



## Capítulo VIII

### ANÁLISE TEMPORAL DA MORFOLOGIA DAS DUNAS DO BALNEÁRIO MAR GROSSO, SÃO JOSÉ DO NORTE/RS, COM BASE EM SENSORES REMOTO E DADOS DE VANT

Jade Moreira  
Stephanie F. da Silva  
Ulisses R. de Oliveira  
Rodrigo S. Simões



# ANÁLISE TEMPORAL DA MORFOLOGIA DAS DUNAS DO BALNEÁRIO MAR GROSSO, SÃO JOSÉ DO NORTE/RS, COM BASE EM SENSORES REMOTO E DADOS DE VANT

Jade Moreira<sup>1</sup> | Stephanie F. da Silva<sup>2</sup> | Ulisses R. de Oliveira<sup>3</sup> | Rodrigo S. Simões<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113 – Sala 207 (Bloco I), Bairro Agronomia, Porto Alegre – RS. CEP 91501-970. jade.moreira@acad.pucrs.br (autora correspondente)

<sup>2</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália – Km 8 – Carreiros, Rio Grande, RS. CEP 96203-900. stephaniefreitas2911@gmail.com

<sup>3</sup> Prof.º Dr. no Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande – ICHI-FURG. Av. Itália – Km 8 – Carreiros, Rio Grande, RS. CEP 96203-900. ulisseslicke@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Oceanografia Química, Física e Geológica da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália – Km 8 – Carreiros, Rio Grande, RS. CEP 96203-900. rodrigosisimoes@furg.br

**Resumo:** As características geomorfológicas dos ambientes costeiros são, em grande parte, influenciadas por processos relacionados à ação da maré, ondas e correntes litorâneas, bem como por fenômenos meteorológicos. A dinâmica natural deste ambiente prevê processos erosivos e deposicionais que mantêm o balanço sedimentar em equilíbrio. Contudo, eventos extremos podem resultar em alterações morfológicas bruscas. Por exemplo, em outubro de 2016, ocorreu um ciclone na costa sul do Brasil, gerando erosão generalizada das dunas frontais. O objetivo deste trabalho foi de desenvolver uma análise morfológica das dunas no Balneário Mar Grosso, no município de São José do Norte/RS após a passagem do evento extremo de 2016. Para o efeito, foram utilizadas imagens de alta resolução capturadas pelo sensor *GeoEye*, bem como por um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo DJI *Phantom 3 professional*. Na área de estudo, foram realizados voos nas seguintes datas: 06/2015; 10/2016; 08/2017; e 12/2018. Os mosaicos de imagens foram tratados nos softwares *Argisoft Photoscan* e *ArcGis*. Os resultados gerados possibilitam o mapeamento do campo de dunas e da vegetação em detalhe, variações na composição morfológica, caracterizadas pelo predomínio da erosão sedimentar, principalmente na porção sul do balneário. É relevante salientar a importância de manter a integridade do campo de dunas, a fim de manter o equilíbrio do balanço sedimentar, preservar a qualidade ambiental e paisagística do ambiente costeiro, já que dentre as suas principais funções estão a proteção continental, para possíveis eventos extremos que possam colocar as áreas adjacentes em risco.

**Palavras-chave:** Ambiente Costeiro; Dunas frontais; Levantamentos com VANT; Eventos Extremos.

## TEMPORAL ANALYSIS OF THE DUNE MORPHOLOGY OF THE MAR GROSSO BEACH, SÃO JOSÉ DO NORTE/RS, BASED ON REMOTE SENSING AND VANT DATA

**Abstract:** The geomorphological characteristics of coastal environments are, in part, influenced by tidal action, waves and coastal currents, as well as by meteorological phenomena. The natural dynamics of this environment already predicts erosive and depositional processes that keep the sedimentary balance in equilibrium. Extreme events can cause an expressive morphological variation. In the year 2016, in the month of October, a cyclone occurred in Southern Brazil, causing a foredune generalized erosion. This study aims to develop a morphological analysis of the dunes at Mar Grosso coastal settlement, in São José do Norte/RS after 2016 extreme event, checking whether or not there was recomposition of the dune system. Therefore, high resolution images captured by the *GeoEye* sensor, as well as an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), model DJI *Phantom 3 professional*. In the study area, flights were performed on the following dates: 06/2015; 10/2016; 08/2017; 12/2018. The image mosaics were treated in the software *Argisoft Photoscan* and *ArcGis*. The results generated enable the mapping of the dunes field and the vegetation in detail, which allowed to observe variations in the morphological, verifying predominance in sedimentary erosion, mainly in the south portion of the coastal settlement. It is relevant to stress the importance of maintaining the integrity of the dune field, in order to maintain the balance of the sediment balance, preserve the environmental and landscape quality of the coastal environment, since among its main functions are the continental protection, for possible extreme events that may put the adjacent areas at risk.

**Keywords:** Coastal Environment; Foredunes; UAV image; Extreme Events.

## INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório Mundial sobre Assentamentos Humanos (UN, 2011) – As Cidades e as Mudanças Climáticas: Orientações para Políticas Públicas, elaborado pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat) – grande parte da população mundial habita as regiões costeiras, concebidas como as mais vulneráveis a ameaças ambientais e aos efeitos do aquecimento global. Neste caso, as dunas frontais junto aos balneários costeiros se tornam um indicador as movimentações decorrentes das ameaças ambientais e efeitos do aquecimento global.

As características geomorfológicas dos ambientes costeiros são consideradas complexas, já que estas estão em uma área de interação entre diferentes elementos continentais e processos marinhos e subaéreos sobrepostos às estruturas e formações litológicas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para SILVA *et al.* (2004) e MUEHE (2005), a dinâmica do ambiente costeiro integra fatores como a atuação dos processos físicos, químicos e biológicos, determinados pelo transporte e deposição de sedimentos, além de conter os processos erosivos e das atividades antrópicas que conferem as características de cada localidade e, por vezes, acentuam o dinamismo costeiro.

As praias arenosas são construídas através de processos naturais de deposição de sedimentos, acumulados pelos agentes de transportes fluviais e marinhos (GUERRA, 2003), e erosão, responsáveis pelo equilíbrio dinâmico do balanço sedimentar, estando expostas a ações da maré, ventos e outros fenômenos que interferem no balanço sedimentar e na evolução morfológica das feições praias. Assim, sedimentos trabalhados e retrabalhados através da ação das ondas são responsáveis pelo desenvolvimento das feições geomorfológicas dunares. Estas apresentam mobilidade e são diretamente influenciadas pela presença ou ausência de cobertura vegetal, bem como pela pressão exercida pelos balneários que se desenvolvem nas adjacências (HESP, 2002). O principal agente de transformação do ambiente costeiro são as ondas, as quais estão diretamente relacionadas ao regime de ventos que sopram sobre a superfície d'água, à velocidade, à pista de vento e à intensidade em que os ventos ocorrem, exceto aquelas formadas por atividades sísmicas (VILLWOCK, 1994). A

direção e a força dos ventos executam importante papel na geomorfologia e na dinâmica morfológica dunar, contribuindo para o transporte e a deposição dos sedimentos (PASKOFF, 1985).

Para DARSAN *et al.* (2013), os ventos intensos provocam o empilhamento de grandes volumes de águas oceânicas na costa, já os de grande celeridade são responsáveis pela altura elevada de ondas e eventos extremos, que potencializam a erosão pelas ondas, ocasionando perdas na porção emersa do ecossistema costeiro (HOEKE *et al.*, 2015; CALLIARI & SILVA, 1998)

Os chamados eventos extremos possuem energia para alterar bruscamente certas feições morfológicas. Segundo DAVIS (1997), outras variáveis como a quantidade de sedimento disponível, as variações no nível médio do mar e a energia física ao longo da costa também são consideradas.

Nos últimos anos é notório o aumento da intensidade dos eventos extremos que são associados às alterações climáticas que ocorrem no Planeta Terra e vêm provocando o aumento da intensidade desses episódios, principalmente em áreas já consideradas como de alta atividade ciclogênica (desenvolvimento e fortalecimento de ciclones extratropicais), que é o caso da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, já que se localiza em médias latitudes (REBOITA *et al.*, 2012).

O presente estudo ressalta a passagem de um ciclone extratropical, cujo ápice se deu em 26 de outubro de 2016, e ocorreu em uma costa já fragilizada, onde houve registros descritos por OLIVEIRA *et al.* (2020) de, ao menos, cinco eventos extremos de alta energia na área de estudo, atuando de forma ainda mais significativa na erosão das dunas frontais.

A partir do exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar o comportamento da morfologia das dunas do Balneário Mar Grosso, no recorte temporal compreendido entre 2015 e 2018. Haja vista a evidente dinâmica a que é submetida a zona costeira, evidencia-se a importância fundamental de estudos de monitoramento ambiental. Para tanto é imprescindível a utilização de ferramentas que possibilitem realizar análises detalhadas tornando os dados obtidos de fácil compreensão e alta relevância.

Para os gestores costeiros, a disposição em buscar cada vez mais dados que possibilitem trocar informações e gerar banco de dados capazes de construir uma evolução histórico-temporal, são

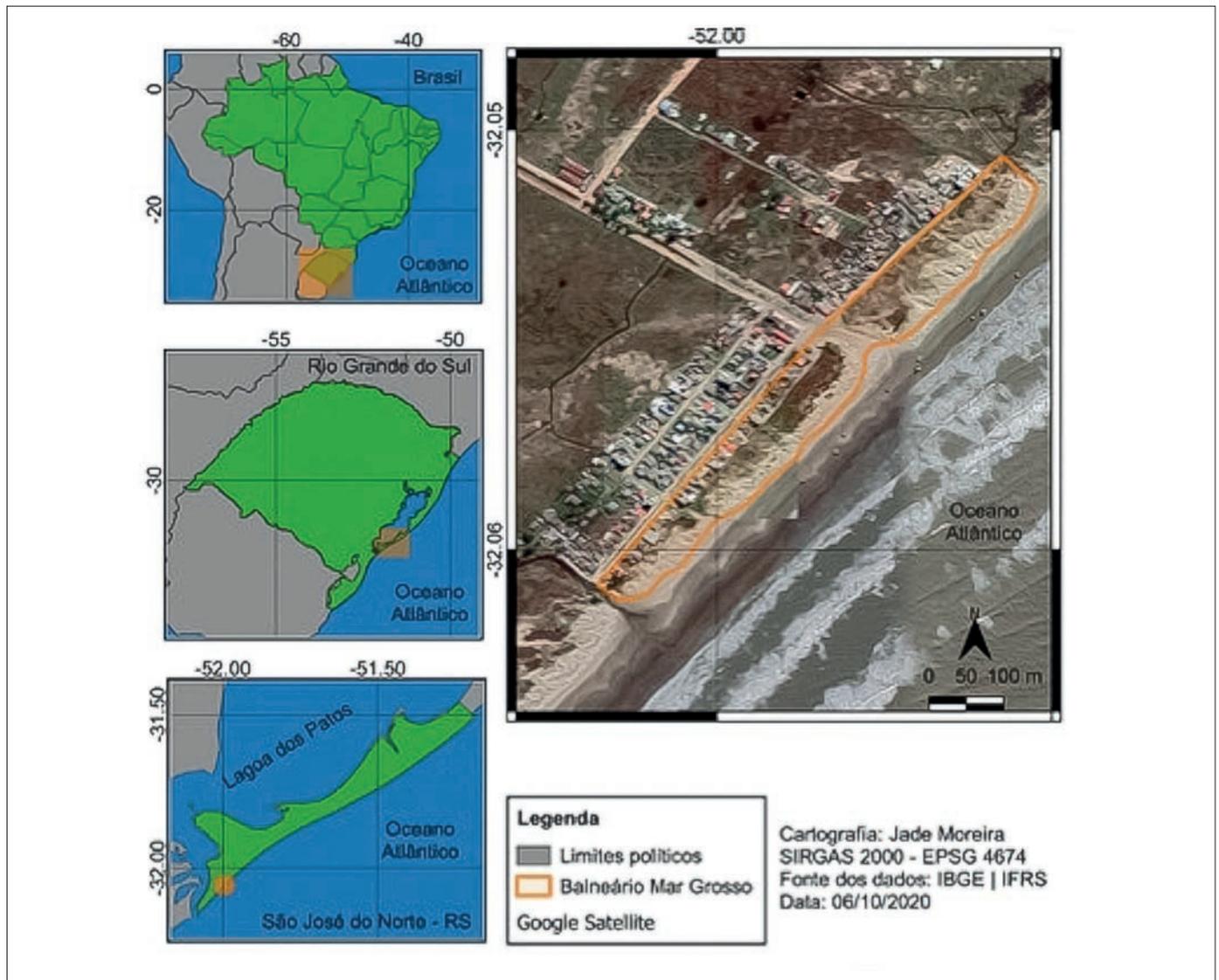
fundamentais para uma melhor compreensão dos processos atuantes nas zonas costeiras. A importância do monitoramento da integridade do campo de dunas, no que tange a proteção continental e urbana adjacente, emerge como uma contribuição à continuidade do monitoramento desses ambientes.

O uso de tecnologias, em especial os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), no estudo dos ambientes costeiros têm sido cada vez mais incorporadas. A popularização recente, a alta precisão e o relativo baixo custo são fatores exponenciais para a ampla utilização e geração de dados dessas plataformas, com alta qualidade de resolução, de forma rápida e possibilitando ao pesquisador reproduzir os levantamentos de forma sazonal, ou em alta (SCARELLI, 2016).

### Caracterização da área de estudo

O Balneário Mar Grosso localiza-se no município de São José do Norte, localizado a 8 km de distância do município de Rio Grande e a pouco mais de 10 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos (32°03'12''S; 51°59'36''W). Toda área de estudo localiza-se no Rio Grande do Sul (Figura 1).

Segundo a classificação de WRIGHT & SHORT (1984), é possível observar que praia dispõe de bancos e cavas longitudinais predominantemente, com pouca declividade e desenvolvimento de cúspides e megacúspides praias (PEREIRA *et al.*, 2010). Formações bem definidas e presentes ao longo de toda a área de estudo.



**Figura 1** – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: IBGE (2017); acervo de imagens cedido pelo IFRS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a efetivação do presente estudo foram usados dados coletados através de uma breve revisão bibliográfica, permitindo construir o escopo do trabalho com embasamento teórico para os processos que envolvem a morfodinâmica costeira da área de estudo. Concomitantemente, realizou-se a aquisição de imagens de alta resolução da plataforma *Google Earth Pro*, e imageamento utilizando o VANT, modelo *DJI Phantom 3 professional*. Esse conjunto de dados viabilizou análises detalhadas das alterações que ocorreram no campo de dunas da área de estudo, proporcionando agilidade e autenticidade no monitoramento do ambiente costeiro.

Na Tabela I constam, respectivamente, as datas de coleta das imagens da plataforma *Google Earth Pro*, e as datas de realização dos voos para aquisição das fotografias aéreas. As imagens do VANT foram tratadas no software *Argisoft Photoscan*, Licença IFRS, e depois trabalhadas juntamente com as imagens *GeoEye* no software *ArcGIS*.

Para gerar os produtos, os mosaicos obtidos foram trabalhados no *plugin ArcMap 10.2.2*, presente no software *ArcGIS 10.2.2*, utilizando-se a ferramenta de vetorização de feições, de acordo com os objetivos deste estudo, onde efetuou-se o mapeamento das feições importantes para a obtenção do resultado proposto nesta pesquisa e posteriormente a sobreposição das vetorizações, com a finalidade de apresentar os mapeamentos e possibilitar a observação das feições, bem como as variações morfológicas da área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos serão apresentados em pares, seguindo a ordem temporal das fotografias, visando demonstrar as variações morfológicas e da cobertura vegetal que ocorreram no período analisado numa perspectiva em planta. Em comparação ao período entre 2015 e 2016, anterior e posterior ao fenômeno meteorológico citado, observa-se que a composição morfológica do campo de dunas do balneário apresenta volume maior na porção norte

**Tabela I** – Banco de dados de imagens.

Período de aquisição	Sensor	Resolução espacial (m/ pixel)	Fonte
06/2015	<i>GeoEye</i>	1,0 m	<i>Google Earth Pro</i>
10/2016	<i>GeoEye</i>	1,0 m	<i>Google Earth Pro</i>
08/2017	<i>DJI Phantom 3</i>	0,054 m	<i>ICHI FURG</i>
12/2018	<i>DJI Phantom 3</i>	0,054 m	<i>ICHI FURG</i>

Fonte: Elaborado por Moreira (2021).



**Figura 2** – Variação do limite das dunas frontais para o período de junho de 2015 a outubro de 2016. (Imagem: Repositório do *Google Earth Pro* – 30/10/2016)

Fonte: Elaborado por Moreira (2021).

onde, também é possível observar que há vegetação mais desenvolvida, o que promove a fixação de sedimentos e proporciona melhor desenvolvimento da morfologia da duna frontal. A porção sul, apresenta volume consideravelmente menor, em comparação à porção norte e, do mesmo modo, a vegetação apresenta descontinuidade e menos desenvolvimento, acarretando menor fixação e deposição sedimentar para este seguimento de dunas frontais (Figura 2).

O impacto produzido pela ação do fenômeno meteorológico sobre a área em análise, aponta para uma perda significativa de material sedimentar das dunas, onde é possível observar uma considerável erosão sedimentar em toda extensão das dunas frontais.

A figura 3, aponta que há acreção de sedimentos em alguns seguimentos ao longo das dunas frontais

do balneário Mar Grosso, em especial na porção sul, afetada intensamente pelo ciclone extratropical, apresentando importante regeneração da morfologia das dunas nesta região, ainda que continue em déficit de sedimento.

No período apresentado na figura 4, entre 2017 e 2018, observa-se que o setor mais ao norte, não sofre tão considerável erosão quanto o setor sul, e que a cobertura vegetal se mantém em todas as imagens coletadas, apresentando pequena variação, embora em todas as imagens na porção sul a cobertura vegetal seja expressivamente menos desenvolvida do que na porção norte. Comparando-se as imagens dentro do recorte temporal abordado para esta pesquisa observa-se notável regeneração da morfologia das dunas, especialmente na porção com maior erosão,



**Figura 3** – Variação do limite das dunas frontais para o período de outubro de 2016 a agosto de 2017. (Imagem: DJI Phantom – 23/11/2017)  
**Fonte:** Elaborado por Moreira (2021).



**Figura 4** – Variação do limite das dunas frontais para o período de agosto de 2017 a dezembro de 2018. (Imagem: DJI Phantom – 15/07/2018)  
**Fonte:** Elaborado por Moreira (2021).

bem como a regeneração da cobertura vegetal ao longo do período.

Interpreta-se, analisando as figuras 2, 3 e 4, o dinamismo que envolve o desenvolvimento das praias arenosas e oceânicas, as suas vulnerabilidades e o quão são influenciadas por processos intrínsecos à zona costeira, como os eólicos, biológicos e hídricos (HOEFEL, 1998). De acordo com TABAJARA *et al.* (2005), a vulnerabilidade costeira configura um arranjo de atributos que evidenciam a fragilidade de trechos costeiros expostos a desastres e à incidência de fenômenos naturais, contribuindo, assim, para as alterações observadas nas figuras citadas e corroborando com a dinâmica a que foi exposta a área de estudo desta pesquisa. A relevância das análises feitas neste curto período temporal, cerca de 4 anos, é notória para perceber flutuações do equilíbrio do balanço sedimentar e do desenvolvimento da cobertura vegetal nativa.

## CONCLUSÕES

A dinâmica da morfologia das dunas frontais do Balneário do Mar Grosso apresenta regeneração considerável em todo o trecho analisado para o recorte temporal desta pesquisa, com relevante regeneração da cobertura vegetal, especialmente na área localizada nas dunas da porção sul, mas afetada pelo evento meteorológico. No período analisado não houve intervenção humana no que tange o manejo de dunas com qualquer aparato de auxílio de deposição sedimentar ou de fixação de vegetação. Portanto, a variação positiva da morfologia foi empreendida pela própria dinâmica do balanço sedimentar local.

A partir das análises, é possível corroborar a importância da utilização de ferramentas e tecnologias para manter a alta qualidade de dados espacializados em especial em áreas tão dinâmicas como a zona costeira. A utilização de VANT nesta pesquisa, possibilitou gerar resultados com alta resolução espacial proporcionando contribuição excelente para a análise da morfologia das dunas frontais e os impactos a que foi submetida neste período. Aprecia-se a relevância da quantificação do balanço sedimentar em novos estudos, assim como a continuidade de base de dados.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, pelo apoio e acolhimento aos discentes do programa. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento da pesquisa – Edital MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo 446963/2014-3, que possibilitou a compra do “drone” utilizado no trabalho. Ao acadêmico André Goulard pelo auxílio na confecção dos mosaicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLIARI, L.J. & SILVA, R.P. 1998. Erosion processes associated to storm surge and washout along the south brazilian coastline. *Journal of Coastal Research*, 26: 1-7.
- DARSAN, J.; ASMATH, H. & JEHU, A. 2013. Flood-risk mapping for storm surge and tsunami at Cocos Bay (Manzanilla), Trinidad. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3): 679-689, doi: 10.1007/s11852-013-0276-x.
- DAVIS, Jr., R.A. 1997. Regional Coastal Morphodynamic Along the United States Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 13 (3): 595-604.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgars Blucher, 188p.
- GUERRA, A.J.T. 2003. *Novo dicionário geológico – geomorfológico*. 3ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 652p.: il.
- HESP, P.A. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.
- HOEKE, R.; MCINNES, K. & O’GRADY, J. 2015. Wind and Wave Setup Contributions to Extreme Sea Levels at a Tropical High Island: A Stochastic Cyclone Simulation Study for Apia, Samoa. *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(3): 1117- 1135, doi:10.3390/ jmse3031117.
- MOREIRA, J. 2021. *Caracterização do comportamento da morfologia das dunas frontais do Balneário Praia do Mar Grosso / RS, entre 2011 e 2020, como subsídeo à gestão costeira*. Dissertação de mestrado. FURG – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. 126p.
- MUEHE, D. 2005. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Eds.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand, p. 253-308.

- OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S.; PORTO, F.S.; CAMINHA, E.S.; CALLIARI, L.J. & ROMEU, M.A.R. 2020. Análise da dinâmica praial após a deposição de lama em 2014 na Praia do Cassino (RS, Brasil) utilizando Aeronave Remotamente Pilotada. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21(3), doi:10.20502/rbg.v21i3.1462.
- PASKOFF, R. 1985. *Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution*. Masson et cie, Paris, 188 p.
- PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J. & BARLETTA, R.C. 2010. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. *Continental Shelf Research*, 30: 270-280. DOI: 10.1016/j.csr.2009.11.007
- REBOITA, M.S. 2008. *Ciclones Extratropicais Sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade*. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, SP.
- REBOITA, M.S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T. & ROCHA, R.P. 2012. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Terra e Didática*, 8(1), 34–50, doi:/10.20396/td.v8i1.8637425.
- SCARELLI, F.M. 2016. *Integração de geotecnologias como subsídio a gestão integrada de zonas costeiras, Capão Novo (RS-Brasil) e Ravenna (ER-Itália)*. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 184 p.
- SILVA, C.G.; PATCHINEELAM, S.M.; BAPTISTA NETO, J.A. & PONZI, V.R.A. 2004. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: NETO, J.A.B. (Ed.) *Introdução à geologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 175-218.
- TABAJARA, L.L.C.A.; GRUBER, N.L.S.; DILLENBURG, S.R. & AQUINO, R. 2005. Vulnerabilidade e Classificação das Dunas da Praia de Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul. *Gravel*, Novembro: 71-84.
- UN. 2011. UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME – ONU-HABITAT. *Global Report on Human Settlements, cities and climate change*. Washington DC: ONU-HABITAT.
- VILLWOCK, J.A. 1994. *A costa brasileira: geologia e evolução*. CECO/IG UFRGS, Porto Alegre. Notas Técnicas 7.
- WRIGHT, L.D. & SHORT. A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*. 56: 93-118. DOI:10.1016/0025-3227(84)90008-2.