

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE DE EROSÃO COSTEIRA NO DELTA DO PIRANHAS-AÇU, RIO GRANDE DO NORTE

DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020460-479

Rogério Taygra de Vasconcelos Fernandes¹
Marcos Douglas Lucas Cavalcante²,
Gabriela Nogueira Cunha³, Aruza Rayana Morais Pinto⁴
Carlos Jorge Bezerra França⁵, Jessika Mayara Claudino Idalino da Silva⁶
Louize Nascimento⁷, Nildo da Silva Dias⁸, Jônata Fernandes de Oliveira⁹

RESUMO

Linhas de costa são áreas extremamente dinâmicas e sensíveis a intervenção humana e mudanças naturais. Na zona costeira do Rio Grande do Norte (Brasil), estudos sobre a erosão, deposição de sedimentos, recuperação são importantes e recentes, com o intuito de prevê esse comportamento e controlar futuras frustrações socioeconômicas e sociais. O presente estudo tem como objetivo analisar a evolução da linha de costa dos municípios de Porto de 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. 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. Os resultados obtidos indicam que há uma tendência generalizada no processo de erosão dos sedimentos pertencentes a linha da costa, indicando uma atualização científica sobre a área estudada.

Palavras-chave: Atividades antrópicas. Sensoriamento remoto. Zona costeira.

¹ Eng. de Pesca e Civil, Doutor em Ciência Animal (UFERSA). Docente da Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: rogerio.taygara@ufersa.edu.br

² Bacharel em Ciência e tecnologia - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) Graduando Engenharia Civil. Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: marcos.cavalcante@ufersa.edu.br

³ Bacharelado interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Atualmente é acadêmica de Engenharia Civil Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: gabriela.nc@outlook.com

⁴ Agrônoma na Empresa Equilíbrio Gerenciamento Ambiental, RN. Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: aruza_rayana@hotmail.com

⁵ Possui graduação em Administração em Gestão de Sistemas de Informação pela Faculdade Católica Santa Teresinha. Acadêmico da Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: carlos.franca@ufersa.edu.br

⁶ Possui graduação em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2013). Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: jessikaidalino@hotmail.com

⁷ Bacharela em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN (2017). Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água – PPGMSA. Universidade Federal Rural. UFERSA. E-mail: louizenscmt@gmail.com

⁸ Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (1999), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2001), doutorado em Agronomia pela Universidade de São Paulo - USP/ESALq (2004) e Pós doutorado pela Universidade da Califórnia Riverside (UCR) - US Salinity Laboratory (2014). E-mail: nildo@ufersa.edu.br

⁹ Graduado em Ciências Biológicas e Mestre em Ciências Naturais (Linha de Pesquisa: Diagnóstico e Conservação Ambiental) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN. Doutor em Ciência Animal (Linha de Pesquisa: Produção e Conservação Animal no Semiárido) pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA. Pós-Doutorado na área de Ciências Ambientais pela UERN. Atualmente é Professor Efetivo e Chefe de Pesquisa do Instituto Federal do Maranhão. IFMA. E-mail: jonnata.oliveira@ifma.edu.br

GEOPROCESSING APPLIED TO COASTAL EROSION ANALYSIS IN PIRANHAS-AÇU DELTA, RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT

Coastlines are extremely dynamic areas sensitive to human intervention and natural change. In the coastal zone of Rio Grande do Norte (Brazil), studies on erosion, sediment deposition, recovery are important and recent, in order to predict this behavior and control future socioeconomic and social frustration. This study aims to analyze the evolution of the coastline of the municipalities of Porto do Mangue and Macau, RN. To achieve this goal, digital image processing, mapping of shoreline variation and quantification of areas in retrogradation or accretion were performed. The method for obtaining results was based on a 30-year time series analysis (1985-2015) using Landsat images for a shoreline variation analysis. The results indicate that there is a general tendency in the erosion process of sediments belonging to the shoreline, indicating a scientific update about the studied area.

Keywords: Anthropic activities. Remote sensing. Coastal zone.

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente de alta variabilidade e dinâmica espaço-temporal, sendo a linha de costa o resultado da ação dos fluxos de matéria e energia atuantes em sistemas ambientais costeiros (SOUZA et al., 2016). Este ambiente 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 o compõe, e que são o suporte de vida e de oportunidades de crescimento econômico para as sociedades costeiras (CLARK, 1994). É um espaço geográfico vulnerável de interface entre o continente, atmosfera e oceano, havendo interação destes sistemas com a biodiversidade (ARAÚJO et al., 2019).

A erosão costeira se destaca como principal problema, que atinge centenas de praias brasileiras, onde o processo é bastante severo, sendo necessárias medidas de contenção e recuperação (MORITZ et al., 2014). 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 socioeconômicas. A erosão costeira, torna-se mais frequente a medida que o litoral é ocupado, fazendo com que este fenômeno, pela interação entre fatores naturais e antrópicos, receba cada vez mais destaque, motivando esforços para o processo de ordenamento da costa, pois muitas obras podem ser afetadas pelo processo ou intensificar a erosão (MAIA, 2005).

O retrocesso generalizado da linha de costa tem sido induzido em grande parte, por ações antrópicas, principalmente as que promovem insuficiência do abastecimento sedimentar a montante do sistema (construção de barragens, a exploração de inertes fluviais e dragagens portuárias) e as que conduzem à degradação das estruturas defensivas naturais (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 (OLIVEIRA, 2005). Ao entender a fragilidade das zonas costeiras, torna-se necessário o desenvolvimento de planos de gestão integrada e adaptativa por setores de atividades potenciais, capaz de incorporar as dinâmicas territoriais (MORITZ et al., 2014). 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.

No Brasil, que possui mais de 7.500 km de litoral, os impactos da erosão 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, por exemplo, passou por intensas modificações. Dentre as quais, 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 respeite as

limitações naturais impostas pelos fenômenos dinâmicos, amplificam o problema de recuo de linha de costa da região (FARIAS, 2008). A pressão exercida em municípios costeiros gera conflitos de interesse entre comunidade local, empresários e poder público. Muitos desses territórios foram ocupados de forma desordenada proveniente de um desenvolvimento voltado para o mar, outros como segunda-residência.

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. 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 o século passado, visando como resultado final, à obtenção de previsões dinâmicas do comportamento da linha costeira (SHORT; TREMBANIS, 2004). 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 (SMALL; NICHOLLS, 2003).

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. 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.

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 do trabalho foi analisar o comportamento da linha de costa do delta do Piranhas/Açú, Rio Grande do Norte, ambiente altamente dinâmico e quem vem sendo

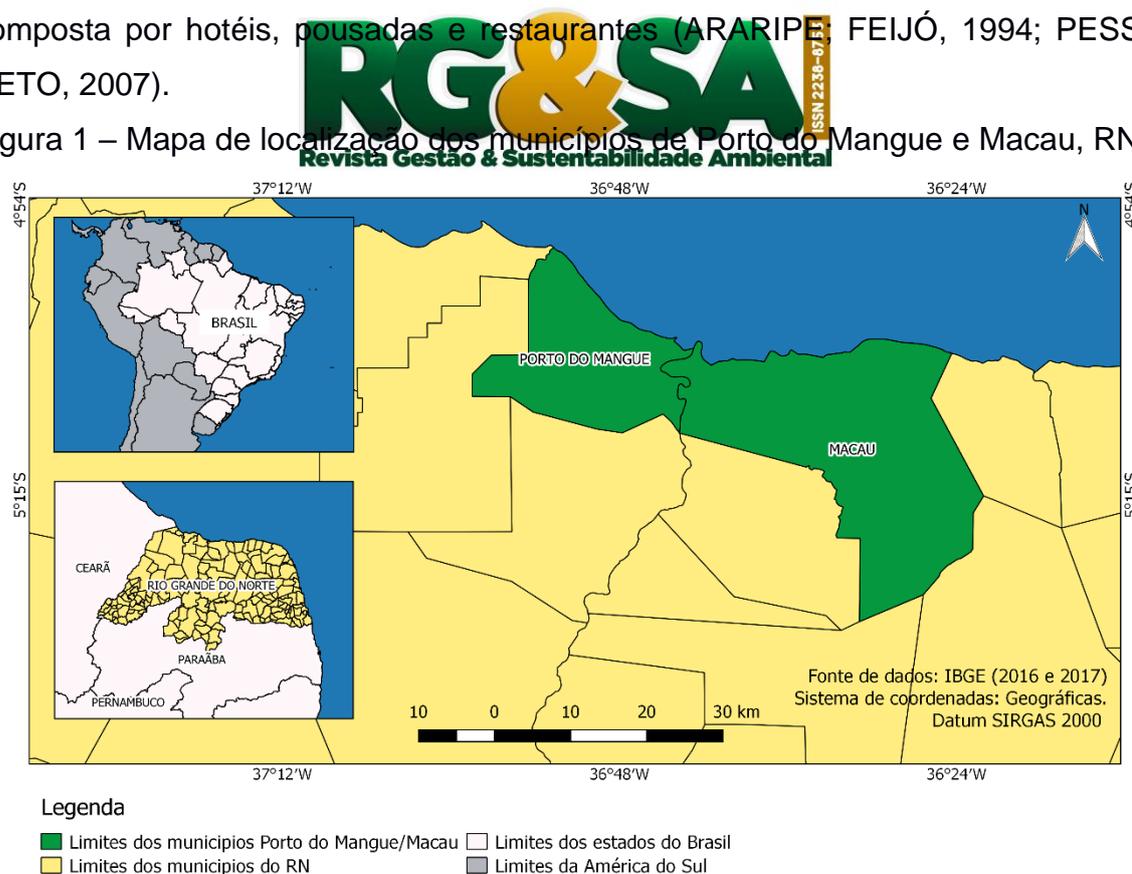
ocupado nos últimos anos por diversos empreendimentos, caracterizando o processo de erosão costeira nesta região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 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, entre a praia de Pedra Grande até a praia de Diogo Lopes (Figura 1). 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 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, esse Polo possui uma ótima estrutura turística, composta por hotéis, pousadas e restaurantes (ARARIPÉ; FEIJÓ, 1994; PESSOA NETO, 2007).

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios de Porto do Mangue e Macau, RN.



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 (DANTAS, 1998). Esta região sofre constantes modificações geomorfológicas, erosionais ou deposicionais, causadas principalmente por processos marinhos (CALDAS, 1998).

2.2 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 (MENESES; ALMEIDA, 2012). No procedimento de aquisição de informações por esse meio 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 (FARIAS, 2008).

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 (AMARO et al., 2012).

O trabalho utilizou as imagens digitais dos satélites em atividade LandSat 5 TM e LandSat 8 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 (INPE, 2018).

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).

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. 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, qualidade e apresenta boa penetração em corpos de água (AMARO et al., 2012).

Após a composição coloridas das bandas, utilizamos a ferramenta *shapefile* no software QGIS 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.

2.3 Delimitação da linha de costa

Devemos entender a linha de costa como um limite móvel, cuja posição é variável a todas as escalas que 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 essa linha apresenta simplesmente a linha de interface entre a terra e água. E uma das definições que podem ser utilizadas como referência para caracterizar a posição da linha em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a maré alta (FARIAS, 2008). Os indicadores da “linha” 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 (MENDONÇA, 2005).



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



Fonte: (Google Earth, 2018).

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 uma visão mais limpa dos dados dos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015 (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 30 anos decorrido.



Quadro 2 - Data das imagens.

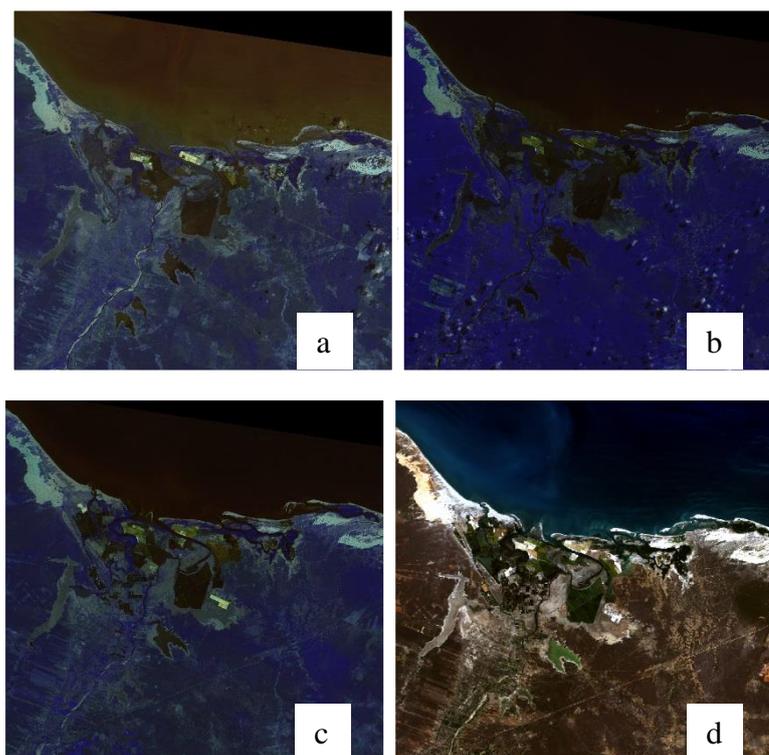
Satélite	Data
LandSat 5	11/11/1985
LandSat 5	16/06/1995
LandSat 5	13/07/2005
LandSat 8	25/07/2015

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

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gestão das zonas costeiras atualmente está cada vez mais debatida no mundo no sentido de monitorar e proteger essas zonas (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016). 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 (FARIAS, 2008). 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) referente a 1995. (c) referente a 2005. (d) referente a 2015



Fonte: INPE, 2018.

Na tentativa de obter a forma da costa estudada decidiu-se por defrontar todos os dados obtidos, fazendo o uso da vetorização no *software* QGIS, levando em consideração o conceito de delimitação da linha de costa, para termos uma noção e visão mais clara de como seria o molde da costa estudada (Figura 4). O resultado do cruzamento desses períodos permitiu observar que tanto o processo de acreção como

o de erosão foram atuantes na linha dessa região, ocorrendo em quase toda a extensão da praia. Observa-se que imprime uma nova forma à linha de costa, 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.

Para uma melhor percepção visual de como esta linha de costa está se comportando, foi realizada uma análise temporal, dividindo-a em um intervalo de 10 anos. Pontos de referência foram utilizados para poder calcular as distancias erodidas ou acrescidas, como parâmetro, destacando 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).

Figura 4 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau, Rio Grande do Norte, período de 1985 a 2015.

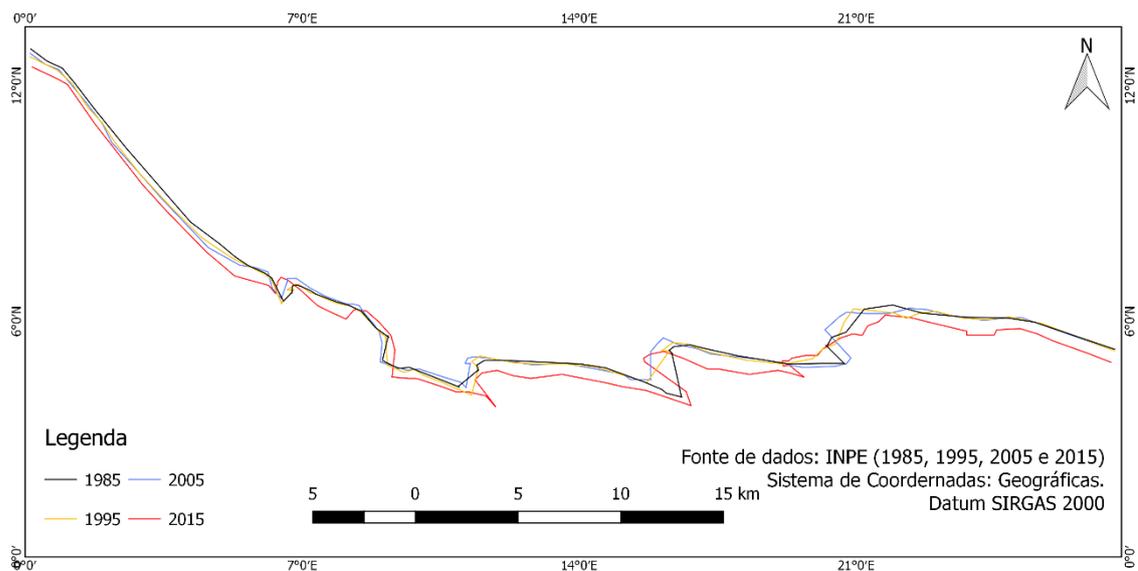
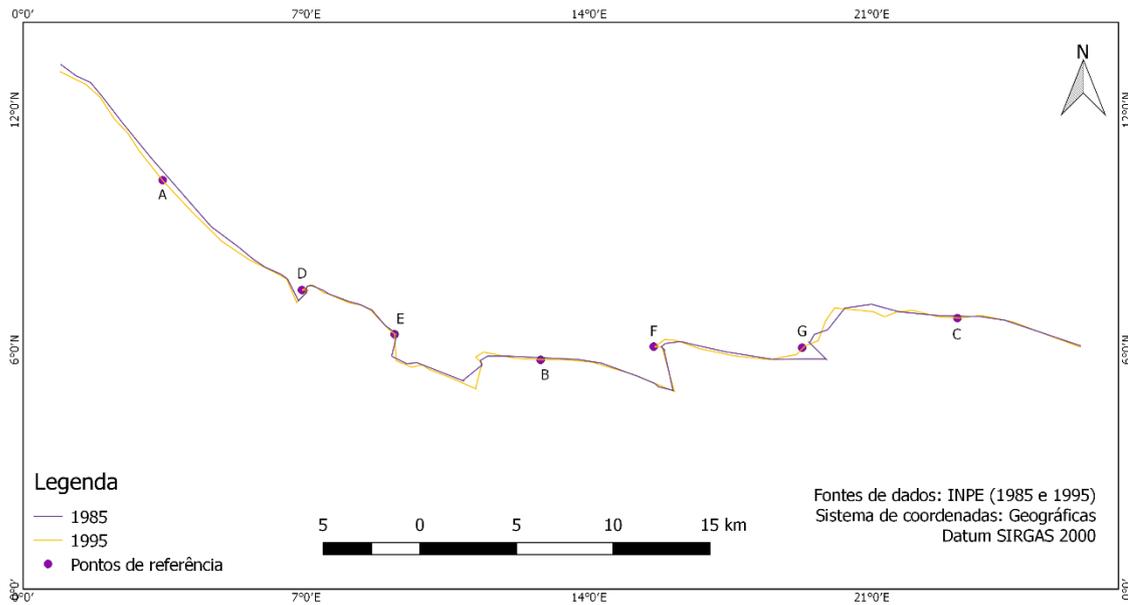


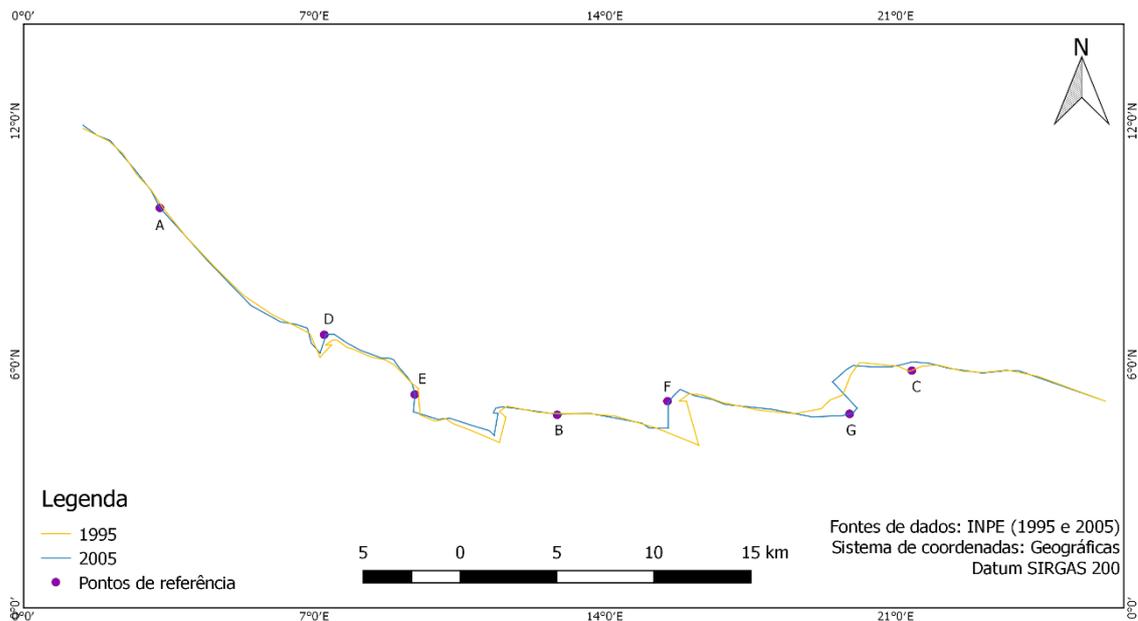
Figura 5 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau, Rio Grande do Norte, período de 1985 a 1995.



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



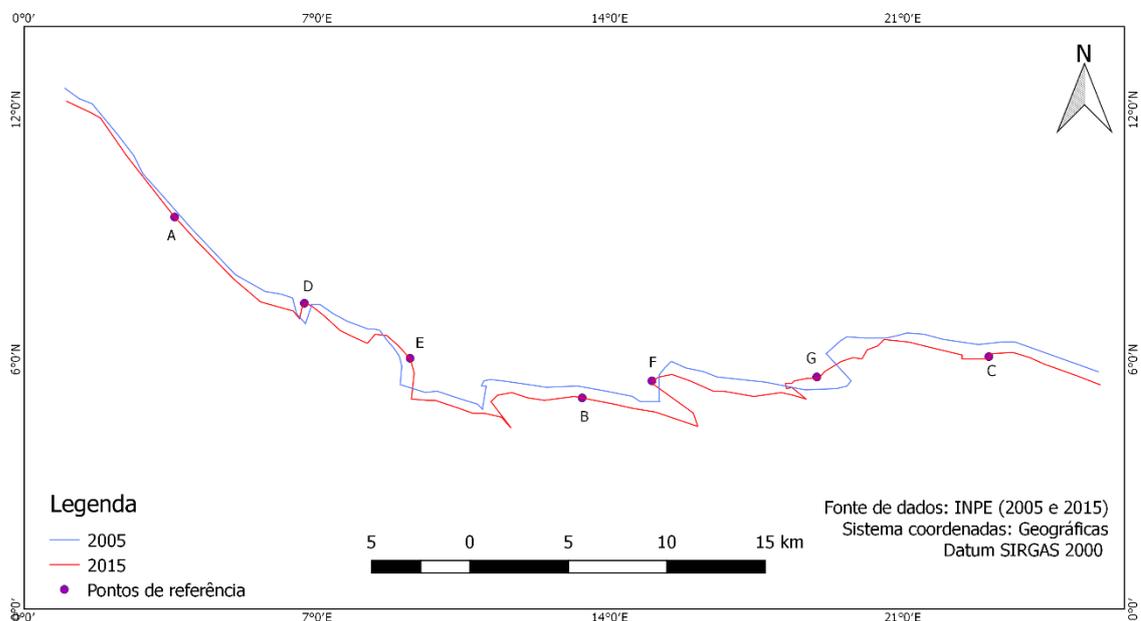
Figura 6 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau, Rio Grande do Norte, período de 1995 a 2005.



Na imagem referente ao comportamento 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. Sobre os impactos antrópicos, Ranieri e El-Robrini (2016) afirmam que as praias são também as mais preferidas para uso e ocupação do homem, seja por sua beleza, lazer, moradia, comércio, turismo e até mesmo atividades portuárias. Na praia do Icaraí, Ceará, por exemplo, Medeiros et al. (2015) avaliaram através do gerenciamento costeiro e encontraram que os turistas, visitantes, trabalhadores de indústrias locais encontram no litoral as condições favoráveis à moradia e a atividades de turismo e de recreação. Como resultado, a área sofreu com impactos negativos de cunho físico, ambiental, social e econômico, através da elevada especulação imobiliária, ocupação desordenada da orla e alto fluxo turístico.



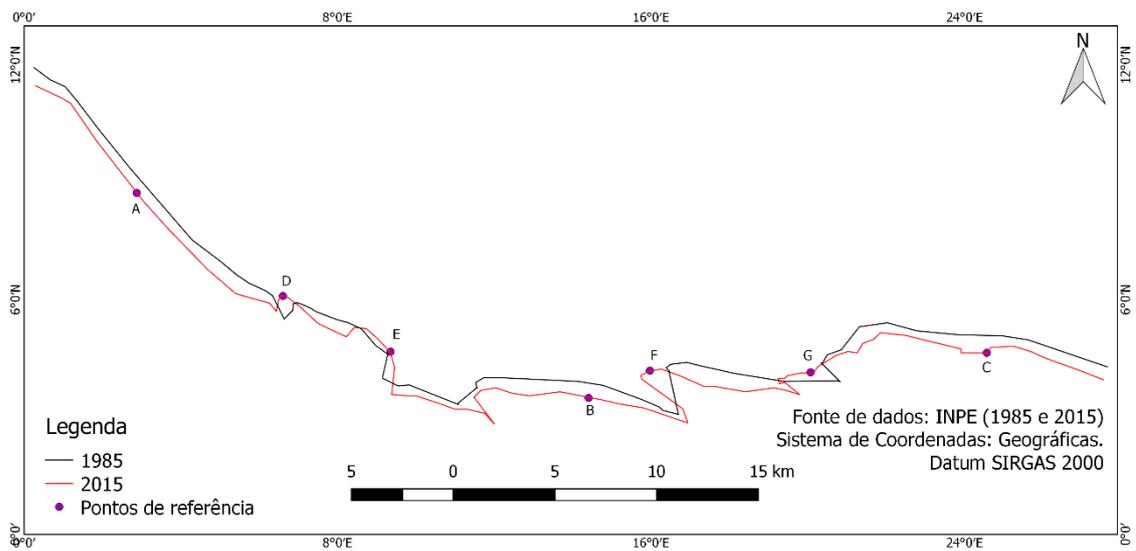
Figura 7 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau, Rio Grande do Norte, período de 2005 a 2015.



Por fim se faz necessária uma análise do comportamento com 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.

Figura 8 - Comportamento da linha de costa dos municípios de Porto do Mangue e Macau, Rio Grande do Norte, período de 1985 a 2015.



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 distâncias e determinar a posição de um objeto (SILVEIRA, 2006). Assim mediu-se as distâncias 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). Valores negativos indicam erosão.

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

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.

É constatado que a variação da morfologia da desembocadura e estuário do Piranhas/Açu 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 demonstrando o comportamento das fozes no ano de 2015.



Fonte: INPE, 2018.

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. 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. Outra 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 (SOUZA, 2005).

A cobertura vegetal é outro fator importante no processo de erosão. Araújo et al. (2019) classificam a vulnerabilidade à erosão costeira do litoral do estado do Piauí, onde ocorreu uma menor presença de vegetação ao longo de 10 anos, o que afetou a estabilidade da linha de costa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudanças costeiras acontecem em resposta a processos naturais e/ou antrópicos, e, logo, é necessário o estudo e percepção de tais áreas. Os resultados obtidos no presente estudo 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. Para Wamsley et al. (2015) o gerenciamento e a avaliação da vulnerabilidade costeira são essenciais, podendo subsidiar o planejamento das ações protetivas e assim assegurar que as funções do sistema sejam mantidas frente ao processo de adaptação ou mitigação dos efeitos causados pelo homem.

As duas bacias hidrográficas mais importantes 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 (VITAL, 2005), e está localizado nesta área de estudo tornando assim o processo de erosão mais preocupante, devido a extrema importância das bacias para o ciclo hidrológico. Pois as bacias desempenham um papel de 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, porque 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 estar invadindo 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 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 nesse estudo podem 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 com problemas causados pela a erosão costeira.



REFERÊNCIAS

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.

ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, F. 1994. **Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRÁS 8**, 127-141.

ARAÚJO, I., GOMES, É., GONÇALVES, R., QUEIROZ, H. (2019). Estimativa do Índice de Vulnerabilidade à erosão Costeira (IVC) para o litoral do Piauí, Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia, 20(1).
<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1260/386386424>

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.

CLARK. J. **Integrated management of coastal zones**. National Park Service Program. Rosenstiel School of Marine Sciences. University of Miami. Miami, Florida, USA, 1994.

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.

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.

INPE. Divisão de Geração de imagens, Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php> Acesso em: 20 abr. 2018.

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)

MENDONÇA, F. J. B. **Posicionamento de alta resolução: adequação e aplicação à morfologia costeira**. 2005. 96f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.

MENESES, P. R.; ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPQ, UNB, 2012. 276 p. 2012.

MORITZ, T., ALVES, F. L., COSTA, C. (2018). Gestão integrada de zonas costeiras: A importância para os destinos turísticos. Revista Turismo & Desenvolvimento, 3(21/22), 153-165. <http://revistas.ua.pt/index.php/rtd/article/view/9872/8258>

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.

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.

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: 06 set 2018.

SILVEIRA, L. C. **Transporte de coordenadas planas – UTM**. *A Mira*. Ano XVI, n. 135, p. 51, setembro/outubro, 2006.

SMALL, C. & NICHOLLS, R. J. 2003. **A global Analysis of human settlement in the coastal zones**. *Journal of Coastal Research*, pp. 584-599



SOUZA, C. R. de G.; Souza Filho, P. W. M.; Esteves, S.I.; 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

SOUZA, W. F., LEITE, N. S., ANDRADE MEIRELES, A. J.; Silva, E. V. (2016). O uso de SIG na análise da evolução de linha de costa controlada por promontório: Trecho entre as praias de Ponta Grossa e Retiro Grande, Icapuí-Ceará. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 18(2), 20-35.

<http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/298>

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.

WAMSLEY, T. V., Collier, Z. A., Brodie, K., Dunkin, L. M., Raff, D., & Rosati, J. D. (2015). Guidance for developing coastal vulnerability metrics. *Journal of Coastal Research*, 31(6), 1521-1530. <http://www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/JCOASTRES-D-14-00015.1>

RANIERI, Leilane Almeida; EL-ROBRINI, Maâmar. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina-Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2016.

MEDEIROS, Elana Carolina de Souza; MAIA, Luis Parente; ARAÚJO, Rogério César Pereira de. Capacidade de carga de uma praia sob o impacto do processo de erosão costeira (praia do Icaraí): Subsídios para o gerenciamento costeiro do estado do Ceará, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 16, n. 2, p. 185-193, 2016.

