

## **Estudo comparativo entre métodos de análise das mudanças na linha de costa: aplicação do DSAS, Aquamonitor e CASSIE sobre o litoral de São Miguel do Gostoso (RN).**

Barbosa, M.G. (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO) ; Gonçalves, M.S. (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO) ; Vasconcelos, S.C. (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO)

### **RESUMO**

Praias arenosas, quando em desequilíbrio do balanço sedimentar, podem sofrer com o ganho ou perda de sedimentos, com reflexos no seu comportamento evolutivo ao longo do tempo. O presente estudo tem como objetivo comparar os seguintes métodos de análise da linha de costa: DSAS; CASSIE; e AquaMonitor como ferramentas de análise da linha de costa, identificando vantagens e desvantagens de cada método. O recorte espacial selecionado foi o litoral de São Miguel do Gostoso (RN), com o recorte temporal de 1984-2015. Verificou-se que as taxas obtidas pelo DSAS e a plataforma CASSIE apresentaram uma diferença de 300 cm/ano, enquanto em comparação com o AquaMonitor a diferença chegou a 1 m. A partir dos apontamentos das vantagens e desvantagens de cada método, cada leitor pode tomar suas conclusões para escolha de qual método abordar em seu estudo, pois os três métodos abordados possuem validade pela comunidade científica, porém a escolha do método depende da situação e do objetivo de cada trabalho.

### **PALAVRAS CHAVES**

*dinâmica costeira; métodos digitais de análise; vantagens e desvantagens dos métodos; comparação de métodos; geotecnologias*

### **ABSTRACT**

Sandy beaches, when the sediment balance is unbalanced, can suffer from the gain or loss of sediments, with repercussions on their evolutionary behavior over time. The present study aims to compare the following shoreline analysis methods: DSAS; CASSIE; and AquaMonitor as shoreline analysis tools, identifying advantages and disadvantages of each method. The study area is the coast of São Miguel do Gostoso (RN), with the time cut from 1984-2015. It was found that the rates obtained by DSAS and the CASSIE platform showed a difference of 300 cm/year, while in comparison with AquaMonitor the difference reached 1 m. According to the advantages and disadvantages of each method, each reader can draw their conclusions to choose which method to address in their study, as the three methods analyzed are valid for the scientific community, but the choice of method depends on the situation and the objective of each study.

### **INTRODUÇÃO**

As variações morfológicas de praias arenosas são desencadeadas por um conjunto de processos naturais e antrópicos. Segundo LINS DE BARROS (2005), as praias estão permanentemente se adaptando às mudanças oceanográficas, meteorológicas e a qualquer mudança no balanço sedimentar, buscando manter um equilíbrio dinâmico. Ainda, de acordo com a autora, mesmo uma praia em estabilidade, está sempre recebendo e perdendo sedimentos por diversos processos costeiros (LINS DE BARROS, 2005). No entanto, quando submetidas a dinâmica entre a quantidade e o tipo de suprimento sedimentar, energia das ondas e mudanças relativas do nível do mar, podem sofrer com progradação ou retrogradação da linha de costa (MAZZER et al., 2008). Ocorre, dessa forma, o desequilíbrio do balanço sedimentar, e a praia passa a sofrer com o ganho ou perda de sedimentos. A progradação ocorre quando há um maior aporte de sedimentos, o balanço sedimentar é superavitário, provocando a ampliação da faixa emersa de areia. Enquanto que a retrogradação ocorre quando o balanço sedimentar de uma praia é negativo, a erosão e recuo da linha de costa são consequências deste processo. Contudo, segundo MUEHE (2005), é um exercício complexo distinguir rápidos episódios erosivos e progradantes de tendências regionais de longo prazo, e tal

distinção depende de monitoramento e observações de maior escala temporal sobre os processos observados no litoral. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo comparar diferentes métodos de análise da linha de costa ao longo do tempo usando como exemplo a dinâmica costeira do litoral de São Miguel do Gostoso, identificando as vantagens e desvantagens obtidas pelo emprego do Digital Shoreline Analysis System (DSAS); do Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine (CASSIE) e do AquaMonitor. Para melhor representação, buscou-se apresentar, com o aparato multimetodológico, um estudo de caso, para qual foi escolhido um arcopraial de intensa dinâmica, que, contando com trechos de erosão, estabilidade e progradação já conhecidos, tornasse o presente trabalho mais elucidativo. Assim, foi selecionada um trecho do litoral setentrional do nordeste brasileiro, localizada no estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente no município de São Miguel do Gostoso, contando com a análise das praias de Maceió, do Cardeiro, da Xepa, e dos Sete Coqueiros. O estado potiguar é regido por dois tipos climáticos: Tropical de Zona Equatorial e Tropical de Nordeste Oriental, e está situado sob forte influência dos ventos alísios, massas de ar e precipitações, devido à proximidade com a Zona de Convergência Intertropical. O que reflete diretamente no balanço sedimentar da linha de costa. A área de estudo encontra-se em uma região de planícies costeiras, que é constituída por praias, na porção mais próxima ao mar, e em dunas fixas e móveis com cotas inferiores a 10 m. Segundo Matos et. al (2017), as praias da região são caracterizadas por serem intermediárias expostas precedendo campos de dunas barcanas e barcanóides, praias intermediárias expostas de cordão litorâneo estreito, praia expostas com recifes de coral na plataforma interna (Baixo de Maracajau), precedente de campos de dunas parabólicas e associada à desembocadura do rio Maxaranguape e praias expostas com recifes de coral na plataforma interna (Baixo de Maracajau), e cordão litorâneo estreito precedendo falésia do Grupo Barreiras com campos de dunas parabólicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A metodologia aplicada neste trabalho possui o propósito de caracterizar e avaliar os processos de dinâmica costeira, tendo como base procedimentos realizados a partir da aplicação de três diferentes ferramentas digitais: Aquamonitor, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) e o Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine - C.A.S.S.I.E que serão apresentadas a seguir. As linhas de costa foram extraídas a partir das imagens Landsat 7 dos anos de 1984, 1986, 1988, 1989, 1991, 1994, 1995, 2005, 2007, 2008, 2015, fornecidas pela USGS/NASA e disponíveis na plataforma CASSIE. Aquamonitor: A plataforma do AquaMonitor é uma base de dados de acesso livre que disponibiliza o cálculo de deslocamento da linha de costa global produzida por Luijendijk et al. (2018), disponibilizada no seguinte endereço de página: <https://aqua-monitor.appspot.com/>. Os autores, com o uso de imagens de Landsat de 1984 a 2016, detectaram a posição e variação da linha de costa através de cálculos de taxas de erosão e acreção obtidas entre transectos com espaçamento de 500 metros. A partir desse cálculo, a plataforma gera automaticamente barras verdes que indicam acreção costeira e barras vermelhas para tendências erosivas, com base em um ajuste linear através das posições da linha de costa. A ferramenta também disponibiliza gráficos de tendências de erosão e acreção da linha de costa para cada perfil, além de possibilitar a projeção futura da linha de costa. De acordo com Luijendijk et al. (2018) os dados são apresentados de acordo com as seguintes classes: acrescida (> +0,5 m.ano), estável (+0,5 a -0,5m.ano), erodida (-0,5 a -1 m.ano) e intensamente erodida (-1 a -3 m.ano), erosão severa (-3 a -5m.ano) e erosão extrema (>-5 m.ano) em cada transecto mapeado. DSAS: O outro método selecionado foi a extensão Digital Shoreline Analysis System (DSAS) versão 5 - elaborada pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos da América -, um complemento do software ArcGis nas versões 10.4 adiante e que opera nos sistemas Windows 7 e 10. O DSAS é uma ferramenta que calcula estatísticas de taxa de variação a partir de mais de duas posições de linha de costa vetorizadas. Alguns de seus cálculos estatísticos consistem em: 1) Shoreline Change Envelope (SCE), que calcula a distância entre a linha mais distante e a mais próxima da linha de base; 2) Net Shoreline Movement (NSM), que calcula a distância entre a linha mais nova e a mais antiga; 3) End Point Rate (EPR), que calcula o intervalo entre a linha de costa mais antiga e a mais recente, dividindo pelo tempo total da análise; 4) Linear Regression Rate (LRR), que calcula a regressão linear simples, gerando um valor anual de variação em metros; 5) e Weighted Linear Regression Rate (WLR), que calcula a taxa de regressão linear ponderada (SOUZA, 2016). De forma geral, para gerar os cálculos, é necessário três arquivos

vetoriais: 1) baseline (linha de base), localizada de modo paralelo à linha de costa, sendo posicionada onshore ou offshore, servindo de base para os cálculos de movimentação da linha de costa; 2) transectos, que são linhas perpendiculares à linha de costa geradas automaticamente pelo DSAS, que setorizam o litoral e geram os cálculos de variação em pontos específicos; 3) e os vetores de linha de costa de anos distintos. CASSIE: Também foi utilizada a plataforma CASSIE, integrada a plataforma Google Earth Engine. Para o estudo de caso, a imagem de satélite selecionada foi a do Landsat 7, que possibilitou o recorte temporal de 1984 a 2015, após definidos os parâmetros, a plataforma disponibiliza as imagens, as quais foram selecionadas 11 cenas, filtradas por 0% de cobertura de nuvem. Feita a seleção das imagens na plataforma, foi delimitada a linha de base e por fim foi definido os parâmetros de espaçamento em 50 metros e extensão de 1000 metros para a geração dos transectos que são lançados perpendicularmente à linha base para estabelecer pontos de medição.

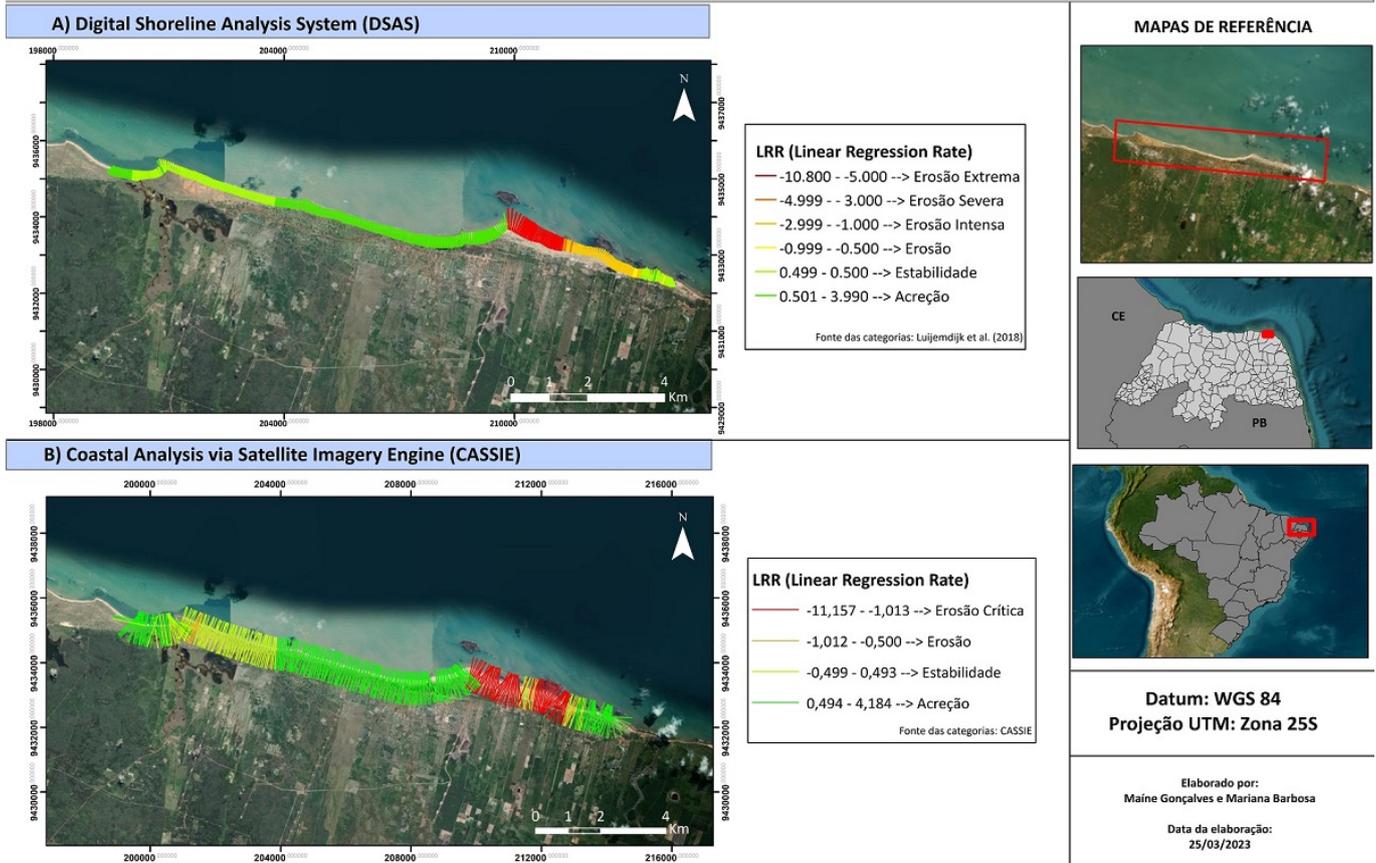
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, a taxa de mudança de linha de costa selecionada para avaliar a comparação entre os métodos foi apenas a Linear Regression Rate (LRR - que calcula a regressão linear simples, gerando um valor anual de variação em metros), pois é a única comum aos três métodos. Na plataforma Aquamonitor, os transectos foram gerados pelos desenvolvedores com um espaçamento de 500 m entre si. Já na plataforma CASSIE e na ferramenta DSAS, este espaçamento foi definido em 50 m de forma que gerasse uma melhor visualização dos dados, enquanto a extensão dos transectos foi definida em 1.000 m. O DSAS gerou automaticamente 317 transectos, enquanto o CASSIE gerou 322, essa diferença de 5 transectos não impacta significativamente nos resultados, o que se destaca na comparação é o cálculo feito para cada transecto a partir dos diferentes métodos. Enquanto o DSAS gerou a LRR de máxima erosão em -10,800 m/ano, no mesmo transecto, o CASSIE gerou a taxa de - 11,157 m/ano. Em termos de acreção, o DSAS gerou a LRR máxima acreção de 3,99m/ano, enquanto no CASSIE a taxa máxima foi de 4,184 m/ano, resultado esse obtido através de transectos diferentes, porém próximos. Assim como na Figura 1, a Figura 2, apresenta a diferença das variações das taxas de regressão linear (LRR) a partir do método DSAS e CASSIE, só que em forma de gráficos em colunas. A partir deste gráfico, pode-se observar detalhadamente os trechos do litoral, segmentados pelos transectos, que apresentam as diferenças mais expressivas em relação a cada método. O gráfico A, que apresenta os resultados gerados pelo DSAS, a partir do canto oeste da imagem, observamos os dados referentes a Praia de Tourinhos, este trecho apresenta taxas de acreção que não ultrapassam 2 m/ano, que é seguida por um perfil de estabilidade na Praia da Xêpa, onde há um campo de dunas servindo como proteção natural do continente. Já no gráfico B, que apresenta os resultados gerados pelo CASSIE, o gráfico inicia na mesma área com taxas de acreção que vão até a casa dos 3m/ano, aproximadamente, e é seguido por um curto perfil de estabilidade que varia com perfis de pouca acreção. Após este trecho, o DSAS indica uma longa série de perfis de estabilidade ao longo da Praia da Xêpa, a mesma dinâmica é apresentada no CASSIE, onde também é possível visualizar esta longa série de estabilidade, porém com um intervalo erosivo. Conforme ambos os gráficos indicam, após esse trecho de estabilidade, inicia-se uma acreção ao longo de 6 Km, desde a Praia da Xêpa até a Praia do Cardeiro. O gráfico segue em direção a leste com a presença de perfis erosivos significativos, apresentando taxas de erosão superiores a 10m após a Ponta de Santo Cristo. Entretanto, a ferramenta CASSIE aponta intervalo de curtos perfis de estabilidade entre esses perfis erosivos. No final do gráfico, no extremo leste da área de estudo, os gráficos apresentam resultados completamente diferentes. Enquanto o DSAS indica perfis sem grandes variações de m/ano classificados como estabilidade e com intervalos pontuais de acreção e erosão, o CASSIE indica um perfil predominante de acreção, com variação de m/ano expressivas, chegando até 4 m/ano. Essas variações são resultadas de cada operacionalização matemática por trás de cada método, não cabendo ao presente estudo apontar qual está correto. Ao contrário da visualização dos dados obtidos através do DSAS e CASSIE, os resultados obtidos pelo Aquamonitor podem ser observados na Figura 3, com os transectos em uma distância de 500 m entre si e apresentando taxas LRR com diferença de 1 m na mesma região analisada pelos outros métodos. Como indicado na Figura 3, foram destacados três transectos que indicam a dinâmica costeira de estabilidade, acreção e erosão da linha de costa, respectivamente. A partir do uso das ferramentas e da análise dos resultados encontrados, foi possível observar

vantagens e desvantagens associadas a cada método que serão apresentadas a seguir. Vantagens Aquamonitor: A principal vantagem observada está no fato dos dados gerados globalmente estarem disponíveis para rápida verificação de variação da linha de costa através de um site. De acordo com Souza (2021), o Aquamonitor possibilita com facilidade avaliar com base em estudos pretéritos, os mecanismos de erosão, acreção e os principais mecanismos que formam toda característica do ambiente costeiro auxiliando na identificação na dinâmica do litoral na escala temporal das últimas três décadas. Desvantagens Aquamonitor: Foram encontradas ao menos quatro desvantagens no uso da ferramenta Aquamonitor ao longo das análises realizadas: 1) a única forma de levar os dados brutos para ambiente SIG ou softwares de análise de dados é através do Google Earth Engine, que requer conhecimentos na área da programação; 2) por adotar escala global, não leva em consideração aspectos geomofológicos locais, o que impacta na análise das taxas; 3) em sua forma básica de uso, que é através da visualização pelo seu site, a única forma de acessar a variação da linha de costa é clicando em cada transecto por vez, não é possível ter uma visão geral do litoral que se tem interesse e 4) não se pode alterar os parâmetros como espaçamento entre os transectos e extensão desses. Vantagens CASSIE: O uso da ferramenta apresentou diversas vantagens como: 1) o usuário pode definir sua área de interesse, assim como estabelecer os parâmetros como espaçamento entre os transectos e extensão desses; 2) o usuário pode filtrar os anos de interesse para realizar sua análise; 3) o usuário pode escolher qual imagem de satélite será a responsável por gerar as linhas de costa de sua área de estudo; 4) a plataforma gera quatro diferentes estatísticas para diversificar a análise de dados da área de estudo; 5) cada transecto dispõe de uma definição de categoria como “erosão crítica, erosão, acreção ou estabilidade”; 6) os resultados gerados podem ser manipulados tanto no ArcGis (software pago) quanto no QGis (software livre) e 7) além de gerar as estatísticas de variação da linha de costa, o CASSIE vetoriza automaticamente as linhas de costa para cada ano selecionado, de acordo com a imagem de satélite definida pelo usuário. Além do mais, de acordo com Dantas et. al (2022), a utilização da ferramenta CASSIE reduz custos e tempo de processamento e viabilizando estudos em grande escala espaço-temporal. Desvantagens CASSIE: Dentre as desvantagens identificadas, podemos destacar: 1) a análise espaço-temporal está limitada aos anos de 1984 - 2023 e 2) a vetorização automática da linha de costa está suscetível a erros - pois a extração da linha de costa ocorre a partir de classificação automática a partir da interpretação dos pixels das imagens de satélite, e quanto menor a resolução espacial, pior a acurácia para diferenciar a linha de costa dos demais elementos da imagem - e nas análises de variação da linha de costa cada metro faz muita diferença. Vantagens DSAS: As vantagens no uso do DSAS estão relacionadas a três aspectos: 1) o DSAS gera cinco estatísticas de taxas de variação da linha de costa para enriquecer a análise do usuário; 2) o usuário pode definir as taxas geradas pelo DSAS segundo qualquer metodologia válida para classificar o processo que corresponde às taxas, como erosão, estabilidade, acreção e outros, permitindo maior liberdade metodológica e 3) o usuário pode estabelecer os parâmetros como espaçamento entre os transectos e extensão desses. Desvantagens DSAS: Duas desvantagens foram observadas no uso do DSAS: 1) a ferramenta DSAS só pode ser utilizado no software ArcGis, o que pode reduzir a chance de aplicação, por não ser um software livre e 2) para realizar a análise é necessário inserir as linhas de costa de cada ano de análise vetorizadas, o que pode implicar em um trabalho que demande mais tempo com a presença de imagens de diversas épocas ou de trechos muito extensos da linha de costa.

*Figura 1*

Taxas erosivas e progradacionais no litoral de São Miguel do Gostoso (RN)  
entre os anos de 1984 a 2015 apresentadas pelos diferentes métodos

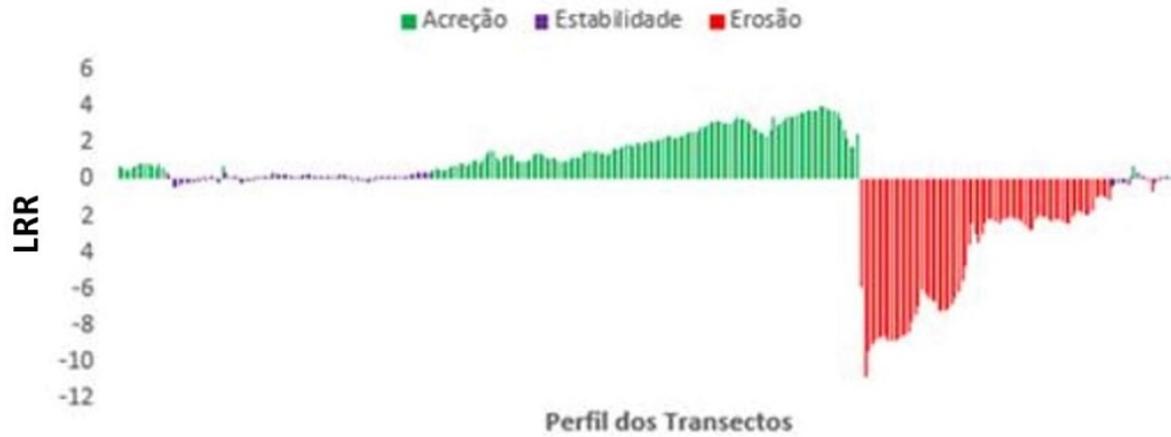


Mapa de representação das taxas erosivas e progradacionais no litoral de São Miguel do Gostoso (RN) entre os anos de 1984 a 2015

Figura 2

### A) Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Taxa de Regressão Linear (LRR) do litoral de São Miguel do Gostoso (RN)  
no período de 1984-2015



### B) Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine (CASSIE)

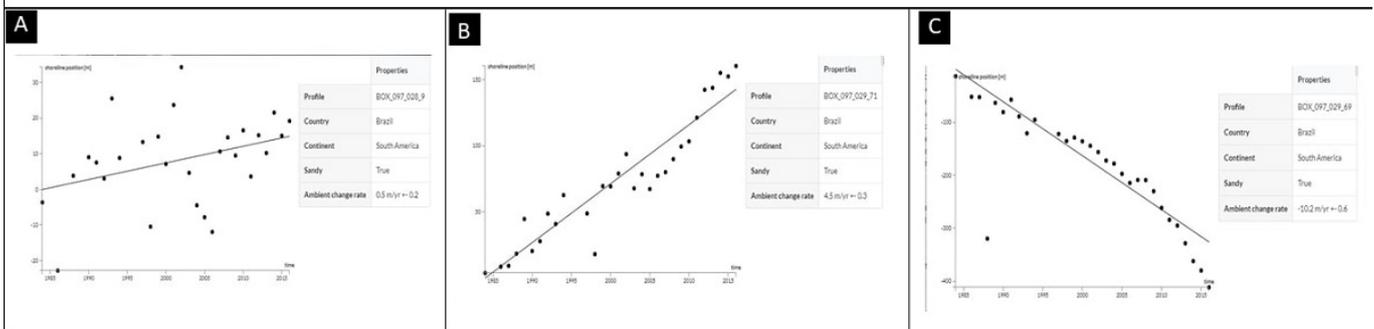
Taxa de Regressão Linear (LRR) do litoral de São Miguel do Gostoso (RN)  
no período de 1984-2015



- Gráfico de representação da distribuição espacial da taxa de regressão linear (LRR) do litoral de São Miguel do Gostoso (RN) no período de 1984-2015

Figura 3

Produtos gráficos gerados pela plataforma Aquamonitor



Visualização dos dados da plataforma Aquamonitor, com indicação e recorte de três transectos que ilustram a dinâmica da linha de costa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar a variação da linha de costa do litoral de São Miguel do Gostoso pelos métodos Aquamonitor, CASSIE e DSAS, pôde-se considerar que as taxas geradas pelo CASSIE e DSAS possuem similaridade, com diferenças de aproximadamente 300 cm/ano. Já em comparação com o Aquamonitor, por ser mais generalizado, pôde-se observar que a diferença no transecto que apresentou maior erosão é de quase 1 metro. Dessa forma, considera-se que os métodos DSAS e CASSIE apresentam maior acurácia em termos de estatísticas de taxas de variação da linha de costa, além de proporcionar manipulação dos dados em ambiente SIG de forma mais analítica e exploratória. A partir dos apontamentos das vantagens e desvantagens de cada método, cada leitor pode tomar suas conclusões para escolha de qual método abordar em seu estudo, pois os três métodos abordados possuem validade pela comunidade científica, porém a escolha do método depende da situação e do objetivo de cada trabalho. Dito isto, cabe destacar a importância da validação dos dados obtidos por esses métodos indiretos com outros métodos mais empíricos, como por exemplo a realização de trabalhos de campo, mas de forma mais direcionada e pontual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, T. A. B.; VITAL, H. Aplicação de sistema de análise de linha de costa (Digital Shoreline Analysis System) para avaliação de mudanças costeiras no delta do Parnaíba. In: Programa de Geologia e Geofísica Marinha, 2019, Porto Alegre. II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA, 2019. v. 1. p. 1-1.

HIMMELSTOSS, E.A., HENDERSON, R.E., KRAFTZMANN, M.G., and Farris, A.S., 2018, Digital Shoreline

Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018-1179, 110 p.

LINS DE BARROS, F. M.. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Imapctos Sócio-Econômicos na Orla Urbanizada de Maricá. Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 6, p. 83-90, 2005.

LUIJENDIJK, A; HAGENAARS G; RANASINGHE R, et al. The State of the World's Beaches. Scientific Reports 8: 6641. DOI: 10.1038/s41598-018-24630-6., 2018.

MATOS, M. F. A; AMARO, V. E; SCUDELARI, A. C. Análise de Recuo de Falésias no Litoral do Estado do Rio Grande do Norte. Exame de qualificação (Mestrando em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

MAZZER, A. M., DILLENBURG, S. R., GOUVEIA SOUZA, C. R. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Geociências, volume 38, 2008.

MUEHE, D. Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. Revista Mercator, v. 4, n. 7, p. 97-110,2005

SOUZA, B.H.Taxas de Mobilidade da Linha de Costa em Campos dos Goytacazes-RJ, 2021.

SOUZA, W F. de. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à análise da evolução espaço-temporal da linha de costa do município de Icapuí, Ceará - Brasil. 2016. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.