

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE DE EROSÃO COSTEIRA NO DELTA DO PIRANHAS-AÇU/RN

Marcos Douglas Lucas Cavalcante¹, Rogerio Taygra Vasconcelos Fernandes²

Resumo: Linhas de costa representam áreas extremamente dinâmicas e sensíveis a mudanças naturais e atividades antrópicas. Estudos relativos à deposição, erosão, recuperação e manutenção da zona costeira do Rio Grande do Norte (Brasil) foram desenvolvidos nestas últimas décadas através de projetos locais e regionais, com o intuito de prevê esse comportamento e controlar futuras frustrações socioeconômicas e sociais. O método para obtenção de resultados foi baseado em uma análise de séries temporais de 30 anos (1985 a 2015) através de imagens LandSat para uma análise da variação da linha de costa. O presente estudo tem como objetivo analisar a evolução da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau – RN, para alcançar esse objetivo foi realizado o processamento digital de imagens, confecção de mapas da variação da linha de costa e quantificação das áreas em retrogradação ou acreção. Os resultados obtidos indicam que há uma tendência generalizada no processo de erosão dos sedimentos pertencentes a linha da costa e contundo realiza-se uma atualização científica sobre a área estudada.

Palavras-chave: Erosão. Geoprocessamento. Zona costeira. Sensoriamento remoto.

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira compõe uma parte do território de grande importância para a maioria dos países, e há, por conseguinte, preocupações com o futuro dessa área, pautada principalmente no estado dos recursos naturais que a compõe, e que são o suporte de vida e de oportunidades de crescimento econômico para as sociedades costeiras [1]. Estas regiões estão subjugadas aos processos dinâmicos que são compostos pela ação dos agentes de transporte, erosão e deposição, tendo como causas a variação do nível do mar, a corrente de deriva litorânea, a influência das marés, o comportamento climático, os efeitos eólicos e, principalmente, a ação antrópica, que é vetor de principal influência na configuração da zona costeira e na morfologia praial, visto que a susceptibilidade desse ambiente à ação humana é relativamente elevada [2].

Pode-se afirmar então que a percepção do litoral como um ambiente sujeito a transformações se estabelece à medida que cresce a ocupação da zona costeira, de modo que os efeitos erosivos que antes eram ignorados, hoje passam a ser vistos como fator de risco, implicando em questões sociais e econômicas. A erosão costeira, torna-se mais frequente a medida que o litoral é ocupado, fazendo com que este fenômeno, pela complexidade das interações entre os diversos fatores naturais e antrópicos, receba cada vez mais destaque, motivando esforços para o processo de ordenamento da zona costeira, uma vez que muitas obras de engenharia podem ser afetadas por este processo, ou até intensificar o processo de erosão e gerar perdas para outros setores da costa adjacente [3].

O retrocesso generalizado da linha de costa tem sido induzido em grande parte, por ações de natureza antrópica, especialmente as que promovem insuficiência do abastecimento sedimentar a montante do sistema (ex: a construção de barragens, a exploração de inertes fluviais e dragagens portuárias) e as que conduzem à degradação das estruturas defensivas naturais (como os campos dunares costeiros ou as barras arenosas submarinas). Em alguns lugares a erosão costeira é, ainda, fortemente ampliada pela construção de molhes de entrada em instalações portuárias, ou estruturas rígidas transversais que interrompem ou debilitam fortemente o fluxo de sedimentos [4]. Desta forma, a zona litorânea, que por si só já possui uma complexa dinâmica ambiental, passou a ser o palco onde diversos interesses da sociedade se chocam, tornando urgente a necessidade de planejamento para sua ocupação, de forma a promover o desenvolvimento saudável das comunidades humanas, aliado a preservação do meio ambiente.

No Brasil por exemplo, que possui mais de 7.500 km de litoral, os impactos da erosão já são visíveis. A zona costeira da região nordeste do país, que até muito recentemente era ocupado principalmente por pequenas vilas e povoados de difícil acesso, passou por intensas modificações, como a abertura de novas estradas com proximidade aparente a linha de costa e a instalação de empreendimentos turísticos vultuosos que, associados à ausência de um planejamento adequado que respeitasse as limitações naturais impostas pelos fenômenos dinâmicos, amplificaram o problema de recuo de linha de costa desta região [5]

Dada a importância da zona costeira e a dinâmica do processo de erosão, estudos envolvendo a análise de linha de costa vêm sendo realizados desde a segunda metade do século passado, utilizando os mais diversos métodos (comparação cartográfica, medições diretas em fotografia aérea vertical, medições periódicas no terreno, técnicas fotogramétricas, utilização de imagens de satélite etc.), visando como resultado final, à obtenção de previsões dinâmicas do comportamento da linha de costa [6].

Em estudos de monitoramento costeiro, a existência de imagens de sensores remotos de épocas distintas, converte a análise multitemporal em uma excepcional ferramenta para o auxílio de estudos da área, ao estender informações de uma área para um contexto geográfico, possibilitando o entendimento da história destes sistemas [7]. Neste sentido, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) surge como uma importante ferramenta para auxiliar no monitoramento deste processo, uma vez que o mesmo permite vetorizar, integrar e fazer análises sucintas, num meio digital de dados multitemporais da linha de costa para análise da evolução costeira.

Desta forma, objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da linha de costa do delta do Piranhas/Açú, (RN), ambiente altamente dinâmico e quem vem sendo ocupado nos últimos anos por diversos empreendimentos, em ambiente SIG, caracterizando o processo de erosão costeira nesta região.

2.MUDANÇAS COSTEIRAS E A INTERVENÇÃO HUMANA

Na Zona Costeira Brasileira, com aproximadamente 388 mil km² de área, extensão de 8.698 km e largura variável, localizam-se 13 das 17 capitais dos Estados litorâneos e cerca de 400 municípios. O resultado disso é o aparecimento de espaços urbanos precários e, muitas vezes, habitados pela população de baixa renda, produzidos com baixa regulação de usos, investimentos insuficientes em equipamentos e infraestrutura básica e destituídos de justiça socioambiental [6].

O litoral apresentar uma complexa dinâmica ambiental de diversos interesses para a comunidade e sociedade no geral. Por isso a preocupação de planejar a ocupação na zona costeira é essencial para o desenvolvimento saudável das comunidades litorâneas, sem futuras preocupações. No espaço litorâneo encontram-se diversos tipos de ecossistemas necessários para o equilíbrio natural.

A maior parte da zona costeira do Brasil e suas áreas adjacentes vive em uma constante mudança em resposta aos processos naturais e a interferência humana, associada muitas vezes à exploração de recursos não vivos, através da retirada dos recursos praias e a implantação de complexos urbanísticos. As áreas litorâneas são ambientes ativos, abstrusos e sensíveis, tanto no que se diz respeito aos seus aspectos físicos como nos aspectos humanos. Frequentemente a atividade humana é conduzida sem um adequado conhecimento da geologia costeira. Como resultado, surgem diversos problemas, causando a degradação imprevista das linhas de costa, até mesmo ações humanas com o intuito de salvar ou melhorar a zona costeira podem indevidamente conduzir à degradação inesperada do sistema praias. Como principais causas da erosão é apontada a intervenção do homem nos processos costeiros seguido da urbanização da praia. Esta constatação é importante à medida em que se relega a erosão provocada por fenômenos naturais a um segundo plano, principalmente a decorrente de uma suposta elevação do nível do mar.

Quando se considera a associação entre erosão e urbanização, envolvem-se dois aspectos: a erosão provocada pelo homem, aquela em que se interfere no meio natural construindo no balanço sedimentar, ainda que de pequeno porte e, em segundo lugar a identificação de fenômenos ou tendências erosivas relacionadas à presença de uma orla fixada pela população. Em outras palavras, a urbanização não provoca a erosão, entretanto as construções de edificação dentro da faixa natural das praias causam mudança no ecossistema natural e em resposta a tal invasão as tempestades tendem a tomada da região com o avanço do mar e o acréscimo da erosão. A terceira causa da erosão é devida a falta de suprimento sedimentar, seja por esgotamento da fonte natural, por retenção dos sedimentos, por perda de sedimento na formação de dunas e por retenção de sedimentos para uso nas obras de engenharia [8].

3.MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

Os municípios de Porto do Mangue e Macau estão localizados no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte. De modo mais preciso a área de estudo compreende da praia de Pedra Grande até a praia de Diogo Lopes (Figura 1). Em coordenadas a área está localizada entre os paralelos 5°3'48'' e 5°6'41'' de latitude sul e os meridianos 36°47'33'' e 36°37'44'' de longitude oeste, os municípios localizam-se a uma média de 222 km da capital do estado – Natal [9]. A área de estudo está inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar e apresenta-se na unidade litoestratigráfica do Polo Costa Branca situado na Zona Oeste do Estado, o Polo Costa Branca é marcado por um exótico contraste onde divide-se pela sua vegetação predominante caatinga e do outro lado o mar, com várias dunas, falésias e quilômetros de praias desertas. A região é uma referência na produção de sal, petróleo e fruticultura, o Polo Costa Branca possui uma ótima estrutura turística, composta por hotéis, pousadas e restaurantes. [10-11].

As unidades geológicas encontrada nos municípios identificam-se nos seguintes aspectos, o relevo da área

apresenta paisagem monótona próximo ao litoral, com a presença de uma ampla planície de maré. Nessa faixa litorânea, as altitudes geralmente estão situadas ao nível médio dos mares [12]. Esta região sofre constantes modificações geomorfológicas, erosionais ou deposicionais, causadas principalmente por processos marinhos [13].

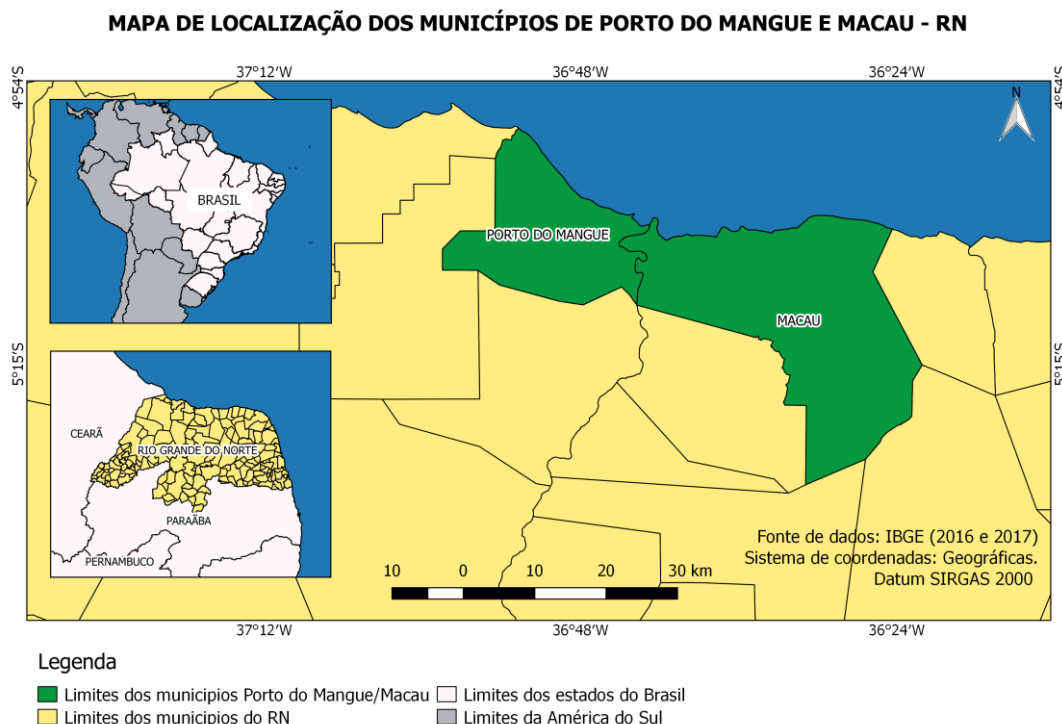


Figura 1- Localização espacial da região em estudo. (2018). (Autoria própria).

3.2 Processamento digital de imagens

Sensoriamento Remoto é umas das tecnologias mais eficaz no que se diz respeito a coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global [14]. No procedimento de aquisição de informações por meio de sensoriamento remoto há duas fases importantes: a aquisição de dados (imagens e coordenadas), referente ao processo de detecção e registro de informação e a fase de utilização e análise de dados, que compreende o tratamento e a extração de informações dos dados coletados [5].

As imagens de satélite em meio digital possuem dados acerca de corpos físicos contidos sobre a superfície terrestre, que podem ser identificados por intermédio do processo de classificação. Esse processo, baseia-se na distinção de diferentes alvos que possuem comportamentos espectrais diferenciados, que permitem a sua identificação. A classificação digital de imagens associa cada pixel a uma determinada feição terrestre, obtendo-se como resultado a identificação e extração de informações da área desejada, sendo indispensável em qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo informações obtidas por meio de sensoriamento remoto [15]. O trabalho utilizou as imagens digitais dos satélites em atividade Landsat5 TM e Landsat8 OLI (Quadro 1), adquiridas no site do instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE) de forma gratuita, georreferenciadas para o sistema de referências SIRGAS 2000, zona 24 Sul. O satélite LandSat 5 foi lançado no dia 01 de março de 1984 e opera em órbita equatorial a 705 km de altitude. O sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite faz o imageamento da superfície produzindo imagens com 185 Km de largura no terreno, resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais. A plataforma Landsat 8 opera com dois instrumentos imageadores: *Operacional Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Produtos OLI possuem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros [16].

O processamento das imagens foi feito no software QGIS versão 2.18. Em seguida foram realizados os procedimentos de análises das composições coloridas *red*, *green* e *blue* (RGB) formada pelas bandas 4/3/2 com o intuito de definir melhor os limites entre solo e água.

A banda 4 permite o mapeamento da rede de drenagem e identifica melhor o delineamento do corpo de água, serve para mapeamento de feições geológicas e estruturais, permite a visualização de áreas agrícolas e áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). A banda 3 permite a identificação entre as áreas ocupadas por vegetação devido ao seu bom contraste (ex.: solos expostos, estradas e áreas urbanas), permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura

vegetal. A banda 2 apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade e apresenta boa penetração em corpos de água [17].

Após a composição coloridas das bandas, utilizamos a ferramenta *shapefile* no software QGIS versão 2.18 com o intuito de definir os limites terrestres da orla. O processo de delimitação foi realizado com o auxílio de tal extensão que possibilita a criação de vetores do tipo linha para uma melhor representação computacional da linha de costa.

Quadro 1 - Características dos sensores TM e OLI.

Sensor	LandSat 5	LandSat 8 OLI
Bandas espectrais	Banda 1-Azul (0,450 - 0,520 μm) Banda 2-Verde (0,520 - 0,600 μm) Banda 3-Vermelho (0,630 - 0,690 μm) Banda 4-Infravermelho próximo (0,760 - 0,900 μm) Banda 5-Infravermelho médio (1,550 - 1,750 μm) Banda 6-Infravermelho termal (10,40 - 12,50 μm) Banda 7-Infravermelho médio (2,080 - 2,350 μm)	Banda 1 – Aerossol, costeiro (0,43 - 0,45 μm) Banda 2 - Azul (0,45 - 0,51 μm) Banda 3 - Verde (0,53 - 0,59 μm) Banda 4 - Vermelho (0,64 - 0,67 μm) Banda 5-Infravermelho próximo (0,85-0,88 μm) Banda 6 – SWIR 1 (1,57 – 1,65 μm) Banda 7 - SWIR 2 (2,11 - 2,19 μm) Banda 8 - Pancromático (0,50 - 0,68 μm) Banda 9 - Cirrus (1,36 – 1,38 μm)
Resolução espacial	Bandas 1-5 e 7 – 30 metros Banda 6 – 80 metros	Bandas 1-7 e 9 – 30 metros Banda 8 – 15 metros
Resolução temporal	16 dias	16 dias

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2018).

3.2 Delimitação da linha de costa

Devemos entender a linha de costa como um limite 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, o conceito de linha de costa é amplo, haja vista que sob o ponto de vista físico a linha da costa apresenta simplesmente à linha de interface entre a terra e água. E uma das definições que podem ser utilizadas como referência para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a maré alta [5]. Os indicadores da linha de costa devem ser analisados a partir de dois tipos básicos: as feições físicas que criam obstáculos à passagem da água, tais como penhascos rochosos, falésias, dunas, arenitos de praia, bermas, muro de proteção e as marcas associadas ao nível de água, como linha de vegetação, resíduos deixados pela maré, linha de água e marca da maré mais alta [18].

O presente trabalho identifica a linha de costa através da marca deixada pela maré mais alta (Figura 2), considerando o instante da imagem adotada obtida por satélites, interpretando e extraíndo sua posição nos sistemas de coordenadas UTM. A linha de costa foi determinada através da vetorização dos dados georeferenciados à sua identificação, usando como base as imagens do sensoriamento remoto adquiridas preferencialmente no segundo semestre de cada ano referente a imagem obtida, levando em consideração a porcentagem de nuvens presente na região, permitindo assim, uma visão mais limpa dos dados dos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015, no intervalo de 10 anos (Quadro 2), visando quantificar as variações da posição da linha da costa analisada, e fazer uma breve crítica da erosão durante esses 30 anos decorrido.



Figura 2 - A linha pontilhada em vermelho na imagem de satélite, representa a delimitação da linha de costa.

Quadro 2 - Data das imagens

Satélite	Data
LandSat 5	11/11/1985
LandSat 5	16/06/1995
LandSat 5	13/07/2005
LandSat 8	25/07/2015

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2018). (Autoria própria).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para Farias [5] a linha de costa é um exemplo bem típico de áreas de extrema dinâmica e que se modificam com o tempo, independentes da intervenção humana, mas sendo aceleradas por ela, a referência mais adotada para caracterizar a linha de costa em áreas costeiras arenosas, consiste na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a maré alta, caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia, facilmente identificável nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto e fica mais claro pós a composição colorida, *red*, *green* e *blue* (RGB) dos dados adquiridos (Figura 3).

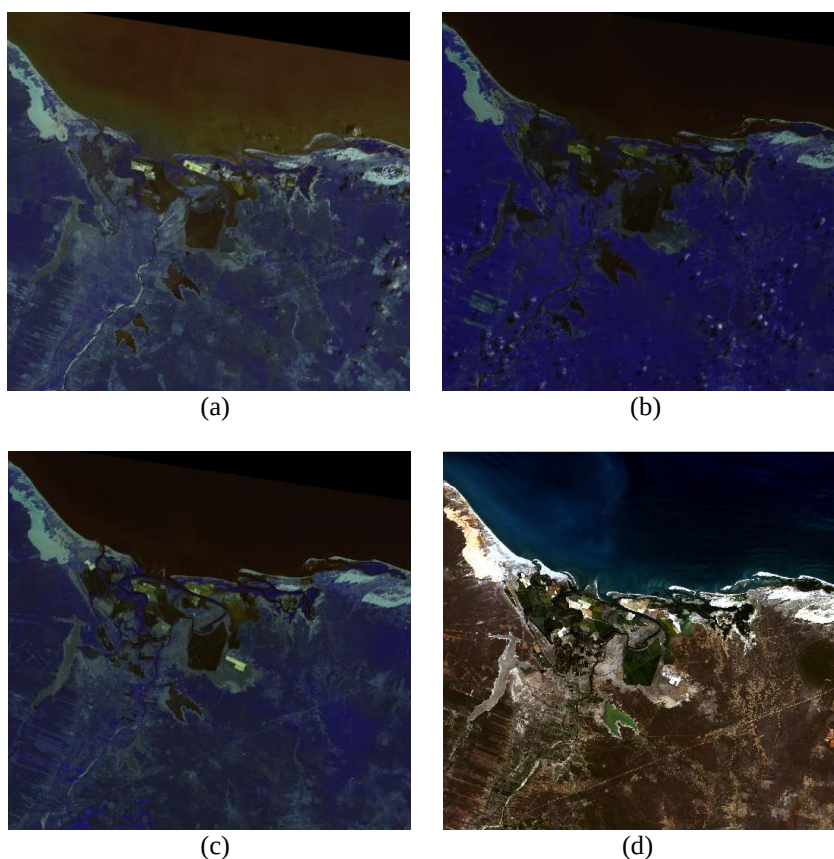


Figura 3 – Composição colorida RGB: (a) imagem referente ao ano de 1985. (b) imagem referente ao ano de 1995. (c) imagem referente ao ano de 2005. (d) imagem referente ao ano de 2015. (INPE). (Autoria própria).

Na tentativa de obter a forma da costa estudada decidiu-se por defrontar todos os dados obtidos, explanamos assim, fazendo o uso da vetorização no software QGIS, levando em consideração o conceito de delimitação da linha de costa, para termos uma noção e uma visão mais clara de como seria o molde da costa estudada (Figura 4), o resultado do cruzamento desses períodos nos permite observar que tanto o processo de acreção como o de erosão foram atuantes na linha dessa região, a erosão ocorreu em quase toda a extensão dessa praia, observa-se que imprime uma nova forma à linha de costa esta, por causa da erosão, faz com que a barra de sedimentos arenosa passe a ter um ângulo mais fechado em relação a forma observada anteriormente.

LINHA DE COSTA DOS MUNICÍPIOS DE PORTO DO MANGUE E MACAU - RN

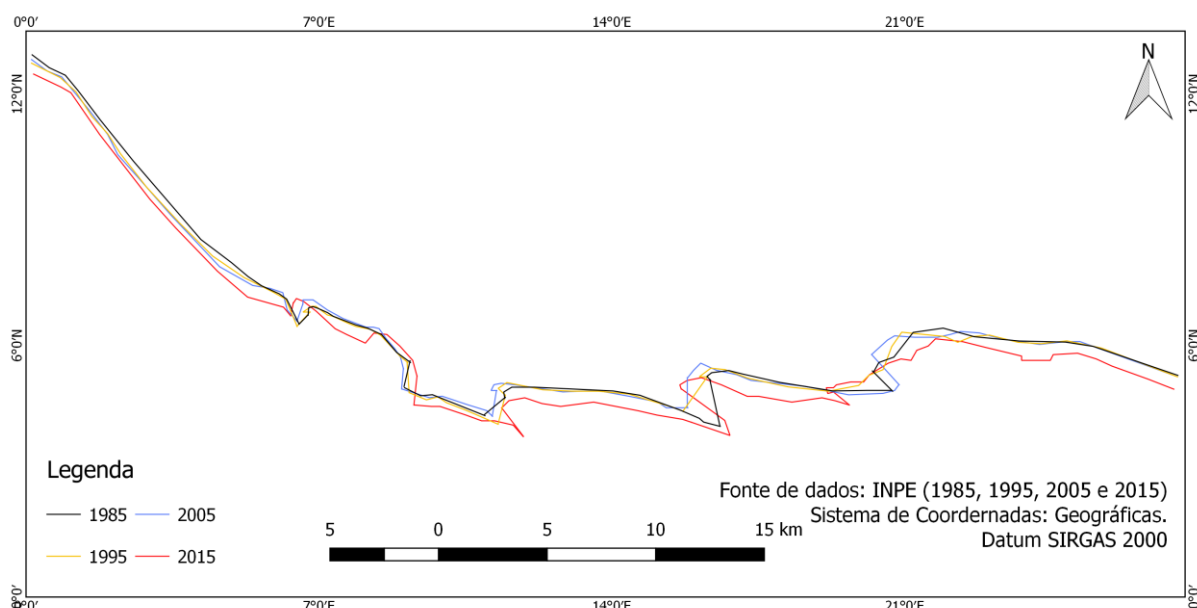


Figura 4 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau - RN, período de 1985 a 2015. (Autoria própria).

Para uma melhor percepção visual de como esta linha de costa está se comportando fizemos a análise temporal dividindo-a em um intervalo de 10 anos, e usamos pontos de referência para poder calcular as distâncias erodidas ou acrescidas, como parâmetro, usamos os pontos A, B e C para identificar as faixas na linha de costa que identificaram erosão, e os pontos D, E, F e G para identificar os pontos que aconteceu o fenômeno da acreção, na primeira década que se diz respeito ao intervalo de 1985 a 1995 (Figura 5) percebe-se um leve comportamento em suas linhas mais extensas e começa-se a perceber como os pontos mais agudos se movimentam com uma maior facilidade favorecendo uma acreção.

LINHA DE COSTA DOS MUNICÍPIOS DE PORTO DO MANGUE E MACAU - RN

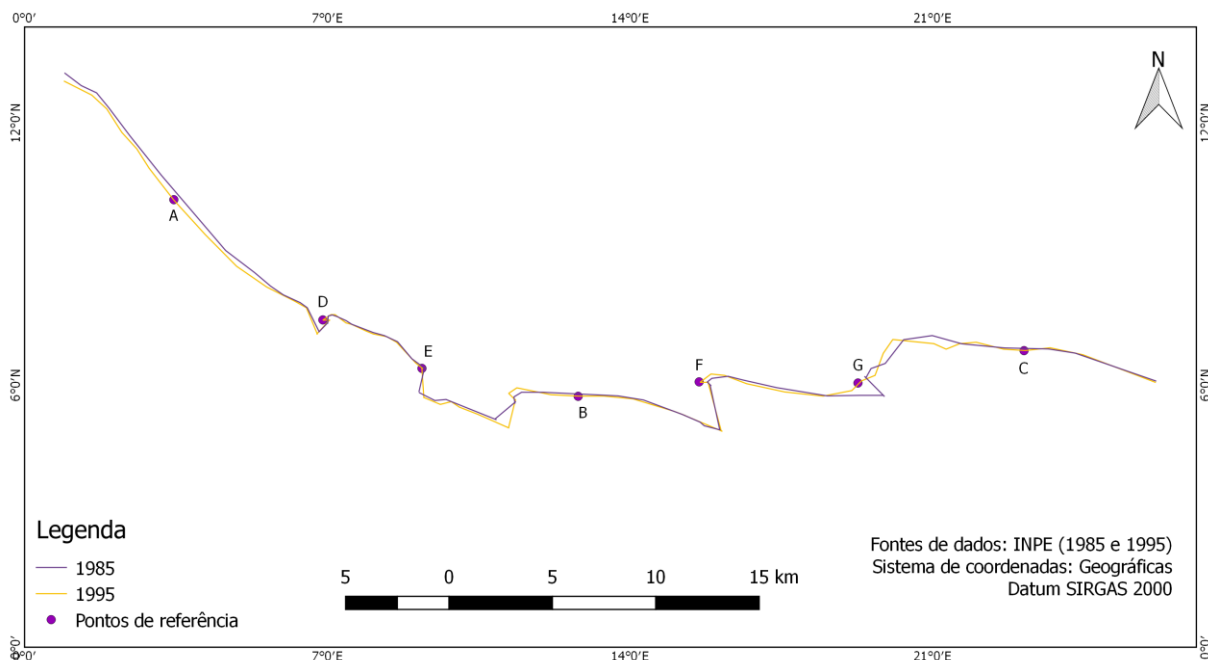


Figura 5 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau - RN, período de 1985 a 1995. (Autoria própria).

Na segunda análise referente as linhas de 1995 e 2005 (Figura 6) continua-se percebendo uma tímida movimentação na linha de costa e já se percebe que os pontos agudos que são onde existem as fozes começam-se a se estreitar.

LINHA DE COSTA DOS MUNICÍPIOS DE PORTO DO MANGUE E MACAU - RN

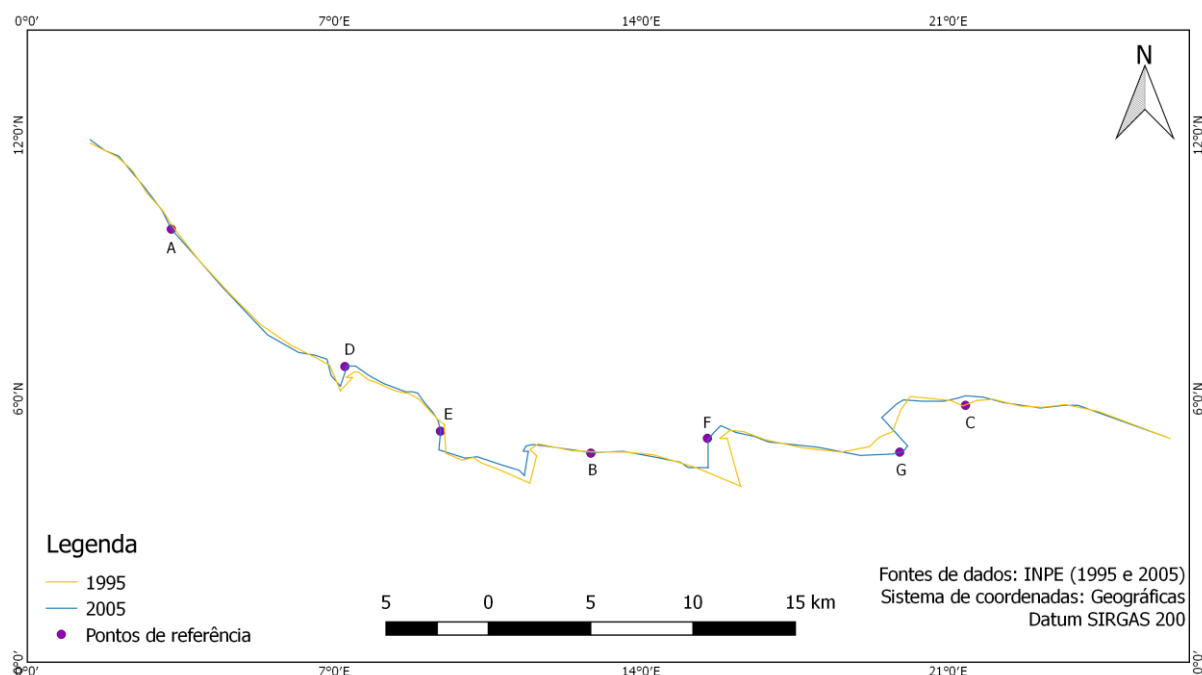


Figura 6 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau - RN, período de 1995 a 2005. (Autoria própria).

Na imagem referente ao comports dos anos de 2005 a 2015 (Figura 7) é perceptível a maior variação da costa, talvez, causada por todos os fatores da interferência humana, houve um recuo geral na linha de costa, proporcionada pelo aumento da deposição de sedimentos da barra arenosa, e em pontos de formato poligonais percebe-se uma acreção dos sedimentos devido a fatores naturais, eólicos e a forças do oceano que leva a tal molde.

LINHA DE COSTA DOS MUNICÍPIOS DE PORTO DO MANGUE E MACAU - RN

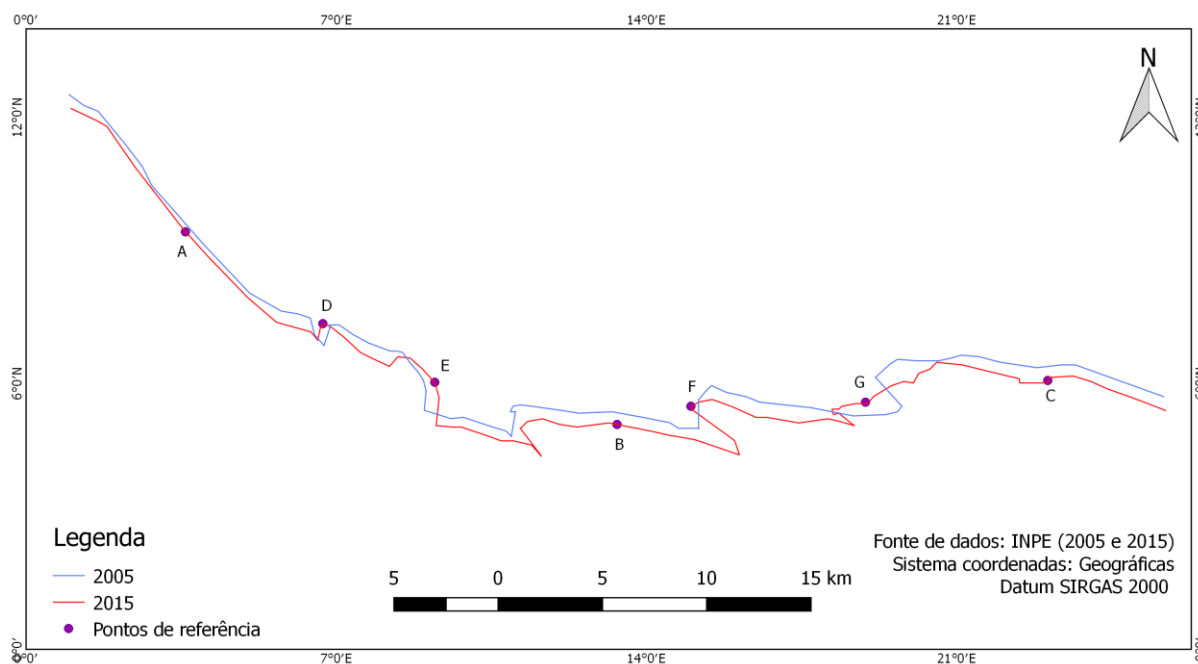


Figura 7 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau - RN, período de 2005 a 2015. (Autoria própria).

Por fim se faz necessária uma análise do comportamento levando em consideração os dados dos anos de 1985 e 2015 (Figura 8) para uma percepção geral do que ocorreu ao decorrer dos 30 anos passados, nota-se que, além da erosão ser muito evidente, aconteceu o processo de acreção exatamente onde encontram-se as fozes.

LINHA DE COSTA DOS MUNICÍPIOS DE PORTO DO MANGUE E MACAU - RN

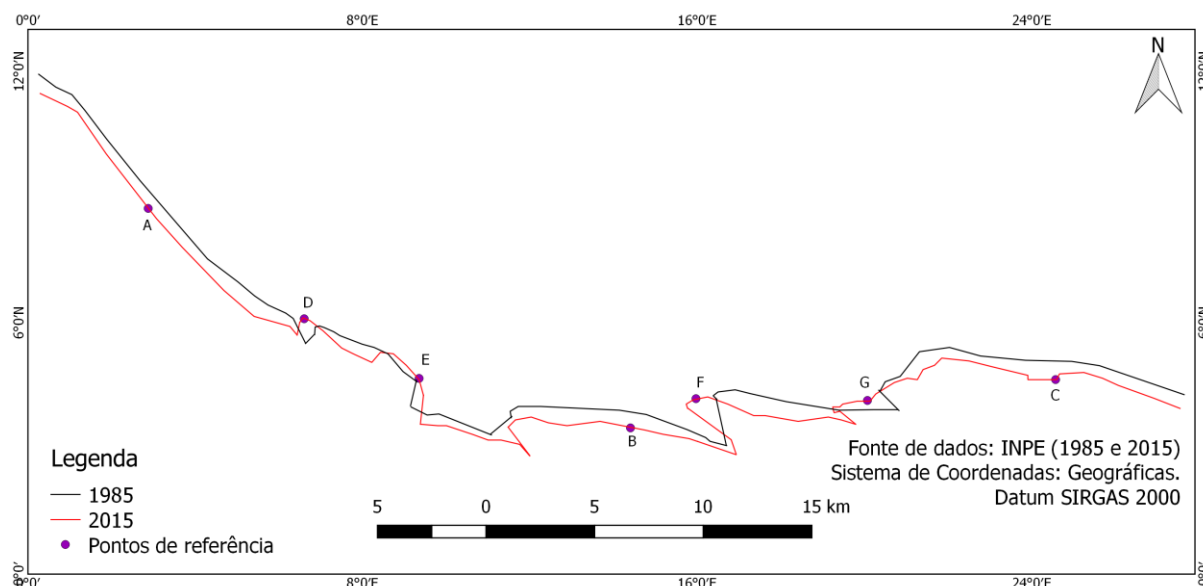


Figura 8 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau - RN, (1985 e 2015). (Autoria própria).

Usando a extensão linha do software QGIS com os dados georreferenciado nas coordenadas *universal transversa de mercator* UTM é possível obter medições na unidade em metros para medir distancias e determinar a posição de um objeto [19]. Assim mediu-se as distancias erodidas ou acrescidas referente ao intervalo de 10 anos, levando em consideração os pontos de referências (Tabela 1).

Tabela 1 - Variação da linha de costa em metros (m)

Pontos de referência							
Anos	A	B	C	D	E	F	G
1985-1995	-92 m	-74 m	-82 m	+65 m	+41 m	+79 m	+140 m
1995-2005	-100 m	-77 m	-102 m	+74 m	+50 m	+91 m	+101 m
2005-2015	-193 m	-203 m	-201 m	+152 m	+120 m	+141 m	+101 m
TOTAL	-385 m	-354 m	-385 m	+291 m	+211 m	+311 m	+342 m

valores negativos indicam erosão. (Autoria própria).

Podemos constatar que, a variação da morfologia da desembocadura e estuário do Piranhas Açú para o intervalo de 30 anos (1985 a 2015) está correlacionada com o fator da erosão costeira ocasionada pela combinação das correntes marinhas com o vento, enquanto há simultaneamente o “crescimento” da barra arenosa, obstruindo assim a foz, com aumento da erosão na praia (Figura 9).



Figura 9 – Imagem de 2015 demonstrando o comportamento das fozes. (INPE) (2018).

3. CONCLUSÕES

Mudanças costeiras acontecem em resposta a processos naturais e/ou antrópicos, e, contudo, é necessário o estudo e percepção de tais áreas. Os resultados obtidos indicam que há uma tendência generalizada no processo de avanço das águas oceânicas sobre a linha da costa nos municípios estudados, tornando-se um fator preocupante.

As duas bacias hidrográficas mais importantes do Estado do Rio Grande do Norte, Bacia do rio Piranhas-Açu e Bacia do rio Apodi-Mossoró, estão localizadas no litoral setentrional; o rio Piranhas-Açu é o mais importante, estando represado pela Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves. Na desembocadura dos dois rios estão localizadas as salinas produtoras de sal dessa região [20], e está localizado nesta área de estudo tornando assim o processo de erosão mais preocupante ainda, devido a extrema importância das bacias para o ciclo hidrológico, pois nos serve como captador natural de água. uma qualidade da área estudada está relacionada ao seu potencial eólico para a produção de energia, o que se torna preocupante com o avanço do mar para os parques eólicos presente na área estudada, devido ao potencial eólico da região, se instalaram diversos aerogeradores com o intuito de obter uma matriz mais verde, melhores ventos trazem uma possibilidade concreta de uma energia mais limpa, contudo, além do impacto causado pelo processo de instalações das torres, cabe salientar que em um curto espaço de tempo as águas do mar já podem esta invadido o ambiente onde estão instalados os aerogeradores.

No que diz respeito, o emprego de técnicas de geoprocessamento adjuntas a imagens de sensoriamento remoto, a obtenção dos resultados apontou tendências de recuo de linha de costa nas áreas contempladas. A elaboração de uma base multitemporal de imagens de satélite em ambiente com sistemas de informações geográficas (SIG) favoreceram a identificação e compreensão de como essa linha de costa se comportou durante esses 30 anos corridos. É possível afirmar, que os fatores que afetam os ambientes transicionais nela presente intervêm de uma maneira complexa e inter-relacionada. Clima, processos costeiros, nível relativo do mar e não esquecendo da atividade humana, um dos fatores de impacto mais considerável.

Finalmente cabe considerar que através dos resultados apresentados esse estudo pode servir como ferramenta de atualização de informação sobre o comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau – RN, podendo servir também para aprimorar planos costeiro e de adequação para os problemas de erosão costeira, que por sua vez podem afetar de forma brusca o cotidiano de pessoas que residem na zona costeira, e principalmente o setor econômico ligado ao turismo. As informações levantadas emergem a necessidade de um monitoramento contínuo, esse monitoramento contínuo se faz necessário para futuras previsões de como a costa está se comportando levando em considerações os aspectos sociais, econômicos e ambientais, tentando assim criar medidas a partir das previsões para que nenhuma das partes venha se prejudicar

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CLARK, J. **Integrated management of coastal zones**. National Park Service Program. Rosenstiel School of Marine Sciences. University of Miami. Miami, Florida, USA, 1994.
- [2] PAULA, J. E. A. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa**. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2013
- [3] MAIA, L.P. (2005) - Projeto **Nordeste** – Definição e Quantificação dos Processos Costeiros no Litoral do Estado do Ceará: Implicações para a Gestão Adequada da Zona Litorânea. (não publicado)
- [4] OLIVEIRA, S. M. C. 2005. **Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo**. 2005. 153 p. Dissertação de Mestrado- Universidade de Lisboa, Portugal. 2005.
- [5] FARIAS, E. G. G. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará**. 2008. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.
- [6] SHORT, A.D. & TREMBANIS, A.C. (2004) - **Decadal scale patterns in beach oscillation and rotation Narrabeen Beach, Australia**—time series, PCA and wavelet analysis. *Journal of Coastal Research*, 20 (2): 523–532. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4299308?Search=yes&resultItemClick=true&searchText=decadal&searchText=scale&searchText=patterns&searchUri=%2Faction%2FdoBasicSearch%3Fgroup%3Dnone%26amp%3Bfc%3Doff%26amp%3BQuery%3Ddecadal%2Bscale%2Bpatterns%26amp%3Bwc%3Don%26amp%3Bacc%3Doff&refreqid=search%3A6e3614d74c18de4640e46233b2c40eba>>. Acesso em: 6 set 2018.
- [7] SMALL, C. & NICHOLLS, R. J. 2003. **A global Analysis of human settlement in the coastal zone**, *Journal of Coastal Research* (no prelo), Boca Raton, USA.
- [8] SOUZA, C. R. de G.; Souza Filho, P. W. M.; Esteves, SI.; Vital, H.; Dillenburg, S. R.; Patchineelam, S. M. & Addas, J. E. 2005. **Praias Arenosas e Erosão Costeira**. In: Souza *et al.* (eds.). *Quaternário do Brasil*. Holos Editora, P. 130-152
- [9] CIDADES E MUNICÍPIOS BRASILEIROS. **Município de Macau**. Disponível em: < <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-macau.html> > Acesso em: 5 jun. 2018
- [10] ARARIPE, P.T., Feijó, F., 1994. **Bacia Potiguar**. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS* 8, 127-141.
- [11] PESSOA NETO, O.C., Soares, U.M., Da Silva, J.G.F., Roesner, E.H., Florencio, C.P., De Souza, C.A.V., 2007. **Bacia Potiguar**. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS* 15, 357-369.
- [12] DANTAS E.P. 1998. **Gravimetria e Sensoriamento Remoto: Uma Aplicação ao Estudo da Tectônica Recente entre Macau e São Bento do Norte (RN)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 97 p.
- [13] CALDAS L.H.O. 1998. **Estudo Geológico e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar – RN e Implicações Neotectônicas**. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 89 p.
- [14] MENESES, P. R.; ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPQ, UNB, 2012. 276 p. 2012.
- [15] AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T.; SOUTO, M. V. S. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: Sensoriamento Remoto e Geodésia de Precisão**. Natal: Edição dos Autores, 2012. 118p.
- [16] INPE. Divisão de Geração de imagens, Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php> Acesso em: 20 abr. 2018.
- [17] AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T.; SOUTO, M. V. S. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: Sensoriamento Remoto e Geodésia de Precisão**. Natal: Edição dos Autores, 2012. 118p.
- [18] MENDONÇA, F. J. B. **Posicionamento de alta resolução: adequação e aplicação à morfologia costeira**. 2005. 96f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.
- [19] SILVEIRA, L. C. **Transporte de coordenadas planas – UTM**. A Mira. Ano XVI, n. 135, p. 51, setembro/outubro, 2006.
- [20] VITAL, H. **Erosão e progradação do litoral do Rio Grande do Norte**. In: MUEHE, D. (Org.). *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005, 159- 176 p.