



# Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em Itapoá – Santa Catarina: Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática

Ariana Pereira Barboza Da Silva<sup>1</sup> and Cassio Suski<sup>1</sup>

## Resumo

A erosão costeira é um processo de ordem natural, principalmente em praias arenosas. As praias arenosas são comuns no Brasil e, geralmente a população em sua maioria encontra-se localizada nessa região onde, como consequência, diversos riscos estão associados a esse processo. O ambiente litorâneo possui muita importância econômica e ao mesmo tempo é um ambiente complexo em seus processos naturais e extremamente sensíveis. Por isso, diversos autores buscam por métodos de análise da variação da linha de costa para a obtenção de informações sobre o avanço, que resulta nos processos erosivos, a fim de identificar a vulnerabilidade costeira. Atualmente a instalação de contenções e obras como a engorda de praia tem sido comum, principalmente em regiões de extrema importância econômica. Neste trabalho, a modelagem numérica MOHID será utilizada para obtenção do balanço hidrodinâmico e sedimentar das praias de Itapoá-SC em junção com análises climáticas a fim de identificar quais os processos que estão ocasionando déficit no aporte sedimentar da região, o qual está resultando em processos erosivos de grande intensidade na porção sul das praias.

## Palavras-chave

Erosão Costeira, Itapoá-SC, Mudanças Climáticas

## Introdução

A erosão costeira é um processo natural da dinâmica das praias arenosas, que desencadeia diversos problemas de ordem mundial, pois a maior parte da população vive na costa, esta que é caracterizada como um risco costeiro (Griggs, 1996). Todavia, quando a população se instala na região costeira, o ambiente costeiro sofre a alteração da sua dinâmica natural, ocasionando diversos problemas ( ; MUEHE, 2006) (Bird, 1985). Em Santa Catarina, segundo Muehe (2006) o maior responsável pela ocorrência da erosão costeira está fortemente ligado a presença de tempestades, que geralmente estão associadas a ciclones extratropicais no sul do Brasil. A vulnerabilidade costeira se apresenta na costa litorânea, pois este ambiente é altamente sensível devido a sua complexidade em termos hidrodinâmicos e sedimentológicos. Quando eventos de alta energia e/ ou pelo avanço do nível relativo do mar, ou pelos eventos de maré astronômica ou meteorológica incidem sobre o sistema praias, o qual é extremamente frágil e encontra-se em constante movimento, gera uma vulnerabilidade nesse sistema (KLEIN, NICHOLLS, 1999). As estimativas do Painel Internacional de Mudanças Climáticas apontam que a elevação do nível do mar poder chegar a taxas de 0,13 a 0,50 mm/ano até 2100 (IPCC, 2021). Como consequência desse fenômeno, espera-se que os processos de erosão costeira sejam intensificados (BRUNN, 1962).

A Erosão Costeira é um problema socioambiental muito atual, pois a população presente na costa é maior comparada com outras regiões. Hoje, é problema público que somente

tem sido freado com a construção de contenções, como por exemplo, molhes, espigões, enrocamentos rochosos, entre outros. No entanto, essas contenções, além de modificar o perfil praias, podem ocasionar outros diversos impactos e, principalmente, não resolver o problema e sim, piorá-los (Gracia, Rangel-Buitrago, Oakley, & Williams, 2018). O monitoramento de eventos climáticos é realizado hoje no Litoral de Santa Catarina através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM/EPAGRI), pelo projeto RIMPEX - (Rede Integrada de Monitoramento e Previsão de Eventos Extremos na região Sul), coordenada hoje pela Universidade Federal de Santa Catarina. Somente com o monitoramento e mais estudos específicos de cada região, levando em conta que cada região tem sua geomorfologia e padrões únicos de circulação, pode-se obter padrões erosionais e meteorológicos, para definir um plano de contenção com maior eficiência e menos degradação do perfil praias.

O objetivo deste trabalho é estudar a origem e o avanço dos processos erosivos que ocorrem no município de Itapoá-SC ao longo dos últimos 15 anos, através da identificação e classificação do estado erosional de cada um dos 8 pontos de praias. Além disso, também identificar os processos atuais existentes para entender a dinâmica sedimentar, bem

<sup>1</sup> Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina  
Email: cassio.suski@ifsc.edu.br (Cassio Suski)

## Corresponding author:

Ariana Pereira Barboza Da Silva, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina

como das causas na mudança e/ou déficit sedimentológico que está resultando na erosão, assim podendo identificar o comportamento da linha de costa ao longo dos últimos 15 anos. Por fim, associar os resultados obtidos com os eventos climáticos de grande intensidade para a definição da origem do avanço da erosão costeira.

## Revisão bibliográfica

A Linha de Costa é um ambiente altamente complexo e sensível, decorrente da dinâmica entre o oceano, o continente e a atmosfera. Devido a esta dinâmica, o ambiente costeiro está sempre em processo de mudanças, essas causadas por processos naturais comuns, resultantes do padrão de ventos, corrente e ação das ondas. No entanto, as mudanças mais drásticas estão relacionadas a eventos meteorológicos, como por exemplo, tempestades, ciclones extratropicais, entre outros (Muehe, 2011).

As Zonas Costeiras estão entre os ambientes com maior densidade demográfica no mundo, contendo mais de 60 % da população situada em regiões com até 60km da costa (Bird, 1985). No Brasil, segundo Martinez et al. (2007), 48,6% da população vive na zona costeira. Já no estado de Santa Catarina, segundo Polette, Souza, Mazzer, and Moro (1995), aproximadamente 68% da população vive na região costeira. Devido a essa grande parcela da população viver na costa tem-se como consequência a existência de construções de casas, de ruas e de acessos a praia. Essas construções, em sua maioria, não consideram os processos hidrodinâmicos que revelam o perfil praiar na linha de costa, e, como resultado, tem-se diversos problemas socioambientais relacionados, principalmente com a ocorrência de eventos climáticos de grande intensidade. Não somente no Brasil, mas como no mundo todo a costa litorânea arenosa tem sintomas de erosão e entre 70% e 80% das costas do mundo sofrem a retrogradação (recuo), por perda de areia para as dunas, para devolução da própria plataforma continental ou para a corrente de deriva litorânea (Bird, 1985; Pilkey, Neal, & Bush, 2009).

Em Santa Catarina, os processos erosivos na faixa litorânea são evidentes e, vários danos são retratados todos os anos em telejornais. Esses danos são, geralmente agravados quando associados as marés de sizígia e ciclones extratropicais ( ; ANGULO et al., 2004) (Rudorff & Bonetti, 2010). A Erosão Costeira é um processo natural e pode ser entendida como a mudança no perfil praiar, resultante na transgressão na linha de costa (Muehe, 2011). O clima da região litorânea é diferenciado das demais regiões devido, principalmente, as diferenças de pressão entre continente e oceano. Para estudar a Erosão Costeira é de extrema importância o conhecimento no clima costeiro, porque é a energia das ondas, a intensidade e a recorrência de tempestades que gerenciam o processo de erosão pelo transporte sedimentar (Muehe, 2011; Pilkey et al., 2009). Segundo Tessler e Goya (2005), o transporte sedimentar na linha de costa possui duas forças principais, o Clima de Ondas e o Regime de Marés. O clima de ondas é definido pelo produto de três sistemas atmosféricos: 1. ZCIT – Zona de Convergência Intertropical (Forma a circulação mais ao Norte do Brasil); 2. ATAS – Anticiclone Tropical do Atlântico Sul (Centro de Alta Pressão que formam os

ventos alísios); 3. APM – Anticiclone Polar Migratório (Centros de Alta Pressão que formam os sistemas frontais). Na costa sul brasileira, as ondas que atingem a costa são forçadas pelos ventos alísios e na costa sul brasileira as ondas também são forçadas pelos ventos alísios, no entanto, as ondas com maior capacidade de transporte sedimentar são as associadas aos sistemas frontais, que podem resultar em ondas de 1 até 4 metros de altura (TESSLER e GOYA, 2005). Já o regime de marés possui seus níveis de Preamar e da Baixamar, que são condicionantes que modelam a costa. Na maior parte do litoral sul brasileiro essa mudança de nível ocorre até 2 metros, caracterizado pelas micromarés (TESSLER e GOYA, 2005). Segundo Muehe (2011), os processos erosivos na linha de costa estão mais relacionados aos eventos climáticos extremos, por isso, o monitoramento de eventos climáticos é de extrema importância.

O mapeamento sistemático da linha de costa e o seu monitoramento, representam ferramentas importantes para o planejamento do gerenciamento costeiro. Este monitoramento permite a determinação de áreas de risco do ambiente praiar, para que assim possa traçar faixas de recuo da linha de costa, na implementação de obras de contenção, como molhes, espigões, engordas de praia e outros (CROWEL et al., 1991). Diversas tecnologias foram apresentadas para análise da variação da linha de costa, como DGPS e Sensores Laser (LIDAR) (Leatherman, 2003). Diversos autores como Leathermann (1983 e 2003) obteve avanços no tratamento de dados e seus respectivos erros, e também com os métodos de análises que abrange as variações da linha de costa de curto e longo prazo.

## METODOLOGIA

Nesse estudo serão realizadas as seguintes etapas metodológicas: Simulação por meio da modelagem numérica MOHID, o levantamento de série temporal junto aos bancos de dados, a caracterização das praias e a identificação do estado erosional pelo índice de vulnerabilidade. As anomalias na série temporal serão analisadas e, posteriormente, relacionadas com eventos extremos ocorridos através de referências documentais.

### *Itapoá-Santa Catarina*

O trabalho será desenvolvido na cidade de Itapoá que está localizada na costa norte do estado de Santa Catarina (SC) com Latitude 26°07'01"S e Longitude 48°36'58"W, na região Sul do Brasil e possui aproximadamente 30 km de linha de praia. A população estimada de Itapoá é de 21.177 habitantes para 2020 (IBGE, 2021).

### *MOHID*

Os dados de marés, perfis topográficos, batimétricos, sedimentológicos e ondas e ventos serão analisados por meio de modelagem matemática e inseridos no modelo numérico computacional MOHID que estabelece o perfil hidrodinâmico e sedimentológico da região implementado para a costa dos estados do Paraná e Santa Catarina pelo Centro de Estudos do Mar, no âmbito do projeto “Sea Observator and operational modelling system for the south-eastern Brazilian shelf” (BSO, 2021). Os dados

utilizados para traçar o perfil através do MOHID já foram realizados e serão fornecidos para este estudo. O MOHID (Modelo Hidrodinâmico) é um sistema de modelagem computacional tridimensional composto por diferentes módulos integrados, o qual foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Tecnologia Marinha e Ambiental (MARETEC – Marine and Environmental Technology Research Center) do Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade de Lisboa, Portugal. Este sistema permite simulações do transporte de propriedades constituintes da água, tais como, salinidade, calor, sedimentos, processos ecológicos e outros parâmetros de qualidade da água (MARETEC, 2017). Através deste sistema foram analisados o balanço sedimentar e hidrodinâmico atual desde 2019.

### Série Temporal da Linha de Costa

Os dados dos marégrafos de Itapoá e o de São Francisco do Sul e Guaratuba serão utilizados para traçar um perfil de acompanhamento da posição da linha de costa ao longo dos anos, através do programa excel. Assim como, um Levantamento Cartográfico a partir da base de dados dos satélites Landsat 7 e 8 (Sensores Aster - NASA) será realizado, a fim de analisar a série temporal das posições da linha de costa ao longo dos anos. Outras análises de imagens de satélite provenientes da NASA, NOAA, INPE, USGS e outros órgãos poderão ser consultados para encontrar a série composta dos 15 anos de estudo.

### Índice de Vulnerabilidade Costeira e Caracterização Perfil Praia

O índice de vulnerabilidade costeira escolhido para a análise deste trabalho será baseado nos geoindicadores do estudo de Perinotto, Campos, Bonetti, and Rudorff (2012), para obtenção do estado erosional de cada praia, a partir de descrições sobre a presença de enrocamentos, pavimentações, manguezais e restingas, dentre outros aspectos gerais. Esta análise será realizada a partir de visualização em campo e em junção de fotos para caracterização de cada perfil praial.

### Mudanças Climáticas

Os dados climáticos serão obtidos pela empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) por meio do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), o qual realiza monitoramento de eventos extremos ao longo. Dados de pressão atmosférica do continente e do oceano foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Estação Meteorológica Automática (EMA) de Itapoá, respectivamente. Posteriormente, os dados foram tratados e analisados a partir do sistema Minitab.

Simultaneamente, serão realizadas as análises documentais, a fim de encontrar o maior número de informação de eventos climáticos de alta intensidade e processos erosivos que ocorreram no passado para comparar aos dados climáticos e aos eventos de erosão costeira que ocorreram e estão ocorrendo no momento. A variabilidade da linha de costa será comparada aos possíveis eventos climáticos ocorridos no mesmo período.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo e monitoramento do avanço da vulnerabilidade costeira são muito importantes para traçar metas e intervenções ideais para cada caso. Os modelos hidrodinâmicos e sedimentológicos através da modelagem numérica, todavia tem demonstrado estudos completos que possibilitam resultados com maior acurácia, bem como, considerar as mudanças climáticas nesse estudo é inevitável, pois segundo o relatório IPCC deste ano, o avanço do nível do mar é algo que já está acontecendo. Espera-se encontrar as origens dos déficits sedimentares da região, com a finalidade de incrementar estudos de manejo para a mitigação do problema para a população.

## References

- Bird, E. C. F. (1985). *Coastline changes: a global review*. Chichester. Nova Iorque: John Wiley-Interscience.
- Brasil, P. M. D. (2000). *Programa Nacional de Boias*. Brasil, 14-2021.
- Gracia, A., Rangel-Buitrago, N., Oakley, J. A., & Williams, A. T. (2018). Use of ecosystems in coastal erosion management. *Ocean & Coastal Management*, 156, 277-289.
- Griggs, G. B. (1996). California's Coastal Hazards. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, v, 12, 1-15.
- (n.d.). Retrieved from <[https://circam.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/solicitacao-de-dados/>.Acessoem](http://brazilianseaobservatory.org/pt/>.Acessoem</a></p>
<p>(n.d.). Retrieved from <a href=)
- Ibge, & Cidades. (n.d.). Retrieved from [panorama.s/d.Disponivelem:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/itapoa/panorama>.Acessoem](http://panorama.s/d.Disponivelem:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/itapoa/panorama>.Acessoem)
- Instituto, I. (n.d.). Nacional de Pesquisas Espaciais. *Catálogo de Imagens*, 20-2021.
- Leatherman, S. (2003). Shoreline change mapping and 134 management along the. *Journal of Coastal Research*(38), 5-13.
- Maretec. (n.d.). Retrieved from <

*American and Caribbean Countries - International Geographical Union* (p. 200-200).

- R, K., & Nicholls, R. (1999). Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change. *Ambio*, v, 28, 182-187.
- Rudorff, F. M., & Bonetti, J. (2010). Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias da Ilha de Santa Catarina. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol. Florianópolis*. v, 14(1), 9-20.
- Tessler, M. G., & Goya, S. C. (2005). Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. *Revista Departamento de Geografia. São Paulo*. v, 17, 11-23.