar efetivamente na remobilização de material sedimentar nas faces mais rasas, esse transporte inicia quando a onda se instabiliza e quebra na zona de surfe (THORNBURY, 1979).

Como aponta Young (1999), as ondas podem ser de dois tipos, wind-sea (Sea) e swell, onde as Wind-sea (Sea): originadas a partir da ação dos ventos locais, sendo muito irregulares, com diversos períodos (seis a nove segundos) e várias direções. Já as Swell se propagam a partir de outras regiões, sendo mais uniformes, com grandes comprimentos de onda e pequenas amplitudes. Todo conjunto de ondas com períodos a partir de 10 segundos são consideradas swell.

Monteiro Neto (2003) diz que a costa cearense apresenta um perfil bastante retilíneo, tal formação favorece a ocorrência de ondas em praticamente todo o litoral, sendo o regime destas caracterizado por ondas do tipo “swell” com variação média de 1,80 a 3,60 m, com predominância de SE (45%), e ondas do tipo “sea” com amplitude média de 0,90 a 2,40 m, também predominantes de SE (54%). Dessa forma, o componente principal do arrasto se faz no sentido Leste-Oeste.

2.2.2.2 Marés

No domínio costeiro, as variações na amplitude das marés podem ser causadoras de profundas modificações no processo de sedimentação do litoral, acumulando ou erodindo a costa (GARRISON, 2010).

As marés são resultado da ação conjunta de atração gravitacional entre a Terra, a Lua e o Sol, e por forças centrífugas, originadas pelos movimentos de rotação em torno do centro de massa do sistema Sol-Terra-Lua, que se localiza no interior da terra (SILVA et al., 2004). Do ponto de vista da amplitude, as marés foram classificadas em três tipos, de acordo com Davis (1985), micro (<2m), meso (2 – 4m) e macro (>4m).

Outro fator que pode ser usado para classificar as marés é o seu período de influência, podendo ser diurna, apresentando uma preamar e uma baixa-mar em um dia. Outro tipo são as semidiurnas, que apresentam duas preamares e duas baixamares em um dia. E, por último, maré mista, que se assemelha às semidiurnas por apresentar duas preamares e duas baixamares, no entanto são evidenciadas diferenças na altura e duração do ciclo (MORAIS, 1996).

Por fim, associadas ao alinhamento dos astros, podem ocorrer as marés de sizígia, que representam os maiores alcances e variações. As marés de sizígia são originadas a partir do alinhamento da Terra, Lua e Sol, originando as luas nova e cheia. Já na ocorrência das luas crescente e minguante, há uma divisão das forças, condicionando as marés de quadratura (MIGUENS, 1996).

Conforme Moura (2012), as marés da costa do Ceará podem ser classificadas como ondas semidiurnas, e são caracterizadas pela ocorrência de dois preamares e dois baixamares com amplitudes desiguais no período de um dia lunar (24 h e 50 min). Apresentam, portanto, um período médio das ondas de maré de 12 h e 25 min.

2.3 Sistema Eólico

Os ventos são um dos maiores responsáveis pela dinâmica costeira, tendo um papel importante na sedimentação costeira, nas formações de ondas e na geração das correntes litorâneas (MAIA, 1998).

Para Woodroffe (2002, p. 137), o vento é um importante fator responsável pela formação das ondas e marés. Ele também influencia na modificação e desenho das costas, geralmente associados a ondas e períodos de chuva. Estes contribuem ainda para o processo de erosão localizada através do transporte de grãos, que varia em função da sua velocidade.

No contexto da costa cearense, está presente a atuação constante dos ventos alísios, em conjunto com as brisas marinhas, a velocidade média dos ventos incidentes nesse litoral é de 6 m/s (PINHEIRO, 2003). A respeito da direção, estas seguem a sazonalidade dos períodos de precipitação, nos meses de março e abril, nos quais há a concentração das maiores pluviometrias, os ventos têm direção predominante SE, durante o dia, e SSES, durante a noite. Já entre maio e agosto, há uma efetivação da alternância da ação das brisas marinhas-terrestres, predominando ventos ENE-E, durante o dia, e E-SE, durante a noite. Por fim, entre agosto e dezembro, predominam dos ventos alísios de E (PINHEIRO, 2003).

Para o litoral do Ceará, nos meses de março e abril, ápices do período chuvoso, predominam ventos de SE (120° - 150°), ao longo do dia, passando a SSES (150° - 180°), durante a noite. O período entre maio e agosto é de transição, no qual o ciclo térmico diurno terra-oceano passa a alternar brisas marinhas e terrestres, resultando em ventos de ENE-E (60° - 90°), durante o dia, e E-SE (90° - 150°), durante a noite. Entre agosto e dezembro, a direção predominante varia de E a SE, com predomínio dos ventos alísios de E (PINHEIRO, 2003; MORAIS, 1996).

2.4 Erosão e Progradação do litoral

O litoral é um ambiente bastante ocupado pela sociedade, seja por atividades econômicas, seja para moradia e lazer da população. Devido a isso, o mesmo está sujeito a mudanças, pois com o aumento da ocupação da orla costeira, ocorre o desequilíbrio da dinâmica natural de modo que efeitos erosivos que antes da ocupação eram ignorados por não causarem prejuízos, passam a ser vistos como fatores de risco, implicando em questões econômicas e sociais e se tornando assunto de suma importância junto ao gerenciamento do litoral.

Segundo Suguio (1998, p. 276) o processo de erosão em geral é de origem natural, que pode atuar tanto em costa rasa quanto escarpada. Por outro lado, a

erosão costeira, principalmente a praial, pode ser induzida pelo homem. Já o processo de progradação da linha de costa é um mecanismo de avanço da linha costeira, mar adentro, normalmente relacionado à sedimentação por processos marinhos litorâneos ou fluviais.

As modificações na posição da linha de costa decorrem em grande parte da falta de sedimentos, provocado pelo esgotamento da fonte, principalmente a plataforma continental. O processo se dá pela transferência de sedimentos para campos de dunas ou por efeitos decorrentes de intervenção do homem, principalmente a construção de barragens ou obras que provocam a retenção do fluxo de sedimentos ao longo da costa (MUEHE, 2006).

Para Morais (1996, p. 213), a erosão costeira tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado. O autor divide a erosão costeira em dois tipos: erosão natural e erosão antrópica. A erosão natural é resultado da sazonalidade dos regimes de ondas e da morfodinâmica das feições fisiográficas costeiras, constituindo um processo normal no equilíbrio sedimentológico e dinâmico do sistema costeiro, enquanto que a erosão antrópica é resultante da interferência do homem nesse sistema dinâmico nas diversas formas de intervenção.

Conforme Moura (2012), com o crescimento do uso do espaço litorâneo por meio de infraestruturas, principalmente nas proximidades das grandes cidades, intensifica-se os processos sobre erosão marinha e antrópica. Apresenta-se assim a necessidade de elaboração de diagnóstico para cada situação específica, buscando identificar as causas, para que medidas mitigadoras e de gerenciamento possam ser tomadas (MUEHE, 2006).

No litoral do Brasil a erosão ocorre ao longo de toda a costa com predomínio sobre os processos de acresção. Por um lado, a baixa declividade de grande parte da plataforma continental interna sinaliza uma ampla resposta erosiva, no caso de uma elevação do nível do mar. A conclusão mais imediata é a necessidade da aplicação de critérios, já definidos, quanto à manutenção de uma faixa de não edificação para fins de proteção e preservação da paisagem costeira e a necessidade de estudos adequados quando da implantação de obras costeiras (MUEHE, p. 12, 2006).

Já o Estado do Ceará, de acordo com Moraes et al. (2006) apresenta uma linha de costa de 573 km que vem sofrendo extensivos processos erosivos. Destacando a área em estudo, o mesmo autor relata que vem ocorrendo o recuo das falésias elaboradas nos processos abrasivos, que foram muito mais intenso do que os observados nos promontórios rochosos de embasamento cristalinos. No município de Fortim, o processo de erosão verificado na localidade de Pontal de Maceió foi responsável pelo recuo de aproximadamente 200 metros da linha de costa entre os anos de 1988 e 2000, ocasionando o avanço do mar na direção da vila de pescadores, destruindo nas maiores marés do anos, as casas, barracas, estradas e locais para atracação de jangadas (MORAIS et al., p.149 2006).

Barros et al. (2018) ressalta que a ausência da aplicação dos Planos de Gerenciamento Integrado que instituem as diretrizes do Projeto Orla, relacionado ainda a inexistência de fiscalização e revisão dos planos já vigentes, contribuem para expansão de assentamentos urbanos irregulares que ignoram os limites legais. Dessa maneira, a utilização de métodos que delimitam a linha de costa deve ser incentivada com o intuito de atualizar os limites de ocupação da orla.

2.5 Suscetibilidade e impactos do ambiente litorâneo

O ambiente litorâneo através dos fatores climáticos, morfodinâmicos e hidrodinâmicos apresenta uma dinâmica instável e de fácil transformação, principalmente quando o mesmo sofre alguma alteração por meio das atividades humanas no espaço. Devido sua fragilidade, a zona costeira se torna um ambiente vulnerável as tensões ambientais e a suscetível aos processos de transformação de sua paisagem e conseqüente modificação de sua linha de costa, que evolui conforme tais fatores agem no sistema.

Para Pinheiro (2001) o grau de vulnerabilidade de um ambiente litorâneo ou, mais especificamente de uma praia, é determinado em função do deslocamento da linha de costa, como também da estabilidade e das características da mesma, refletindo o comportamento com que um processo ou um elemento do sistema sofre agressões de agentes impactantes.

Diversas análises são realizadas por meio de estudos sobre a evolução de ambientes costeiros, onde indicadores e geoindicadores são registrados através da

verificação e observação da paisagem e dos elementos que a formam, no intuito de gerar subsídios para a gestão adequada dos ecossistemas que deveriam ser preservados.

Os geoindicadores indicam tendências que podem ser úteis no entendimento dos processos atuantes na costa e, conseqüentemente, dos riscos aos quais a mesma está sujeita. A facilidade de levantamento de dados faz dos geoindicadores uma ferramenta de gestão importante para avaliações rápidas de suscetibilidade a ameaças, ou no monitoramento ambiental de longo prazo (BUSH et al., 1999).

Já Lins-de-Barros (2007) enfatiza que além de quantificar os impactos, estudar a vulnerabilidade do litoral fornece subsídios para a identificação dos processos costeiros. As variáveis e indicadores devem estar associados a estes aspectos, os quais associados ao estudo da dinâmica dos processos físicos do litoral permitem não apenas identificar áreas especiais para a gestão, como também compreender a complexidade e dinâmica dos processos que ocorrem nas zonas costeiras (Lins-de-Barros, p. 03, 2007).

Todavia, tais indicadores auxiliam na caracterização dos impactos ambientais que os ambientes costeiros estão suscetíveis a tolerar. Afonso (1999, p. 133), de acordo com a Resolução do CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986, assinala que impacto ambiental é

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança, e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com Moraes (1996, p. 196) os principais impactos produzidos na região costeira podem ser representados pela ocupação e exploração indiscriminada das dunas; desmatamento das dunas; uso das dunas para áreas de recreação; mineração de praia; poluição das águas; reabilitação de áreas degradadas; barramento de curso d'água; loteamento indiscriminado e ocupação residencial em ambientes de preservação, sendo construídos sem nenhum critério de obediência às potencialidades ambientais do lugar.

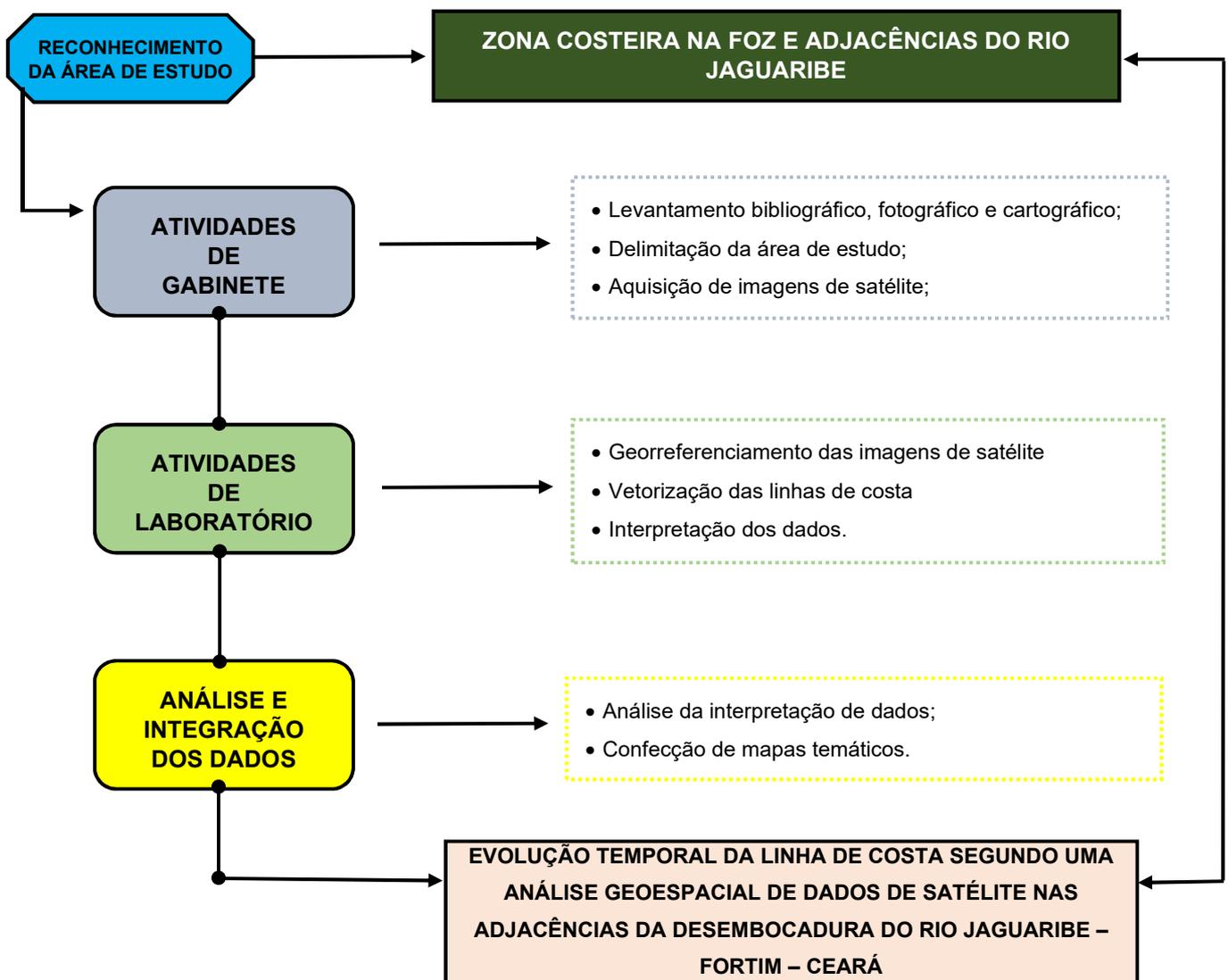
Campos et al. (2003) afirma que um vetor de agravamento dos impactos patrimoniais e culturais e a da perda de identidade têm sido a pavimentação de vias de acesso sem o devido planejamento dos impactos que estes vetores apresentam sobre as regiões afetadas. Obviamente, a abertura de acessos traz consigo impactos positivos para as comunidades, porém, na maioria dos casos, vêm acompanhados de alterações socioeconômicas que acabam por desagregar a estrutura e a rica identidade cultural das comunidades costeiras.

Por fim, Meireles (2005), assevera que os impactos ambientais na zona costeira cearense, foram produzidos através de intervenções que não levaram em conta a interdependência existente entre os processos morfogenéticos, os ecossistemas costeiros e os povos do mar: *“Estas relações de uso e ocupação da zona costeira conduziram a um estado crítico de manutenção da qualidade socioambiental. A relação sociedade-natureza, pautada na exploração dos recursos naturais e na exclusão social, ultrapassou os limites da sustentabilidade”*.

3 METODOLOGIA DE ESTUDO

O estudo da evolução da linha de costa da área de estudo consistiu no levantamento bibliográfico da temática em foco, coleta de pontos de controle, aquisição de imagens de satélite e integração das informações adquiridas (Figura 04), finalizando com a geração de produtos cartográficos representando a variação da linha de costa entre 1984 e 2018, permitindo dessa forma uma análise integrada da dinâmica da área associada às suas características físico-ambientais.

Figura 04: Fluxograma Metodológico da pesquisa.



Fonte: Autora, 2019.

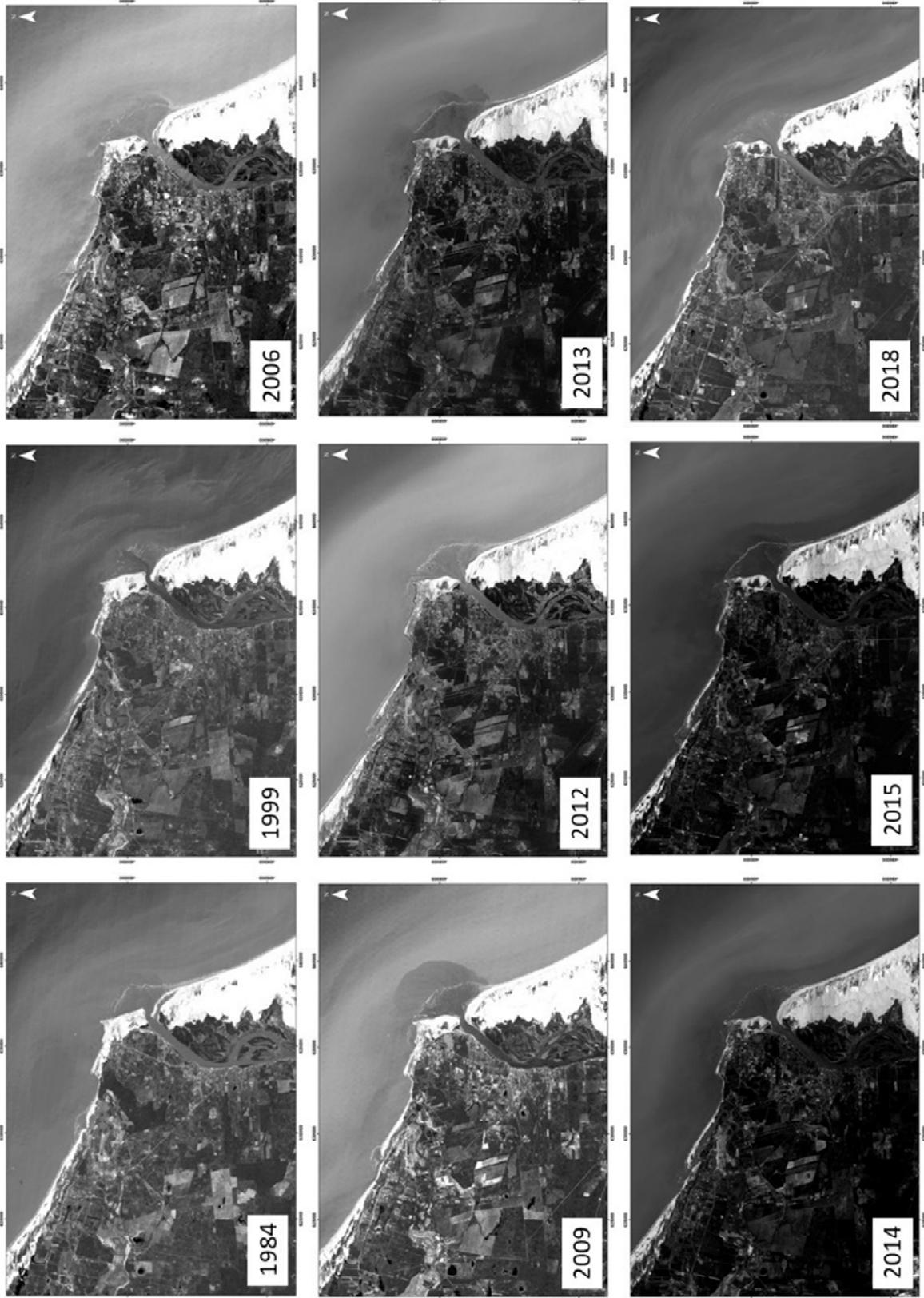
3.1 Levantamento bibliográfico

As atividades preliminares de gabinete consistiram de um levantamento bibliográfico e cartográfico junto às universidades e órgãos ligados aos estudos geológicos e/ou pesquisas que analisaram a área, tais como: Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará (IPECE), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), dentre outros, que possibilitaram a aquisição de referencial teórico e fotointerpretação da área.

3.2 Sensoriamento remoto

Para a realização desse trabalho foram utilizadas imagens retiradas por interpretações de imagens de sensores remotos a partir dos satélites LandSat 5 (1984, 1999, 2006 e 2009) e LandSat 8 (2012, 2013, 2014, 2015 e 2018) (Figura 05). As imagens foram corrigidas utilizando como referencial as imagens *RapidEye*, do geocatálogo do MMA. Para melhorar a qualidade da identificação das linhas de costa, as imagens LandSat com 30 m de resolução espacial, foram fusionadas com a suas respectivas bandas pancromáticas, que possuem resolução de 15 m.

Figura 05: Imagens do satélite LandSat 5 e LandSat 8 dos anos estudados.

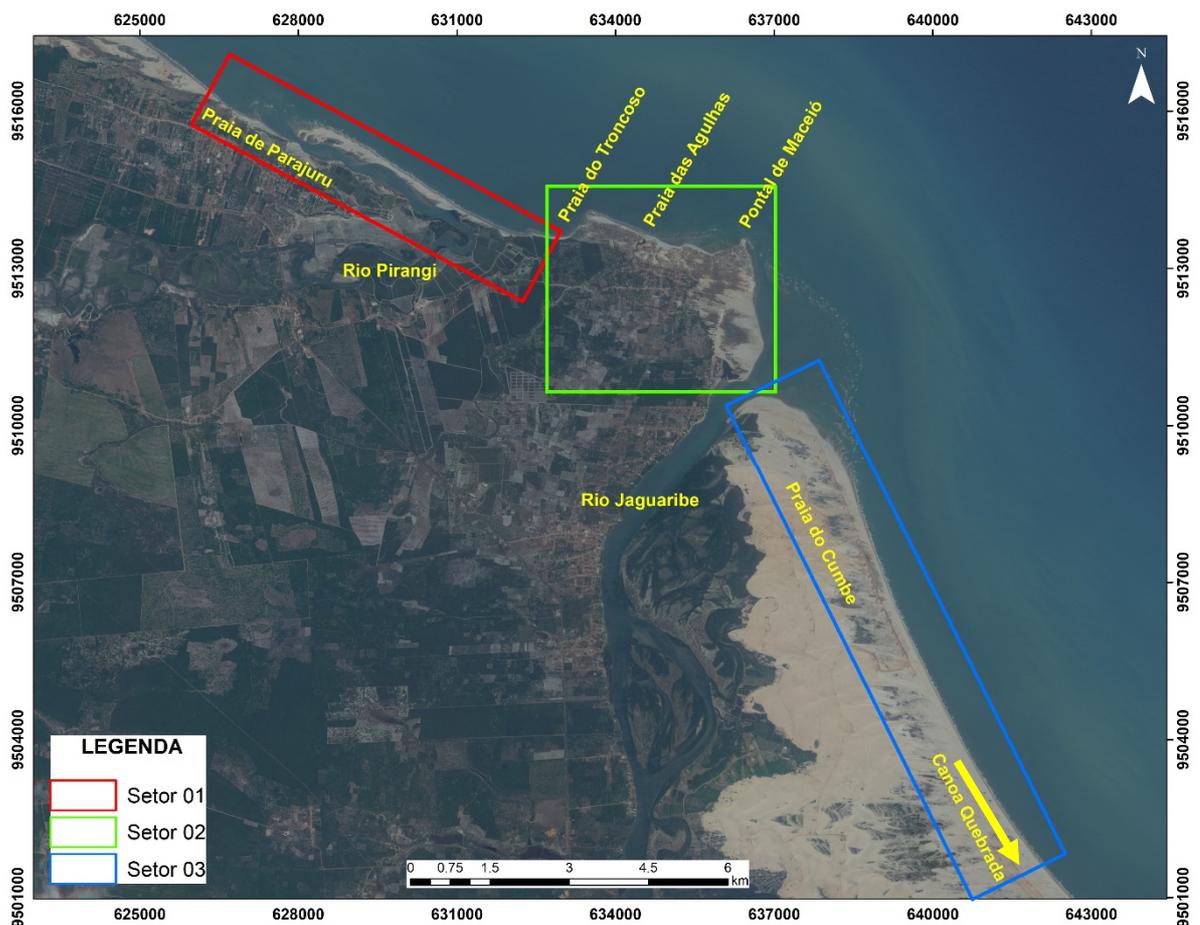


Fonte: Autora, 2019

3.3 Georreferenciamento da linha de costa

As imagens adquiridas foram georreferenciadas para o *Datum* de referência SIRGAS2000, zona 24 Sul e posteriormente da vetorização da linha de costa dos diversos anos, no *software* ArcGis10.3. A área ainda foi dividida em 3 setores, com o objetivo de facilitar a análise da variação da linha de costa. O Setor 01 engloba a área a oeste da foz, o Setor 02 abrange o Pontal de Maceió e a margem esquerda da foz e o Setor 03 marca a margem direita da foz e a faixa de praia adjacente (Figura 06).

Figura 06: Mapa de setores analisados.



Fonte: Autora, 2019.

3.4 Delimitação da linha de costa

A linha de costa deve ser entendida como uma linha móvel, cuja posição é variável a todas as escalas quer sejam espaciais ou temporais. Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos. Naturalmente que consoante o tipo de costa em estudo (costa arenosa,

geralmente baixa ou um litoral de arribas, cujas formações que lhe dão origem podem compreender resistências diferenciadas), podem traduzir-se em recuos de apenas alguns milímetros por ano ou serem da ordem dos vários metros.

Deve-se ponderar por isso qual o “proxy” (referência) mais adequado tendo em linha de conta, naturalmente, o rigor posicional pretendido (OLIVEIRA, 2005). A definição de linha de costa nas imagens utilizadas adota o critério de linha de preamar média (LPM), a qual é determinada pela linha de sedimentos secos/sedimentos molhados. De acordo com Leatherman (2003), a LPM representa uma boa opção como indicador da linha de costa, por representar melhor as posições de máximas variações durante o dia da obtenção da aerofoto, minimizando erros de variações diurnas.

Desse modo, as linhas de costa foram delimitadas através da vetorização, buscando quantificar variações dinâmicas e ajudar na consolidação de uma metodologia de análise, a partir de uma série multitemporal de dados remotos em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (Mapa 01).



3.5 Aplicação do DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*)

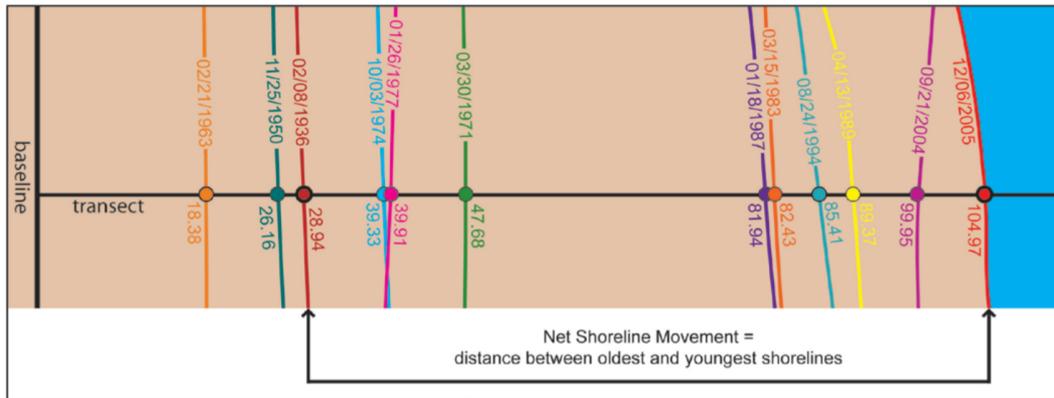
As linhas de costa foram vetorizadas em cima das imagens de satélite, utilizando software ArcGIS 10.3, realizando o cálculo das taxas de avanço e recuo da linha de costa na área de trabalho, entre os anos de 1984 a 2018. Essas taxas foram calculadas utilizando o DSAS. Versão 4.3 (THIELER et al., 2009), que consta de uma aplicação gratuita de software que trabalha dentro da Environmental Systems Research Institute (ESRI) software Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS). Os dados foram gerados em unidades de metro de um sistema de coordenadas projetadas, UTM (Universal Transversa de Mercator).

Neste trabalho foi utilizado o Datum SIRGAS2000 na Zona 24 Sul UTM. O DSAS utiliza-se de vários métodos estatísticos para realizar o cálculo da variação das taxas de recuo e avanço da linha de costa. Os métodos se baseiam nas diferenças entre as posições da linha de costa ao longo do tempo, onde as taxas relatadas são expressadas em metros de mudança ao longo dos transectos por ano.

Os métodos estatísticos utilizados nesse trabalho foram o NSM (Net Shoreline Movement), o LRR (Linear Regression Rate). Cada um deles tem seus métodos diferentes para calcular a taxa de mudança da linha de costa, gerando diferentes resultados.

O NSM tem como resultado uma distância, não uma taxa. O NSM é associado com as datas de apenas duas linhas de costa. Ele apresenta a distância ente as linhas de costa mais antiga e mais recente de cada transecto (Figura 07).

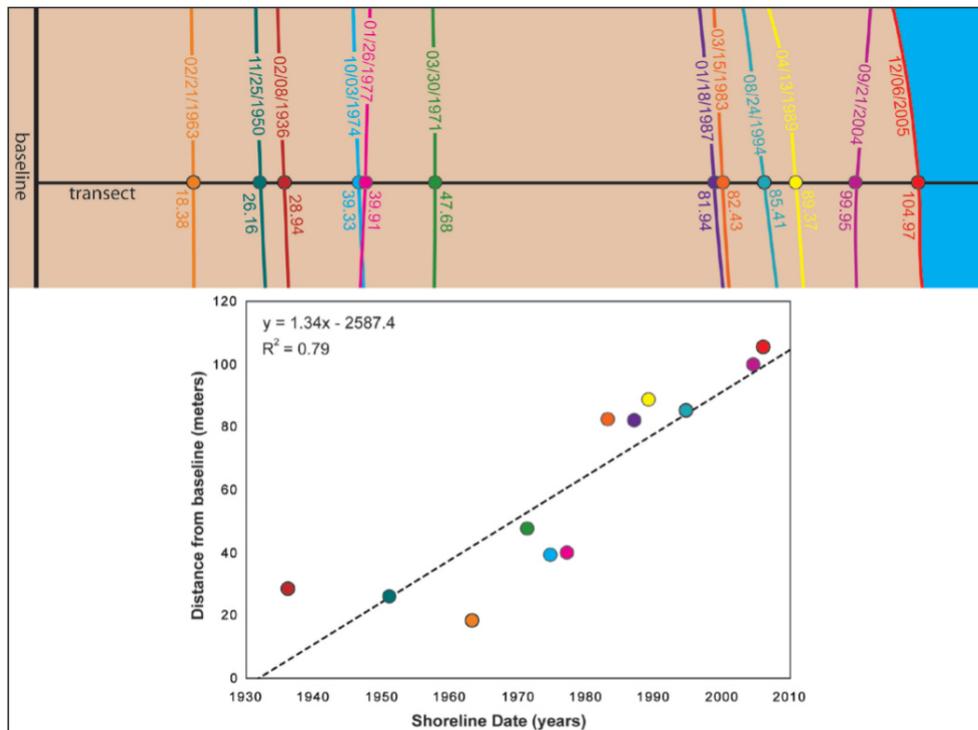
Figura 07: Modelo de aplicação do método NSM.



Fonte: Himmelstoss, 2009.

O método LRR (Figura 08) calcula as taxas de recuo e avanço através da regressão linear simples, considerando, para a realização do cálculo, os desvios existentes ao longo de cada linha de costa.

Figura 08: Modelo de aplicação do método LRR.

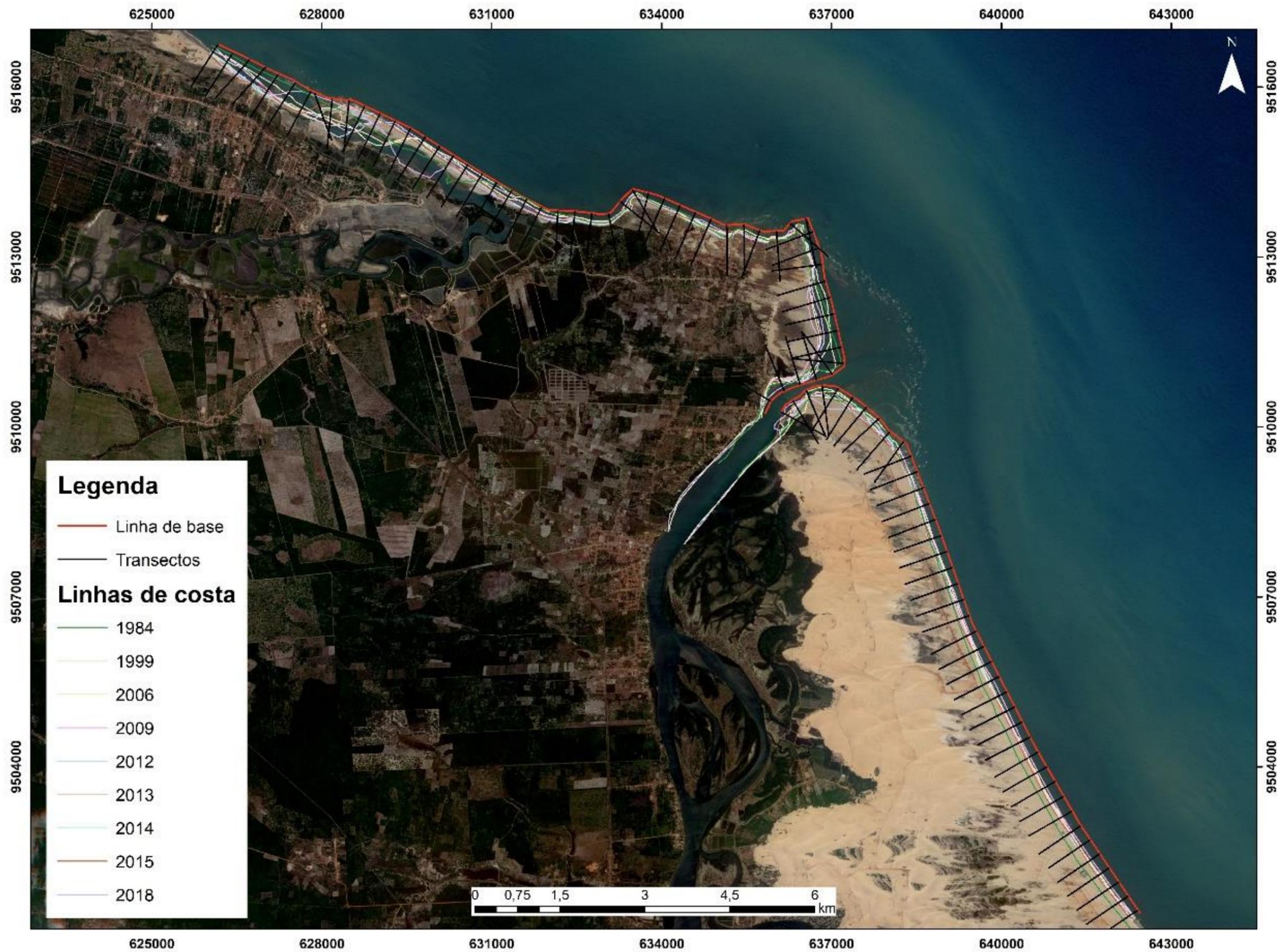


Fonte: Himmelstoss, 2009.

A vantagem do método é que ele considera todas as linhas de costa do conjunto de dados para fazer o cálculo, utilizando-se de conceitos estatísticos. Somando todos os setores foram gerados diferentes 281 transectos com o espaçamento entre eles de 100 m e o comprimento dos transectos utilizados foi de 350 m (Mapa 02). Os transectos foram traçados perpendicularmente a partir de uma linha de base que foi criada *offshore*, utilizando imagens de satélite.

Devido a margem de erro que existe no georreferenciamento e devido à resolução das imagens, dentro do software o campo que limita a margem de erro (Uncertainty) foi preenchido com o limite da resolução espacial das imagens trabalhadas, que foi de 15 m.

Mapa 02: Mapa da área de estudo com transectos, linhas de costas e linha de base.



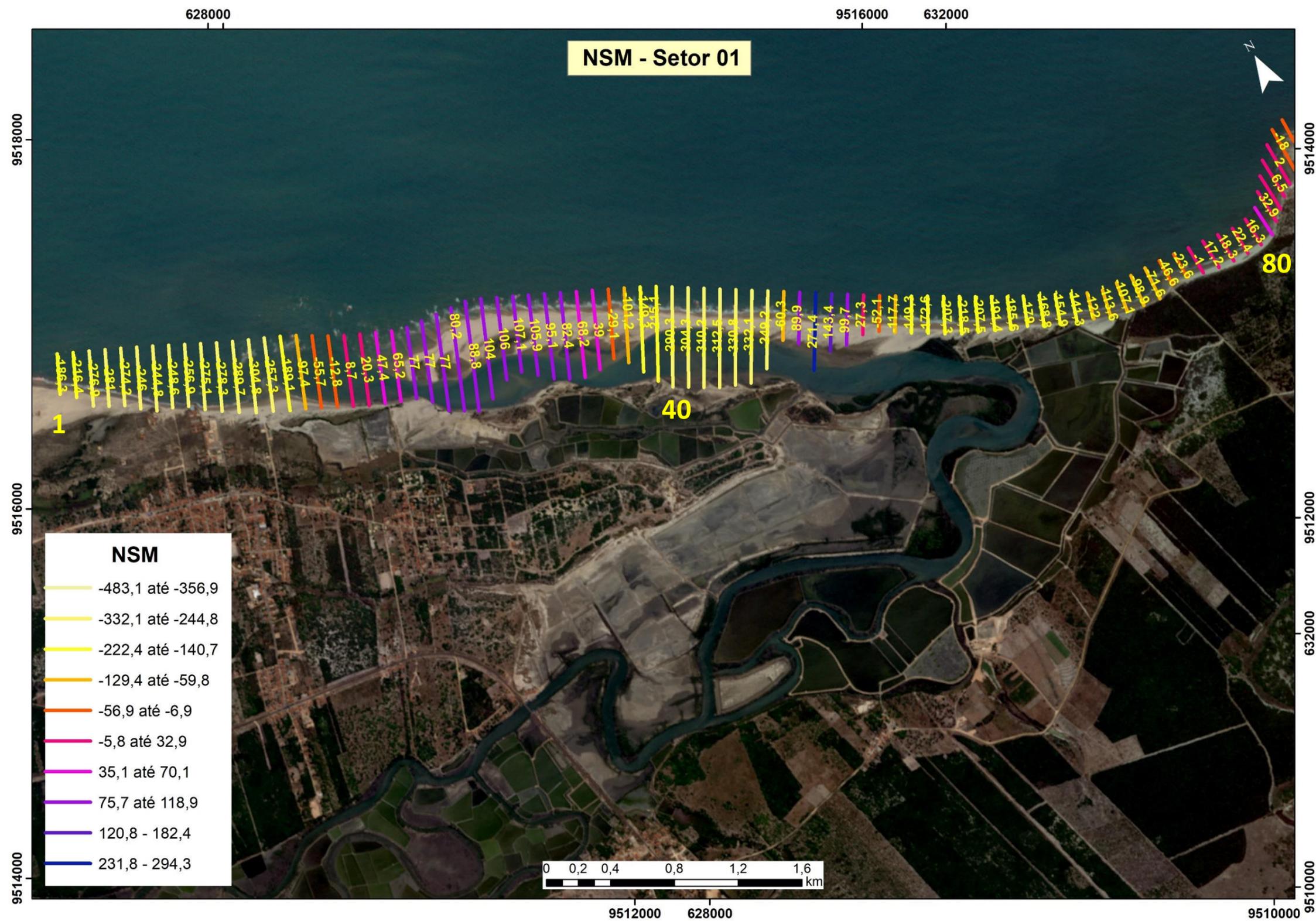
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, estão apresentados os resultados da análise da variação temporal da linha de costa da área de estudo divididas pelos setores propostos de forma a simplificar e melhorar a visualização dos produtos gerados.

4.1 Setor 01

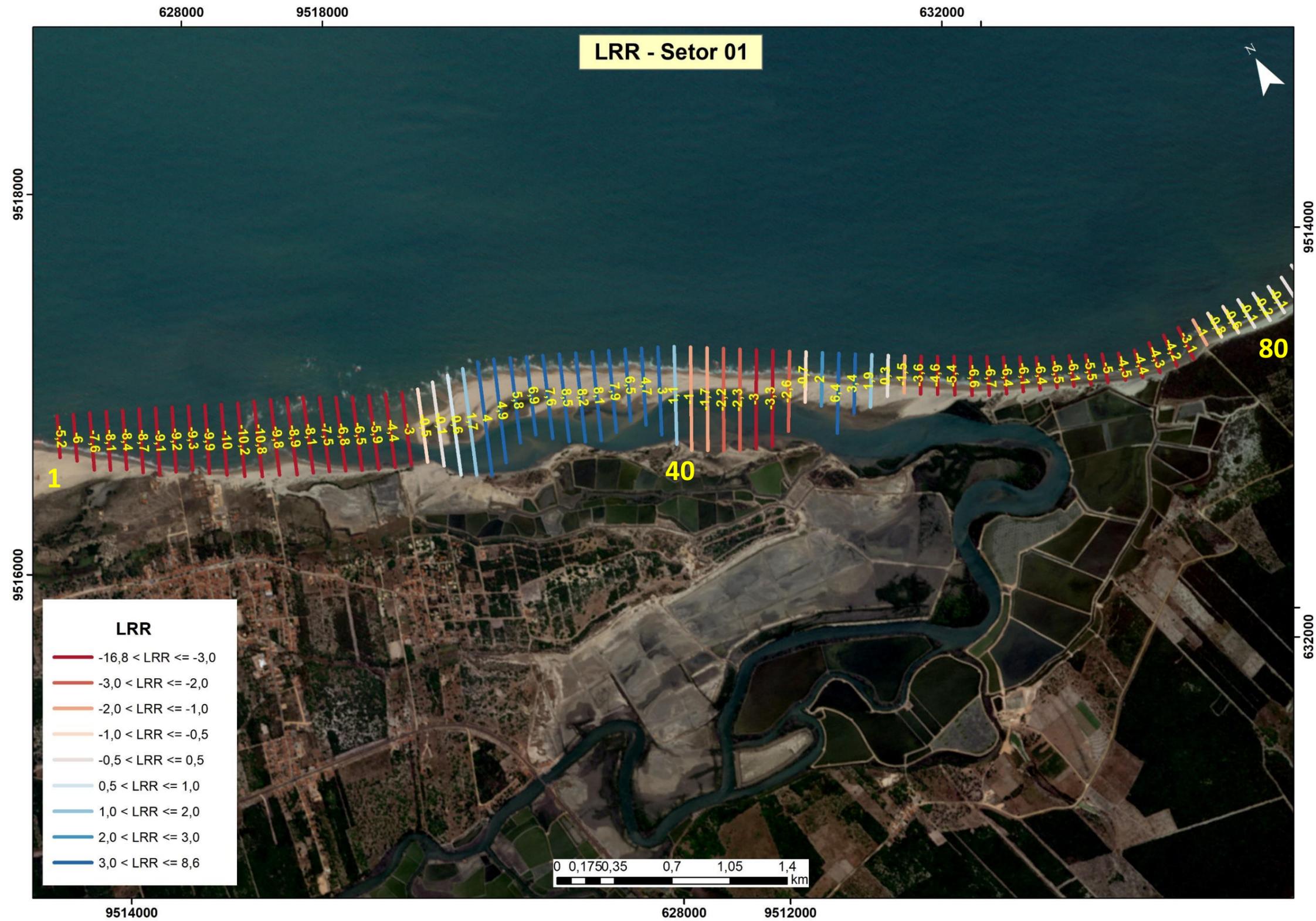
O Setor 01 engloba o litoral a jusante da foz do rio Jaguaribe, incluindo a praia de Parajuru e a Foz do rio Pirangi, com o total de 76 transectos, com a praia de Parajuru indo dos transectos 1 ao 22 e a flecha arenosa dos transectos 23 ao 76. O NSM (Mapa 03) apresentou retrogradação da linha de costa nos transectos 1 ao 15, sendo o 10 o mais expressivo, com o total de 304,84 m, o que pode estar associado à ocupação da área. O menos expressivo foi o transecto 15, com recuo de 12,78 m entre os anos de 1984 e 2018, o que pode ser explicado pela deposição de sedimentos associados à expansão da flecha arenosa, causa essa associada também à progradação ocorrida dos transectos 16 ao 22.

A flecha arenosa formada a partir da foz do rio Pirangi, possui aproximadamente 4 km de comprimento e apresentou progradação os transectos 23 ao 32 e no 18, sendo o 27 o mais expressivo com 107,05 m, onde em toda a ponta da flecha houve progradação, indicando o crescimento da mesma no sentido E-W. Dos transectos 33 ao 46 houve recuo, com o mais expressivo de 332,52 m (transecto 45), que se reflete no estreitamento da flecha, podendo causar uma abertura na mesma e dando ao rio um novo acesso ao oceano. Logo após ocorre progradação em um trecho de 700 m, para logo após apresentar recuo ao longo de toda a flecha (transectos 47 ao 61). A partir daí, nas proximidades da praia do Trancoso ocorre retrogradação dos transectos 62 a 73, com o maior recuo no 62 (179,04) e o menor no 73 (1,03 m). Por fim, os três últimos transectos (74 a 76), apresentaram progradação com 17,24; 18,27 e 22,38 m respectivamente, possivelmente associada a forma de enseada que o litoral apresenta na área.



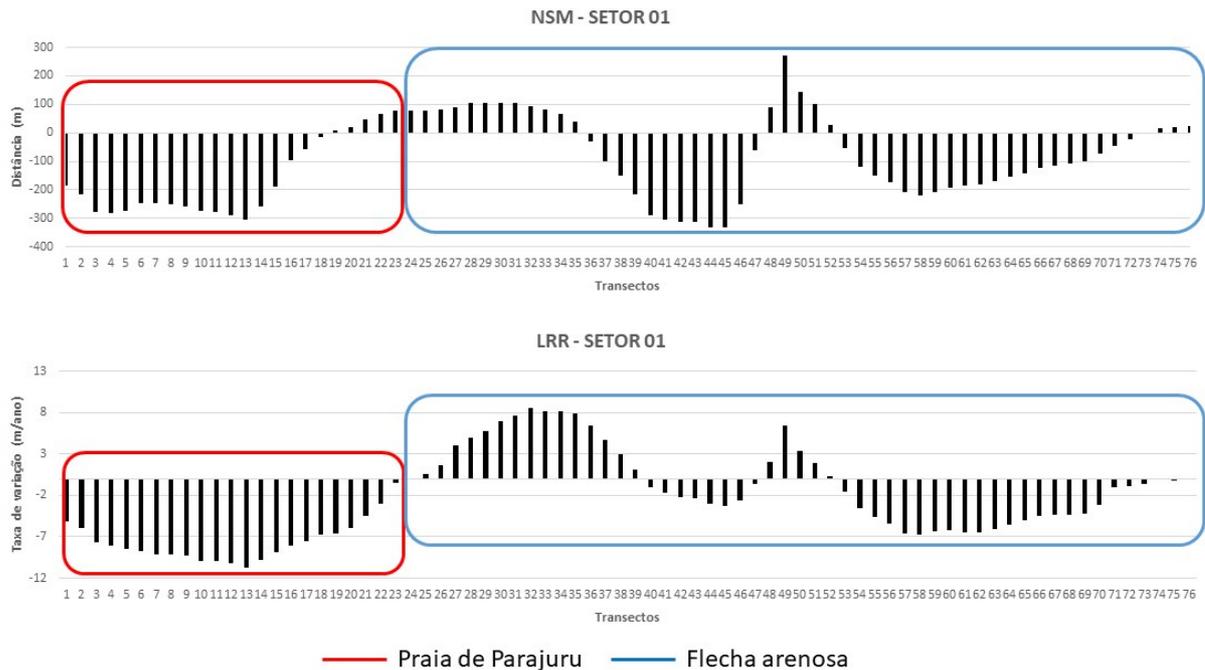
O LRR (Mapa 04) apresentou retrogradação na praia de Parajuru dos transectos 1 a 22, com taxas de recuo variando de -3,00 a -16,80 m/ano, com a maior taxa no transecto 3.

Nos transectos 23 ao 24 houve retrogradação com valores inferiores a 0,5 m/ano, o que indica apenas pequenas mudanças na morfologia da ponta da flecha arenosa. Dos transectos 24 ao 51 houve progradação com taxas variando de 3,0 a 8,6 m, destacando o crescimento da flecha em direção E-W. Os transectos 52 a 71 apresentam recuo, com taxas variando de 1,0 a 6,5 m/ano, ressaltando o estreitamento da flecha nesse setor e partir do perfil 72 até o 76 os recuos são inferiores 0,5 m/ano, que dá um caráter de estabilidade na linha de costa nessa área.



Os gráficos abaixo (Gráfico 01), condensam as variações dos dados NSM e LRR do Setor 01, de forma a facilitar as variações e taxas de recuo ao longo do setor 01.

Gráfico 01: Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 01.



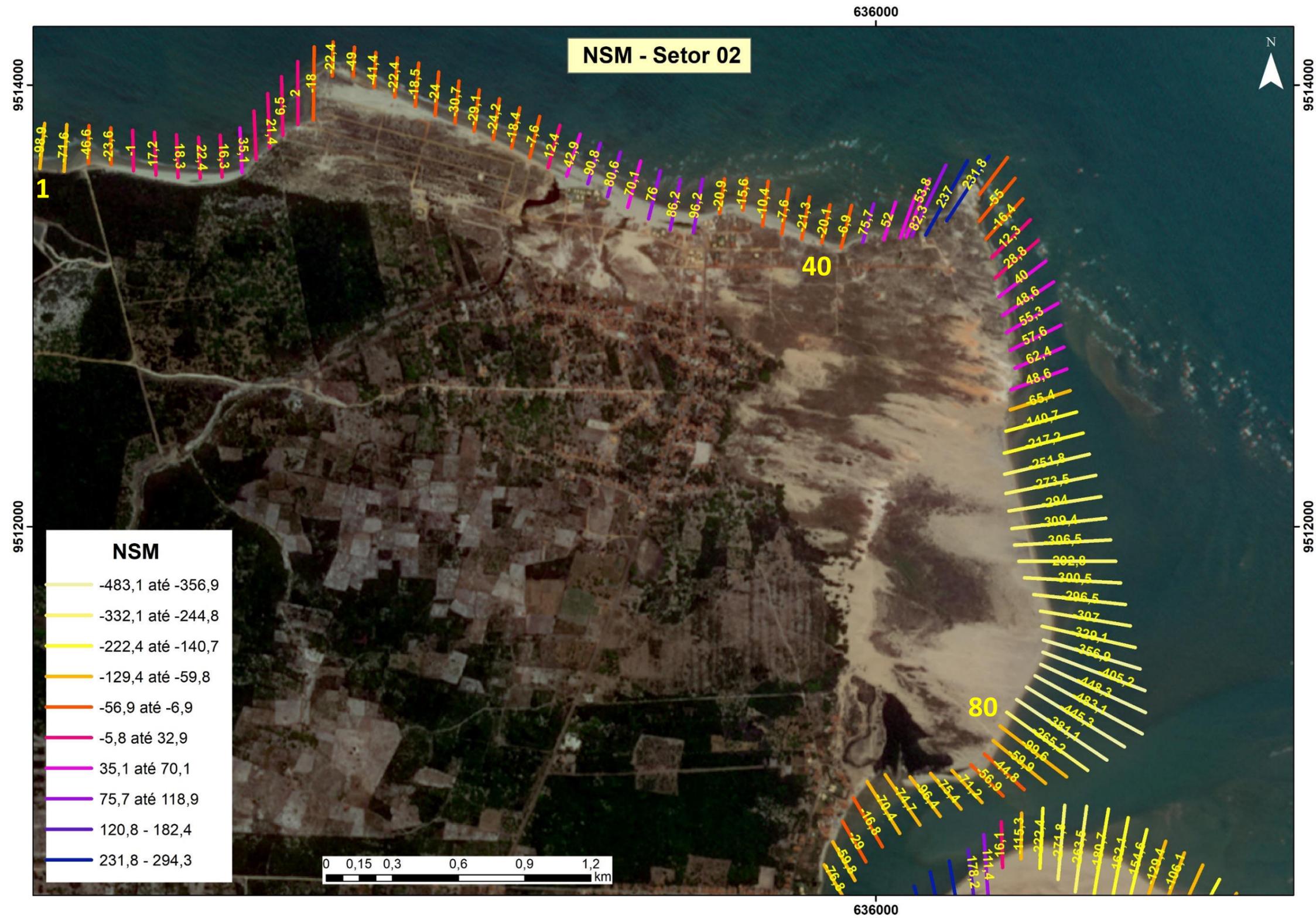
Fonte: Autora, 2019.

4.2 Setor 02

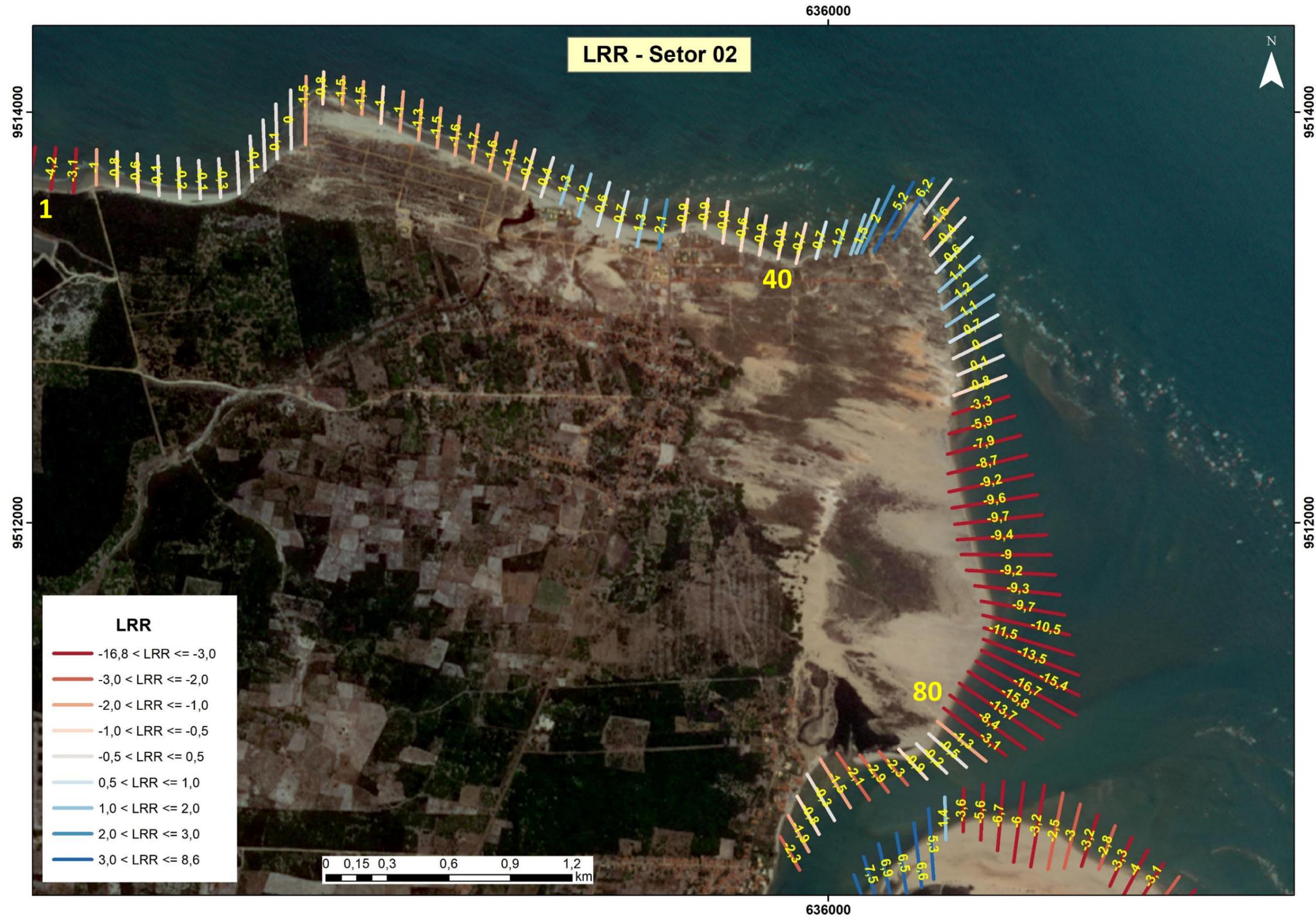
O Setor 02 corresponde a praia do Troncoso, praia das Agulhas e lado oeste do Pontal de Maceió, possuindo um total de 84 transectos e através do NSM (Mapa 05) apresentou progradação na região da praia do Troncoso (transectos 1 a 6) transectos da área, sendo o maior valor no transecto 2 com progradação de 35 m e o menor no transecto 6, com um aumento de 1,95 m. A partir do transecto 7 até o 18, que corresponde a ponta rochosa, ocorre retrogradação, com recuos variando entre 41 m e 7 m, podendo o responsável pelo recuo a exposição da ponta associada à ocupação nesse setor, correspondente à praia das Agulhas, que logo após, entres os transectos 19 e 28, apresentam ganhos variando de 12,42 m nas áreas mais expostas (transecto 19) a 96,21 m parte mais abrigada do litoral (transecto 26).

A partir daí, nas proximidades do Pontal de Maceió, ocorrem recuos variando entre 6 e 20 m nas praias expostas e aumentos da faixa de praia entre 47 e 236 m nas áreas abrigadas a W do Pontal. Já a E, na margem esquerda da foz do Rio Jaguaribe, nos três primeiros transectos que correspondem ao lado E do Pontal de Maceió (40, 41 e 42), temos retrogradação de 7,84 m, 54,99 m e 16,39 m respectivamente e, a partir daí, entre os transectos 44 e 50 houve progradação, possivelmente associada a sedimentos depositados pelo rio e pela deriva litorânea.

Por fim, na margem esquerda da foz (transectos 51 a 84), houve recuo em todos os pontos analisados, indicando um deslocamento da margem no sentido E-W.

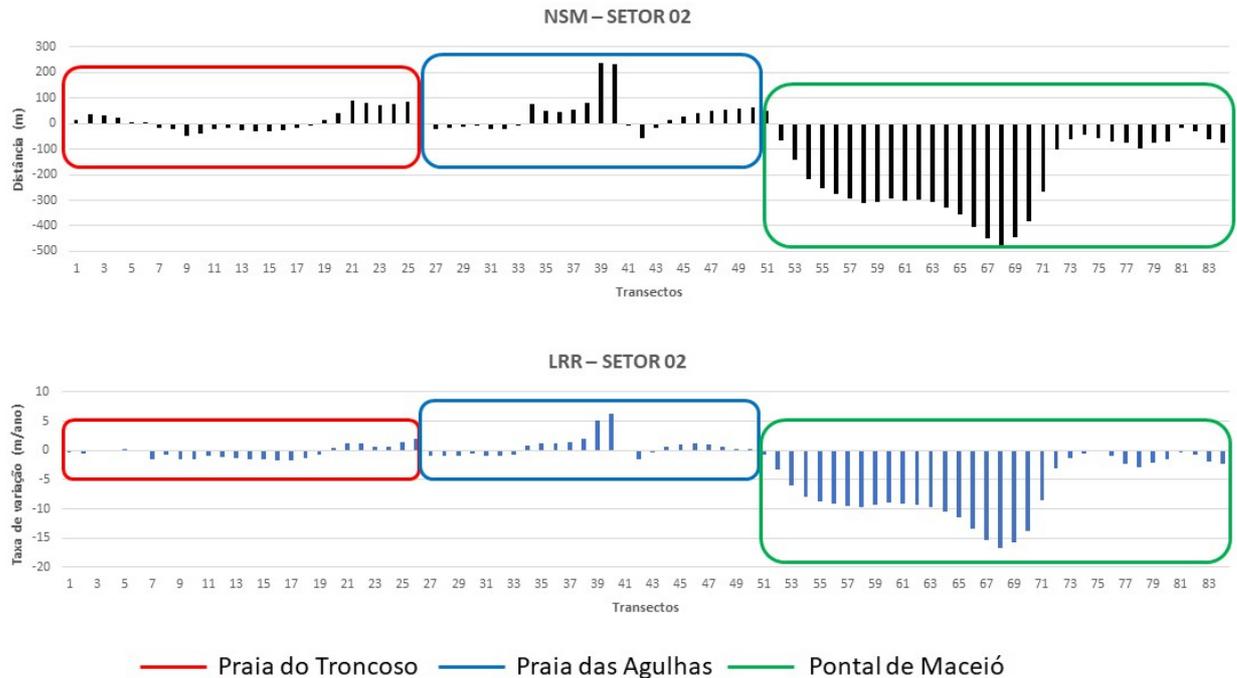


Com relação a variação em m/ano (LRR), apresentou a mesma tendência de progradação e retrogradação do NSM, com as maiores taxas de progradação no Pontal de Maceió, com 5,15 e 6,25 m/ano (Mapa 06). Na margem esquerda da foz as maiores taxas de recuo foram encontradas na parte mais externa da foz, com taxas de -5,91 m/ano a 15,81m/ano. Na parte interna da foz as taxas de recuo foram menores, variando entre 0,19 m/ano e 2,87 m/ano, denotando uma estabilização da margem.



Abaixo seguem os dados de NSM e LRR no Gráfico 02, de forma a visualizar linearmente as informações de todos os transectos do Setor 02, com a identificação das áreas mais relevantes dentro do setor.

Gráfico 02: Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 02.



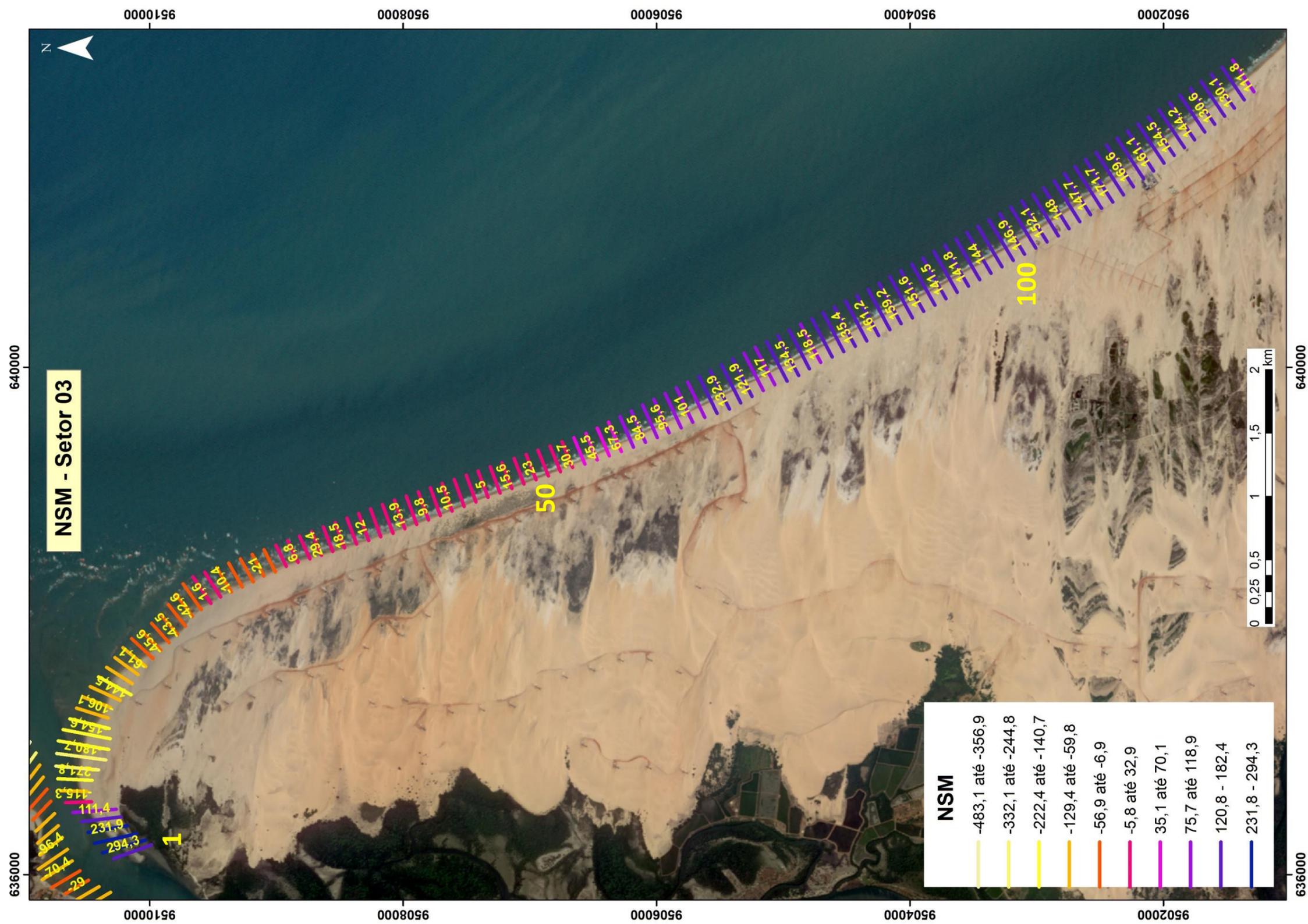
Fonte: Autora, 2019.

4.3 Setor 03

De acordo com os dados do NSM (Mapa 07) pode se verificar que na margem direita no interior da foz (transectos 1 a 7 do Setor 03), ocorreu progradação, apresentando a mesma tendência de migração da foz que foi vista no Setor 02, com os maiores valores nos transectos 2 e 3, com 294,32 m e 285,40 m; respectivamente. Já na margem mais externa e praia adjacente (transectos 8 a 20), ocorreu retrogradação em todos os transectos na comparação entre as linhas de costa de 1984 e 2018, com os maiores recuos próximo a foz do Jaguaribe (-100 a -270 m) e menores na praia do Fortim (-12 a -60 m).

Dos transectos 21 a 121, que abrange a praia do Cumbe em direção a Canoa Quebrada, apresentaram ganhos de faixa de praia em toda a área, com os menores valores de progradação na praia do Cumbe (ganhos de 1,5 a 110 m) e os maiores valores nos arredores de Canoa Quebrada, com valores de 110 a 174 m. Tal

progradação pode ser explicada pela baixa ocupação na área, com apenas o parque eólico próxima a foz do rio e pela presença de um extenso campo de dunas, funcionando como estabilizador e com o suprimento de sedimentos para a faixa de praia.



Os dados do LRR (Mapa 08) corroboram os dados do NSM e apresentam a mesma tendência prográdante na foz do rio Jaguaribe, com os transectos 1 a 7 apresentando taxas de 6,79; 7,51; 6,88; 6,47; 6,64; 5,27 e 1,44 m/ano respectivamente. Já a praia do Fortim difere nos perfis de 8 a 57, apresentando taxas de retrogradação variando de -6,67 m/ano nas proximidades da foz até -0,2 m/ano, o que pode ser considerado como uma área estabilizada. Do perfil 58 em diante a tendência é de progradação, com taxas variando de 0,05 m/ano a 3,78 m/ano, com a maioria dos transectos apresentando ganhos maiores que 2m/ano. A ocorrência de pequenas taxas de recuo pode estar associada ao complexo eólico instalado na área, que mesmo estabilizada, as baixas taxas de recuo indicam que suas estruturas afetam a dinâmica sedimentar da área.

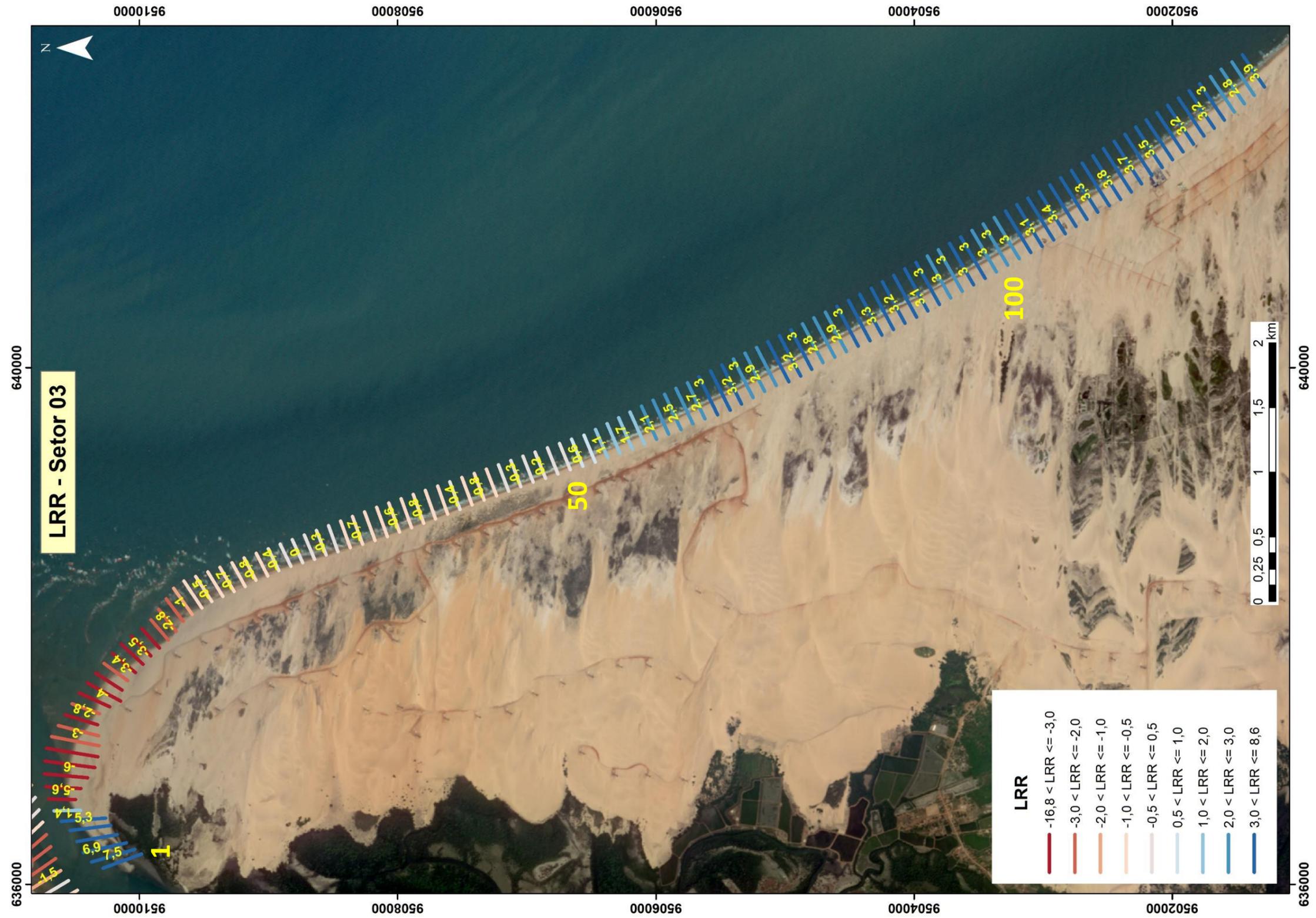
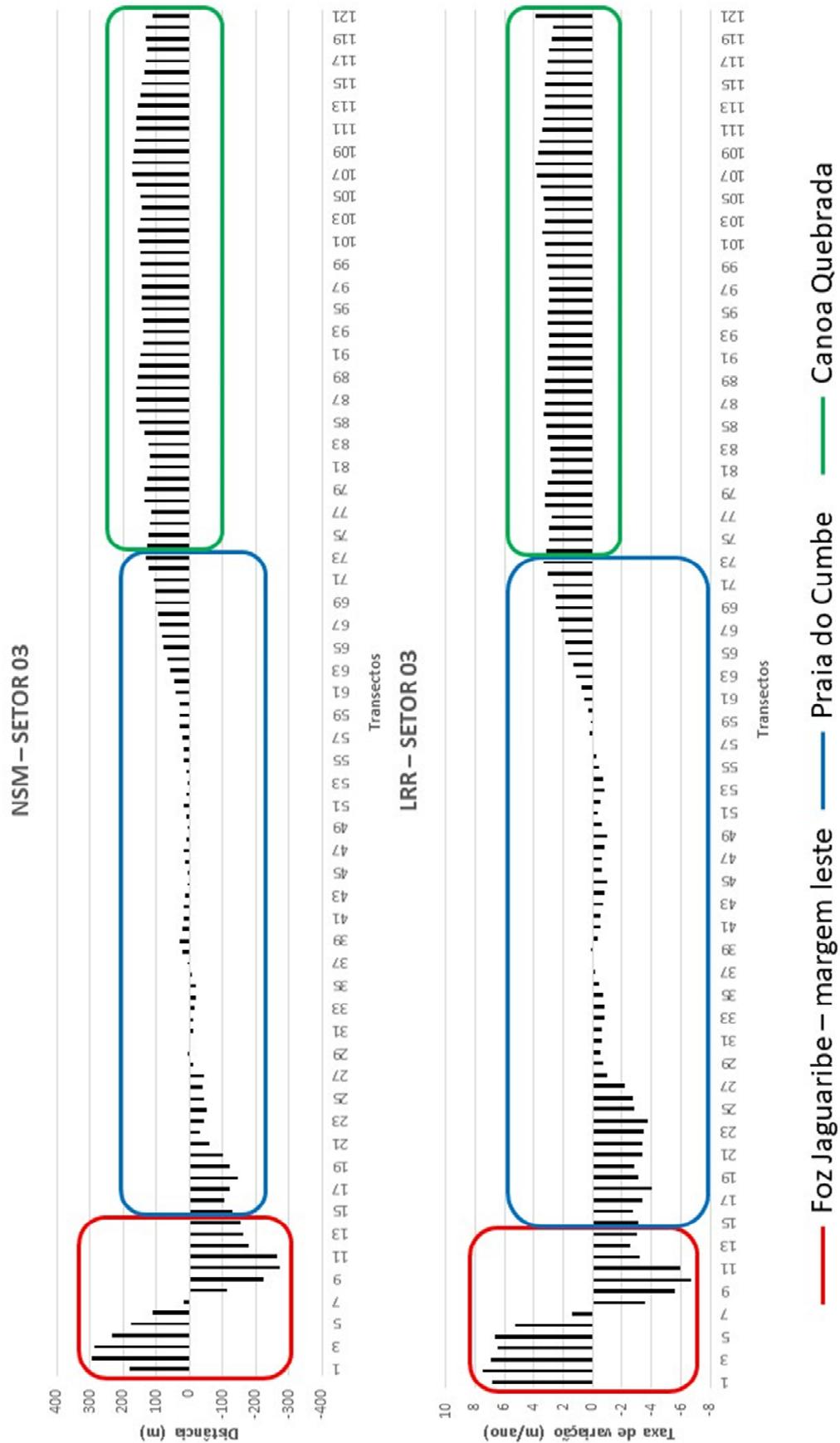


Gráfico 03: Dados de NSM e LRR dos transectos do Setor 03.



Fonte: Autora, 2019.

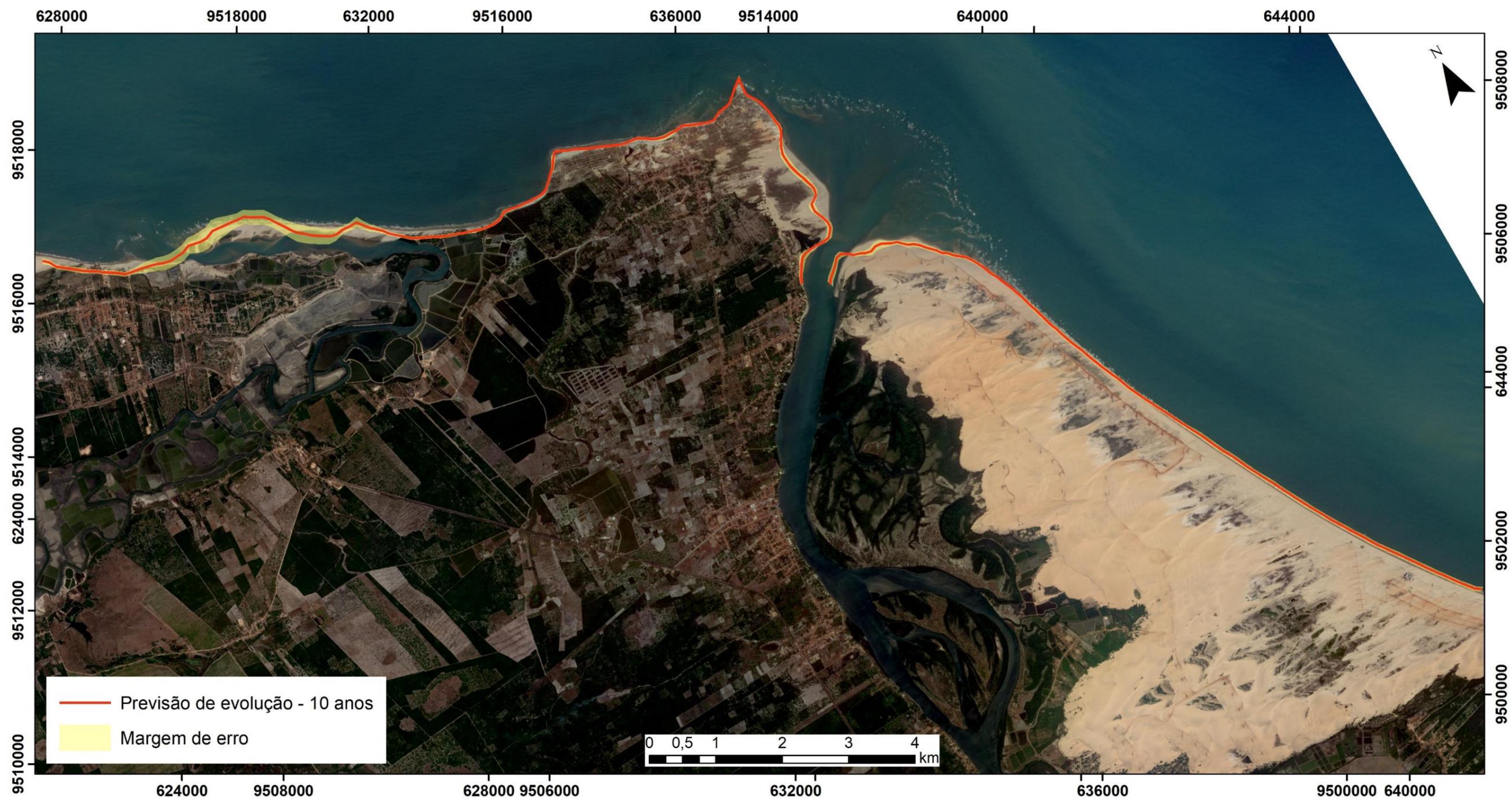
4.4 Cenário futuro

Além dos cálculos já executados de variação da linha de costa, o DSAS também realiza uma previsão do comportamento dessa variação em cenários futuros. No caso desta pesquisa, foi simulado como a configuração da linha de costa da área estaria 10 anos a frente do último ano analisado, neste caso 2018.

Como pode ser visto no mapa 09, as praias de Parajuru, Troncoso, Agulhas, Pontal de Maceió e praia do Cumbe, não apresentam perspectivas de grandes variações, ficando a previsão próxima da configuração atual.

Já a flecha arenosa apresenta uma maior variação, principalmente na margem de erro, já que por ser uma forma em constante evolução é mais difícil traçar uma tendência exata de sua configuração futura.

Por fim, a foz do rio Jaguaribe apresenta uma tendência a continuar com a foz oeste recuando, bem como uma tendência de progradação na parte mais interna da margem leste e recuo na parte mais externa.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados analisados podemos concluir que a região a oeste da foz do rio Jaguaribe apresentou uma tendência de retrogradação entre os anos de 1984 e 2018, com algumas áreas localizadas apresentando progradação, provavelmente associadas a dinâmica natural da região na foz e na área de Parajuru e na flecha arenosa da foz do rio Pirangi existem influência da ocupação que existe na área. É importante destacar a evolução da flecha arenosa, que apresentou crescimento no mesmo sentido da corrente de deriva litorânea, de E para W. Já na região a leste da foz do Jaguaribe, principalmente na praia de Fortim, ocorreu retrogradação na praia próximo a foz do Jaguaribe e na região adjacente, seguido de estabilização e depois progradação em direção à praia de Canoa Quebrada. Tal recuo e a área estabilizada possivelmente estão associadas ao parque eólico instalado na área, onde já foi ressaltado por Silva (2014) que os impactos causados pela instalação de parques eólicos engloba, entre outros, a compactação de dunas fixas e móveis, intervenções na dinâmica natural dos sedimentos, instabilidade ambiental devido a erosão e assoreamento, com maior intensidade durante a fase de instalação.

Outro detalhe que pode ser notado é a tendência de migração da foz do rio Jaguaribe no sentido E-W, que pode ser percebido pela retrogradação na margem esquerda e progradação na margem direita, ocorrendo no mesmo sentido da deriva litorânea.

Através dos dados analisados, e como pode ser visualizado com o levantamento das tendências dos processos litorâneos que ocorrem na área, este tipo de estudo serve como base para uma melhor gestão do litoral e como ferramenta para direcionar futuros trabalhos de dinâmica costeira na região, de forma que facilite a identificação de áreas prioritárias para planejamento e gestão.

REFERÊNCIAS

AFONSO, C. M. **Uso e ocupação do solo na zona costeira do Estado de São Paulo: uma análise ambiental**. São Paulo: Annablume, FAPESP, 1999.

ANDERS, F. J.; BYRNES, M.R. **Accuracy of shorelines change rates as determined from maps and aerial photographs**. *Shore and Beach* (ISSN: 0037-4237), 59(1):17-26, 1991.

BARROS, E. L.; GUERRA, R.G.P.; PINHEIRO, L.S.; MORAIS, J. O.de. **EROSÃO COSTEIRA NO LITORAL LESTE DO CEARÁ: TENDÊNCIA NATURAL E REFLEXOS DOS IMPACTOS ANTROPOGÊNICOS**. Anais do XVII Simpósio Nacional de Geografia – SINAGEO. Crato-CE, 2018.

BENSI, M. **Aplicação do correntômetro acústico ADCP em ambientes marinhos e estuarinos do Ceará e Paraíba – Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará. 128p., 2006.

BRANCO, M. P. N. C.; LEHUGEUR, L. G. O.; CAMPOS, E. G. Proposta de classificação para as feições eólicas do setor leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil. **Revista Geociências**, UNESP, São Paulo. v. 22, n. 2, p. 163-174, 2003.

BRANDÃO, R. L. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza**. CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, v. 1. Fortaleza, 1998.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> Acesso em: 20 out. 2008.

BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. **Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation**. *Ocean Coast. Manage.* 42(8): 647-670, 1999.

CAMFIELD, F.E.; MORANG, A. **Defining and interpreting shoreline change**. *Ocean and Coastal Management*, 32(3):129-151. Published by Elsevier Science Ltd. Printed in Northern Ireland 0964-5691/96, 1996.

CAMPOS, A. A. (Coord.) **Uso e ocupação da zona costeira e seus impactos**. In: *A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada*. Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos-AQUASIS. Fortaleza, 2003.

CARVALHO, T. M. de; MORAIS, R. P. **Aspectos hidrogeomorfológicos do sistema fluvial do baixo rio Uraricoera e alto rio Branco como subsídio à gestão de terras**. Geografias: artigos científicos, Belo Horizonte, 01 de julho - 31 de dezembro de 2014. Vol.10, no 2, 2014.

CASTELO BRANCO, M. P. N. **Sistemas Depositionais da Região Costeira do Estado do Ceará** (Folhas Parajuru e Aracati). Dissertação de Mestrado. Recife: UFPE, 1996.

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. da. **Dinâmica Fluvial no Semiárido e Gestão dos Recursos Hídricos: Enfoques sobre a Bacia do Jaguaribe – CE**. In: MEDEIROS, C. N. de; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. da (Orgs.) Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades. Fortaleza: IPECE, 2011.

CLAUDINO-SALES, V. **Cenários Litorâneos. Lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 389 p, 1993.

CLAUDINO SALES, V. Os litorais cearenses. In: SILVA, J. B. (Org). **Ceará, um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 231-260 p., 2005.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. **PROGRAMA DE RECENSEAMENTO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DO CEARÁ: DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE FORTIM**. Fortaleza, MME, 2008.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999.

DIAS, J. M. A. **A Evolução Actual do Litoral Português**. Geonovas (ISSN: 0870-7375), 11:15-28, Lisboa, Portugal, 1990.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2006.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. **A cobertura sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM 10° Distrito/UFC. Dep. Geol. Lab. de Geol. Mar. Apl., 1998.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e recursos hídricos. **Plataforma de coleta de dados pluviométricos**, 2019. Disponível em: http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download_de_series_historicas/DownloadChuvasPublico.php. Acesso em: 13.10.2019.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. São Paulo: Cengage, 2009.
GERLING, C. (Org.) **Manual de ecossistemas: marinhos e costeiros para educadores**. Santos, SP: editora comunnicar, 2016.

GOMES, A. S.; FIGUEIREDO, A. G. **O Ambiente Marinho**. In: Pereira, R. C.; Gomes, A. S. (Orgs.) *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

HIMMELSTOSS, E.A. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide" in: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009 Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *updated for version 4.3. 2009. Disponível em: <https://cmgds.marine.usgs.gov/publications/DSAS/of2008-1278/>. Acesso em: 22.02.2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Vol. IV, Rio de Janeiro, 1959.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010.
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça cidades e estados do Brasil: Fortim-CE (cidades@)**, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortim/pesquisa/10058/60027>. Acesso em: 15 out. 2019.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - **Perfil Básico Municipal: Aracati**, 2009.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - **Perfil Básico Municipal: Fortim**, 2009.

KINSMAN, B. **Wind waves**. New York: Dover, 1984.

LEATHERMAN, S. **Shoreline change mapping and management along the U.S. East Coast**. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 1551-5036), SI38:5-13. <http://www.jstor.org/stable/25736596>, 2003.

LEITE, N. S. **Zoneamento paisagístico das falésias do litoral de Fortim/Ceará: subsídios ao planejamento e à gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza, 2016.

LEITE, N. S.; RIZZATTI, I. M.; SILVA, E. V. da. **Análise Paisagística do Litoral do Município de Fortim-Ceará: Subsídios ao Planejamento Ambiental Local**. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 6, N.2, p. 103-125, 2016.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Construction of Physical and Social Vulnerability Indices for Integrated Coastal Management: a preliminary study of the Região dos Lagos, Rio de Janeiro**. In: Anais do XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Belém, 2007.

MAIA, L. P. **Controle tectônico e evolução geológica, sedimentológica da região da desembocadura do rio Jaguaribe**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE - Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. 281f. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Barcelona, Barcelona, 1998.

- MARINO, M. T. D.; FREIRE, G. S. S.; HORN FILHO, N. O. Aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza, (RMF), Ceará, Brasil. **Revista de Geologia**, Vol. 25, nº1. P. 77 – 96, 2012.
- MEIRELES, A. J. A., MAIA, L. P. **Dinâmica e erosão costeira**. In: AQUASIS. 70-81 p. Fortaleza, 2003.
- MEIRELES, A. J. A. **Riscos socioambientais ao longo da zona costeira**. In: 57^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2005, Fortaleza. Anais da 57^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2005.
- MEIRELES, A. J. A., ARRUDA, M. G. C., GORAYEB, A., THIERS, P. R. L. Interação dos indicadores de flutuações do nível do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 04, número 08, 2005.
- MIGUENS, A. P. **Navegação: A Ciência e a arte**. Niterói: Editora DHN, 1996.
- MONTEIRO NETO, C. **Parâmetros Oceanográficos**. In: A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada. Coordenadores Alberto Alves Campos [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.
- MORAIS, J. O. de. Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v.9, p. 191-242, 1996.
- MORAIS, J. O. de; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; Souza, M. J. N.; CARVALHO, A. M. de; PESSOA, P. R.; OLIVEIRA, S. H. M. **Caracterização fisiográfica e geoambiental da zona costeira do estado do Ceará**. In: D. Muehe (Org.). Erosão e progradação no litoral brasileiro, pp.131-154, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289, 2006.
- MORAIS, R. P.; CARVALHO, T. M. Cobertura da terra e parâmetros da paisagem no município de Caracará - Roraima. **Revista Geográfica Acadêmica**, s.l. v. 7, n. 1, p. 6-59, 2013.
- MOURA, F. M. de. **Análise geoespacial de dados multiespectrais no estudo temporal da linha de costa da praia de Parajuru, Ceará-Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.
- MOURA, M.R. **Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008**. Dissertação de Mestrado, Mestrado Acadêmico em Geografia/MAG, Fortaleza, 2009.
- MOURA, M. R. **Dinâmica Costeira e Vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará**. 2012. 193f. Tese de doutorado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Org). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. 2a edição, 191-238, Edit. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro (RJ), 1996.

MUEHE, D. **Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo**. In: PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada / Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2006.

MUEHE, D. (Org.) **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006.

OLIVEIRA, S. M. C. **Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo – Garrão (Algarve)**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 137p., 2005.

OLIVEIRA, G. G. de. **Análise integrada da linha de costa situada entre o riacho Barro Preto e rio Catú, Aquiraz, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2009.

OLIVEIRA-MAIA, G. G. de. **Vulnerabilidade e riscos naturais a eventos de alta energia nas praias semi-urbanas e naturais do litoral de Aquiraz, Ceará**. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

PARKER, H. S. **Exploring the Oceans**. Prentice-Hall, Inc.: 354pp., 1985.
PEDROSA, A. A. **Geodinâmica e morfogênese das dunas eólicas na Praia de Canoa Quebrada, Aracati, Ceará, Brasil**. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2016.

PELCAST, J. P.; SALES, V. C. Formas Litorâneas: Barreiras no litoral do estado do Ceará. In: SILVA, J.B.; DANTAS, E.W.C.; ZANELLA, M.E.; MEIRELES, A.J.A. **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. de; MEDEIROS, C. Mudanças da linha de praia e feições morfológicas no município de Cascavel, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, Fortaleza, 34: 117-130p., 2001.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; PITOMBEIRA, E. S. Capping shoreline rehabilitation assessments. **Journal of Coastal Research**, Flórida, v. 35, p. 536-542. 2003.

PINHEIRO, M. V. A.; SALES, M. C. L. **Determinação do balanço hídrico como subsídio para o estudo da dinâmica costeira cearense**. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal, UFRN, 8 a 13 de julho de 2007.

QUEIROZ, P.; PINHEIRO, L. de S.; CAVALCANTE, A. A.; TRINDADE, J. Formação e evolução morfológica de barras e ilhas em rios semiáridos: o contexto do baixo

curso do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. GOT, n.º 13 – **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, Junho de 2018.

ROSSETTI, D. F. **Ambientes costeiros**. In: FLOREZANO, T. G. (org). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
SALES, V. C.; PELVAST, J. P. **Geomorfologia da zona costeira do estado do Ceará**. In: SILVA, J.B. da; DANTAS, E.W.C.; ZANELLA, M.E.; MEIRELES, A.J.A. Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. **Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa**. In: BATISTA NETO, J. A et al (org). Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

SILVA, N. S. da; **Novos olhares para o litoral cearense: A produção de energia eólica e os impactos socioambientais decorrentes dos parques eólicos Volta do Rio (Acará) e Cajucoco (Itarema) – CE, Brasil**. 2014. 143f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUSA, P. H. G. O. **Atuação dos Processos Costeiros e Vulnerabilidade à Erosão na Praia de Paracuru – Ceará**. 2007. 145f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUZA, M. J. N. de; MARTINS, M. L. R.; GRANJEIRO, C. M. M.; SOARES, M. Z. **Esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará**. In: Projeto Áridas do Ceará. Grupo I – Recursos Naturais e Meio Ambiente. Vol. 2 SEPLAN/FUNCEME. Fortaleza. P. 186-203, 1994.

SOUZA, M. J. N. **O Litoral Leste do Estado do Ceará: potencialidades e limitações de uso dos recursos naturais das unidades geoambientais**. IN: O Ceará: Enfoques Geográficos/Organizado por Zenilde Baima Amora – Fortaleza: FUNECE, 1999.

SOUZA, M. J. N.; VIDAL, W. P. O; GRANGEIRO, C. M. M. Análise Geoambiental. In: ELIAS, D. (Org). **O novo espaço da produção globalizada: o baixo Jaguaribe/CE**. Fortaleza: FUNECE. 23 – 89 p., 2002.

SOUZA, M. J. N. de. **Diagnóstico Geoambiental: Unidades Geoambientais**. In: A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada. Coordenadores Alberto Alves Campos... [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

SOUZA, J. O. P. de; CORRÊA, A. C. de B. SISTEMA FLUVIAL E PLANEJAMENTO LOCAL NO SEMIÁRIDO. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 149-168, jan./abr. 2012.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 222p., 1998.

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas**. Geologia USP: Série Didática, v. 2, n. 1, 2003.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E. A.; ZICHICHI, J. L.; ERGUL, A. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0— An ArcGIS extension for calculating shoreline change**: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278, 2009.

THORNBURY, W. D. **Princípios de geomorfologia**. Argentina: Ed. Kapelusz S.A, 1979.

URSI, S.; BIZERRA, A. F.; VISCONTI, A. A. (Orgs.) **Ambiente marinho e biodiversidade: estratégias de ensino para a Educação Básica**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2012.

WOODROFFE, C. D. **Coasts: form, process and evolution**. School of Geosciences, University of Wollongong, NSW 2522, Austrália, Cambridge University Press, 623p., 2002.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a syntesis**. Marine Geology, Amsterdam, v. 56, 1984.

YOUNG, I. R. **Wind Generated Ocean Waves**. Oxford-Elsevier, Amsterdan. 1999.
ZANELLA, M. E. **As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará**. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C; DANTAS. E. W. (orgs.) Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.