Praia da Macumba, Rio de Janeiro, Brasil.

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

LIVRO DE RESUMOS

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS

ABRhidro Associação Brasileira de Recursos Hídricos

acrh Associação Cabo-verdiana de Recursos Hídricos

AMAIA

UERJ Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UNISANTA Universidade Santa Cecília

Livro de resumos

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

ORGANIZAÇÃO

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS

ABRhidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

acrh
Associação Caboverdeana de Recursos Hídricos

AMAIA

UERJ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

UNISANTA
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

APOIO

ABEQUA
1958
BRASIL

oceano
Associação Brasileira de Oceanografia

PROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA
PGGM

UERJ
PPG · OCN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Título
Livro de Resumos do X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Design Capa
APRH/UERJ

ISBN
978-989-8509-29-1

1ª Edição: Março de 2022

Site do evento: https://xcongressopgzcost.4.events/
Email APRH: aprh@aprh.pt
Email UERJ: XCongresso.pgzcosteiras@gmail.com

Comissão Organizadora

Presidente:
Alessandro Mendonça Filippo
(UERJ/FAOC, Brasil)

Alexandra F. P. Sampaio
(UNISANTA, Brasil)

Alexandre M. Fernandes
(UERJ/FAOC, Brasil)

Francisco S. Dourado
(UERJ/FGEL, Brasil)

Josefa V. Guerra
(UERJ/FAOC, Brasil)

Juliana A. Fernandes
(UERJ/FAOC, Brasil)

Lúcio S. de Souza
(UERJ/FAOC, Brasil)

Marcelo Sperle
(UERJ/PGGM/ABEQUA/AOCEANO, Brasil)

Comissão Organizadora Internacional

António Pedro Pina
(ACRH, Cabo Verde)

Carlos Coelho
(APRH, Portugal)

José Luís Pinho
(CEZCM da APRH, Portugal)

Kemal Vaz
(AMAIA, Moçambique)

Synara Broch
(ABRH, Brasil)

Comissão Científica

Presidente:
Marcos Nicolas Gallo
(UFRJ, Brasil)

Alexandre Macedo Fernandes
(UERJ/FAOC, Brasil)

Alessandro Mendonça Filippo
(UERJ/FAOC, Brasil)

André Fortunato
(LNEC, Portugal)

André Luiz Belém
(UFF, Brasil)

André Luiz Carvalho da Silva
(UERJ, Brasil)

Antonio Henrique F. Klein
(UFSC, Brasil)

Antônio José da Silva Neto
(UERJ/IPRJ, Brasil)

António Pires Silva
(IST/ULisboa, Portugal)

António Trigo Teixeira
(IST/ULisboa, Portugal)

Carmen Van Dunem
(UAN, Angola)

Charline Dalinghaus
(UFSC, Brasil)

Debora Machado
(FURG, Brasil)

Débora M. de Freitas
(UNESP, Brasil)

Eduardo Brito
(UAçores, Portugal)

Eduardo Negri de Oliveira
(UERJ/FAOC, Brasil)

Eduardo Siegle
(USP, Brasil)

Fernanda Achete
(COPPE/UFRJ, Brasil)

Fernando Veloso
(LNEC, Portugal)

Filomena Martins
(UAveiro, Portugal)

Flavia Lins de Barros
(UFRJ, Brasil)

Francisco S. Dourado
(UERJ/FGEL, Brasil)

Francisco Sancho
(LNEC, Portugal)

Francisco T. Pinto
(FEUP, Portugal)

Friedrich Wilhelm Herms
(UERJ/FAOC, Brasil)

Gleyci Aparecida Oliveira Moser
(UERJ/FAOC, Brasil)

Guilherme Lessa
(UFBA, Brasil)

Helena Granja
(UMinho, Portugal)

Isabel Iglésias
(CIMAR/UPorto, Portugal)

Jacqueline Albino
(UFES, Brasil)

João Luiz Batista Carvalho
(UFPA, Brasil)

Jader Lugon Junior
(IFF,Brasil)

Jorge de Sousa Brito
(UniPiaget, Cabo Vede)

Jorge Gonçalves
(UAlgarve, Portugal)

José Antunes do Carmo
(UCoimbra, Portugal)

Josefa Varela Guerra
(UERJ/FAOC, Brasil)

Juana Fortes
(LNEC, Portugal)

Leonardo Klumb
(UFRB, Brasil)

Lúcio S. de Souza
(UERJ/FAOC, Brasil)

Luísa Schmidt
(ICS/ULisboa, Portugal)

Luís Chicharo
(UAlgarve, Portugal)

Luiz Paulo de Freitas Assad
(IGEOG/UFRJ, Brasil)

Manuel Quintino
(INARH, Angola)

Marcelo Sperle
(UERJ/PGGM/ABEQUA/AOCEANO, Brasil)

Marcos Bastos
(UERJ/FAOC, Brasil)

Marinez Scherer
(UFSC, Brasil)

Mario Luiz Gomes Soares
(UERJ/FAOC, Brasil)

Miguel Ângelo Moura
(ANAS, Cabo Verde)

Óscar Ferreira
(UAlgarve, Portugal)

Osmar Olinto Möller Juinor
(FURG, Brasil)

Pedro Pereira
(UFSC, Brasil)

Renata Cardia Rebouças
(UERJ/FAOC, Brasil)

Renato Henriques
(UMinho, Portugal)

Renan Braga Ribeiro
(NPH/UNISANTA, Brasil)

Renan Peixoto
(UFPA, Brasil)

Rita Carvalho
(UCoimbra, Portugal)

Rui Freitas
(UNICV, Cabo Verde)

Susana Beatriz Vinzon
(COPPE/UFRJ, Brasil)

TEMAS

1. GESTÃO DA ZONA COSTEIRA: PRESSÕES, USOS, VULNERABILIDADE, SAÚDE E RISCO

2. INTERVENÇÕES COSTEIRAS: AVALIAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO, SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

3. PROCESSOS LITORÂNEOS EM PRAIAS E OUTROS AMBIENTES COSTEIROS: MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO;

4. MONITORAMENTO E MODELAGEM NAS ZONAS COSTEIRAS

5. GESTÃO INTEGRADA DA ATIVIDADE PORTUÁRIA E ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES

6. PROCESSOS FÍSICOS E AMBIENTAIS EM ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES (ESTUÁRIOS, BAÍAS, LAGOAS/LAGUNAS E MANGUEZAIS)

INDÍCE

GESTÃO DA ZONA COSTEIRA: PRESSÕES, USOS, VULNERABILIDADE, SAÚDE E RISCO 19

20 ANOS DE SANEAMENTO DE ARRIBAS NO BARLAVENTO DO ALGARVE (PORTUGAL) 21
Sebastião Braz Teixeira

A GESTÃO COSTEIRA NO BRASIL FRENTE AOS TERRENOS DE MARINHA E À ORLA MARÍTIMA: O CASO DE BELÉM 24
Artur Willen Ramos Corrêa, Maria do Socorro Almeida Flores

A TECNOLOGIA LIDAR NO PLANEAMENTO, ARQUITETURA E GESTÃO DA PAISAGEM DA ORLA COSTEIRA ..27
Rui Reis, Maria Vale

A VARIABILIDADE DA LINHA DE COSTA DA MARGEM LESTE DO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ, ENTRE 1987-2019 30
Diandra Karina Martins Guimarães, Maâmar El-Robrini, Rafael Alexandre Alves Menezes

ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM AQUÍFEROS COSTEIROS: MODELAÇÃO DA GESTÃO DA RECARGA DE AQUÍFEROS OTIMIZADA PELO UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE GALDIT DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE À INTRUSÃO MARINHA 33
João Paulo Lobo-Ferreira

ANÁLISE DE GOVERNANÇA DE SISTEMAS COSTEIROS SEMIFECHADOS PARA DESASTRES HIDROCLIMÁTICOS NO BRASIL 37
Pedro Luiz Do Nascimento e Silva, Letícia Guarnier, Gilberto Fonseca Barroso

ANÁLISE DA OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICOS NO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA (RJ, BRASIL) 40
Lucas Ferreira Corrêa, André Luiz Carvalho da Silva

ANÁLISE DA POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM PRAIAS URBANAS NO CONTEXTO DA COVID-19 43
José Rodrigues de Souza Filho, Antônio Anselmo Silva Chagas, Iracema Reimão Silva, Junia Kacenelenbogen Guimarães, Tania Emi Sakanaka, Gerson Fernandino

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE MAR E SUAS CONSEQUÊNCIAS DURANTE A RESSACA OCORRIDA EM MAIO DE 2001 NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - BRASIL 46
Rafael de França Lima, Flavia Moraes Lins de Barros, Mauro Cirano

ANÁLISE DE PERCEPÇÃO POPULACIONAL DA PRAIA DA ENSEADA (GUARUJÁ – SP) SOBRE EVENTOS EXTREMOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS 49
Felipe Rosa do Nascimento, Celia Regina de Gouveia Souza

ANÁLISE DO PROCESSO DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS POR DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA BAÍA DE ILHA GRANDE, RJ 52
Mônica Dias Corrêa da Silva, Marcos Bastos Pereira, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Marcela Zicarri Amaral, Pedro Sant'Anna Cortez, Elmo Rodrigues da Silva

ANÁLISE MORFODINÂMICA DO LITORAL NORTE DO DELTA PARAÍBA DO SUL 55
Marcelo de Queiroz Jorge, Sergio Cadena de Vasconcelos

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ZONEAMENTO DE MARÉ COM USO DE ADCPS E VALIDAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA BAÍA DE GUANABARA 58
Gregório L. G. Teixeira, Teodósio N.M. Nzualo

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ORLA URBANA DO RIO DE JANEIRO 61
David Man Wai Zee, Carolline Xavier Silva Vieira, Rafael Dias Gomes de Carvalho

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA EM JAGUARUNA, SC, BRASIL, UTILIZANDO UM ÍNDICE MULTICRITÉRIO 64
Giuliana Andréia Sfredo, Tatiana Silva da Silva, Eduardo Guimarães Barboza

AVALIAÇÃO DE RISCO DE HABITATS DA ZONA COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL USANDO O MODELO HABITAT RISK ASSESSMENT (INVEST) 67
Bruna Batista Kappes, José Augusto Müller Neto, Tássia Fraga Belloli, Tatiana Silva da Silva, Tatiana Mora Kuplich, Laurindo Antonio Guasselli

AVALIAÇÃO DE RISCO ECOSSISTÊMICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SUPORTE À GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA: ESTUDO DE CASO NO SUL DO BRASIL 70
Josiane Rovedder, Júlia Nyland do Amaral Ribeiro, Milton L. Asmus, Tatiana Silva da Silva

AVALIAÇÃO DO RISCO DE EROSÃO NA PRAIA DA MACUMBA (RIO DE JANEIRO, BRASIL) 74
Leticia Vazquez, Marcelo Sperle, Laura Del Río, Theocharis Plomaritis

AVALIAÇÃO E EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EROSÃO COSTEIRA NO NORTE DE PORTUGAL 77
Francisco Taveira-Pinto, Renato Henriques, Paulo Rosa-Santos, Tiago FazeresFerradosa, Luciana das Neves, Francisco Vilela de Carvalho Taveira Pinto

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO GLOBAIS NA ANÁLISE DE GALGAMENTOS COSTEIROS 79
Isadora Bicho Emmendorfer , Luis Pedro Melo de Almeida, Leonardo Ramos Emmendorfer, Deivid Cristian Leal Alves, Jorge Arigony-Neto

AVALIAÇÃO QUALIQUANTITATIVA DE RESÍDUOS NA PRAIA DOMORRO DE SÃO PAULO - BRASIL ANTES E DURANTE A PANDEMIA DACOVID-19 82
Elson Pascoal Dias, Devson Paulo Palma Gomes, José Rodrigues de Souza Filho, Antônio Anselmo Silva Chagas e Patrícia Oliveira dos Santos

BAÍA DA ILHA GRANDE: PRINCIPAIS ATIVIDADES ECONÔMICAS E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS 85
Joanny Miranda , Rafaella Andrade, Melanie Silva, Luís Skinner

BENTOS DE INFRALITORAL EM COSTÕES ROCHOSOS ADJACENTES AO CULTIVO DE BIJUPIRÁS NA ENSEADA DO BANANAL, ILHA GRANDE, RJ 87
Marcella Z. Amaral, Alexandre F. Azevedo, Marcos B. Pereira, Mônica D. Corrêa-Silva

CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA E EROSÃO DA PRAIA EM GANDOCA: REFÚGIO NACIONAL DE VIDA SELVAGEM GANDOCA-MANZANILLO, LIMÓN, COSTA RICA 90
Alvarado, E. B. , Barros, F. D., Quesada, C. A., Castillo, G. B. , Silva, A. L. C.

CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS NA ORLA DE MARATAÍZES, ES, PERANTE AO ESTADO EVOLUTIVO DA URBANIZAÇÃO 93
Karlany Brandão, Jacqueline Albino

CENÁRIOS DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NO TROÇO COSTEIRO A SUL DA FIGUEIRA DA FOZ (COVA-GALA – LAVOS) 96
Celso Aleixo Pinto,André Inácio, Bruno Pires

CLIMA DE ONDAS E MARÉ EM TRÊS EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS EXTREMOS OCORRIDOS EM SÃO PAULO EM FEVEREIRO E ABRIL DE 2020 99
Priscila Linhares da Silva, Denise Tyemi Fukai, Célia Regina de Gouveia Souza

CULTURA OCEÂNICA NA EDUCAÇÃO FORMAL BRASILEIRA: FERRAMENTA PARA UMA GESTÃO COSTEIRA PARTICIPATIVA 102
Carmen Edith Pazoto, Michelle Rezende Duarte, Edson Pereira da Silva

DEMARCAÇÃO DO LIMITE FLUVIAL/ESTUARINO DO RIO AMAZONAS PARA EFEITO DA DELIMITAÇÃO DAS ORLAS ESTUARINAS AMAZÔNICAS (BRASIL) 105
Maâmar El-Robrini, Juliana de Sá Guerreiro, Leilanhe Almeida Ranieri, Herbert Junior Campos Peixoto, Diandra Karina Martins Guimarães, Lorena Miranda Diniz, Rafael Alexandre Alves Menezes, Taynan Nacly Abenassiff Azevedo, Karoena Machado do Nascimento, Rafaele da Silva Sampaio, Rhuan Rodrigo Pereira e Silva, Aline de Castro Vitelli, Robert William Queiroz Farias, Karoena Machado do Nascimento Ferreira, Ordilei Pantoja e Silva.

DINÂMICA ESPACIAL DA OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DO MANGUEZAL NO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ 108
Sidney Vincent de Paul Vikou, Sony Cortese Caneparo, Everton Passos

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE MANGUEZAIS DE RESEXS DO SALGADO PARAENSE 112
Herbert Junior Campos Peixoto, Maamar El-Robrini

EFEITO DA PANDEMIA COVID-19 NA OCUPAÇÃO DE PRAIAS ENCAIXADAS DO BARLAVENTO DO ALGARVE (PORTUGAL) 115
Sebastião Braz Teixeira

GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS COMO ESTRATÉGIA PARA MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ÁREAS COSTEIRAS 118
Thiago Fagundes Leão, Olivia Andrade Ávila, Carla Sabino, Susana Beatriz Vinzón

IDENTIFICAÇÃO DAS OBRAS COSTEIRAS NO LITORAL CATARINENSE 121
Mariana Pereira Koerich, Pedro de Souza Pereira

IDENTIFICAÇÃO DE MACROALGAS BENTÔNICAS NA DIETA DE TARTARUGAS-VERDES, *CHELONIA MYDAS* (LINNAEUS,1750) ENCONTRADAS EM ANGRA DOS REIS E PARATY, RJ. 123
Mônica Dias Côrrea da Silva, Marcos Bastos Pereira, Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Renato Velloso, Naiara Tessaro, Felipe Miguel, Sidnei Honório Candido Filho

IMPACTO BIOGEOQUÍMICO DAS INTRUSÕES DA ÁGUA CENTRAL DO ATLÂNTICO SUL NA BAÍA DE GUANABARA 126
Elisa Passos, Alexandre Fernandes, Gleyci Moser

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OCUPAÇÃO DO SOLOSOBREOSMANGUEZAIS DABAÍADE BABITONGA (SC) 130
André Schmidt Filgueras, Tatiana Silva da Silva, Iran Carlos Stalliviere Corrêa

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA HIDRALERTA PARA A ZONA COSTEIRA DA COSTA DA CAPARICA 133
Ana Catarina Zózimo, Andreia M. Ferreira, Liliana V. Pinheiro, Conceição J.E.M.Fortes, Miguel Baliko

INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL DA PLANÍCIE DELTAICA DO RIO DOCE (ES) NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE *CARETTA CARETTA* *137*
Maitê Noda Zanotti, Ana Claudia Marcondes, Jacqueline Albino

INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA BALNEABILIDADE DA PRAIA DA BARRA DA TIJUCA, RJ: ANÁLISE DE CRITICIDADE 140
Renata Amorim Lima, Cássia de Oliveira Farias

INFLUÊNCIA DOS MODOS DE VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBREEVENTOS DE RESSACAS NO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO,BRASIL 143
B.M.M. Eguchi, J. Albino

INICIATIVAS DE ORGANIZAÇÃO DO MAR NO MUNDO: UMA ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA 145
Júlia Nyland do Amaral Ribeiro; Josiane Rovedder, Milton Lafourcade Asmus, Jarbas Bonetti Filho

MAPEAMENTO DE ESPÉCIES SENSÍVEIS AOS POTENCIAIS DERRAMAMENTOS DE ÓLEO NO BAIXO RIO AMAZONAS/BRASIL 148
Elizandra Perez Araújo, Jonathan Luz Pires Crizanto, Carlos Henrique Medeiros de Abreu, Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha, Alaan Ubaiara Brito, Newton Narciso Pereira, Alan Cavalcanti da Cunha

MÁSCARAS POR TODOS OS LADOS: A PRESENÇA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL CONTRA COVID-19 EM PRAIAS OCEÂNICAS DO PARANÁ 151
Kamila M. S. Torres, Allan Paul Krelling, Tais Serpa Afonso, Suzane Oliveira, Pedro Cosme

MÉTRICAS DE CENÁRIO COSTEIRO COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TURÍSTICA DE PRAIAS ARENOSAS 155
Lorrana Lopes Diniz, Phillipe Mota Machado, Ilana Rosental Zalmon, Leonardo Lopes Costa, Juliano Silva Lima, Igor David da Costa

MICROPLÁSTICOS NAS PRAIAS DA ILHA GRANDE, ANGRA DOS REIS (RJ, BRASIL): DINÂMICA COSTEIRA E USOS RELACIONADOS 158
A. V. Macedo , A. L. C. Silva, J. A. Baptista Neto

MODELAÇÃO NUMÉRICA DA EVOLUÇÃO DO DANO DE MANTOS PROTETORES EM QUEBRA-MARES 161
A. Mendonça, J.A. Santos, C.J.E.M. Fortes

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO GALGAMENTO DO QUEBRA-MAR DA ERICEIRA 163
João Lopes Gomes, João Alfredo Santos, Conceição Juana Fortes

MODELAGEM DE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO COSTEIRA - ESTUDO DE CASO NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL – RS, BRASIL 166
Daniela Forgiarini da Siva, Tatiana Silva da Silva, Luciana Slomp Esteves, Northon Amaral Sambaqui Gruber

MODELAGEM LAGRANGEANA APLICADA AO MONITORAMENTO DE ENCALHES DE TARTARUGAS MARINHAS E CETÁCEOS 169
Caroline Barbosa Monteiro , Guilherme A. Stefanelo Franz, Phelype Haron Oleinik, Gabriel Fraga da Fonseca, Lara Gama Vidal, Pedro V. Castilho, Mauricio A. Noernberg, Camila Domit

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS NO LITORAL DE LIMÓN, CARIBE SUL DA COSTA RICA 172
Emanuelle Assunção Loureiro Madureira, André Luiz Carvalho da Silva, Gustavo Barrantes Castillo

OCUPAÇÃO DA ORLA DE PONTA NEGRA E EROSÃO: PERSPECTIVAS A PARTIR DA GESTÃO COSTEIRA 175
Vitor Alberto de Souza, Marinez Eymael Scherer

OUTORGA DE USOS DE ÁGUA NA ZONA COSTEIRA SUL DO ESTADO DA PARAÍBA 178
Marie Eugénie Malzac, Tarciso Cabral da Silva

PRELIMINARY REPORT ON AN ARTISANAL FISHERY IN LUANDA BAY, NORTHERN ANGOLA 181
Silvana Faria , Marisa Macuéria, Vânia Baptista, Benjamin Mosley, Maria Alexandra Teodósio

PREVISÃO DE EVENTOS DE GALGAMENTO COSTEIRO E RISCOS ASSOCIADOS NA COSTA DA CAPARICA 192
A.M. Ferreira, J.L. Garzon, C.J.E.M. Fortes, Ó. Ferreira, M.T. Reis

PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA FAIXA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL (COSMO): DA CONCEPÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO 196
Celso Aleixo Pinto, Nuno Penacho, Bruno Pires

PROJETO BAÍA VIVA: GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA COMO SUPORTE AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 199
Luiz Paulo de Freitas Assad, Fabio Hochleitner, Carina Stefoni Böck, Raque Toste, Ian Dragaud, Rafael Vieira, Corbiniano Silva, Adriano Vasconcelos, Douglas Nehme, Alexandre Macedo Fernandes, Luiz Landau

PROJETO BSAFE4SEA: DESENVOLVIMENTOS RECENTES 202
C.J.E.M. Fortes, M.G. Neves, A. Mendonça, R. Capitão, L.V. Pinheiro, R. Lemos, A.C. Zozimo, J.A. Santos, F. Soares, U. Andriolo, M.J. Henriques, M.T. Reis

RADAR BIG – A SAÚDE AMBIENTAL DA BAÍA DE ILHA GRANDE, RJ 205
Mônica Dias Corrêa da Silva, Marcos Bastos Pereira, Silvia Marie Ikemoto, Helen Norões Rolin, Luiz Eduardo de Souza Moraes, Tiago de Carvalho Franca Rocha, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

ROTEIRO DE RESILIÊNCIA AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO ECOSSISTÊMICA COSTEIRA. 209
Mônica Dias Corrêa da Silva, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, Marcos Bastos Pereira

SUBIDA DO NÍVEL DO MAR E DIREITO INTERNACIONAL 212
Paulo Canelas de Castro

TOURISM AND COMMUNITY DEVELOPMENT: AN APPROACH TO SUSTAINABILITYIN THE COASTAL ZONEOF LAUTEM, TIMOR-LESTE 215
Feliciano Quintas do Céu, Zélia Breda, Filomena Cardoso Martins

VARIABILIDADE DA LINHA COSTEIRA DE MACROMARÉS DA AMAZÔNIA INDUZIDA PELOS ÍNDICES CLIMÁTICOS TROPICAIS 218
Juliana de Sá Guerreiro, Maâmar El-Robrini, Everaldo Barreiros de Souza

INTERVENÇÕES COSTEIRAS: AVALIAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO, SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 221

ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO PARA REDUÇÃO DOS RISCOS COSTEIROS NA VAGUEIRA 223
Rita Pombo, Peter Roebeling, Carlos Coelho

ANÁLISE DE SOLUÇÕES DE CONCEÇÃO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO: EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA 226
Francisco Sancho, Rita Pombo, Soraia Teixeira Canelas, Carlos Coelho

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DAS MICROALGAS *PAVLOVA* SP., *ISOCHRYSIS GALBANA* (PARKE, 1949) E *CHAETOCEROS MUELLERI* (LEMMERMANN, 1989) EM CULTIVO SEMICONTÍNUO 229
João Vitor Neres Mafra, Julia Pamphile, Thayna Lye Viegas Freitas, Mônica Dias Corrêa da Silva, Marcos Bastos Pereira

AVALIAÇÃO DO RECURSO ENERGÉTICO DAS ONDAS E DO POTENCIAL PARA O SEU APROVEITAMENTO NO QUEBRAMAR NORTE DO PORTO DE LEIXÕES 232
Calheiros-Cabral, T., Ramos, V., Giannini, G., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F.

COAST4US: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA COAST AO LITORAL PORTUGUÊS 236
Pedro Narra, André Cardoso, André Monteiro, Bruno Rocha, Carlos Coelho, Catarina Lemos, Márcia Lima, Rita Pombo

INTERCEPTAÇÃO E COLETA DE LIXO FLUTUANTE COM SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: PROJETO ORLA SEM LIXO 239
Diego Luiz Fonseca, Susana Vinzon

MANUAL DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À EROSÃO COSTEIRA E AOS EFEITOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 242
Márcia Lima, Carlos Coelho, Marco Marto, Filipe Alves

PROCESSOS LITORÂNEOS EM PRAIAS E OUTROS AMBIENTES COSTEIROS: MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO 245

ANÁLISE MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA DE ENSEADA (*POCKET BEACH*): PRAIA VERMELHA (URCA, RIO DE JANEIRO, SE BRASIL) 247
Julyana Marapodi Grisolia, Breylla Campos Carvalho, Josefa Varela Guerra

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA LINHA COSTEIRA NOS ÚLTIMOS 48 ANOS (1972-2020) E PROJEÇÃO EVOLUTIVA PARA OS ANOS DE 2030 E 2040 NA COSTA OESTE DA FOZ DO RIO PARÁ (AMAZÔNIA OCIDENTAL BRASIL) 250
Rafael Alexandre Alves Menezes, Maâmar El-Robrini, Diandra Karina Martins Guimarães

ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE PRAIAS ENTRE SANTA CRUZ CABRÁLIA E PORTO SEGURO – BA, BRASIL 253
Gabriela Nunes Rebouças Leal, Juliana Pereira de Quadros, Tatiana Pinheiro Dadalto, Elfany Reis do Nascimento Lopes

AVANÇOS RECENTES EM EROSÕES LOCALIZADAS EM ESTRUTURAS MARINHAS 257
Tiago Fazeres-Ferradosa, Francisco Taveira-Pinto, Paulo Rosa-Santos

EFEITO DA VARIABILIDADE MORFOLÓGICA NO DESEMPENHO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO 260
Filipa S.B.F. Oliveira

EFEITO DOS PROCESSOS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS NO DESEMPENHO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS 263
Margarida Ferreira, Carlos Coelho, Paulo Alves Silva

EROSÃO COSTEIRA NA BAIA FORMOSA, ESTADO DO RIO DE JANEIRO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE IMAGENS DE MÉDIA E ALTA RESOLUÇÃO 266
Willian Cruz Gouvea Junior [1], Daniel Fernandes [1], João Wagner de Alencar Castro [1]

ESTUDO DA MORFODINÂMICA NA PRAIA DE PIRATININGA, RIO DE JANEIRO, BRASIL ATRAVÉS DO SMC-BRASIL 269
Cláudio Guedes Sarmento Silva, Alessandro Mendonça Filippo, Marcia Carolina de Oliveira Costa

EVOLUÇÃO RECENTE DA ARRIBA DA BAFUREIRA (CASCAIS, PORTUGAL) E CLIMA DE AGITAÇÃO MARITIMA REGIONAL 272
Luís Pedro Almeida, Catarina Marques Cecilio, Cintia Bonanad, João Andrade, Caio Fonteles, Laura Aguilera, Paula Salge, Tiago Garcia, Lara Sá

INFLUÊNCIA DOS ARENITOS (BEACH ROCKS) NA DINÂMICA DA PRAIA DE JACONÉ (RJ, BRASIL) 275
Marianna da Costa Castro, Gustavo Melo, Josefa Varela Guerra, Marcos Nícolas Gallo

MORFODINÂMICA DO SISTEMA PRAIA-DUNA EM UMA PRAIA OCEÂNICA DE MACRO MARÉ 278
Brunno Jansen Franco, Valléria Vieira Pereira, Luís Eduardo S. Costa, Leonardo Gonçalves de Lima

RELAÇÃO ENTRE A FORMA DO PERFIL DE FALÉSIA MARINHA E A LITOLOGIA DO MATERIAL SEDIMENTAR, ESTUDO DE CASO NO LITORAL SUL DO ES 281
Pedro Henrique Nascimento Brandão, Jacqueline Albino

REMOBILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS EM PRESENÇA DE BANCOS TRANSVERSAIS NA MARGEM NORTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (SE, BRASIL) 284
C. L. S. Gomes, J. V. Guerra, M. N. Gallo

VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DAS PRAIAS DE PEROBA E REDONDA EM ICAPUÍ-CE, BRASIL: UMA ANÁLISE DE MÉDIO PRAZO USANDO DSAS 287
Mário Silva Chacanza, George Satander Sá Freire, Cláudio Ângelo da Silva Neto, João Capistrano de Abreu Neto

VARIAÇÕES NA LINHA DE COSTA ASSOCIADAS AO CLIMA DE ONDAS NO ARCO PRAIAL IPANEMA- LEBLON, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (RJ). 291
Nascimento, J.H.S. Rebouças, R.C.

ZONAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA EM PRAIAS DE AREIAS MISTAS PRECEDIDAS DE TERRAÇO DE ABRASÃO 295
Alexandre Burini, Jacqueline Albino

MONITORAMENTO E MODELAGEM NAS ZONAS COSTEIRAS 299

ALGORÍTMOS EMPÍRICOS PARA ESTIMATIVA REMOTA DA CLOROFILA-A: BAIA DE GUANABARA 301
Eduardo Negri Oliveira, Rodolfo Paranhos, Daniel Tremmel, Nilva Brandini, Luiz Cotovicz Jr.

ANÁLISE DE EVENTOS DE INUNDAÇÃO COM O RECURSO A MODELAÇÃO NUMÉRICA XBEACH E A FÓRMULAS EMPÍRICAS. CASO DE ESTUDO: COVA-GALA.....304
Alice Bortoli, Andreia Ferreira, Conceição Fortes, Alphonse Nahon

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS COSTEIROS E FLUVIAIS ASSOCIADOS NO ESTUÁRIO DE SANTOS, BRASIL: UMA PRIMEIRA ABORDAGEM 308
Matheus Souza Ruiz, Renan Braga Ribeiro, Alexandra Franciscatto Penteado Sampaio

ANÁLISE DO CAMPO DE ONDAS GERADO PELO CICLONE CATARINA NO LITORAL SUL E SUDESTE DO BRASIL.....312
R. C. Vieira, L. P. F. Assad, L. Landau

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS DE PRAIAS A PARTIR DE IMAGEM DIGITAL.....315
Ana Gomes , José Pinho, José Vieira, Gueorgui Smirnov, Ana Bio, José Gonçalves, Luísa Bastos

ANÁLISE HIDRODINÂMICA DA ZONA ESTUARINA DO RIO BACANGA SOB O EFEITO DA MARÉ OCEÂNICA 318
Stênio de Sousa Venâncio, Denilson da Silva Bezerra, José Luís da Silva Pinho

APLICAÇÃO DA PLATAFORMA MOHID NA MODELAGEM DO TRANSPORTE DE MICROPLÁSTICOS NA COSTA SUDESTE BRASILEIRA 321
Luana Ximenes Figueira, Jader Lugon Junior, Alexandre Macedo Fernandes, Antônio José da Silva Neto

ASPECTOS GEOQUIMICOS DOS SEDIMENTOS AO LONGO DA BAIA DE SÃO MARCOS, SÃO LUIS, MARANHÃO – BRASIL 324
Samantha Barriga Dias, Lucimar Moreira, Jose Marinho Mendes, Huly Bautz Küster

AVALIAÇÃO DO MODELO OPERACIONAL DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ EM RELAÇÃO A SALINIDADE E TEMPERATURA.....328
Guilherme Franz, David Luersen, Bryan Thomas, Nicole Paloschi, Rafael Simão, Mauricio A. Noernberg

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POTENCIAIS RELATIVOS NA COSTA DO CHIPRE NO EVENTO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO NO MAR MEDITERRÂNEO ORIENTAL 331
Nikolas Gomes Silveira de Souza, Jader Lugon Jr, Edna N. Yamasaki, Ioannis Kyriakides, Antônio J. Silva Neto

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS EXTREMOS ASSOCIADOS AO CICLONE TROPICAL IDAI NO ESTUÁRIO DA BEIRA EM SOFALA, MOÇAMBIQUE 334
Nélio das Neves O. Sitoe, José Luís S. Pinho, Avelino A. A. Langa

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE UM SISTEMA DE PREVISÃO DE ONDAS PARA A BACIA DE CAMPOS 337
Brasil-Corrêa, Y. O.; Carvalho, J. T.; Carvalho, G. V.; Böck, C. S.; Assad, L. P. F., Landau, L.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO TRECHO COSTEIRO SUBAÉREO DA COVA-GALA, PORTUGAL ..340
João N. C. Oliveira , Filipa S. B. F. Oliveira, Paula M. S. Freire

COMPOSIÇÃO E AMBUNDÂNCIA DE AVES MIGRATÓRIAS NA BAIA DE SÃO MARCOS EM SÃO LUÍS, MARANHÃO – BRASIL 343
Samantha Barriga Dias, Lucimar Moreira, Luciana Araújo Ferreira, Jose Marinho Mendes

DESEMPENHOS DE UMA REDE NEURAL RECORRENTE E DE UM MODELO NUMÉRICO NA PREVISÃO DE NÍVEIS DE ÁGUA NO ESTUÁRIO DO RIO DOURO, PORTUGAL 347
Willian Melo, José Pinho, Isabel Iglesias, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, José Vieira, Luísa Bastos, Fernando Veloso-Gomes

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RASTREAMENTO DA POLUIÇÃO EM ÁGUAS COSTEIRAS COM O BRAZILIAN SEA OBSERVATORY 350
Daniel Constantino Zacharias, Guilherme Augusto Stefanelo Franz, Hilda de Pablo Leonardo, Mauricio Almeida Noernberg, Janini Pereira, Clemente Augusto Souza Tanajura, Ramiro Joaquim de Jesus Neves

DO OCEANO PROFUNDO À REGIÃO COSTEIRA: ABORDAGEM DE ANINHAMENTO DOS PRODUTOS DE ONDA DO COPERNICUS MARINE SERVICE NO DELFT3D-WAVE PARA A BAIXADA SANTISTA 354
Renan Braga Ribeiro, Matheus Souza Ruiz, Aline Cardinale de Araujo de Oliveira, Alexandra F. P. Sampaio, Celia Regina de Gouveia Souza

ENERGIA RENOVÁVEL DE ONDAS OCEÂNICAS: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE ONDAS AO LARGO DO ACESSO À BAÍA DE GUANABARA 357
R. C. Vieira, L. P. F. Assad, M. Shadman, L. Landau

ESTIMATIVAS DA CORRENTE LITORÂNEA UTILIZANDO UM MODELO PARAMÉTRICO 360
Léo Gonçalves Machado, Pedro Henrique da Cunha Ferreira Mendes, Gustavo Vaz de Melo, Marcos Nicolas Gallo, Valeria Souza Rego

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE SURFABILIDADE DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO NA PRAIA DA VAGUEIRA 363
A. Mendonça , C.J.E.M Fortes, P. Bicudo, F.S.B.F Oliveira

EVOLUÇÃO DA MORFOLOGIA COSTEIRA A SUL DA EMBOCADURA DO RIO MONDEGO, DE 2011 A 2019 366
Filipa S. B. F. Oliveira, João N. C. Oliveira, Paula M. S. Freire

INFLUÊNCIA DE PROCESSOS FÍSICOS NA CORRENTE LITORÂNEA NA PRAIA DE JACONÉ-RJ 369
Gustavo Vaz de Melo, Marcos Nicolas Gallo, Julia Kaiser, Izabel Nogueira, Guilherme Colaço, Valeria Souza Rego

METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR PARA SUPORTE ÀS OPERAÇÕES DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS – PROJETO SANDTRACK 372
Joaquim Pais-Barbosa; Paulo A. Silva; Rui Taborda; Aurora Rodrigues; Sandra Silva ; Tiago Abreu; Paulo Baptista; Cristina Bernardes; João Cascalho; Carlos Coelho; João Duarte; Margarida Ferreira; Filipa Fernandes; Eric Font; Ángela Fontán-Bouzas; Ana N. Silva; Rita Nolasco; Joaquim Pombo; Cristina Ponte Lira; Daniela Rato; Mónica Ribeiro; Soraia Romão; André Vinhas

MOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO POR AÇÃO DE ONDAS DE GRAVIDADE NA REGIÃO DA BACIA DE SANTOS 376
Pedro Engels Abreu da Costa, Júlia Kaiser, Carlos Eduardo Parente, Valeria Souza Rego

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO EFEITO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO NA DINÂMICA SEDIMENTAR PRÓXIMA 379
Filipa S. B. F. Oliveira, Francisco Sancho

MODELAÇÃO NUMÉRICA E AVALIAÇÃO DA HIDRODINÂMICA DA FOZ DO RIO CÁVADO COM RECURSO AO MODELO DELFT3D FLEXIBLE MESH 382
Francisco Pinto, Paulo Rosa-Santos, Victor Ramos, Luciana das Neves, Francisco Taveira-Pinto

MODELAGEM DAS VARIAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E BATIMÉTRICAS DA PRAIA DA ENSEADA (GUARUJÁ/SP) ENTRE OS ANOS 2018 E 2021 385
Aline Cardinale de Araujo de Oliveira, Celia Regina de Gouveia Souza, Raquel Alfieri Galera

OBSERVAÇÕES RECENTES DA CIRCULAÇÃO COSTEIRA NA MARGEM NORTE DO GOLFO DE CÁDIZ 389
Luciano de Oliveira Júnior, Paulo Relvas, Erwan Garel

OTIMIZAÇÃO DO RASTREAMENTO DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO E REDUÇÃO SISTEMÁTICA DA ÁREA DA REGIÃO DE PESQUISA: A PLATAFORMA *GRIPP* 393
Nikolas Gomes Silveira de Souza, Jader Lugon Jr, Edna N. Yamasaki, Ioannis Kyriakides, Antônio J. Silva Neto

PREVISÃO DE ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDA COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS LSTM 396
Paula Marangoni Gazineu Marinho Pinto , Marcos Nicolas Gallo , Carlos Eduardo Parente Ribeiro

PREVISÃO DO NÍVEL DO MAR CONSIDERANDO EFEITOS DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EM SISTEMAS COSTEIROS NO SUL DO BRASIL....399
Guilherme Franz, Luis Hamilton P. Garbossa, Argeu Vanz, Matias G. Boll, Mauricio A. Noernberg

PREVISÕES NUMÉRICAS DO VENTO E TEMPERATURA DO AR PARA UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO NA COSTA SE DO BRASIL 402
Mauricio Soares da Silva, Ian Cunha D'Amato Viana Dragaud, Nilton Oliveira Moraes, Luiz Paulo de Freitas Assad, Luiz Landau

PROJETO BAÍA VIVA: MODELAGEM HIDRODINÂMICA E DE DISPERSÃO DE ÓLEO PARA A BAÍA DE GUANABARA/RJ/BRASIL....405
D. M. Nehme, C. S. Böck, I. C. D. V. Dragaud, R. C. Vieira, L. P. F. Assad +, L. Landau

REPOSITÓRIO DE DOMÍNIOS DE CÁLCULO PARA PROJEÇÃO EXPEDITA DE CENÁRIOS DE EVOLUÇÃO DE TRECHOS COSTEIROS EM RISCO 408
Rita Pombo, Carlos Coelho

SIMULAÇÃO DA PLUMA DE SEDIMENTOS CAUSADA PELA PESCA DE ARRASTO E ESTIMATIVA DE DANOS AOS RODOLITOS E CORAIS DE ÁGUAS PROFUNDAS NA BACIA DE CAMPOS....411
Pedro Mello Paiva, Jader Lugon Junior, Luciano Gomes Fischer, Emiliano Nicolas Calderon, Maria Manuela Fraga Juliano, Mauricio Mussi Molisani

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PRAIAS PARA UMA MELHOR GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS, ILHAS BALEARES (ESPANHA) 414
Francisco Fabián Criado-Sudau , Àngels Fernandez-Mora, Marcos Gallo, Lluís Gómez-Pujol, Alejandro Orfila, Joaquin Tintoré

USO DE TECNOLOGIAS DE CÓDIGO ABERTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA PREVISÃO NUMÉRICA DA COSTA OCEÂNICA....417
Douglas Fraga Rodrigues, Alessandro Mendonça Filippo, Alexandre Macedo Fernandes

VARIABILIDADE DO GRAU DE EXPOSIÇÃO À ENERGIA DE ONDAS....420
B.M.M. Eguchi, J. Albino

VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA EM PRAIAS URBANAS DE PORTO SEGURO – BAHIA....423
Elfany Reis do Nascimento Lopes, Igor Emiliano Gomes Pinheiro, Juliana Pereira de Quadros, Tatiana Dadalto

VARIAÇÕES HIDRODINÂMICAS NA BAIXADA SANTISTA (SP, BRASIL) ASSOCIADAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS 426
Samuel Hora Yang, Joseph Harari, Tiago Cortez, Celia Regina de Gouveia Souza

GESTÃO INTEGRADA DA ATIVIDADE PORTUÁRIA E ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES 429

ANALISE PROBABILÍSTICA DOS EFEITOS NÃO ASTRONÔMICOS NO CALADO DINÂMICO PARA O PORTO DE TUBARÃO -ES 431
P.H.T. Rosa, M.N. Gallo, C.E. Parente, T.F. Freitas

GESTÃO AMBIENTAL NO PORTO DE PORTO ALEGRE, SUL DO BRASIL: UMA ABORDAGEM ECOSSISTÊMICA 434
Laura Dias Prestes, Tatiana Silva da Silva, Tomaz Bohrer Brentano, José Nunes de Aquino, André Schmidt Filgueras, Marco Antônio de Oliveira, Juan Adolfo Chica Ruiz, Daniela Forgiarini da Silva, Giuliana Andréia Sfredo, Javier Garcia Onetti

INFLUÊNCIA DA HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR NA VARIABILIDADE TEMPORAL DO ASSOREAMENTO NO PORTO DE TUBARÃO, BRASIL 437
Rafael Carvalho Neves, Valéria da Silva Quaresma, Alex Cardoso Bastos

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DE NAVIOS NOPORTO DE SINES....440
Andreia H. Gomes, Liliana V. Pinheiro, Conceição J.E.M. Fortes, João A. Santos

PROVENIÊNCIA DOS SEDIMENTOS FINOS PARA O PORTO DE TUBARÃO, BRASIL....443
Rafael Carvalho Neves, Valéria da Silva Quaresma, Alex Cardoso Bastos

SISTEMA DE SEGURANÇA PARA O PORTO DE SINES....447
Liliana V. Pinheiro , Andreia H. Gomes, Conceição J.E.M. Fortes, João A. Santos, Carlos Guedes-Soares

USO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DE DEFINIÇÃO DE DATA HIDROGRÁFICOS EXTREMOS: ESTUDO DE CASO NA COSTA DO BRASIL....450
Gregório L. G. Teixeira , Vinícius Fuchs, Teodósio N. M. Nzualo

PROCESSOS FÍSICOS E AMBIENTAIS EM ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES (ESTUÁRIOS, BAÍAS, LAGOAS/LAGUNAS E MANGUEZAIS) 453

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CULTIVO DO PEIXE BIJUPIRÁ (*RACHYCENTRON CANADUM*) E A RELAÇÃO COM A MACROFAUNA BENTÔNICA DE SUBSTRATO INCONSOLIDADO....455
Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Marcos Bastos Pereira, Alexandre de Freitas Azevedo, Alexandre Macedo Fernandes, Mônica Dias Corrêa da Silva

CARACTERÍSTICAS DO TRANSPORTE DE VOLUME PARA A BAÍA DE GUANABARA....458
Dan B. B. Rosado, Alexandre M. Fernandes, Marcos N. Gallo, Gabriela V. Buraschi

DINÂMICA MAREAL E MORFOSSEDIMENTOLOGIA DA LAGUNA DO MANGAL DE MALANZA....461
Maria da Conceição Freitas, Mário Cachão, Rui Taborda, Tiago Stoffel, Tatiana Gameiro, Vera Lopes, Joshua Heumüller, Filipa Afonso, Bruno Silva, Ricardo Lima, Pedro M. Félix

INFLUÊNCIA DO TIPO DE SEDIMENTO NA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE MACROINVETEBRADOS BENTÓNICOS NA BAÍA DE LUANDA....464
Elsa Magda Mendes Dias dos Santos Carlos, Carmen Ivelize Van-dúnem do Sacramento Neto dos Santos, Suzana João da Conceição Nicolau

VULNERABILIDADE RELACIONADA À EXPANSÃO URBANA E LIGAÇÕES ARTIFICIAIS AO MAR: CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DA ZONA COSTEIRA URBANIZADA DA LAGOA DE MARICÁ....466
Kevin Martins; Leonardo Amora-Nogueira; Allana Faustino; Vitor Barreiros; Rodrigo Abuchacra, Humberto Marotta

GESTÃO DA ZONA COSTEIRA: PRESSÕES, USOS, VULNERABILIDADE, SAÚDE E RISCO

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

20 ANOS DE SANEAMENTO DE ARRIBAS NO BARLAVENTO DO ALGARVE (PORTUGAL)

Sebastião Braz Teixeira*

*Agência Portuguesa do Ambiente, Portugal, sebastião.teixeira@apambiente.pt

Palavras chave: risco, saneamento de arribas, risco, Algarve, Portugal.

INTRODUÇÃO

As arribas são geoformas cuja evolução natural determinam a existência de risco para pessoas e bens. No litoral do Algarve, as intervenções tendentes a minorar o risco consistem na colocação de sinalização (Teixeira, 2014), no balizamento de zonas de risco, o saneamento de arribas (antecipando a sua queda) e a alimentação artificial de praias suportadas por arribas (Teixeira, 2016). Os dados obtidos através da observação sistemática dos movimentos de massa no Barlavento do Algarve (fig.1), permitiram verificar que entre julho 2001 e junho 2021, ocorreram 378 movimentos de massa (fig.2) , com valor médio anual de 19 (máximo anual de 52 e mínimo de 6), que afectam, em média, 150m, 0.32% do total da frente de mar da frente de mar de 46km, suportada por arribas. Este resultado permite aferir que o perído de vida média das arribas no troço estudado é de cerca de 300 anos. Aqui apresentam-se aos resultados de vinte anos de intervenções no saneamento de arribas, nessa frente de mar.

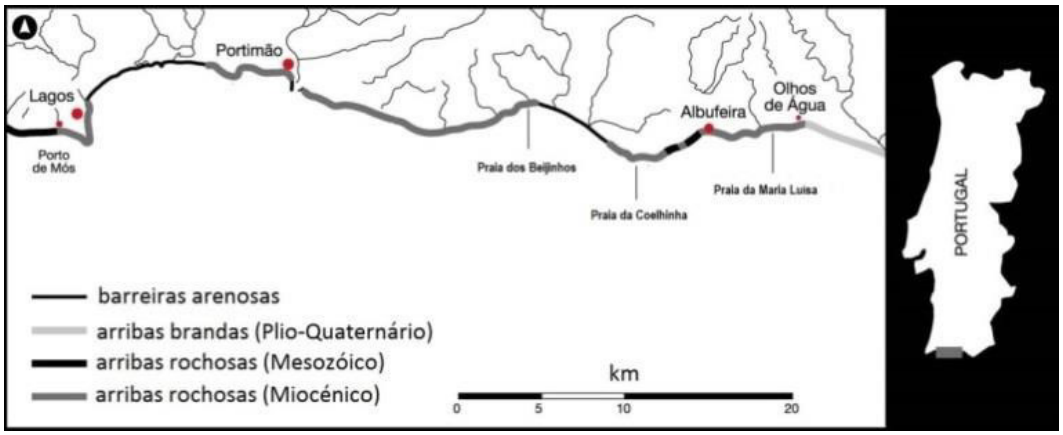


Figura 1. Localização da área de estudo.

METODOLOGIA

A avaliação da estabilidade das arribas é feita ao longo de todo o ano, com particular atenção, após o inverno e antes da época balnear (junho-setembro). A decisão de recurso ao saneamento de arribas surge na sequência da identificação *in situ* de fendas de tração recentes ou de blocos em equilíbrio instável, sinais que permitem antecipar possível risco eminente de ocorrência de movimento de massa. O saneamento de arribas também é feito após a ocorrência de movimento de massa, quando do movimento resulta a identificação de blocos instáveis, que não tombaram completamente após o evento. Por norma, a opção de intervenção é feita, antes do início da época balnear, recorrendo à utilização de máquina giratória, com lança com alcance de 12m, embora nos últimos anos tenha vindo

a ser utilizada com acrescento de 7m (total de lança 19m), visando incremento da altura de alcance da máquina e o incremento da segurança do operadoror da máquina. É dada particular atenção às zonas de arriba que suportam praia com utilização balnear, tendo em consideração que 73% dos movimentos ocorrem em zonas de praia (Teixeira, 2014). Embora, menos frequente, a operação de saneamento é feita manualmente, com recurso a operações de grande ângulo, através de operadores suspensos na face das arribas. Neste caso, as operações são feitas manualmente, com recurso a picareta ou a almofadas de alta pressão.

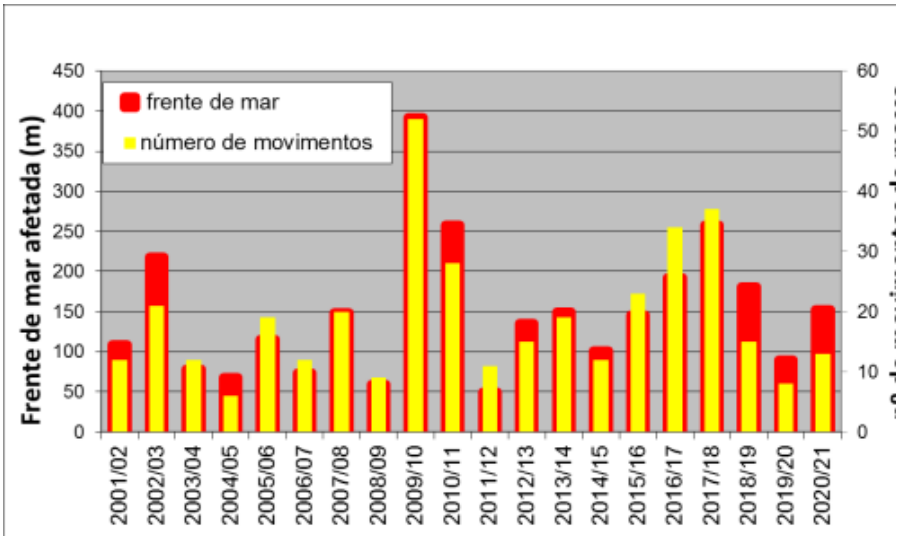


Figura 2 - Evolução dos movimentos de massa nos últimos 20 anos (2002/02 a 2020/21). Ano começa en julho e acaba em junho.

RESULTADOS

Em cada local intervencionado foi contabilizado, o número de pontos de intervenção, a frente de mar objeto de saneamento e o volume da arriba saneada, cujos resultados estão sintetizados na figura 3. Nos últimos 20 anos, verifica-se dois anos em que a actividade foi maior (2009 e 2014), circunstância que se deve, repectivamente, à reação ao acidente verificado em Agosto de 2009, na praia Maria Luísa, que envolveu 5 mortos e 2 feridos (Teixeira, 2014) e à alimentação artificial de seis praias suportadas por arribas (Teixeira, 2016), que incluíu o saneameno generalizado de arribas nessa praias, face à maquinaria então disponível aquando da operação de alimentação artificial. Exceptuando estes dois anos, a frente de mar saneada é, em média, 0.12 % da frente de mar de arribas. Em média, o comprimento da frente de mar saneada é cerca de um terço do comprimento da frente de mar que anual e naturalmente é afectada por movimentos de massa.

CONCLUSÕES

A execução de saneamento de arribas é prática de rotina na Agência Portuguesa do Ambiente, desde há duas décadas, como medida de prevenção do risco associado à geodinâmica das arribas. Os resultados mostram que a extensão da frente de mar saneada é, em média, cerca de um terço da frente de mar naturalmente afectada por movimentos de massa. Estas intervenções que resultam de monitorização frequente da estabilidade das arribas, consideram-se adequadas como medidas de mitigação do risco para pessoas e bens, pelo que esta prática se deverá manter, com este propósito.

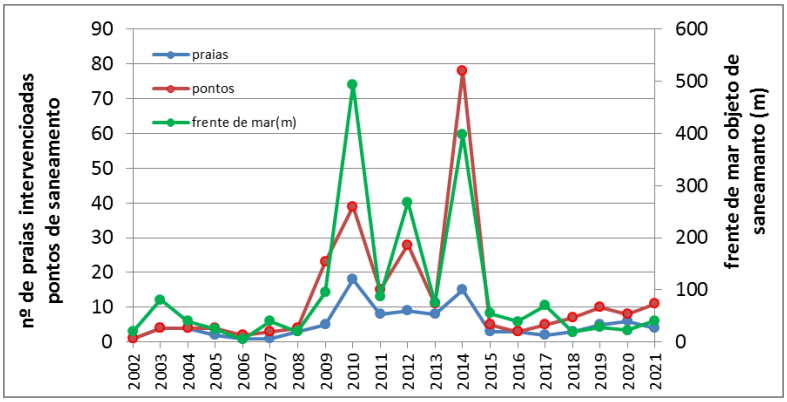


Figura 3. Variação das operações de saneamento de arribas no Barlavento do Algarve, nas duas últimas décadas.

Figura 4. Saneamento de arribas executado na praia dos Beijinhos (Lagoa), em maio de 2010 (localização na fig.1).

Figura 5. Saneamento de arribas executado na praia da Coelhinha (Albufeira), em maio de 2021(localização na fig.1).

AGRADECIMENTOS

O autor agracedece reconhecidamante ao GIPS da Guarda Nacional Republicana, a execução das operações de grande ângulo, a toda equipa da ARH Algarve e da Autoridade Marítima o acompanhamento das operações de saneamento das arribas.

REFERÊNCIAS

Teixeira, S. B. (2014) - Coastal hazards form slope mass movements: Analysis and management approach on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. *Ocean & Coast. Manag.* 102: 285-293.

Teixeira, S.B. (2016) - A alimentação artificial como medida de redução do risco em praias suportadas por arribas rochosas na costa do Barlavento (Algarve, Portugal). Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista da Gestão Costeira Integrada, 16(3):327-342.

A GESTÃO COSTEIRA NO BRASIL FRENTE AOS TERRENOS DE MARINHA E À ORLA MARÍTIMA: O CASO DE BELÉM

Artur Willen Ramos Corrêa[1], Maria do Socorro Almeida Flores[1]

[1] *UniversidadeFederaldoPará,Brasil,arturwillen@gmail.com*

Palavras chave: ordenamento territorial, uso do solo, estuário tropical.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento costeiro no Brasil considera a integração entre os níveis federal, estadual e municipal o que pode indicar a sobreposição de algumas competências ou de objetivos em comum numa mesma área. E isto possui implicações direta no planejamento das cidades na zona costeira brasileira, a exemplo de Belém no norte do país. Os primeiros metros da costa incidem sobre os terrenos de marinha e a orla marítima. Os terrenos de marinha determinam uma parcela territorial de 33 m a partir da linha de preamar média de 1831 e a orla marítima compreende uma faixa terrestre de 50 m em áreas urbanizadas ou de 200 m em áreas não urbanizadas. A zona costeira é vista como um bem-público que necessita de um planejamento adequado tendo em vista a sua configuração ambiental e social. Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar o uso e a ocupação da zona costeira de Belém dentro dos limites dos terrenos de marinha tendo em vista a gestão costeira na cidade com base no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

ÁREADEESTUDO

Localizada na zona costeira amazônica no norte do Brasil, a cidade de Belém é a capital do estado do Pará e está situada na foz de um dos maiores estuários país, o estuário do rio Pará com em torno de 60 km de largura (ROSÁRIO *et al.*, 2016). A cidade também é banhada pelo rio Guamá e pela baía do Guajará, além de possuir em seu território 14 bacias hidrográficas e 43 ilhas, onde a área insular da cidade corresponde a maior parte de seu território. De acordo com o último censo brasileiro, Belém possui aproximadamente 1,4 milhões de habitantes (IBGE, 2010). É o município da região metropolitana (do total de 7 municípios) que tem a maior concentração de domicílios e a segunda maior densidade habitacional de 1.315,26 hab/Km^2 (PEREIRA & VIEIRA 2016).

METODOLOGIA

Mediante solicitação à Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana (CODEM), foram utilizados os limites dos terrenos de marinha utilizado oficialmente pelo município. A evolução da ocupação do solo de Belém foi feita utilizando imagens disponíveis no *Earth Explore* do Serviço geológico dos Estados Unidos (https://earthexplorer.usgs.gov/). Para isto foram baixadas imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1995 e 2008 e Landsat 8 para o ano de 2020. A classificação do solo ocorreu por classificação supervisionada no software *ArcGis 10.1*. O uso do solo e a tipologia da orla marítima pelo Decreto 5.300 ocorreram utilizando imagens mais recentes e com visitas em campo para validação das informações.

RESULTADOS

A configuração do assentamento urbano em Belém nos últimos anos marca a condição de uma costa densamente povoada e com a perda gradativa da vegetação principalmente

ao longo dos rios que cortam a cidade. E mesmo os rios com os maiores fragmentos de vegetação também estão sujeitos à expansão urbana no entorno dos limites dos terrenos de marinha (figura 01). O uso do solo na costa ocorre principalmente com atividades portuárias, turísticas e para residência. Sendo a porção sul da cidade com uma concentração de pequenos portos e de áreas turísticas como museus, parques e do centro histórico. Rumo ao norte seguem alguns portos para embarcações maiores, áreas militares e de órgãos federais e ocorre a presença de alguns assentamentos e muitos em áreas de risco geológico (figura 02). Nesta área ocorrem maiores fragmentos de vegetação. A classificação da orla segundo o Decreto 5.300 apresenta principalmente a tipologia da Classe C e B em detrimento da Classe A. A intensa ocupação na Classe C modificou totalmente a paisagem natural, com rios canalizados e construções que impedem a visão para o rio Guamá ou Pará em boa parte da orla. As recomendações são com base na manutenção da qualidade ambiental principalmente para os rios que cortam a cidade. Ou seja, com melhorias no sistema de saneamento básico, drenagem urbana e criação de áreas verdes. As áreas da Classe B possuem um controle maior sobre os possíveis impactos no ambiente. Possuem moderada modificação da paisagem e são locais com áreas revitalizadas. As ocupações, muitas de instalação recente, indicam situações de regularização fundiária ou de remanejo em virtude de áreas vulneráveis a inundação por exemplo. Recomendam-se a manutenção das áreas vegetadas na orla e nas margens dos rios com espaços de preservação e de lazer. A Classe A está situada em uma pequena área com baixa ocupação e presença de fragmentos maiores de vegetação, sendo importantes medidas de conservação das características naturais existentes. A possibilidade de analisar a ocupação e uso do solo de Belém nos limites dos terrenos marinha mostra que os rios e canais são elementos que sofreram e ainda sofrem com a expansão urbana e esta influência vai além dos limites estabelecidos. Isto é importante de se considerar pois ao se tratar o gerenciamento costeiro, os rios devem ser considerados ao longo de toda a sua bacia hidrográfica.

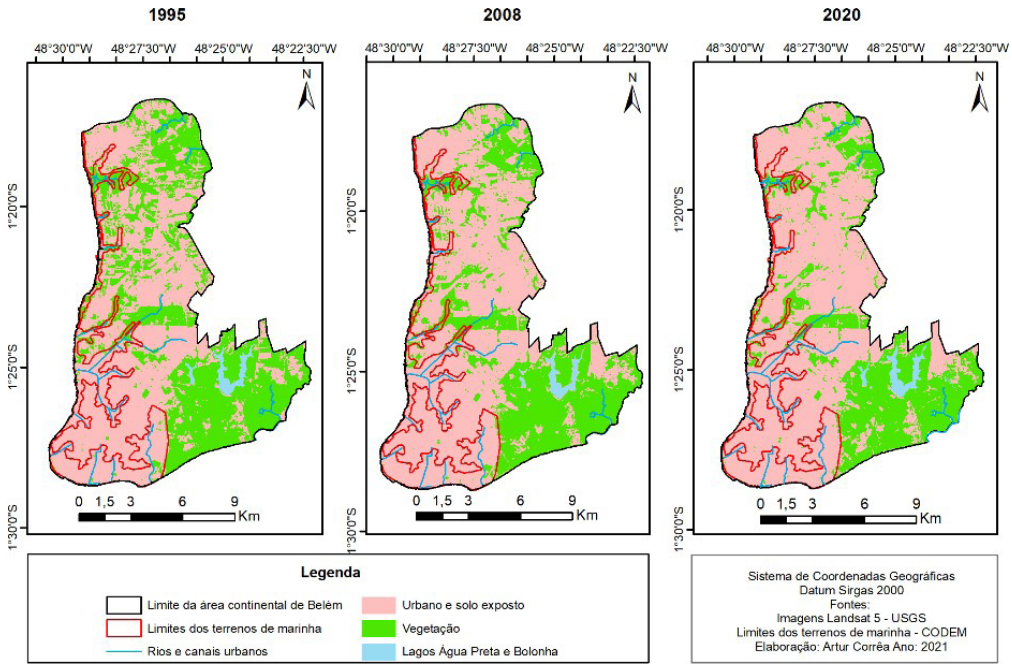


Figura 01: Evolução da ocupação do solo de Belém.

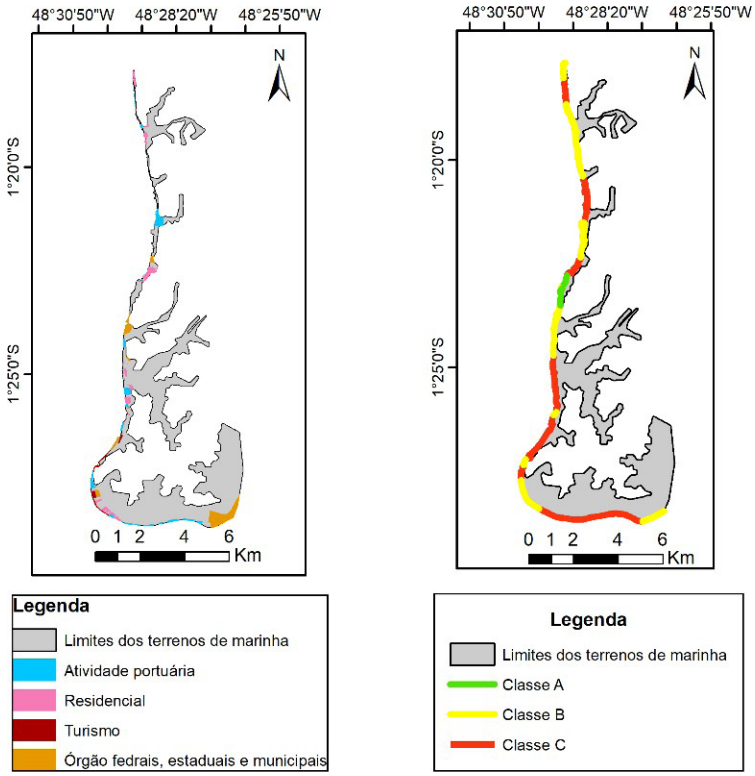


Figura 02: Uso e Classes da orla de Belém segundo o Decreto Federal Nº 5.300.

CONCLUSÃO

A ocupação ao longo do tempo de Belém apresenta características que ocorrem em muitas cidades costeiras e por ser uma cidade com uma importante rede hidrográfica (e na Amazônia) as intervenções na cidade devem ocorrer tendo em vista os processos ambientais típicos da região. Cabe a esfera municipal e federal atuarem frente a estratégias que garantam a qualidade ambiental e do cotidiano da população local que estão presentes nesses limites legais. Ao considerar que instrumentos para gestão da zona costeira demandam tempo, recursos e um apoio técnico abrangente e interdisciplinar, utilizar o que se tem disponível na legislação vigente é um passo importante na construção dessas ações na zona costeira em uma escala a nível local.

REFERÊNCIAS

Brasil. Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico 2010.

Pereira; Fabiana da Silva; Vieira, Ima Célia Guimarães. 2016. Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade. Rev. Ambient. Água. 11(03).

Rosário, R. P.; Borba, T. A. C.; Santos, A. S.; Rollnic, M. 2016. Variability of Salinity. In: Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. In: Vila Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D. M.; McCarroll, R. J. (eds.), Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia), Journal of Coastal Research. Special Issue, N 75, 128-132.

A TECNOLOGIA LIDAR NO PLANEAMENTO, ARQUITETURA E GESTÃO DA PAISAGEM DA ORLA COSTEIRA

Rui Reis[1], Maria Vale[1]

[1] *Direcação Geral do Território, Ministério do Ambiente e Ação Climática, Portugal, Rui.reis@dgterritório.pt; mvale@dgterritorio.pt*

Palavras chave: LiDAR, planeamento, gestão costeira.

RESUMO

A arquitetura e a paisagem constituem expressão da identidade histórica e da cultura coletivas, com particular reflexo na educação, na inclusão social e na participação dos cidadãos de todas as nações num processo equilibrado de desenvolvimento. A sua promoção e preservarção são uma preocupação clara também dos países de expressão Portuguesa, em que Portugal se integra.

A região do litoral Português concentra grande parte da população e das atividades económicas numa relação histórica de Portugal com o mar e com esta interface Terra -Mar da paisagem. O litoral Português encerra uma parte significativa da cultura do seu povo e uma paisagem única integrando grande diversidade de ecossistemas, praias maravilhosas, e regiões de turismo e potencial de desenvolvimento único. É por tudo isto da maior relevância caracterizar em detalhe, a realidade espacial do litoral.

A observação das dinâmicas socioeconómicas territoriais das últimas décadas, (Reis *et al*, 2016; Vale *et al*, 2014a, Vale *et al*, 2014b, Vale *et al*, 2018) evidenciam debilidades e desafios que se colocam à arquitetura e à paisagem da orla costeira. As regiões de litoral são comumente objeto de grande pressão urbana, muitas vezes num crescimento desordenado e avulso das áreas urbanas induzidas pela beleza e fruição do litoral e pela concentração de atividades económicas e serviços nesta faixa dos territórios;

Esta artificialização de territórios de génese antropogénica, a par da dinâmica da orla costeira de génese natural e das alterações climáticas estimadas, impõe a necessidade de perceber com detalhe crescente diferentes aspetos associados à caracterização desta área. Desde logo a caracterização associada aos riscos que convém perceber e prevenir para evitar a sua expressão efetiva. Entre os riscos mais relevantes a ponderar contam-se os riscos associados a inundações e deslizes de terras.

A estes acresce a análise de aspetos cívicos e culturais, associados à conservação e salvaguarda do património cultural, e que têm merecido nas últimas décadas uma particular atenção, com a consolidação de uma política de conservação integrada e a progressiva ampliação do conceito de património a novas dimensões, geografias e tipologias de bens.

Há que combinar esta caracterização e integrar na analise o potencial económico, associado a esta interface terra mar, e a relevância desta área territorial para a sustentabilidade de toda a economia de um país como Portugal, quer em termos de acessibilidades como de recursos associados ao Mar e ao turismo.

E finalmente, nessa caracterização perceber e melhorar o modelo de Governança, designadamente no que se refere aos aspetos regulamentares e governativos e à definição de políticas e estratégias de recuperação da economia, num quadro de cooperação internacional.

No que respeita à governança e gestão desta interface revela-se essencial, no caso português, referir a nova abordagem associada à Politica Nacional de Arquitetura e

Paisagem e os recém aprovados planos de gestão integrada da paisagem litoral por se constituírem como passos importantes para a consolidação de uma visão holística e integrada da sustentabilidade e do desenvolvimento equilibrado dos territórios.

Esta nova abordagem vem no entanto integrar a complexidade dos quadros normativos associados ao ordenamento do território e à gestão da água na região litoral. O sucesso da implementação deste, ou de qualquer outro modelo de governança, requer informação de qualidade conhecida, e a sua integração em modelos de gestão adaptativa capazes de dar resposta aos diferentes problemas e desafios e conflitos que nestas regiões se colocam.

Percebendo a relevância crescente da localização e da informação de base territorial para a gestão do litoral sistematiza-se neste documento o contributo que, num quadro de gestão integrada de informação, a produção de dados LiDAR pode dar à gestão eficiente da orla costeira, isoladamente ou combinando a informação altimétrica LiDAR com toda a informação de qualidade conhecida relativa à gestão do litoral.

Portugal dispõe de um levantamento LiDAR da zona costeira, efetuado em 2011, usando o comprimento de onda dos 532 nanómetros (verde). Este comprimento de onda permite a penetração na água e, portanto, a recolha de dados em zonas submersas de pouca profundidade. Com base neste levantamento LiDAR a DGT disponibiliza um modelo digital de terreno, com espaçamento de 2 metros, abrangendo uma faixa de 600 metros no mar e 400 metros em terra.

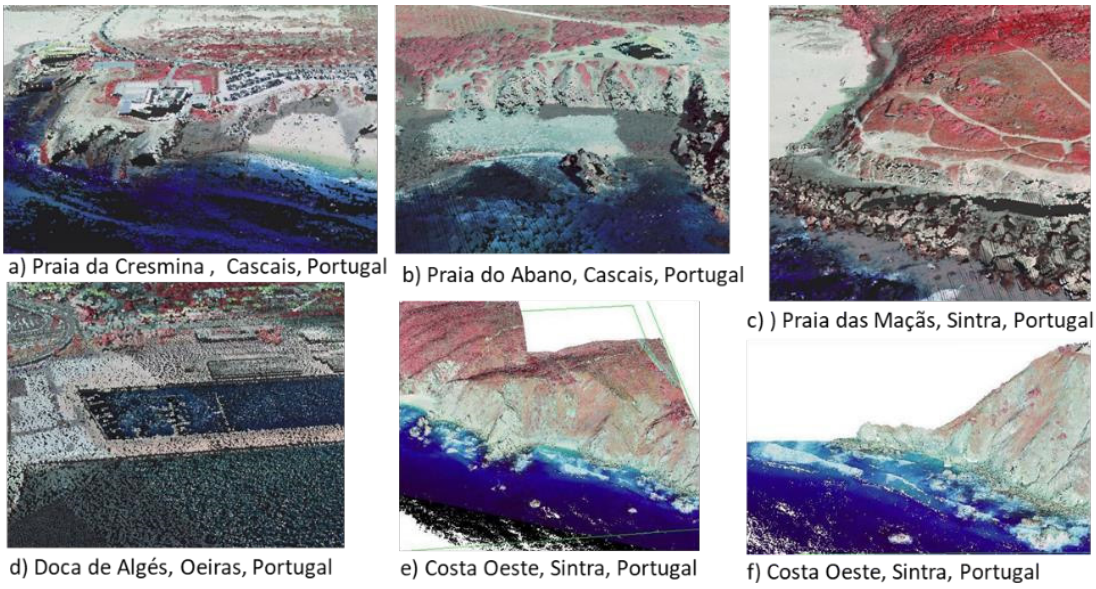


Figura 1. Difrentes imagens Lidar relativas à Orla Costeira Portuguesa, Levantamento LIDAR piloto inserido no projeto áGIL, Fonte: ICNF, 2021.

No âmbito da preparação de um novo levantamento LiDAR de Portugal Continental, o ICNF (Instituto para a Conservação da Natureza e Florestas) foi, em 2020/2021, responsável pelo projeto-piloto áGIL (ICNF, 2021) que envolve o levantamento de zonas costeiras com diferentes características por forma a avaliar os parâmetros do levantamento.

Associado ao novo levantamento LiDAR de Portugal Continental em preparação, e tendo presente os resultados anteriores, descreve-se a análise das potencialidades desta tecnologia para a modelação e gestão sustentada da orla costeira e exploram-se alguns aspetos a ter em conta associados à recolha de informação recorrendo a esta tecnologia. Os levantamentos LiDAR têm um enorme potencial para apoio à gestão integrada da orla costeira desde logo porque permitem a modelação detalhada da topografia e hidrografia terrestres mas também

por permitirem a modelação do terreno na área de transição entre terra e mar. A agitação e turbidez das águas bem como a espuma sobre a água que se verificam na zona de rebentação das ondas provocam uma diminuição na densidade de pontos LiDAR e portanto uma diminuição da capacidade para a modelação do terreno nesta faixa o que condiciona a exatidão do levantamento (ASPRS, 2011; ASPRS, 2014; Heidemann, 2018, Reis, 2021).. Ilustra-se, de seguida, o potencial LiDAR para a modelação de zonas costeiras isoladamente ou integrando estes dados com os dados comummente usados em aplicações associadas à análise da área costeira, evidenciando que devido à sua elevada resolução, esta tecnologia incrementará a qualidade de análises hidrográficas e de risco, de especial importância para estas zonas.

A figura 1 ilustra exemplos de aplicação da tecnologia LiDAR à caracterização da orla costeira portuguesa. A exploração destes exemplos mostra que na aquisição destes levantamentos se devem ter em conta os seguintes factores: comprimento de onda do laser, densidade/ espaçamento dos pontos LiDAR, número de retornos por pulso, classificação dos retornos/ pontos, exatidão posicional (em altimetria e em planimetria) e exatidão da classificação (para cada classe). Da compreensão e seleção optimizada destes factores depende a correcta caracterização das dinâmicas do litoral.

A relevância deste trabalho assenta na abordagem seguida que permite identificar e avaliar os factores-chave a ter em conta no uso da tecnologia LiDAR bem como os parâmetros a usar por forma a permitir uma caracterização e gestão efetivas da paisagem e a compreensão dos processos que actuam na orla costeira.

REFERÊNCIAS

1. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (2011) *LAS Specification 1.4 - R15*, November 2011.

2. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (2014) *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*, Edition 1, Version 1.0, November 2014.

3. Heidemann, H. K. (2018) Lidar Base Specification. National Geospatial Program, U.S. Geological Survey.

4. Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (2021) Projeto áGIL, URL:https://geocatalogo.icnf.pt/geovisualizador/agil.html

5. Lei n.º 58/2007, de 04 de Setembro: *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território*.

6. Reis, Rui; Vale, Maria José; Ribeiro, Marcelo e Bruno Meneses (2016), *Land Cover Change Detection and Planning Indicators*. Geospatial World Forum 2016, 23-26 de maio de 2016, Rotterdam, The Netherlands.

7. Reis, Rui (2021), *Conceitos de LiDAR – Light Detection and Ranging*. Direção Geral do Território, Lisboa.

8. Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009 Diário da República n.º 174/2009, Série I de 2009-09-08: Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira: URL: https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/82/2009/9/8/p/dre/pt/html

9. Resolução do Conselho de Ministros n.º 45/2015 , Diário da República n.º 130/2015, Série I de 2015-07-07, Aprova a Política Nacional de Arquitetura e Paisagem.

10. Vale, M. J.; Reis, R. e Meneses, B. (2014a), *A caraterização do uso e ocupação do solo de Portugal Continental*. In: Vale, M. J. (Coord.) “Uso e Ocupação do Solo em Portugal Continental: Avaliação e Cenários Futuros. Projeto LANDYN”. DGT, Lisboa.

11. Vale, M. J.; Patrício, P.; Reis, R. (2014b), Corine Land Cover 2012 - GIO *Land Monitoring 2011–2013* in the framework of regulation (EU) Nº 911/2010 – Pan-EU Component, Grant Agreement 3541/B2013/RO-GIO/EEA.55440, First Progress Report – Portugal, DireçãoGeral do Território, janeiro 2014, Lisboa. Vale M.; Reis, R.; Miranda, R.; Cordovil.

12. C.M.dS.; Brito, A.G: (2018), *Ordenamento, gestão territorial e gestão da água - Alterações de uso e ocupação de solo e impacte na qualidade da água para abastecimento; Exemplo de Castelo de Bode: da política de ordenamento à análise prática*. 14º Congresso da Água, 7-9 de março de 2018, Évora.

A VARIABILIDADE DA LINHA DE COSTA DA MARGEM LESTE DO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ, ENTRE 1987-2019

Diandra Karina Martins Guimarães*, Maâmar El-Robrini, Rafael Alexandre Alves Menezes

** Universidade Federal do Pará, Brasil, guimaraesdiandra@gmail.com*

Palavras chave: dinâmica costeira, ambiente estuarino, sensoriamento remoto

INTRODUÇÃO

No Golfão Marajoará, o estuário do rio Pará, se comunica com o rio Amazonas, através da Região dos Estreitos, e recebe ainda contribuições fluviais dos rios Tocantins e Guamá/ Guajará. A área de trabalho situa-se à margem leste do estuário do rio Pará, no trecho: ilhas de Mosqueiro e Colares, e municípios de Santo Antônio do Tauá, Vigia e São Caetano de Odivelas. A morfologia desse trecho é formada principalmente por baixos platôs, planícies aluviais e planícies de maré e sua vegetação apresenta em sua maioria manguezais e matas de várzea (EL-ROBRINI *et al.*, 2018). O estuário do rio Pará está sobe forte influência fluvial sazonal e de maré diária e mensal, a maré possui um regime de macro maré (com máxima de 4,2 m), com uma alta descarga entre Janeiro e Junho (24,00 m^3/s), no período chuvoso, e um período de baixa descarga entre Julho e Dezembro (2,300 m^3/s), no período seco, com uma precipitação anual geralmente entre 2.000 e 3.000 mm (PRESTES *et al.*, 2017; ROSÁRIO, 2016). Por se tratar de uma área que está sobre forte influência de processos costeiros a análise da variação multitemporal da linha de costa se torna interessante para se observar as mudanças no litoral de municípios e ilhas locais, onde se encontram áreas de vegetação e algumas áreas com uma ocupação desordenada na linha de costa.

METODOLOGIA

Os materiais e métodos iniciaram com a aquisição de imagens de satélite Landsat TM (1987; 1993; 1999; 2004; 2008) e LANDSAT OLI (2013 e 2019) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), já adquiridas georreferenciadas, onde foi realizada apenas a composição RGB e reprojeção das coordenadas das imagens. Em seguida foi utilizado o Digital Shoreline Analysis System (DSAS), uma ferramenta que permite o pesquisador calcular com maior confiabilidade as taxas de mudanças da linha de costa. Na margem leste do estuário do rio Pará com extensão de 117 km foram utilizados os parâmetros NSM (*Net Shoreline Envelope*) e LRR (*Linear Regression Rate-of-Change*) por se adequarem a análise necessária da mudança da posição da linha de costa (CONTI & RODRIGUES, 2011), tendo como resultados os variações em metros nos 32 anos de análise (NSM) e taxas médias de variação por ano (LRR). Tendo como linha de base a parte continental e os transectos alinhados a cada 100m. Tendo como referência a linha de base, os valores positivos indicam um deslocamento da linha em direção ao mar ao longo do transecto e os valores negativos indicam um deslocamento em direção a terra (SANTOS *et al.*, 2021), ou seja, taxas positivas significam acresção e taxas negativas significam erosão.

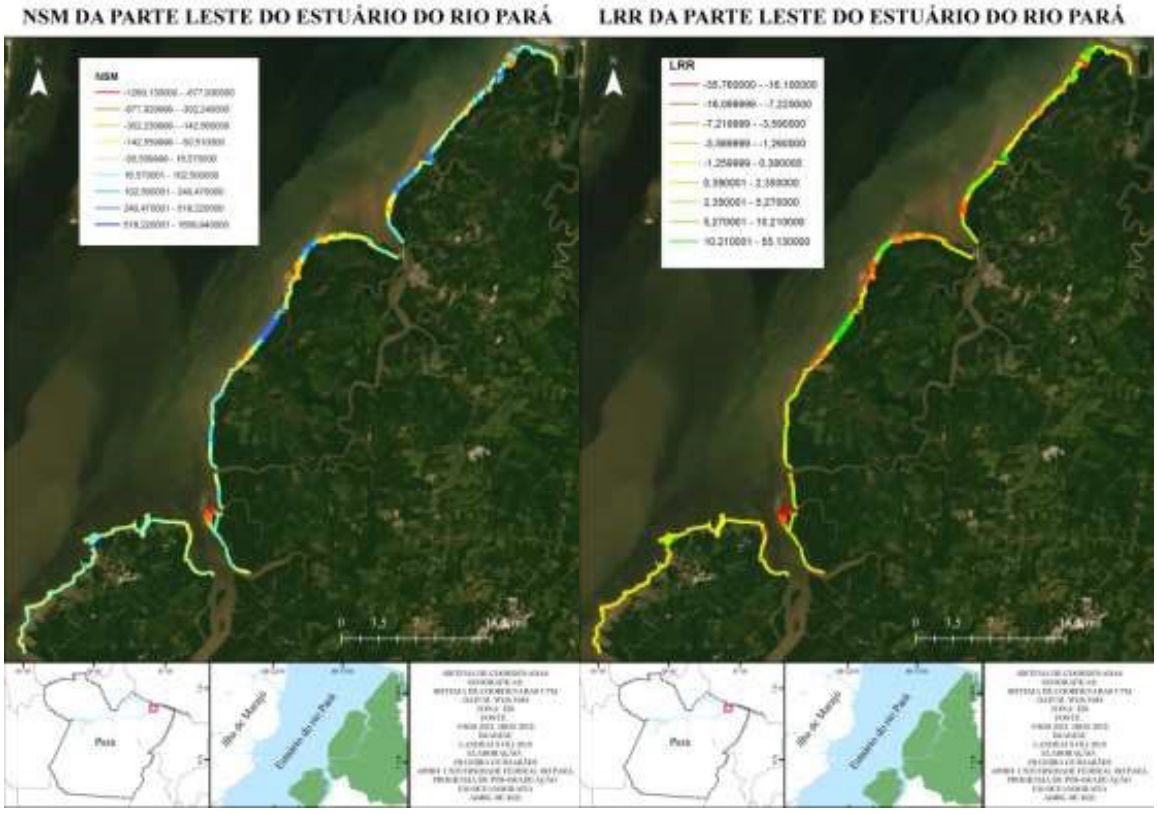
RESULTADOS

Na área de estudo, no total de 1130 transectos, 619 são de erosão e 511 de acresção (Figuras 1e 2), onde a maior taxa média de variação de erosão e acresção são de, -25,43 m/ano e 16,2 m/ano, respectivamente. A maior taxa de acresção se encontra na parte noroeste da área com 518,22 m e a maior taxa de erosão está posicionada na parte central

com -694,23 m. A margem leste do estuário do rio Pará no período estudado obteve uma taxa média de variação de -0,19 m/ano. As taxas médias de acresção e erosão ficaram em 86,61 m e -76,49 m, respectivamente. Sendo assim, a margem leste do estuário do rio Pará apresenta em sua maior extensão áreas de erosão, com áreas de acresção pontuais, resultado de uma dinâmica costeira que ocorre de forma diferente dependendo da hidrodinâmica e localização da área.

CONCLUSÃO

Através do uso da ferramenta DSAS foi possível visualizar e quantificar as áreas que estão ocorrendo os processo de erosão e acresção com maior precisão. Este resumo se enquadra no conjunto de medidas para se obter um oceano resiliente e um oceano seguro da Década das Nações Unidas da Ciência do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável (2021 - 2030), pois busca levantar dados e um diagnóstico sobre os processos costeiros atuantes na região.



Figuras 1 e 2 – Mapa com as variações e taxas da posição da linha de costa obtida pelo NSM e LRR, respectivamente, aplicados na parte leste do estuário do rio Pará. Elaboração: autores.

REFERÊNCIAS

CONTI, L.A., ; RODRIGUES, M., 2011. Variação da linha de costa na região da Ilha dos Guarás – PA através de análise de série temporal de imagens de satélites. Rev. Bras. Geogr. Física 4, 922–937.

EL-ROBRINI, Maâmar; RANIEIRI, Leilanhe; SILVA, Paulo; GUERREIRO, Juliana; ALVES, Marcelo; OLIVEIRA, Rodrigo Rafael; SILVA, Melissa; AMORA, Piera; ROBRINI, Maria. Panorama da erosão costeira / Pará / Brasil. ResearchGate. ISBN: 978-85--7738394-8. 2018 (on line). p. 120

FRANÇA, C.F. de. 2. Morfologia e mudanças costeiras na margem leste de Marajó (PA). Universidade Federal do Pará. 2003.

HIMMELSTOSS, E.A.; HENDERSON, R.E.; KRATZMANN, M.G.; FARRIS, A.S., 2018. Digital Shoreline Analysis System (versão 5.0); Um ArcGIS © extensão para o cálculo alteração na linha costeira: lançamento do software U.S [WWW Document]. Geol. Surv. URL https://code.usgs.gov/cch /dsas (accessed 5.20.20).

PRESTES, Yuri; SILVA, Alex; ROLLNIC, Marcelo; ROSÁRIO, Renan. (2017). THE M2 AND M4 TIDES IN THE PARÁ RIVER ESTUARY. Tropical Oceanography. 45. 26-37. 10.5914/tropocean.v45i1.15198.

RANIERI, L.A.; EL-ROBRINI, M. Evolution of the salinópolis shoreline, Northeastern of Pará, Brazil. Pesquisa em Geociencias 42, 207–226. https://doi.org/10.22456/1807-9806.78121. 2015.

RODRIGUES, S.W.P.; SOUZA FILHO, P.W.M. Análise da variação da linha de costa a noroeste do Estado do Pará (Baía de Curuçá) através das imagens Landsat TM e ETM+ e CBERS 2B, 2011. in: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE, Curitiba, PR, Brasil, p. 5062.

ROSÁRIO, Renan Peixoto. Análise de processos oceanográficos no estuário do rio Pará. PhD Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016, 139f.

SANTOS, Celso Augusto Guimarães; NASCIMENTO; Thiago Victor Medeiros do; MISHRA, Manoranjan; SILVA, Richarde Marques da. Analysis of long- and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil. Science of The Total Environment, v. 769, p. 144889, janeiro 2021.

ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM AQUÍFEROS COSTEIROS: MODELAÇÃO DA GESTÃO DA RECARGA DE AQUÍFEROS OTIMIZADA PELO UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE GALDIT DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE À INTRUSÃO MARINHA

João Paulo Lobo-Ferreira*

** Dr.-Ing. Habil., Coordenador do Gabinete de Apoio a Parcerias de Investigação no Conselho Diretivo e ex-Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Avenida do Brasil, 101, 1700-066, LISBOA, Portugal, lferreira@lnec.pt*

Palavras chave: Zonas costeiras, intrusão marinha, recarga de aquíferos, índice GALDIT.

AVALIAÇÃO DA RECARGA DE AQUÍFEROS EM CONDIÇÕES DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As principais variações na disponibilidade regional de águas subterrâneas provêm da diminuição da recarga de aquíferos, o que leva a mudanças no nível piezométrico e nas interfaces entre as águas superficiais e subterrâneas com mudanças nas taxas de descarga dos aquíferos para os rios, para os Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas e também nas interfaces entre água doce e salgada em aquíferos costeiros e áreas estuarinas. O aumento dos fenómenos de precipitação extremos, mesmo com volumes anuais médios idênticos, pode também causar diminuição na recarga de águas subterrâneas, porque a capacidade de infiltração do solo é excedida com mais frequência, favorecendo o escoamento superficial em vez da recarga. Os estudos realizados pelo LNEC sobre águas subterrâneas têm demonstrado a influência das alterações climáticas nas séries de precipitação e a vantagem de se utilizarem séries temporais longas para avaliação da recarga de aquíferos e do impacto das novas formas de precipitação (mais secas e mais cheias). Utilizando o modelo BALSEQ (Lobo-Ferreira, l98l), para cenários analisados na Região Centro de Portugal, uma redução do valor da precipitação para 70% do valor médio anual, correspondeu a uma redução da recarga anual média calculada, para 45%. Condições climáticas, como chuva, temperatura e humidade atmosférica, afetam os volumes de água que são utilizados pelas plantas em evapotranspiração e aqueles que são transferidos para recarga dos aquíferos. Em condições de mudanças climáticas os parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos tendem a ser modificados, com impactos diretos na evapotranspiração (que aumenta) e na recarga (que diminui). A não esquecer alterações no coberto vegetal que podem afetar os volumes de evapotranspiração, escoamento superficial, teor de água no solo e por fim a recarga dos aquìferos.

Utilizando o modelo BALSEQ, estimámos que a recarga média no sistema aquífero de Torres Vedras, no centro de Portugal, diminua significativamente em 2070-2100, em algumas áreas para valores de 84% da recarga do período 1979-2009, variando com as séries de precipitação, das temperaturas e da evapotranspiração de referência utilizada. Cálculos adicionais do LNEC para o horizonte 2080, com base na série climática utilizada, mostram que a recarga média será de 60% a 82% da recarga do período 1979-2009. É impressionante a redução potencial esperada na recarga do aquíferos de Torres Vedras, Ribeiras do Oeste, Portugal, que se observa na Figura 1.

O ÍNDICE GALDIT

O desenvolvimento original do índice GALDIT foi feito por Chachadi e Lobo-Ferreira (2007) no âmbito do projecto INCO-DEV COASTIN Portugal-Índia. Na Figura 2, modelação para avaliar a vulnerabilidade dos aquíferos costeiros de Goa, Índia, à intrusão marinha.

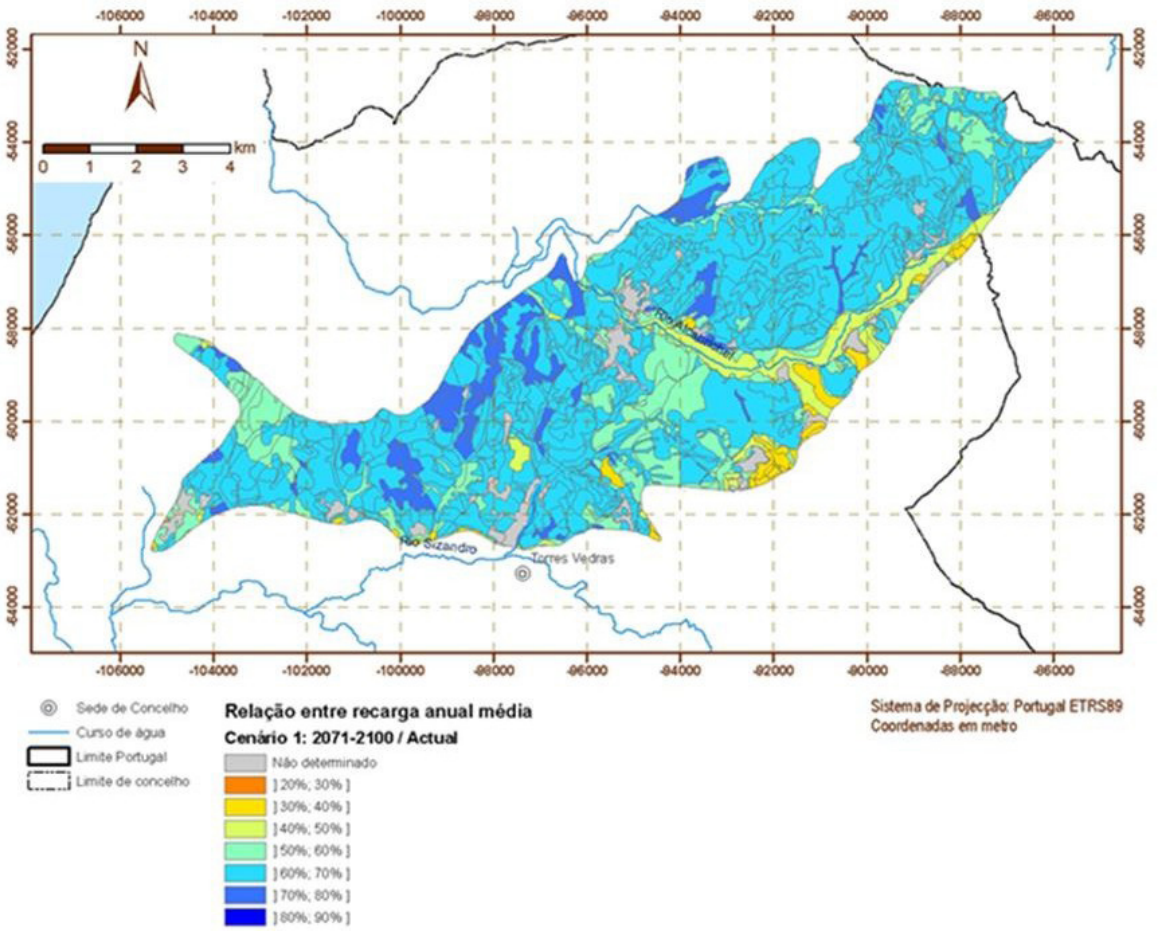


Figura 1 - Relação entre a média atual e a recarga anual prevista (para o Cenário 1 em 2071-2100) do sistema de aquíferos de Torres Vedras, no centro de Portugal.

A segunda aplicação foi desenvolvida para Portugal, visando avaliar o efeito de uma potencial subida do nível do mar (+0,25m, 0,5 m e 1m, por alterações climáticas), na região sul de Portugal, Algarve. Os fatores mais importantes que controlam a intrusão marinha, são: a Ocorrência de água subterrânea, o Tipo de aquífero: livre, confinado e semi-confinado, a Condutividade hidráulica do aquífero, a Profundidade ao nível freático, o Nível freático acima do nível do mar, a Distância à linha de costa (distância interior perpendicular à costa), o Impacto do historial de intrusão marinha na área em estudo, e a Espessura do aquífero que se quer mapear. O acrónimo GALDIT é formado a partir de letras desses parâmetros em língua inglesa.

GESTÃO DA RECARGA DE AQUÍFEROS COMO ESTRATÉGIA DE CONTROLE DA INTRUSÃO MARINHA, PARA ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

A Gestão da Recarga de Aquíferos (GRA ou Recarga Artificial de Aquíferos) permite o uso conjunto de recursos de águas superficiais e subterrâneas, sendo portanto uma componente importante da Gestão Integrada de Recursos Hídricos. A implementação de um sistema GRA requer um planeamento cuidadoso em termos da sua integração segura no sistema hidrogeológico e nos objetivos gerais de gestão dos recursos hídricos. As recentes crises de abastecimento de água causadas pelas secas mais frequentes e Portugal no Sul (Alentejo e Algarve) confirmaram a necessidade de implementação de novas medidas para melhorar a gestão dos recursos hídricos na região. As albufeiras e

outros reservatórios abertos de águas superficiais, existentes no Algarve, sofrem perdas significativas de água devido às altas taxas de evaporação, não sendo capazes por si só de cobrir as necessidades de água em condições de seca. Exemplificando, no ano húmido de 2000/2001, durante a estação chuvosa, registaram-se descargas significativas dessas barragens (avaliadas em cerca de 56 hm^3) para jusante. Daí o rio Arade flui diretamente para o estuário. A disponibilidade de água durante períodos de seca é hoje o principal constrangimento ao desenvolvimento da região do Algarve. A exploração do aquífero Querença-Silves, já sobre-explorado, não é uma estratégia de resposta sustentável ao problema do abastecimento de água do Algarve. Foi estimado para a seca de 2004/2005 um défice de 50 hm^3, causando intrusão marinha nas zonas de descarga do aquífero para o estuário do rio Arade. As perdas de recursos hídricos superficiais para o mar, em anos húmidos, e a sobre-exploração do aquífero, em anos secos, confirmam a necessidade de uma nova gestão conjunta dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos com a GRA, para evitar a intrusão marinha em aquíferos costeiros. Essa técnica foi modelada pelo LNEC no Projeto FCT Portugal - INRGREF Tunísia no aquífero costeiro Korba- Mida (cf. Figura 3), com aumentos do nível piezométrico após a recarga. O processo GRA teve também um impacte benéfico na diminuição da condutividade elétrica da água subterrânea local.

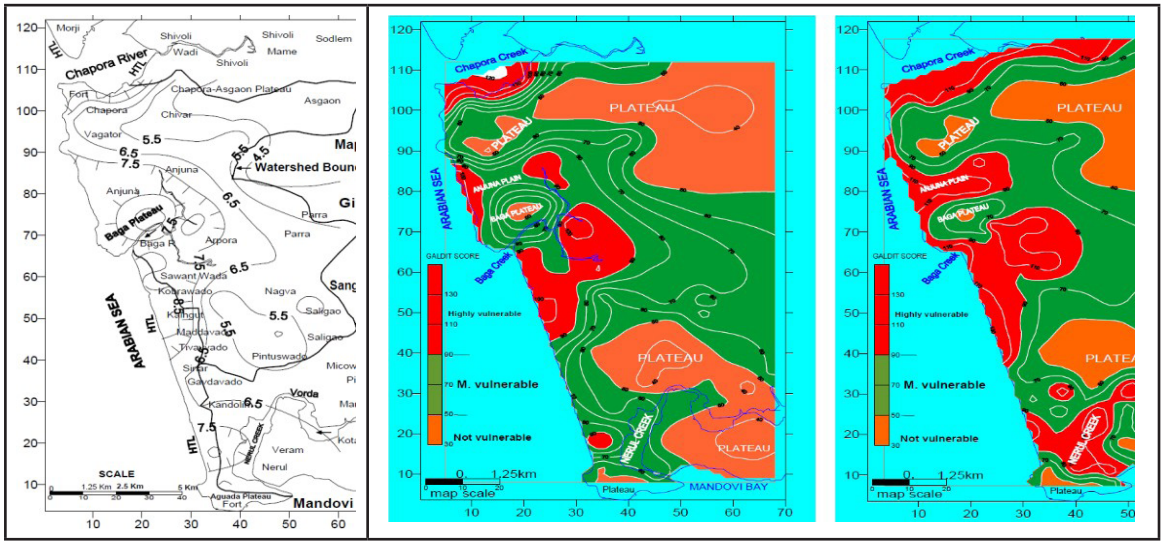


Figura 2- Comparação de modelações do GALDIT para níveis atuais e para subidas do nível do mar na costa norte de Goa (valores à esquerda e no centro para o nível normal do mar e valores calculados para uma subida do nível do mar, à direita).

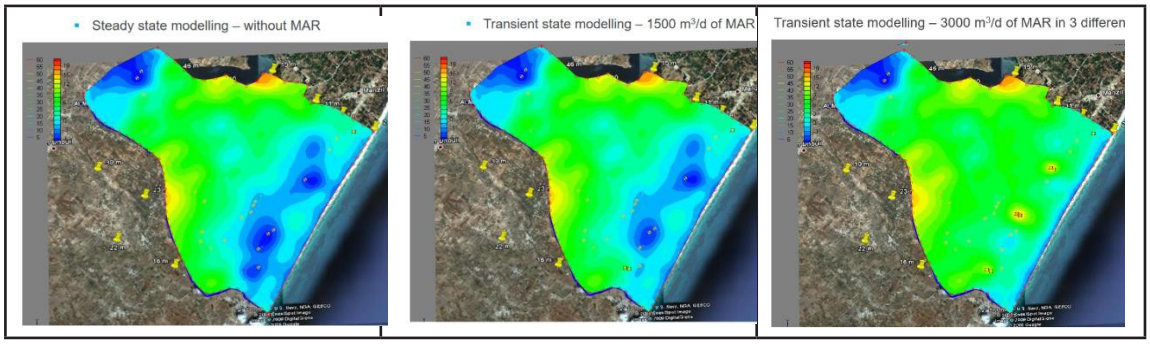


Figura 3 - Níveis piezométricos para a situação existente (à esquerda) sem infiltração de água, modelação da recarga com água residual tratada: 1500 m^3/dia (centro) e considerando um valor de recarga otimizado de 3000m^3/dia (à direita) para três locais MAR no aquífero de Korba-Mida, Tunisia (valor para controle da intrusão marinha de 9000m^3/dia).

REFERÊNCIAS

Chachadi, A.G. e Lobo-Ferreira, J.P. (2007) - Sea water intrusion vulnerability using GALDIT method: Part 2 – GALDIT indicators description. In Lobo Ferreira, J.P; Vieira, J. (eds) – Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability, IAHS Red Books, London, IAHS Publication 310, ISBN 978- 1-901502-88-6, pp. 172-180 (disponível em http://www.aprh.pt/celtico/PAPERS/26.PDF).

Lobo-Ferreira, J.P. (l98l) - Mathematical model for the evaluation of the recharge of aquifer in semiarid regions with lack of hydrological data In: proceedings of EUROMECH 143, Flow and transport in porous media. Rotherdam, AA Balkema.

Lobo-Ferreira J.P., Oliveira, L.G.S., Diamantino C. (2011) - Groundwater Artificial Recharge Solutions for Integrated Management of Watersheds and Aquifer Systems Under Extreme Drought Scenarios. In: Jones J. (eds) Sustaining Groundwater Resources. International Year of Planet Earth. Springer, Dordrecht.

ANÁLISE DE GOVERNANÇA DE SISTEMAS COSTEIROS SEMIFECHADOS PARA DESASTRES HIDROCLIMÁTICOS NO BRASIL

Pedro Luiz Do Nascimento e Silva, Letícia Guarnier, Gilberto Fonseca Barroso

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, pedro.l.silva@edu.ufes.br

Palavras chave: governança, mudanças climáticas, gerenciamento costeiro, desastres hidroclimáticos, análise SWOT.

INTRODUÇÃO

Atualmente as mudanças climáticas são um cenário relevante para os sistemas costeiros, dado que, ameaçam os ecossistemas como estuários e manguezais ali presentes. Os efeitos das mudanças climáticas têm gerado diversos impactos, como o aumento de eventos extremos climáticos. Diante do cenário de aumento de desastres hidroclimáticos, os Sistemas Costeiros Semifechados (SCSFS) estão mais vulneráveis a esses eventos, visto que, tais ecossistemas exercem função crucial no âmbito social, ambiental e econômico. Mediante isso, é necessário instituir governanças de prevenção e remediação de desastres hidroclimáticos e seus respectivos impactos em sistemas costeiros. O presente estudo tem como objetivo analisar a governança ao nível de estudos de caso por meio da análise dos indicadores de desempenho de governança e também da análise do modelo SWOT, onde foram analisados os planos, programas de gerenciamento costeiro e de recursos hídricos referentes há desastres hidroclimáticos para os SCSFs estudados, logo viabilizando um diagnóstico da governança de SCSFs quanto aos riscos de extremos climáticos nos estudos de caso.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi elaborado por intermédio de quatro etapas metodológicas que consistem em:

1. Etapa 1: Levantamento de marcos regulatório, instrumentos de gestão e demais documentos referentes aos desastres hidroclimáticos em SCSFs;
2. Etapa 2 : Definição dos indicadores de desempenho de governança e quais critérios foram usados para escolha destes;
3. Etapa 3: Definição dos métodos de mensuração de desempenho da governança dos SCSFs para desastres hidroclimáticos a partir dos estudos de caso e análise dos resultados provenientes da mensuração dos indicadores;
4. Etapa 4: Utilização da abordagem do modelo SWOT para análise das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada área de estudo.

RESULTADOS

Os resultados de desempenho da governança dos SCSF s foram obtidos pela mensuração dos indicadores de desempenho de governança, onde consiste em dois níveis de análise: análise semiquantitativa e qualitativa (Quadro 1e Quadro 2):

Quadro 1: Resultados referentes à análise a nível semiquantitativo da governança das áreas do CESM, ERPN e CEBB frente aos desastres hidroclimáticos.

Indicadores	Mecanismo de coordenação	Mecanismo de Resolução de conflito	Plano de gestão integrada	Plano de gestão integrada	Plano de gestão integrada	Recursos Financeiros	Ciência como Suporte ao Gerenciamento	Participação dos Stakeholders
Descrição	Possui mecanismo de coordenação na governança vigente? É atuante?	Possui mecanismo de resolução de conflitos na governança vigente? É atuante?	Possui plano de gestão integrada na governança vigente ? É atuante?	Possui plano de gestão integrada na governança vigente ? É atuante?	Possui plano de gestão integrada na governança vigente ? É atuante?	Consta a disponibilidade de recursos financeiros na governança vigente? É atuante?	Consta o incentivo da ciência na governança vigente? É atuante?	Consta a participação dos stakeholders na governança viegnte? É atuante?
CESM	◦ SEMA ◦ Possui, atuante	CONERH ◦ Possui, não atuante	◦ PERH ◦ Em desenvolvimento	◦ PEGC ◦ Em desenvolvimento	◦ PDBHRM ◦ Possui, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante
ERPN	◦ SEIRHMACT ◦ Possui, atuante	◦ Não Possui	◦ PERH ◦ Possui, atuante	◦ PEGC ◦ Não possui	◦ PDBHRP ◦ Possui, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante
CEBB	◦ DC ◦ Possui, atuante	◦ Não Possui	◦ PERH ◦ Possui, atuante	◦ PEGC ◦ Possui, atuante	◦ PMGCJ ◦ Possui, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante	◦ Consta, atuante

* SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais; ** SEIRHMACT – Secretaria de Estado de Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia; *** DC – Defesa Civil; **** CONERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão ***** PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos; ****** PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; ******* PDBH – Plano Diretor da bacia Hidrográfica; ******** PDBHRM – Plano Diretor da bacia Hidrográfica do Rio Mearim; ********* PDBHRP - Plano Diretor da bacia Hidrográfica Rio Paraíba; ********** PMGCJ – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro de Joinville.

Quadro 2: Resultados referentes à análise a nível qualitativo da governança das áreas do CESM, ERPN e CEBB frente aos desastres hidroclimáticos.

Indicadores	Mecanismo de coordenação	Mecanismo de Resolução de conflito	Plano de gestão integrada	Recursos Financeiros	Ciência como Suporte ao Gerenciamento	Participação dos Stakeholders
Descrição	Qual nível de Representatividade na governança vigente?	Qual nível de Representatividade na governança vigente?	Qual eficaz tem sido os planos de gestão integrada?	Os recursos financeiros tem auxiliado na melhor eficiência da governança?	Quão Efetivo tem sido o suporte da ciência na melhora da gestão integrada?	Qual nível de Representatividade na governança vigente?
CESM	◦ Alto	◦ Baixo	◦ Parcialmente sim	◦ Sim	◦ Sim	◦ Alto
ERPN	◦ Alto	◦ Nenhum	◦ Parcialmente sim	◦ Sim	◦ Parcialmente sim	◦ Regular
CEBB	◦ Muito Alto	◦ Nenhum	◦ Sim	◦ Sim	◦ Sim	◦ Alta

Diante dos resultados oriundos da mensuração dos indicadores de desempenho de governança dos SCSFs frente aos desastres hidroclimáticos foi possível utilizar a abordagem de analítica da matriz SWOT para aferir as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada SCSF (Quadro 3).

Quadro 3: Resultados referente a análise da abordagem SWOT dos SCSFs.

SWOT	CESM	ERPN	CEBB
Forças	1. Possuir um corpo de coordenação atuante e representativo ; 2. Política Estadual de Recursos tem como um dos objetivos a prevenção e a defesa; 3.Emissão de boletins de alerta, meteorológicos e hidrometeorológicos.contra eventos de extremos climáticos;	1. Dispor de PERH e PDBH; 2. Consta na governança um FERH.	1. Possui um mecanismo ou órgão coordenador atuante e representativo. 2. PERH atuando diretamente na prevenção de desastres hidroclimáticos; 3. Emissão de boletins de alerta, meteorológicos e hidrometeorológicos; 4. Apresentar PEGC e PMGCJ
Fraquezas	1. Não atuação do mecanismo de resolução de conflitos no tocante a desastres hidroclimáticos, bem como baixa representatividade; 2. Ainda não terem publicado PERH e PEGC; 3. Centralização da gestão integrada em somente um órgão.	1. Não possuir PEGC; 2. Não apresentar mecanismo ou órgão responsável para resolução de conflitos; 3. Centralização da gestão das ações governamentais em somente um órgão.	1. Não apresentar mecanismo ou órgão responsável para resolução de conflitos; 2. Centralização da gestão das ações governamentais em poucas entidades
Oportunidades	1. Resultados produzidos pela pesquisa científica auxiliando na gestãointegrada; 2. A participação dos stakeholdeers essencial em ações/políticas na prevenção/defesa desses eventos extremos	1. Presença de stakeholders no Comitê da Bacia Hidrográfica; 2. Ciência dando suporte com rica base de dados auxiliando a gestão integrada frente aos eventos extremos climáticos.	1. Presença de stakeholders no Comitê da Bacia Hidrográfica; 2. Representativa participação da pesquisa científica no apoio a gestão integrada; 3. Alta representatividade dos stakeholders frente aos desastres hidroclimáticos.
Ameaças	1. Não fomentação de uma discussão mais robusta sobre o tema devido à falta de incentivo político; 2. A falta de disponibilidade de recursos financeiros.	1. Falta de discussão mais robusta por ausência de incentivo político; 2. Baixa representatividade dos stakeholders na promoção de políticas públicas ou tomadas de decisões.	1. Alta representatividade dos stakeholders pode ocasionar conflitos de interesses e tornar os processo de tomada de decisão mais lento e burocrática.

* PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos; ** PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; *** PDBH – Plano Diretor da bacia Hidrográfica; **** FERH – Fundo Estadual de Recursos Hídricos; ***** PMGCJ – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro de Joinville.

CONCLUSÕES

Análise da estrutura de governança frente aos desastres hidroclimáticos nos SCSFs estudados é essencial para gestão integrada no processo de tomada de decisão de eventos hidroclimáticos extremos em compartimentos do contínuo flúvio - marinho como: bacias hidrográficas e embaiamentos costeiros. Dito isto, a utilização dos indicadores de desempenho de governança e o modelo SWOT frente aos eventos hidroclimáticos extremos em SCSFs se apresentaram uma ferramenta fundamental na análise de gestão pública e governança participativa, permitindo um diagnóstico profundo da governança ou gestão integrada a respeito de seus aspectos positivos (Forças e Oportunidades) e aspectos negativos (Fraquezas e Ameaças).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – SRHU e Agência Nacional de Águas – ANA. Plano Nacional de Recursos Hídricos: Prioridades 2012-2015. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro: 25 anos de Gerenciamento Costeiro no Brasil. Brasília, 2015.

IOC. 2006. A Handbook for measuring the progress and outcomes of integrated Coastal and Ocean Management. Paris, France, UNESCO, 224pp. (Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides; 46).

ANÁLISE DA OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICOS NO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA (RJ, BRASIL)

Lucas Ferreira Corrêa[1], André Luiz Carvalho da Silva[2]

[1] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Brasil, lucasferreira.geografia@gmail.com*

[2] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Brasil, andrelcsilvageouerj@gmail.com*

Palavras chave: microplásticos, lagoas costeiras, Maricá, Guarapina, resíduos sólidos.

Os estudos relacionados a presença de microplásticos em ambientes costeiros tem crescido significativamente nas últimas duas décadas, principalmente em praias e baías. Contudo, o conhecimento sobre a ocorrência e distribuição destes materiais em lagoas costeiras são escassos (MARTINELLI *et al.*, 2018). O litoral de Maricá está localizado no leste metropolitano do estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Niterói e Saquarema, no sudeste do Brasil (Figura 1A). Trata-se de um trecho do litoral fluminense com 46 km de extensão, com belas paisagens marcadas pela presença de serras, praias e lagoas costeiras. A crescente urbanização do litoral de Maricá tem causado diversos impactos provenientes do descarte inadequado de resíduos sólidos nas lagoas da região, o que compromete o equilíbrio dos ecossistemas costeiros e prejudica atividades importantes como à pesca artesanal e o turismo local. O Sistema lagunar MaricáGuarapina, no município de Maricá, vem sofrendo nas últimas décadas um intenso processo de degradação oriundo da ocupação de suas áreas marginais. O conhecimento sobre a poluição por resíduos sólidos neste ambiente é de grande relevância para a análise da qualidade ambiental dessas lagunas. A compreensão do papel dos processos físicos costeiros na distribuição e deposição de diferentes materiais no ambiente lagunar, assim como das atividades relacionadas aos mais distintos usos que são exercidos sobre ele, é de suma importância para a elaboração de medidas voltadas à gestão e conservação deste ambiente, a fim de melhor preservar a sua rica biodiversidade e os ecossistemas litorâneos. Neste sentido, este estudo objetivou investigar a ocorrência e distribuição de microplásticos nas lagunas de Maricá e Guarapina.

Foram realizados trabalhos de campo no verão de 2020, sob condição de tempo bom, para a coleta de amostras de água de superfície nas lagoas de Maricá e Guarapina. Para tal, foi utilizada uma rede cônica de plâncton, da marca Liminotec, que possui uma malha de 120µm, com 30cm de diâmetro e 1m de comprimento. O arrasto da rede ocorreu por um período contínuo de 5 minutos, a uma velocidade média de 3 nós, que corresponde a 5,556 km/h (GESAMP, 2019), e seguindo uma trajetória circular, para evitar a interferência do turbilhonamento causado pelo motor do barco. Os materiais presentes na superfície da água ficam retidos no copo coletor acoplado ao final da rede. A separação dos microplásticos ocorreu através da adição de uma solução hipersalina (BESLEY *et al.*, 2017), filtragem na bomba à vácuo e secagem dos filtros na estufa por cerca de 72 horas. A contagem e a classificação dos microplásticos foram realizadas na lupa binocular, com o auxílio do *software ToupView* para a análise dos mesmos, com base na quantidade, tipo, cor, tamanho e morfologia, segundo o Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas (2013).

No total, foram encontrados 2082 microplásticos (MPs) na superfície da água das lagunas estudadas, sendo 1886 partículas na Lagoa de Maricá e 196 na Lagoa de Guarapina, o que representa um total de 17,30 MPs/ m^3 e 2,99 MPs/ m^3, respectivamentes (Figura 1A). Em Maricá, estes materiais foram encontrados em todos os locais de amostragem, com as maiores concentrações nas áreas próximas à desembocadura do Rio Mumbuca

(com 371 partículas de microplástico) e do canal de São Bento (com 406 partículas), respectivamente (Figura 1A). Os tipos de materiais encontrados na superfície lagunar em Maricá foram: 1086 fragmentos (57,58%), 368 filmes (19,51%), 364 fibras (19,30%), 64 espumas (3,39%), 3 poliestireno (0,17%) e 1 pellets (0,05%) (Figura 1B). Aproximadamente 98% dos microplásticos analisados aparentavam uma superfície desgastada, indicando atrito ou deterioração pela ação dos processos intempéricos, enquanto 2% possuíam superfície lisa e sem sinais de abrasão. A maioria das partículas analisadas apresentaram tamanho predominante entre 0,1 e 1,9mm (89%), com cores predominando entre azul (para fragmentos), verde (para filmes), branco (para fibras, esponjas e poliestirenos) e cinza (para pellets) (Figura 1C e D).

Na Lagoa de Guarapina, a concentração de microplásticos é menor que à verificada na Lagoa de Maricá (Figura 1A). As maiores concentrações de microplásticos em Guarapina foram observadas na porção centro-sul da laguna (com 54 itens) e próximo a desembocadura do rio Doce (43 partículas), também conhecido como rio Caranguejo (Figura 1A). Os materiais encontrados na superfície lagunar foram identificados como: 64 fibras (32,65%), 53 fragmentos (27,05%), 52 filmes (26,53%), 17 poliestireno (8,67%), 9 espumas (4,59%) e 1 pellets (0,51%) (Figura 1B). Todos os microplásticos analisados aparentaram superfície desgastada, indicando atrito ou deterioração pela ação dos processos intempéricos. Os tamanhos das partículas encontradas predominaram entre 0,1 e 1,9mm (87%), com cores predominando entre azul (para fragmentos), branco (para fibras, filmes e poliestirenos) e cinza (para esponjas e pellets) (Figura 1C e D).

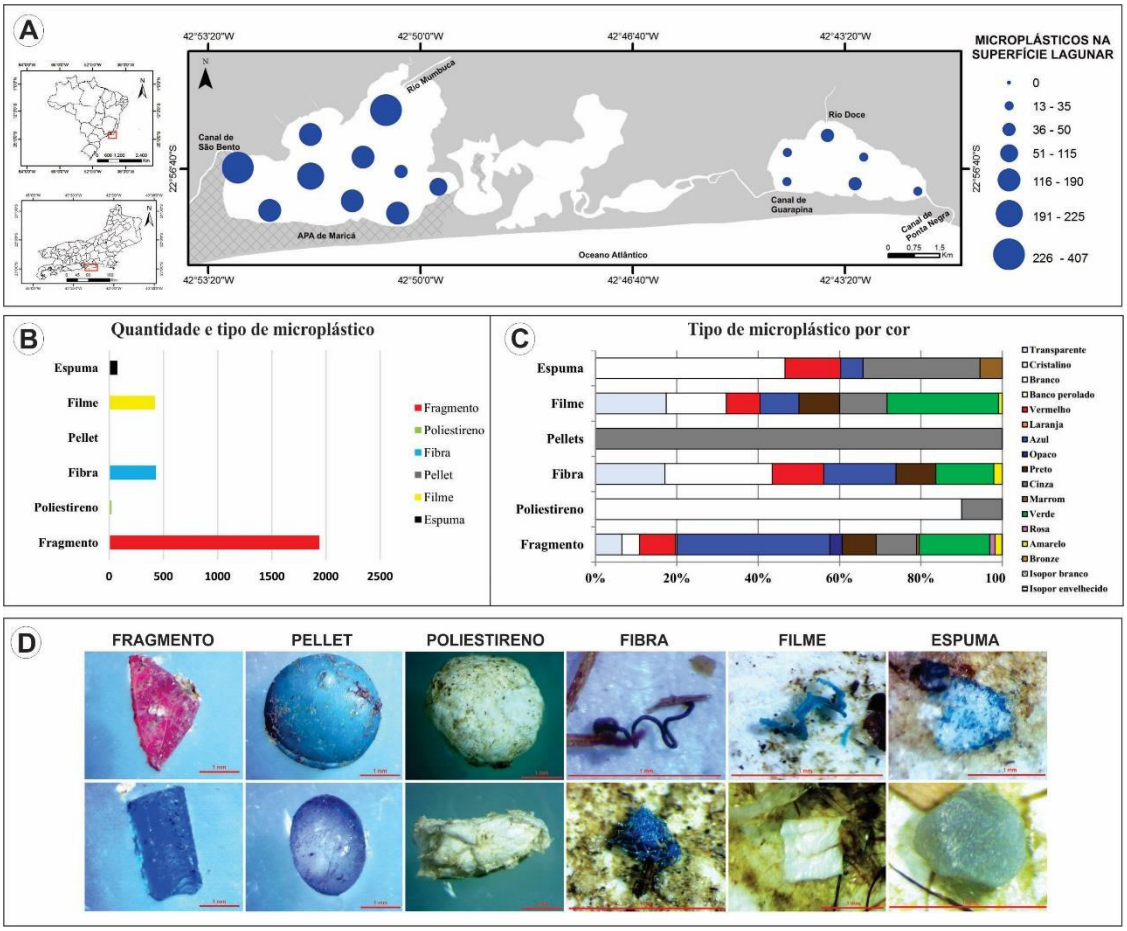


Figura 1: Concentração de microplásticos nas lagoas de Maricá e Guarapina (A), tipos de microplásticos encontrados (B), principais cores de microplásticos (C) e microplásticos encontrados na superfície lagunar (D). Fonte: Autores.

Na superfície da água da Lagoa de Maricá foram encontrados microplásticos em quantidade 5,7 vezes maior em comparação com a Lagoa de Guarapina, com destaque para os locais de amostragem próximos às saídas dos principais rios e canais que desaguam neste ambiente. Os microplásticos encontrados nessas áreas representam cerca de 37,7% dos materiais presentes na superfície lagunar por ocasião da amostragem de campo. A maior concentração de microplásticos nestes locais pode estar relacionada à proximidade em relação aos rios e canais, que representam uma fonte potencial para a entrada de microplásticos nas lagunas, além da baixa taxa de renovação da água, favorecendo a acumulação desses detritos. Estudos realizados por Toumi *et al.* (2019) na Tunisia e Genc *et al.* (2020) na Turquia, apontaram para a importância dos rios no transporte e oferta de microplásticos para lagunas costeiras e demais ambientes confinados, identificando uma elevada concentração desses de materiais próximo a saída de rios e canais. A menor presença de microplásticos na Lagoa de Guarapina está relacionada, possivelmente, com a presença do canal de Ponta Negra, aberto permanentemente desde a década de 1945, possibilitando uma maior troca de água e materiais diversos entre esta laguna e o mar. Acredita-se que os mateirias encontrados nas lagunas estudadas possam estar relacionados a fatores como: (1) a descarga fluvial, que chega neste ambiente trazendo materiais diversos; (2) o escoamento superficial urbano, por meio do qual os detritos chegam nas lagunas através dos sistemas de captação de águas pluviais, como verificado por Baptista Neto e Fonseca (2011) na Baía de Guanabara; (3) a lenta taxa de renovação da água nas lagunas, especialmente em Maricá, devido a ausência de conexão direta com o mar (CRUZ, 2010); (4) a ocupação nas margens das lagunas, assim como os diferentes usos na planície costeira, tais como atividades turísticas, residenciais, de lazer e pesca; e (5) a influência marinha, especialmente na Lagoa de Guarapina, mais eficaz durante a ocorrência de tempestades, quando ondas de maior energia entram no canal com grande competência para transportar sedimentos e materiais diversos de tamanhos variados.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA NETO, J. A. B.; DA FONSECA, E. M. Seasonal, spatial and compositional variation of beach debris along of the eastern margin of Guanabara Bay (Rio de Janeiro) in the period of 1999–2008. Journal of Integrated Coastal Zone Management, vol. 11, p. 31–39, 2011

BESLEY, A.; VIJVER, M. G.; BEHRENS, P.; BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*. v.114. p.77-83. 2017.

CRUZ, A. C. Análise de intervenções no sistema lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental. 74 p. *Dissertação de mestrado* de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2010.

GESAMP. *Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean*. Kershaw P.J., Turra A., Galgani F. (Eds.). 2019.

HANKE, G. *et al.* Guidance on monitoring of marine litter in European seas. European Commission, 2013, p. 124.

MARTELLINI, T.; GUERRANTI, C.; SCOPETANI, C.; UGOLINI, A.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A. A snapshot of microplastics in the coastal areas of the Mediterranean Sea. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2018.

TOUMI, H.; ABIDLI, S.; BEJAOUI, M. Microplastics in freshwater environment: the first evaluation in sediments from seven water streams surrounding the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Environmental Science and Pollution Research*. 2019.

ANÁLISE DA POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM PRAIAS URBANAS NO CONTEXTO DA COVID-19

José Rodrigues de Souza Filho*, Antônio Anselmo Silva Chagas, Iracema Reimão Silva, Junia Kacenelenbogen Guimarães, Tania Emi Sakanaka, Gerson Fernandino

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBAIANO, Brasil,jrsouzageografia@gmail.com

Palavras chave: praias, resíduos sólidos, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

Nas praias, os resíduos sólidos são, em sua maioria, produtos descartados a partir de atividades recreativas desenvolvidas neste ambiente (BOTERO & GARCIA, 2011). Isso ocorre principalmente nas proximidades de barracas de praia ou atividades de ambulantes, com a venda de alimentos ou bebidas. Contudo, é necessário considerar o aporte destes resíduos através da dispersão das correntes marinhas e costeiras, de rios, de córregos, de canais de escoamento pluvial ou de esgotos urbanos. Ainda que se considere uma origem variável para os resíduos sólidos, diversos autores (BARNES *et al.*, 2009) correlacionam elevadas densidades demográficas a altas concentrações de resíduos em ambiente praial e no seu entorno. Estudo publicado por Soto *et al.* (2021), demonstrou que devido ao período de lockdown as praias estudadas apresentaram ecossistemas com capacidade de recuperação, aumento da biodiversidade e da funcionalidade do sistema por conta da menor alteração ambiental causada pelos estressores, mesmo sendo praias com intensa atividade turística antes da Pandemia. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a variação da poluição por resíduos sólidos antes e durante a pandemia de COVID-19 em três praias de Salvador – Porto da Barra, Farol de Itapuã e Ribeira – (Figura 1), pois neste período foi estabelecido oficialmente o fechamento destas para o uso da população local e turistas.

Figura 1. Localização das praias estudadas, Município de Salvador, Estado da Bahia, Brasil. Polígonos vermelhos representam a área amostrada em cada praia. Fonte: Autores e imagens de satélite do Google Earth.

METODOLOGIA

A quantificação e classificação dos resíduos sólidos foram realizadas de 2 em 2 meses, sendo selecionados em 2019 os meses de abril, junho e agosto, visando comparação com o mesmo período de 2020, onde ocorreu o fechamento das praias. Em cada praia os resíduos sólidos foram contabilizados em transectos de 100m de comprimento, cobrindo a face da praia e o berma. Todo o lixo coletado foi quantificado enquanto número de itens e dividido em duas classes: autóctone e alóctone. Foram considerados autóctones os itens cuja geração esteja relacionada as atividades desenvolvidas na própria praia, e alóctone todo o lixo aparentemente não relacionado as atividades realizadas na praia.

Sucessivamente foi aplicada análise de variância ANOVA para constatar se havia diferença significativa na quantidade de lixo coletada entre os diferentes meses e, em seguida, foi realizada uma ANOVA mista bidirecional para investigar o impacto da praia (Itapuã, Porto da Barra e Ribeira), ano (2019 e 2020) e tipo de resíduos (autóctone e alóctone) na quantidade de lixo. $P<0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

Todas as três praias estudadas também foram classificadas, antes e durante a pandemia, de acordo com sua condição de limpeza. Nesse caso, referiu-se exclusivamente à presença (ou ausência) de lixo marinho, sendo utilizado para esse fim o Clean-Coast Index (CCI) (Alkalay *et al.*, 2007). O CCI é um método de classificação de praia que utiliza o número de peças de plástico por área multiplicado por um fator de correção de K = 20, classificando-os de acordo com os seguintes intervalos: muito limpo (0-2); limpo (2–5); moderado (5–10); sujo (10-20); extremamente sujo (20 +). Para efeitos do presente estudo, não apenas os artigos de plástico, mas todo o lixo marinho foi utilizado para o cálculo do ICC. Esta versão adaptada da metodologia já foi relatada com sucesso na literatura (Fernandino *et al.*, 2015).

RESULTADOS

Um total geral de 5.395 itens foram amostrados. Desse total, 3.583 itens (66,41%) foram amostrados durante os meses pré COVID-19 (abril, junho e agosto de 2019) e os 1.812 itens restantes (33,59%), durante o período de restrição de acesso à praia do COVID-19 (abril, Junho e agosto de 2020). Os maiores (pré-pandemia) e menores (durante a pandemia) valores médios de 3 meses foram observados para a Praia do Porto da Barra, 472 e 82 itens, respectivamente.

Os resultados estatísticos mostraram que não houve variação significativa entre as praias quanto à quantidade de lixo ($F(2,6) = 0.25$, $p = 0.783$). No entanto, houve uma influência significativa do período (pré versus durante a pandemia de COVID-19) na quantidade de resíduos encontrada ($F(1,6) = 6.72$, $p < 0.05$), onde a quantidade de resíduos amostrada em 2020 foi significativamente menor do que em 2019.

Em todas as praias, antes e depois da pandemia, a quantidade de lixo autóctone foi significativamente maior do que a do tipo alóctone ($F(1,6) = 129.76$, $p < 0.001$). Além disso, houve interação significativa entre ano e tipo de resíduos ($F(1,6) = 8.64$, $p < 0.05$), mostrando que a redução dos resíduos entre os anos foi muito maior na classe autóctone do que na alóctone. A redução mais importante na quantidade de lixo autóctone (88%) foi observada na Praia do Porto da Barra, também refletida na alteração da distribuição relativa entre lixo autóctone e alóctone nesta praia entre os anos. Esse padrão não foi observado nas outras praias, onde a relação quase não mudou apesar da pandemia.

No entanto, a redução observada na densidade do lixo marinho entre antes e durante os períodos de pandemia, conforme o número de itens por trecho de praia de 100m, não resultou em grandes mudanças na classificação das praias segundo o ICC. Apenas a Praia do Porto da Barra apresentou aumento na qualidade da praia, passando de “limpa” para “muito limpa”. As praias do Farol de Itapuã e da Ribeira, embora apresentem uma redução significativa no nível de poluição, mantiveram-se na classificação “muito limpa”.

CONCLUSÕES

A pandemia da COVID-19 proporcionou uma oportunidade rara ao possibilitar um laboratório natural *in situ* que permitisse o estudo de praias urbanas completamente livre de usuários. Esta importante variável não pode ser facilmente removida da equação durante os períodos regulares. Aproveitando as circunstâncias, o presente estudo realizou uma caracterização da quantidade e origem do lixo marinho encontrado nas praias do município de Salvador antes e durante a pandemia do COVID-19. O fato de o uso da praia ter sido proibido e a circulação em espaços públicos reduzida, produziu uma diminuição de até 83% na quantidade total de lixo. Como esperado, a maior parte do lixo encontrado era autóctone, ou seja, associado às atividades recreativas de uso e consumo que acontecem na praia. Os resultados deste estudo podem ser um importante argumento para estimular ações que conscientizem a população quanto a essa urgente questão ambiental. A experiência da pandemia pode ser utilizada para aumentar a percepção do público em relação às questões ambientais causadas pelos usuários da praia e pode ser um importante catalisador, se associada às práticas de educação ambiental, para mudanças de hábitos a fim de garantir a qualidade ambiental e recreacional das praias.

REFERÊNCIAS

Alkalay R., Pasternak, G., Zask, A., 2007. Clean-coast index - A new approach for beach cleanliness assessment. Ocean Coast Manage. 50:352-362. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002.

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Phil. Trans. R. Soc. B. 364, 1985–1998.

Botero, C., Garcia, L., 2011. Cuantificacion Y Clasificacion De Residuos Solidos Em Playas Turísticas. Evaluación En Tres Playas De Santa Maria. XIV Congresso Latino-Americano de Ciência do Mar – XIV COLACMAR Balneário Camboriú (SC/Brasil),1-3.

Fernandino, G., Elliff, C. I., Silva, I. R., Brito, T. S., Bittencourt, A. C. S. P., 2015b. How many pellets are too many? The pellet pollution index as a tool to assess beach pollution by plastic resin pellets in Salvador, Bahia, Brazil. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 15(3):325- 332 (2015). doi: 10.5894/rgci566

Soto, E. H., Botero, C. M., Milanés, C. B., Rodríguez-Santiago, A., Palacios-Moreno, M., Díaz-Ferguson, E., Velázquez, Y. R., Abbehusen, A., Guerra-Castro, E., Simoes, N., Muciño-Reyes, M., Souza Filho, J. R. How does the beach ecosystem change without tourists during COVID-19 lockdown? 2021. Biological Conservation, Volume 255, 108972. doi: 10.1016/j.biocon.2021.108972.

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE MAR E SUAS CONSEQUÊNCIAS DURANTE A RESSACA OCORRIDA EM MAIO DE 2001 NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - BRASIL

Rafael de França Lima*, Flavia Moraes Lins de Barros, Mauro Cirano

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, rafaelbona4@gmail.com

Palavras chave: ressaca, danos, impactos.

INTRODUÇÃO

As ressacas do mar, frequentemente, estão relacionadas como uma ameaça às populações que habitam as zonas costeiras, haja vista o número de ocorrências registrado durante este evento. Inundações e destruições de estabelecimentos, salvamentos e mortes são alguns dos tipos de consequências que podem ocorrer durante uma ressaca. A fim de evitar ou mitigar esses impactos, torna-se necessário estudar este evento, buscando compreender como esse fenômeno pode impactar o litoral. Desta forma, este trabalho tem o objetivo de analisar as condições de mar, os impactos e as reações da sociedade a um forte evento de ressaca do mar que atingiu o estado do Rio de Janeiro em maio de 2001.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende parte do litoral sul e da zona de inflexão do litoral do estado do Rio de Janeiro, no trecho que vai da Barra da Tijuca até as proximidades do município de Rio das Ostras (Figura 1).

As informações sobre o evento foram identificadas no Portal Acervo O Globo, que reúne um histórico de publicações das edições deste jornal. O evento foi noticiado nos dias 7 e 8 de maio do ano de 2001 e as principais informações verificadas foram os impactos e a reação da sociedade ao evento. Para compreender as condições de mar, foram analisados os dados de maior valor de altura significativa de ondas e marés astronômica e meteorológica que integram o Sistema de Modelagem Costeira do Brasil. É importante lembrar que o evento foi noticiado depois de sua ocorrência, por isso foram analisados os dados de ondas e marés do dia anterior à notícia que, neste caso, foi do dia 7 de maio, uma vez que esta data teve o registro do maior valor de altura significativa de ondas. Dados do Índice de Oscilação do Sul (IOS) foram utilizados para identificar a ocorrência dos fenômenos El Niño / La Niña e suas possíveis influências sobre o evento de ressaca. Os dados analisados do IOS têm um período de defasagem de quatro meses em relação à data da ocorrência dos eventos de ressaca registrados, conforme metodologia adotada por Pereira & Klumb (2015) para analisar a influência do El Niño - Oscilação Sul sobre o clima de ondas na porção central da zona costeira litoral do Rio de Janeiro. A saída dos dados de ondas está localizada nas coordenadas 24º S; 41,5º W, enquanto as saídas dos dados de maré astronômica e meteorológica estão nas coordenadas 23º S; 42 W e 23º S; 45º W.

RESULTADOS

Os resultados indicaram o maior valor de altura significativa de ondas de 5,8 m, um valor considerado atípico para o litoral do estado do Rio de Janeiro, pois segundo Lima *et al.*

(2021), em estudo sobre a caracterização de eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro, há uma maior frequência de eventos de ressaca de ondas com o maior valor de altura significativa entre 2,5 m a 4,0 m. Predominaram ondas de direção SO e período de pico de 12 s, sendo estas condições bem características durante este tipo de evento (LIMA *et al.* 2021). A ressaca ocorreu em condição de maré de sizígia, sendo um fator que contribuiu para um maior alcance das ondas sobre as zonas costeiras. O efeito conjunto dos valores de maré astronômica de 0,5 m e meteorológica de 0,6 m foi de 1,1 m; somando esse valor com o maior valor de altura significativa de ondas, o nível do mar elevou a uma altura de quase 6,9 m, tratando-se de um evento extremo. O valor do IOS foi 1, indicando um período de La Niña antes da ocorrência do evento de ressaca, o que levanta a

hipótese da influência da La Niña durante este evento de ressaca, principalmente no que diz respeito ao valor de altura significativa de ondas que ficou bem acima do que é de costume para o litoral do estado do Rio de Janeiro em eventos de ressaca. Tal resultado é compatível com resultados apresentados por Pereira & Klumb-Oliveira (2015) que verificaram que a altura significativa de ondas era maior durante o fenômeno La Niña do que em épocas de El Niño. Carvalho *et al.* (2019), também identificaram eventos de tempestades com mais energia em períodos de La Niña.

Os efeitos da ressaca foram sentidos, principalmente, no litoral sul do estado, com grande concentração de ocorrências nas localidades da Baía de Guanabara e poucas ocorrências no restante do litoral (Figura 1).

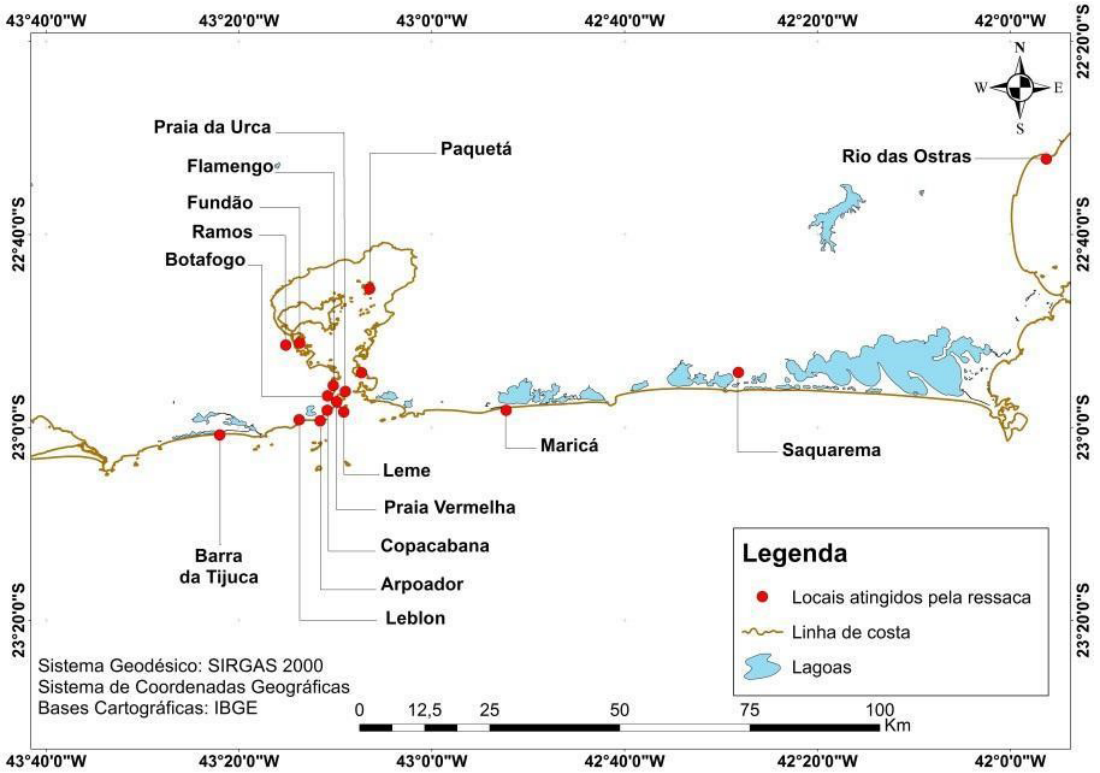


Figura 1. Localização da área de estudo com registro de ocorrências registrado no Jornal O Globo. Fonte: Acervo O Globo.

Os principais impactos relatados foram as inundações sobre a faixa de areia e avenidas, como no Leblon, onde as águas invadiram a Av. Delfim Moreira, levando areia para pista e causando transtornos, pois o trânsito foi interditado para limpeza da pista (Figura2)

Além dos danos, a ressaca represou canais e lagoas por força das ondas, causando o transbordamento destes e inundando casas na Barra da Tijuca e Ilha do Fundão (Figura

2). Foram registrados também destruição de quiosques em Rio das Ostras, casas em Maricá e muros de casas em Saquarema (RESSACA..., 2001).

Figura 2. Inundações na Av. Delfim Moreira, no Leblon, Barra da Tijuca e Ilha do Fundão. Fonte: Acervo O Globo.

As principais reações registradas foram do poder público que, frente às consequências do evento, adotou ações relacionadas à limpeza da pista, salvamento de pescadores que ficaram presos nas Ilhas Cagarras e a interdição da Defesa Civil em vários pontos da orla, indicando o perigo do evento.

Alguns pesquisadores, como Davi Zee, alertaram quanto à retirada de vegetação que havia nas praias e a não reposição, pela Comlurb, das areias lançadas pelo mar como fatores capazes de acentuar os impactos das ressacas na linha de costa; já para Paulo Rosman, a falta de areia também pode ser um problema no caso de haver uma sequência de ressacas, embora não considere grave o que ocorreu (ONDAS..., 2001).

CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiu compreender a magnitude deste evento, haja vista as condições de mar e a repercussão que trouxe em função dos impactos ocorridos em várias localidades no litoral sul do estado, principalmente na Baía de Guanabara, local com a maior concentração de ocorrências de danos. As principais reações foram do poder público que, em resposta ao evento, realizou ações como a interdição de ruas para retirada de areia, operações de salvamentos além de interdições nas praias. Nota-se que as ações foram realizadas durante e após a ocorrência do evento, não sendo registrado nenhum tipo de ação antecedesse o evento, o que tornaria o litoral menos vulnerável às ressacas e evitando maiores danos e impactos no litoral.

REFERÊNCIAS

Carvalho, B.C., Araujo, T.A.A.; Guerra, J.V. 2019. Comparação entre dois métodos de identificação de eventos de tempestade e impactos associados nas praias oceânicas entre a Ilha Grande e o Cabo Frio (1986 a 2018). XIII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite.

Lima, R.F., Lins-de-Barros, FM. & Cirano, M. 2021. Análise das condições meteoceanográficas em eventos de ressaca do mar no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil no período de 1948 a 2008, Anuário do Instituto de Geociências, vol. 44: 41726. http://doi.org/10.11137/19823908_201_44_41726

Pereira, N.E.S. & Klumb-Oliveira, L.A. 2015, Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil), Revista de Gestão Costeira Integrada, vol. 15, no. 03, pp: 353-370. DOI: 10.5894/rgci570

RESSACA causa transtornos na Zona Sul. Acervo o Globo, 7 mai. de 2001. Disponível em: <https://acervo.oglobo.globo.com>. Acesso em: 11 fev. 2021.

ONDAS fortes causadas pelo vento. Acervo o Globo, 7 mai. de 2001. Disponível em: <https://acervo.oglobo.globo.com>. Acesso em: 11 fev. 2021.

ANÁLISE DE PERCEPÇÃO POPULACIONAL DA PRAIA DA ENSEADA (GUARUJÁ – SP) SOBRE EVENTOS EXTREMOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Felipe Rosa do Nascimento[1], Celia Regina de Gouveia Souza

[1] *Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH – USP), Brasil.*
Email: feliperosadn@gmail.com

Palavras chave: Gestão costeira, mudanças climáticas, vulnerabilidade.

INTRODUÇÃO

A linha de costa oceânica é especialmente vulnerável aos efeitos das mudanças do clima, entre eles a elevação do nível relativo do mar e o aumento da frequência, magnitude e intensidade de eventos meteorológicos-oceanográficos intensos e extremos (e.g. Marengo *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2019a). De acordo com Souza *et al.* (2019b) e Souza (2021), o número, a frequência e a magnitude de eventos meteo-oceanográficos intensos, classificados como ressacas do mar e marés altas anômalas aumentaram muito neste século. Contabilizando registros desde 1928, somente entre 2000-2016, o número total de eventos dobrou, o número de ressacas triplicou, e a média de eventos por ano deu um salto de 1,3 (século passado) para 8,6; 66% dos eventos extremos (combinam ressacas e marés altas anômalas) ocorreram nesse período; a média de dias de duração dos eventos aumentou de 1,8 dia (século passado), para 2 dias. As projeções de eventos extremos e de elevação do nível médio do mar na região da Baixada Santista, segundo Marengo *et al.* (2017) e Harari *et al.* (2019), indicam eventos de sobrelevação da ordem de até 1,83 m para 2050 e 2,11 m para 2100. A população que reside, trabalha e visita as regiões costeiras é diretamente afetada pelas consequências de tais efeitos, e sua percepção mediante às mudanças climáticas e sua relação com a morfologia praial fornece subsídios importantes para a construção de técnicas de minimização e mitigação de problemas socioambientais, além de auxiliar em programas de educação e comunicação garantindo a participação dos atores envolvidos no processo de gestão ambiental (Almeida *et al.*, 2017). O objetivo do presente trabalho é apresentar alguns resultados sobre a percepção ambiental da população em relação à importância do sistema praia-duna e aos efeitos das mudanças climáticas na Praia da Enseada (Guarujá – SP).

METODOLOGIA

A ferramenta utilizada para a realização deste trabalho foi a aplicação de um questionário de percepção. Os questionários de percepção tentam compreender como se dá a relação do homem com o meio em que vive a partir de depoimentos e respostas espontâneas e que levam os entrevistados a refletir sobre o meio ambiente, as dinâmicas físicas e suas possíveis consequências, auxiliando na sua interpretação pessoal dos acontecimentos ao seu redor (Sartori, 2000 apud Moura, 2011). A área de estudo é monitorada desde fevereiro de 2018, por meio de 10 perfis praiais (Figura 1), alocados em função das características morfodinâmicas da praia e também do tipo de uso e ocupação da orla (Souza *et al.*, 2019b). A aplicação dos questionários tomou como base essa setorização sendo entrevistados os usuários posicionados numa faixa de aproximadamente 100 m de distância para cada lado do perfil de monitoramento. As entrevistas foram realizadas no último final de semana de janeiro de 2020, época de mais alta frequência de usuários nessa praia. O questionário foi estruturado em 3 seções: seção 1 - “Identificação e caracterização sociodemográfica”; seção 2 - “Percepção ambiental”; e seção 3 - “Percepção sobre mudanças climáticas

e ambientais". As perguntas foram focadas na percepção dos usuários em relação às características ambientais do sistema praia-duna, à ocorrência de riscos costeiros e como ambos podem ser afetados pelas mudanças climáticas e os eventos extremos.

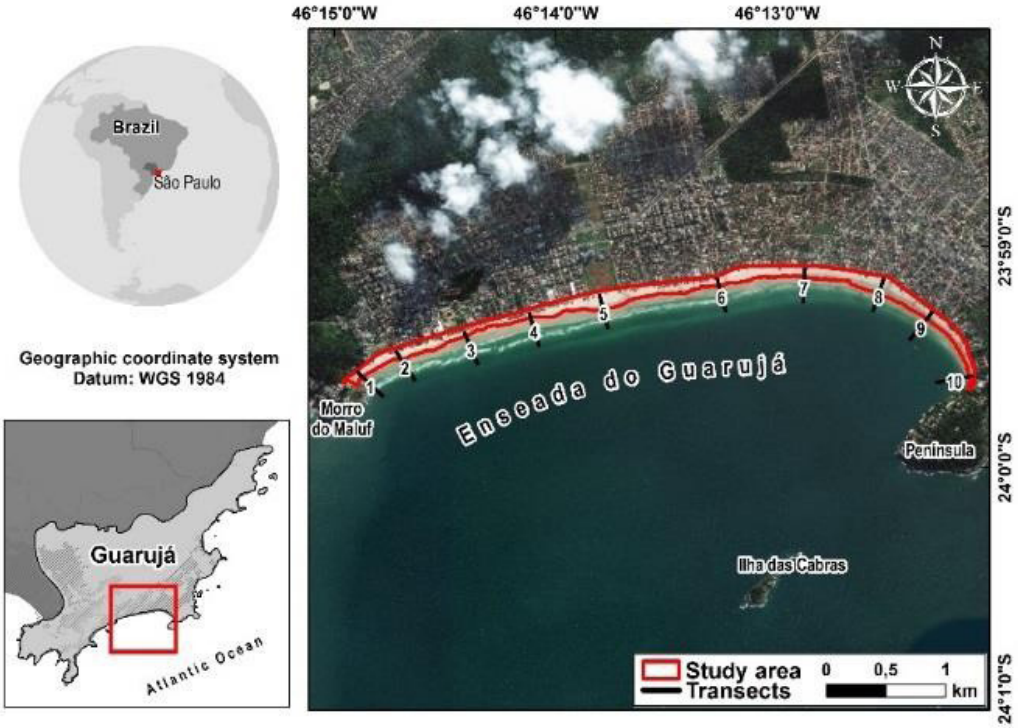


Figura 1. Perfis de monitoramento na praia da Enseada. Fonte: Souza *et al.* (2019b).

RESULTADOS

Foram aplicados 109 questionários. Em relação à seção 1 merece destaque a procedência dos mesmos: 65,1% eram turistas provenientes de outros municípios paulistas ou de outro Estado, sendo o restante dividido igualmente entre residentes e moradores de segunda residência, em sua maioria das proximidades da Praia da Enseada. Na seção 2, o questionário focou nos conhecimentos sobre as dunas e sua importância para a praia: 89% dos entrevistados sabem o que são dunas e acreditam que elas devem ser preservadas, sendo importantes a preservação da vegetação natural e o cercamento das dunas. Ao serem questionados sobre os motivos pelos quais se deve a preservação, em sua maioria, os usuários afirmaram que era apenas por fazer parte da natureza; e poucos entrevistados sabiam da função de proteção que as dunas exercem em relação aos avanços das marés altas e das ressacas do mar. A metade (50,5%) dos entrevistados acham o conteúdo das placas de informação insuficiente e, também, que as placas deveriam informar sobre o que são áreas de preservação permanente e o por qual motivo deve ser preservadas. Contudo, é importante ressaltar que a questão do conteúdo das placas se mostrou mais presente dentre os entrevistados que avançavam nas discussões com o entrevistador sobre a preservação das dunas. Por fim, todos os entrevistados já tinham ouvido falar sobre as mudanças climáticas e 91,7% afirmaram se preocupar com os impactos oriundos destas, já que a maioria dos impactos listados foram classificados como de alto grau de ameaça. Para a mitigação ou adaptação dos possíveis impactos oriundos das mudanças climáticas, os usuários citaram ações tais como: projetos de conscientização, preservação e educação ambiental à população e aos trabalhadores locais, e fiscalização por parte do poder público.

CONCLUSÕES

Os questionários de percepção são uma importante ferramenta para se obter um panorama sobre o perfil dos usuários de uma praia e suas relações pessoais e anímicas com o meio ambiente que o cerca, bem como para despertar a curiosidade e a sensibilidade dos indivíduos para aspectos sobre a conexão entre os ecossistemas naturais e a importância de sua conservação e preservação. Os usuários da praia demonstraram possuir conhecimento básico e curiosidade a respeito dos temas abordados, e se sentiram estimulados em procurar e obter mais conhecimentos sobre mudanças climáticas e seus principais efeitos na morfodinâmica praial e nas dunas, assim como no projeto científico que fomentou os estudos e as entrevistas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo suporte financeiro do Projeto “Resposta Morfodinâmica de Praias do Sudeste Brasileiro aos Efeitos da Elevação do Nível do Mar e Eventos Meteorológico-Oceanográficos Extremos até 2100” (proc. nº88887.147715/2017-00) e pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.; SCATENA, L.M.; DA LUZ, M.S. *Percepção ambiental e políticas públicas - Dicotomia e desafios no desenvolvimento da cultura de sustentabilidade*. Ambiente & Sociedade, São Paulo v. XX, n. 1, p. 43-64. 2017.

HARARI, J.; CAMARGO, R.; SOUZA, C.R.G; NUNES, L.H. *Projection and Uncertainties of Sea Level Trends in Baixada Santista*. In: Nunes LH, Greco R, Marengo JA (eds). Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options, p. 75-95, 2019. ISBN 9783319965352 (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96535-2_5)

MARENGO, J.A.; SCARANO, F.R.; KLEIN, A.F.; SOUZA, C.R.G.; CHOU, S.C. *Impacto, Vulnerabilidade e Adaptação das Cidades Costeiras Brasileiras às Mudanças Climáticas. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*. In: Marengo, J.A. & Scarano, F.R. (eds.). PBMC, COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285- 0345-6. 2017.

MOURA, E.F. *Percepção de risco em áreas de população vulnerável a desastres naturais do município do Guarujá-SP*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. Dissertação. 2011.

SOUZA, C.R.G. *Perigos costeiros e mudanças climáticas:passado-presente-futuro*. Ciência Hoje, Coluna Cultura Oceânica, 15/08/2021. 2021. (https://cienciahoje.org.br/artigo/perigos- costeiros-e-mudancas-climaticas-passado-presente-futuro/).

SOUZA, C.R.G.; SOUZA, A.P.; HARARI, J. *Long Term Analysis of Meteorological- Oceanographic Extreme Events for the Baixada Santista Region*. In: Nunes, L.H., Greco, R. e Marengo, J.A. (orgs.) Climate Change in Santos, Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options. Chapter 6, p. 97-134. Springer. 2019a.

SOUZA, C. R.G.; FERREIRA, A.T.S.; YANG, S.H.; HARARI, J.; CORTEZ, T.; RIBEIRO, R.B. *Taxas históricas de erosão ao longo da Praia da Enseada (Guarujá-SP) e sua correlação com modelos hidrodinâmicos*. XIII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite. 2019b.

ANÁLISE DO PROCESSO DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS POR DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA BAÍA DE ILHA GRANDE, RJ

Mônica Dias Corrêa da Silva*, Marcos Bastos Pereira, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Marcela Zicarri Amaral, Pedro Sant'Anna Cortez, Elmo Rodrigues da Silva

[1] Doutoranda, em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ - Faculdade de Oceanografia, Brasil. monicadias42@gmail.com

Palavras chave: Poluição marinha, Impactos ambientais, Gestão de impactos

INTRODUÇÃO

Na Baía de Ilha Grande, onde situa-se o Terminal Aquaviário de Angra dos Reis, ocorreu em março de 2015, um acidente com grande quantidade de óleo derramado no mar. Este acidente aconteceu durante operação de transferência de petróleo entre os navios 'Navion Gotemburg' e 'Nave Buena Sorte' no píer de atracação do terminal mais de 25 mil litros de óleo foram derramados nas Baías de Ilha Grande e de Sepetiba, segundo dados do Ministério público do Estado do Rio de Janeiro (2019). Vistorias realizadas pelos órgãos ambientais demonstraram que o óleo se estendeu por uma área de 459 quilômetros. Vazamentos de óleo no mar causam enormes impactos sobre os ambientes costeiros e sobre a vida marinha. A exposição ao óleo pode resultar, em alterações em toda comunidade biológica como, na redução e desaparecimento de espécies, redução da tolerância às condições do ambiente e causar efeitos sub-letais que influenciam no comportamento, crescimento e sucesso reprodutivo de organismos marinhos (Millanelli, 1994; Corrêa-Silva, 2003). Devido à grande extensão de área costeira e insular apresentando óleo aderido a superfície rochosa e sedimentar, a característica de óleo pesado do produto em questão, da persistência, já verificada, deste tipo de óleo na superfície rochosa e aos impactos consequentes a biodiversidade da Baía de Ilha Grande, o presente artigo vem retratar as ações de mitigação de impactos realizadas como medida de ação efetiva e compensação dos danos ambientais causados pelo derrame de óleo na Baía de Ilha Grande em março de 2015.

METODOLOGIA

As vistorias para avaliação de ambientes com presença de óleo aderido ou na água, foram realizadas durante 15 dias, em dois períodos manhã e tarde, com embarcações de movimentação rápida e por sobrevoos de helicóptero. Nessas vistorias foram apontadas localizações de manchas de óleo próximas a locais com maior sensibilidade ambiental, com necessidades urgentes de ações para proteção. Também foram levantados pontos já com óleo aderido, tanto em praias arenosas, quanto em superfícies rochosas. Nas vistorias também foi verificada a presença ou não de animais contaminados pelo produto, tanto na linha d'água, quanto nos substratos avaliados. A grande extensão de área costeira e insular apresentando óleo aderido à superfície rochosa e sedimentar, a característica do óleo derramado, óleo pesado, altamente viscoso e denso, da persistência, aos impactos consequentes a biodiversidade da Baía de Ilha Grande, levaram a proposição de propostas, junto a empresa e ao órgão ambiental, ações para mitigação do impacto gerado. Nos

ambientes de substrato inconsolidado, praias arenosas atingidas e impactadas pelo óleo foram realizadas limpezas manuais do sedimento, com utilização de pás, ancinhos e sacos para recolhimento do sedimento e resíduos contaminados. Esta ação foi realizada por funcionários terceirizados da empresa. Já nos ambientes de substrato consolidado, costões rochosos, foi realizada a limpeza por lavagem do substrato. A lavagem dos substratos consolidados foi realizada com máquinas wap, com baixa pressão, temperatura ambiente com água do mar, com auxílio de embarcações. Em todo processo de lavagem a área afetada foi cercada por barreiras de contenção e barreiras absorventes, para conter o produto resultante, que foi recolhido por equipamentos de sucção e acondicionados em big bags próprias para recolhimento de óleo e armazenados para correta destinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vistorias de acompanhamento de impacto foram realizadas em 84 km de costa com levantamento de 18 pontos com óleo aderido ao substrato rochoso. A Ilha Guaíba, localizada nas coordenadas 23°0'13.88" S e 44°2'21.35" foi o local com maior área de substratos rochosos contaminados pelo óleo. Nessa Ilha foram registrados 8 pontos de costão rochoso com óleo aderido ao substrato. Durante as vistorias não foram encontrados vertebrados, (aves, mamíferos ou répteis) mortos na linha d'água contaminados ou com resquícios de óleo aderido. A Ilha Guaíba, apresentou a maior extensão de costa rochosa com óleo aderido ao substrato. Dentre os tipos substratos, a maior concentração de óleo aderido foi observada em costões rochosos do tipo blocos soltos rolados e posicionados uns sobre os outros, com grandes reentrâncias que possibilitaram o confinamento do óleo.

A faixa superior dos costões rochosos impactados apresentou a maior concentração de óleo aderido, levando a uma alta taxa de mortalidade de cirripédios do gênero Chathamalus spp., organismos que ocorrem nessa porção dos substratos rochosos em alguns locais onde a aderência do produto se deu sobre estas populações (fig.1).

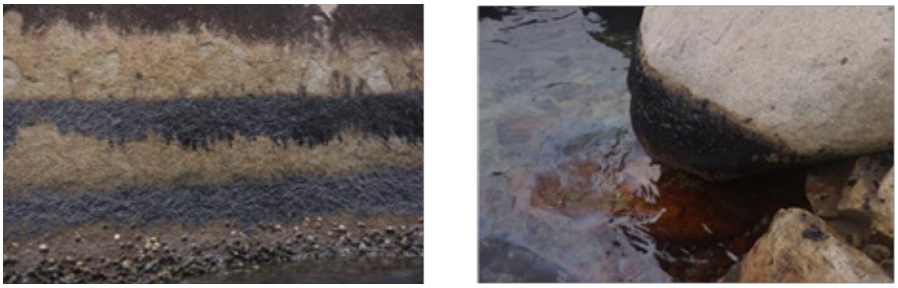


Figura 1 – Substrato rochoso com duas faixas de óleo aderido.

Uma situação combinada de marés altas de sizígia, somados a ventos fortes nos momentos de toque do óleo nos substratos, levaram a ocorrência, em diversos pontos, mas principalmente na Ilha Guaíba, de duas faixas de aderência de óleo nos costões rochosos, levando a um maior comprometimento da disponibilidade de substrato livre para futura recuperação e repovoamento. Segundo Corrêa-Silva, 2003, neste tipo de impacto por óleo pesado, os cirripédios são os primeiros a serem afetados. O recobrimento do óleo pesado sobre os cirripédios (cracas) causa morte imediata por asfixia, morte tardia por intoxicação ou por alteração na capacidade de alimentação do organismo.

As ações de lavagem de substrato foram realizadas por 90 dias ininterruptos, com equipes trabalhando na limpeza fins de semana e feriados. As máquinas wap, precisaram ser substituídas a cada quinzena, devido a pane elétrica causada pelo grande tempo de uso diário, somados ao uso com água do mar, que possivelmente causou grande corrosão interna nas máquinas. As lavagens a baixa pressão, com temperatura ambiente e água do mar, se mostraram eficazes na remoção do óleo aderido ao substrato rochoso. Após a intensa lavagem

o substrato se mostrou livre do óleo aderido (fig. 2). Ao fim dos 90 dias de ação mitigadora, cerca de 90% dos costões rochosos impactados pelo óleo se encontravam sem produto aderido. Os resíduos gerados foram recolhidos por equipamentos de sucção, acondicionados em embalagens próprias para transporte deste tipo de resíduos e destinados na empresa, para separação água/óleo dentro dos padrões legais vigentes.

Figura 2 – Eficácia do método de limpeza dos substratos rochosos.

Existem diversos métodos de limpeza para remediar a contaminação de costões rochosos atingidos por petróleo. Muitas das técnicas, entretanto, promovem um dano adicional à comunidade submetida ao processo de limpeza. É de extrema importância uma precisa avaliação da situação real em uma emergência, para determinar se existe ou não a necessidade e possibilidade de limpeza do ambiente contaminado de forma a não resultar em danos maiores as comunidades biológicas (CETESB, 2006). No vazamento de óleo retratado no presente estudo, a limpeza dos ambientes se fez justificada, sendo autorizada pelo órgão ambiental (INEA), devido à grande extensão de costões impactados, a alta taxa de aderência do óleo pesado ao substrato, o posicionamento das manchas de óleo nos costões na porção acima da ocorrência da maioria dos organismos, com total adequação do método de jateamento para remoção do poluente causando o menor dano a comunidades biológica, seguindo orientações de eficiência de método da CETESB que afirma que o procedimento de limpeza é considerado eficiente quando possibilita a remoção do contaminante com mínimos impactos adicionais e quando favorece a recuperação do ambiente no menor tempo possível (Cantagallo, 2007).

CONCLUSÃO

A limpeza com jateamento em baixa pressão com água do mar em temperatura ambiente obteve excelentes resultados nesse evento devido ao início imediato das ações, contenção e retirada do produto desprendido imediatamente e trabalho conjunto com participação do órgão ambiental.

REFERENCIAS

CANTAGALLO, C. MILANELLI, J.C.C & DIAS-BRITO, D,. 2007. Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 2 (1): 1-12. 2007.

CETESB. Ambientes costeiros contaminados por óleo. Procedimentos de Limpeza. Manual de Orientação. 120p., Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), São Paulo, SP, Brasil. 2006.

CORRÊA-SILVA, M.D. *Impacto por óleo (árabe leve) em repovoamento de costões rochosos*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, Programa de Pós-graduação em Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense. 95p. 2003.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. MPRJ e MPF ajuízam ação para responsabilizar Transpetro, Petrobras e Inea por derramamento de óleo em Angra dos Reis.2019.

MILANELLI, J.C.C. *Efeitos do Petróleo e da Limpeza por Jateamento em um Costão Rochoso da Praia de Barequeçaba, São Sebastião*, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. Vol 1 103p e anexo. 1994.

ANÁLISE MORFODINÂMICA DO LITORAL NORTE DO DELTA PARAÍBA DO SUL

Marcelo de Queiroz Jorge*, Sergio Cadena de Vasconcelos

*Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Brasil, marcelo.jorge@cprm.gov.br

Palavras chave: morfoninâmica, monitoramento da costa, barreira arenosa.

INTRODUÇÃO

O litoral norte fluminense do RJ compreende um grande domínio geomorfológico costeiro do estado, formado por depósitos quaternários a partir de sucessivas variações do nível do mar somados a contribuição de processos fluviais e marinhos, permitindo o desenvolvimento de um complexo deltaico em uma extensa região. A partir dos anos 2000, uma série de trabalhos têm se dedicado a compreender aspectos evolutivos detalhados destas regiões, em especial as planícies costeiras localizadas ao sul e ao norte da atual foz (BHATTACHARYA & GIOSAN, 2003; MURILLO, 2008; VASCONCELOS, 2015). Pesquisas recentes detalharam o mecanismo morfodinâmico responsável pela formação e evolução das barreiras costeiras presentes na planície norte do delta, onde bancos arenosos formam pontais e se posicionam no continente em um sistema denominado “barreira-laguna”, assim como reuniram uma série de evidências associadas aos antigos ambientes que sugerem que o processo atualmente em curso no litoral, teria sido responsável pela formação de boa parte da planície costeira holocênica, localizada ao norte da desembocadura fluvial (Vasconcelos, 2016). Neste contexto, os dados aqui apresentados são parte de uma pesquisa que visou caracterizar o atual ambiente de sedimentação da planície norte do delta Paraíba do Sul, estudando seu comportamento evolutivo e podendo avaliar indicações anteriores, de que toda a planície holocênica teria sido formada através do atual mecanismo dinâmico do litoral. Como uma das etapas desta pesquisa, os dados aqui apresentados se caracterizam como uma avaliação da atual morfodinâmica do litoral, detalhando as influencias dos processos deposicionais, como correntes e ondas, sobre as feições costeiras existentes na região, durante determinados períodos de tempo, uma análise em dois anos e outra de treze anos.

METODOLOGIA

Para realização da pesquisa foram necessárias diversas etapas de campo. Os dados gerados neste trabalho foram coletados ao final de cada uma destas etapas, totalizando cinco aquisições. Devido à intensa dificuldade operacional enfrentada nesses períodos de campo, seja pela condição climática, distância dos deslocamentos, necessidade de embarcações e acessibilidade nas coletas, diferentes técnicas foram utilizadas, possibilitando ainda um comparação e avaliação de suas potencialidades e limitações. Essas técnicas serão descritas a seguir:

- Caminhamentos com uso de DGPS, sobre os contornos das feições costeiras presentes no litoral, como cordões arenosos e ilhas. Esses caminhamentos foram realizados durante os dois anos de pesquisa (2019 a 2021), distribuídos nestas cinco etapas, seguindo sempre a linha de interface entre zona seca e húmida, como o espraiamento máximo das ondas. Para o deslocamento entre feições costeiras que não se conectavam, era necessário o embarque utilizando uma voadeira;

- Fotointerpretação de imagens Landsat 5 (de 2008) e Sentinel 2 (de 2021) com resolução de 5 metros, traçando linhas no mesmo contato obtido através dos caminhamentos

com DGPS. Foram carregadas imagens correspondentes a mesma data de alguns caminhamentos, a fim de comparar as linhas traçadas, e imagens de datas diferentes. A região de pesquisa é classificada como micromarés, com variações abaixo de 1 metro entre a máxima e a mínima registrada, portanto, para análise de imagens com 5 metros de resolução, as marés não foram consideradas na interpretação (Silva, 1987);

- Fotointerpretação e geoprocessamento de imagens de 2008 e 2021, para análise e confecção de mapa de mobilização de sedimentos, verificando qual região do litoral houve ganhos e perda de terreno. Também foi possível calcular uma estimativa da taxa de progradação do litoral durante esse período e realizar uma comparação com um mapa realizado na mesma região para o período de 1954 a 2008 por Vasconcelos (2010), possibilitando verificar possíveis alterações nesta dinâmica.

RESULTADOS

A partir da metodologia descrita, foram geradas seis imagens com o contorno do litoral, correspondente a cada época. As imagens foram comparadas e realizada algumas interpretações:

Foi identificado o crescimento de um novo pontal, concordando com a direção da corrente de deriva local (de sul para norte, a partir da foz), com o rompimento de suas extremidades para formar pequenas ilhas barreiras; a retrogradarão da barreira externa, devido ação das ondas ligadas ao “overwashing”; bem como o registro da abertura e fechamento de um rompimento na parte central da barreira externa, impulsionado por ação de ondas de tempestades (SOUZA *et al*., 2015 e VASCONCELOS *et al*., 2016).

Pela leve inclinação na extremidade da barreira externa, também é possível detectar momentos em que a corrente fluvial ou ação das ondas eram predominantes sobre a sedimentação, mostrando a alternância da dinâmica local e ainda a construção de um corpo arenoso no interior da laguna.

Esses processos correspondem a um detalhamento da dinâmica sob ação das ondas e formação das barreiras costeiras na região, observada nos dois anos de pesquisa, a qual já havia sido mencionada em menores detalhes por diversos autores, como Dias *et al*. (1984), Vasconcelos (2010).

A Figura 1 apresenta um dos mapas gerados, mostrado aqui como exemplo das seis figuras analisadas.

Em uma etapa posterior ás investigações da morfodinâmica do litoral norte, através da geração do mapa de mobilização de sedimentos e sua comparação com o mapa realizado por Vasconcelos (2010), foi constatado que, após os 54 anos anteriores, entre 2008 e 2021 houve certa estabilidade na região da foz do rio Paraíba do Sul, ao contrário do que o mapa anterior mostrou (grande sedimentação na mesma região). No entanto, a análise conjugada desses dois produtos sugerem que o rio Paraíba do Sul sofreu certa diminuição de sua influência sedimentar na principal saía para o mar, em Atafona, e aumentou sua descarga sedimentar em seu braço secundário, em Gargaú, chegando a se fechar por completo a foz em Atafona em 2019, como mostrou uma das imagens ilustrada nesta pesquisa e sugeriu Moreira (1998). A taxa de progradação da planície no litoral norte foi de cerca de 4 metros por ano em ambos os mapas gerados.

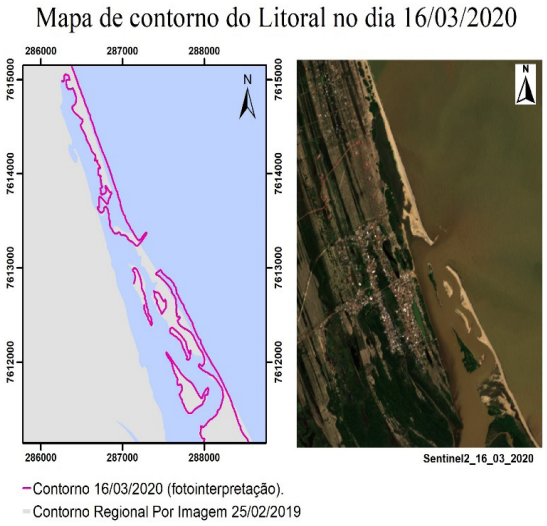


Figura 1: Mapa de contorno do litoral gerado por GPS Geodésico e Fotointerpretação

CONCLUSÕES

O presente trabalho detalhou a dinâmica existente na região litoral da planície norte deltaica e da foz do rio Paraíba do Sul, possibilitando identificar e detalhar tais processos para a região, onde pesquisas anteriores já propunham tal dinâmica. Além de, através de geoprocessamento e cálculos de progradação, sugerir que ao longo dos anos o rio Paraíba do Sul vem sofrendo alteração em sua dinâmica sedimentar, diminuindo sua influência na principal saída para o mar, em Atafona.

REFERÊNCIAS

DIAS, G. T. M.; SILVA, C. G.; MALSCHITZKY, I. H. e PIRMEZ, C. A planície deltaica do rio Paraíba do Sul – sequencias sedimentares subsuperficiais. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, RJ. 1984.

Fala Gargaú, Rio de Janeiro, 19 de março de 2019. Facebook: GargaúFala. Disponível em: https://www.facebook.com/Fala-Garga%C3%BA-786381578405324/photos/a.786381621738653/786391405071008. Acessado em 20/08/2020.

MOREIRA, P. S. C. Estudo do processo de progradação da planície costeira ao norte da foz do rio Paraíba do Sul, RJ. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha (LAGEMAR), Universidade Federal Fluminense, 81p. 1998

Murillo, V. C. (2008). Distribuição Sedimentar na Plataforma Continental Interna e suas Implicações para o Desenvolvimento das Cristas de Praia na Desembocadura do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha (LAGEMAR), Universidade Federal Fluminense, 97p. 2008

SILVA, C. G. Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (Roteiro de Excursão Geológica). In: I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, 1987, Rio de Janeiro. Anais do I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo RJ/ES, p. 299-346. 1987.

SOUZA, T. A.; BULHÕES, E.; AMORIM, I. B. S. Ondas de tempestade na costa Norte Fluminense. Quaternary and Environmental Geosciences (2015) 06(2):10-17.

VASCONCELOS, S. C.; ROCHA, T. B.; PEREIRA, T. G.; ALVES, R. A.; FERNANDEZ, G. B. Gênese e morfodinâmica das barreiras arenosas no flanco norte do delta do rio Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira Geomorfologia, v.17, n.3, p. 481-498, 2016

VASCONCELOS, S. C. Evolução Morfológica das Barreiras Arenosas ao Norte da Desembocadura do Rio Paraíba do Sul, RJ. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da UFF. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ZONEAMENTO DE MARÉ COM USO DE ADCPS E VALIDAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA BAÍA DE GUANABARA

Gregório L. G. Teixeira*, Teodósio N.M. Nzualo

*Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino, Diretoria de Hidrografia e Navegação / Departamento deEngenharia Costeira e Ocenaográfica, Universidade Federal do Rio de Janeiro Brasil, gregorio.luiz@marinha.mil.br/gregorioteixeira@oceânica.ufrj.br

Palavras chave: Zoneamento de maré, Baía de Guanabara, Validação de dados

INSTRUÇÕESGERAIS

Uma das consequências das interações não lineares da maré em regiões costeiras é variação espacial do datum de sondagem, conhecido também como Nível de Redução (NR) (FRANCO,2009). A não consideração desses efeitos físicos resultam em erros significativos na confecção das Cartas Náuticas colocando em risco a segurança da navegação. O método presente na literatura para e resolver este problema é denominado Zoneamento da Maré (ZM). Este consiste em uma técnica de interpolação/extrapolação de características da maré de uma determinada área, usando a defasagem da onda de maré e razões de escala para áreas discretas delineadas a partir de uma análise de linhas cotidais. Embora existam diversas formas de proceder o ZM, existem aquelas que demandam uma grande distribuição espacial de estações maregráfica, devido à técnica de interpolação, sendo isso um fator limitante em países com baixo investimento no adensamento da cobertura espacial com marégrafos. Assim, métodos de ZM que se baseiam em um par de estações maregráficas vem sendo desenvolvido e aplicado em diversas baías no mundo e no Brasil, como por exemplo o apresentado por SILVA *et al*. (2015) para a Baía de Sepetiba, que obteve resultados práticos acurados. Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo principal analisar a aplicabilidade um método de ZM proposto por SILVA *et al*. (2015) ao nível do mar proveniente de dois *Acoustic Doppler Current Profiles* (ADCP's) presentes na Baía de Guanabara (BG), situada no Rio de Janeiro, Brasil. Além disso, este trabalho pretende analisar a viabilidade do uso de séries de maré prevista no lugar da série observada, como preconizado pelos autores proponentes do método de ZM aqui utilizado.

METODOLOGIA

Duas fontes diferentes de aquisição de nível do mar foram utilizadas. A primeira foi um sistema de medição de nível pela variação de pressão presente em dois ADCP's denominados ADCP A e ADCP B, e a segunda foi um sistema bóia-contrapeso presentes na estação maregráfica, que foi utilizada para a validação do método. O ADCP A, estava posicionado próximo a boca da baía (22° 58.8' S e 43° 9,7' W), e o ADCP B na região mais interna à baía (22° 50,9'S e 43° 9,2' W). Os dados de nível do ADCP's foram adquiridos simultaneamente entre os dias 13/06/2013 e 04/09/2013, com uma taxa de amostragem de 20 minutos. Além disso foram adquiridos os dados da Estação da Ilha Fiscal (22° 53.8' S e 43° 10' W) localizada entre os ADCP's apresentados (Figura 2). Esta estação se encontra operacional com aquisição contínua de informação, e por isso os dados entre 01/07/2013 e 12/07/2013 foram utilizados para a validação do método. A taxa de amostragem era de 10 minutos. O ZM por pares de estações além de demandar registros de nível do mar em um período concomitante, necessita que as estações estejam submetidas aos mesmos efeitos meteoceanográficos. A análise da variação de amplitude entre as estações foi feita a partir do dobro do Z_0, que é distância entre o nível médio do

mar e o NR. O Z_0 é calculado em função do tipo de maré e a classificação foi feita a partir do critério proposto por COURTIER (1938), que será chamado aqui de CC. No âmbito da subdivisão de zonas, valor limite da diferença de amplitude entre uma zona e outra é denominado degrau, estabelecido em 10 centímetros. Quanto maior a variação da maré entre as duas estações, maior será a quantidade de zonas necessárias para que não haja uma variação abrupta do Z_0. Tanto a classificação da maré, quanto a determinação do Z_0 foram calculados com base em somas de harmônicos, dessa maneira, também foi efetuada a Análise Harmônica (AH) da maré segundo FRANCO (2009) para se obter as amplitudes e fases das componentes harmônicas (HHCC). As equações que definem a quantidade de zonas e o tamanho de cada zona está presente em SILVA *et al*. (2015). A maré corrigida para cada zona é dada por:

$$Cr(t + \Delta t_n) = \frac{(N - n)y_A(t) + ny_B(t + \Delta T)}{N} + Z_{0n} \quad (1)$$

Sendo $C_r(t + \Delta t_n)$ a altura da mare, reduzida ao plano do nível de redução, para a zona de ordem n; Δt_n a diferença de fase de cada zona; ΔT a diferença de fase entre as estações A e B (extremo da área a ser sondada). N são o número de zonas de redução de mare; N= N – 1; n é o número de ordem de cada zona de redução de maré e vai de 0*a*N; $y_A(t)$ a altura da maré reduzida ao zero da régua (ADCP A); $y_B(t + \Delta T)$ é a altura da maré reduzida ao zero da régua (ADCP B) e Z_{0n} o valor Z_0 na zona.

RESULTADOS

Os resultados apresentados estão dentro da margem de erro de 95% de confiabilidade, o que permite incluir essa análise dentro de um rigor aplicável. Foram analisados espectros de amplitude do nível do mar para ambas os ADCP's apresentam características próximas, com as maiores energias presentes na banda semidiurna, seguido da banda de longo período (abaixo da banda diurna), e pôr fim a quarterdiurna. Com base na componente semidiurna se pode notar uma amplificação da maré no estuário como descrito em PUGH(1987). As AH's dos dados do ADCP A, ADCP B e da Estação da Ilha Fiscal resultou em 23, 31 e 31 componentes respectivamente. A Figura 1, à direita, exibe a comparação entre os níveis não-astronômicos do mar gerados dos dados provenientes da estação ADCP A (Linha tracejada) e ADCP B (Linha contínua) instalados na BG.

HHCC	H $(cm$		
	ADCP A	ADCP B	Ilha Fiscal
O_1	10.26	10.87	10.99
K_1	5.32	5.80	6.28
P_1	1.82	1.93	2.10
M_2	30.19	36.08	34.07
S_2	15.34	18.54	18.80
CC (cm)	0.34	0.30	0.32
Z_0	62.93	73.22	72.24

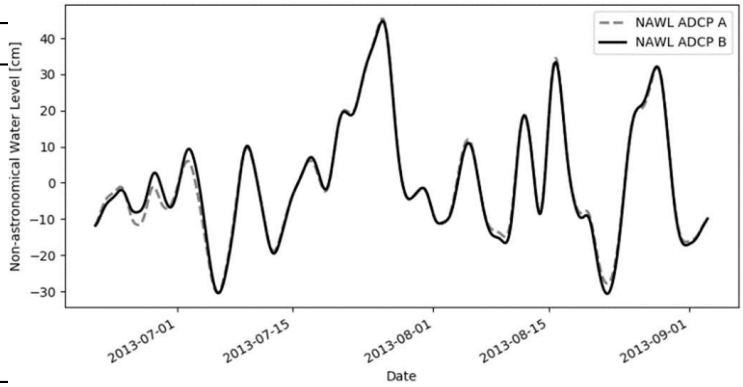


Figura 1. À esquerda, as CCHH principais e os elementos de maré. À direita, comparação entre os dois níveis não-astronômicos do ADCP A (Linha tracejada) e do ADCP B (Linha contínua).

A marés das estações foram classificadas como Semidiurnas com Desigualdade Diurnas por terem os CC entre 0,25 e 1,5. A comparação dos dados filtrados realçados na Figura 1b, mostram a similaridade das curvas, permitindo, a aplicação do método de ZM utilizando

os ADCP's A e B. O estudo na BG utilizando as marés previstas para os dados dos ADCP's permitiu calcular 4 zonas quadradas, com faces de dimensões de ~4,9 Km (Figura 2). A Eq 1 permitiu o cálculo da curva de maré nas zonas intermediárias, 2 e 3, fazendo com que houvesse a progressão da onda de maré em fase em forma, surtindo uma evolução suave destes parâmetros sem que excedesse o degrau definido. Isso ocorreu de maneira satisfatória tanto na sizígia quanto na quadratura, como será apresentado a seguir. Por fim, a validação feita com base na conformidade dados da Estação da Ilha Fiscal (Linha preta tracejada) com a zona 3 (Linha cinza contínua) apresentada na Figura 2 abaixo. Para a comparação ambos os dados foram retirados os níveis médios, e, portanto, as oscilações estarão entorno do nível do mar. Embora, diferente do preconizado em SILVA *et al*.(2015), o uso de séries temporais de nível do mar previstas são uma alternativa ao dado observado. Comparando os valores da maré observada com a correção de maré da Zona 3, por meio de uma análise estatística, o erro médio quadrático (RMSE) calculado foi de 2,94 cm e, o erro =RMSE para um nível de confiança de 95% foi de 5,76 cm, confirmando assim, a validade do método em questão.

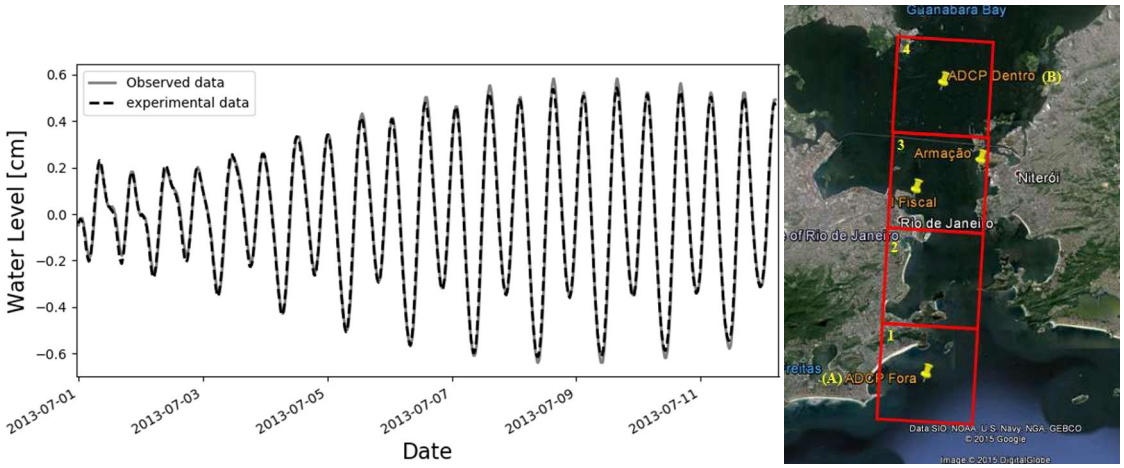


Figura 2. À esquerda, comparação entre os dados calculados pelo método de ZM (linha tracejada) e o observado da EIF (linha contínua) relativo à zona 3. À direita, representação da divisão espacial das quatro zonas desde o ADCP A ao ADCP B.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo aplicar e analisar o método do ZM utilizando para doisADCP's na BG, obtendo valores satisfatórias para um degrau de amplitude de maré de 10 cm.Isso pode ser garantido com base na validação com 95% de confiabilidade. Isso, portanto tornaeste, um método viável de ser utilizando para estimar as curvas de correção para redução desondagensduranteos levantamentoshidrográficos.

REFERÊNCIAS

Courtier, A. (5 de 1939). Classification of Tides in Four Types. Hydrographic Review,XVI. (InternationalHydrographicBureau.).

Franco, A. S. (2009). Marés: Fundamentos, Análise e Previsão. Niterói: Diretoria deHidrografiaeNavegação.

Pugh, D. T. (1987). Tides, Surges and Mean Sea-level. Chichester: John Wiley & Sons.Silva,G. N., &etal.(2015). ZONEAMENTODE MARÉ. AnaisHidrográficos, 71.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ORLA URBANA DO RIO DE JANEIRO

David Man Wai Zee*, Carolline Xavier Silva Vieira, Rafael Dias Gomes de Carvalho

*UERJ,Brasil, davidzee@terra.com.br

Palavras chave: gestão costeira, vulnerabilidade, orla urbana.

O presente estudo apresenta metodologia comparativa das condições de estabilidade da orla do município do Rio de Janeiro frente a crescente agressividade do mar que ocorreram entre 1995 e 2020. Neste período houve a forte expansão do Rio de Janeiro em direção à zona oeste do município, a partir da praia da Barra da Tijuca até a praia da Macumba. Além da fragilização da orla causada pelas ocupações antrópicas, a maior frequência e a intensidade dos eventos extremos além da visibilidade promoveu a percepção social de insegurança.

A metodologia de avaliação da estabilidade proposta consiste de 2 etapas. A primeira realizou o levantamento de dados pretéritos dos eventos oceanográficos extremos que atingiram a orla carioca visando caracterizar a evolução da agressividade marinha. Os eventos analisados neste trabalho referem-se àqueles responsáveis por algum tipo de impacto a população e/ou a infraestrutura urbana. O levantamento foi realizado pela pesquisa de relatos da mídia em geral, dados da defesa civil e de órgãos ambientais do governo além de publicações científicas. A segunda etapa estuda a variabilidade morfológica da orla e a ocupação antrópica ao longo do período através das imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth. Tal iniciativa metodológica possibilita uma maior facilidade de acesso aos dados morfológicos da orla urbanizada no período entre 2000 e 2020 (Vieira, 2019). O litoral do Rio de Janeiro, em função das condicionantes sociais de uso e visibilidade das praias, foi subdividido em 8 unidades fisiográficas para efeito comparativo, a saber: 1. Leme/Copacabana, 2. Arpoador/Ipanema, 3. Leblon, 4. São Conrado, 5. Barra, 6. Recreio dos Bandeirantes, 7. Pontal, 8. Macumba. Para cada uma das 8 unidades foram identificados um máximo de 3 locais onde ocorreram um maior número de episódios de acidentes relatados.

A etapa 1 indicou que a frequência de eventos destrutivos ocorridos na orla varia sazonalmente, se concentrando nos meses de outono e inverno. A vulnerabilidade também é desigual ao longo do litoral devido à exposição da linha de praia que varia em função da orientação das praias (direção de ataque do mar) e do sombreamento causado pelas ilhas costeiras. As áreas mais protegidas das ondas evidenciam menores riscos de instabilidade. Os trechos com menor influência antrópica apresentam maior resiliência. A vulnerabilidade observada é resultado do efeito cumulativo da intervenção humana e da intensificação da ação dos eventos extremos. Tais fatores reduzem a resiliência da praia e consequentemente a dissipação da energia da onda.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos com o levantamento dos eventos extremos que tenham acarretado impactos (localização x nº ocorrências) na orla no período de 1990-2017 (Touceira, 2018). A avaliação desses eventos mostrou uma maior frequência de acidentes, pela ordem, nas unidades Leblon, Leme/Copacabana, São Conrado e Macumba. No trecho do Pontal e do Recreio dos Bandeirantes não houve registros. As unidades da Barra da Tijuca e Arpoador/Ipanema indicaram problemas localizados em número restrito se comparado com o grupo de praias de alta frequência de sinistros. Esses trechos não foram considerados na análise da segunda etapa que analisou apenas os 4 trechos restantes.

Tabela 1: Tabela resumo da avaliação da estabilidade da orla.

Unidades Fisiográficas		Localização		N° de ocorrências	fV	fS	fE	Ranking de instabilidade
1	Leme/ Copacabana	1.1	Rua Rodolfo Dantas (Em frente ao Copacabana	4				2°
		1.2	Palace)	29	16,7	1	16,7	
		1.3	Rua Almirante Gonçalves	7				
2	Arpoador/ Ipanema	2.1	Em frente a Avenida Rainha Elizabeth	5				5°
		2.2	Posto 7 Arpoador	3				
3	Leblon	3.1	Posto 8 Ipanema	51	19,9			4°
		3.2	Avenida Bartolomeu Mitre					
4	São Conrado	4.1	Posto 12 (Rua Aristides	1				3°
		4.2	Espínola)	9	15,4	0,6	25,6	
		4.3	Início da Avenida Niemeyer	7				
5	Barrada Tijuca	5.1	Posto 13	3				6°
6	Recreio dos Bandeirantes	6.1	Rua Herbert Moses	0				8°
7	Pontal	7.1	Posto 8	0				7°
8	Macumba	8.1	*Rua BW Projetada*	11	7,95			1°
		8.2	*Quiosque do Baiano*	5				

Em prosseguimento foi realizada a determinação do fator de vulnerabilidade (fV). Através do Google Earth foi calculada a média das áreas do triângulo correspondentes ao perfil transversal da praia onde acorreu o maior número de acidentes. O valor da seção transversal corresponde ao (fV) e se refere ao volume de sedimentos disponíveis para amortecer a força do mar. Na análise ficou constatada a considerável diferença entre a praia da Macumba em relação às outras unidades avaliadas. A praia da Macumba apresenta a menor condição de estabilidade e, portanto, oferece menor segurança ou proteção para a infraestrutura urbana existente na sua retaguarda. Neste sentido foi considerada a praia maior risco (Rank1). Pelo fator de vulnerabilidade percebe-se que a praia do Leblon possui menor vulnerabilidade porque possui maior área média de seção transversal (19,9) das 4 analisadas (Rank4). As unidades de São Conrado e Leme/Copacabana apresentam (fV) muito próximos e neste caso o elemento de desempate será o fator sensibilidade (fS). Para definir qual delas apresenta maior exposição aos eventos extremos na época foi preciso calcular o fator (fS) da imagem considerada. A direção predominante de ataque do mar pode ser estimada pelo registro de vento na época da imagem. O valor do seno do ângulo formado entre a direção de ataque do mar e a direção da linha de praia no ponto de maior vulnerabilidade corresponde ao (fS). Considera-se o fator de estabilidade (fE) ao quociente da divisão entre o (fV) e o (fS). Quanto maior for o valor tanto maior será a estabilidade comparativa entre as unidades consideradas. Copacabana (16,7) se encontra em situação de menor estabilidade se comparado com São Conrado (25,6). Torna-se necessário repensar a gestão costeira para a redução dos riscos potenciais decorrentes da agressividade marítima bem como identificar as prioridades de eventuais ações de adaptação das praias urbanas para uma nova realidade oceanográfica. A fim de mitigar os impactos sofridos recomenda-se a implantação de medidas preventivas e/ou corretivas direcionadas para as áreas que apresentam maior instabilidade. A proposta metodológica visa oferecer uma avaliação preliminar e comparativa dos trechos de maior instabilidade costeira para auxiliar na definição das prioridades da gestão costeira.

BIBLIOGRAFIA

LINS-DE-BARROS, F. M.; OLIVEIRA, K. L.; LIMA, R. F. Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil). Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 18, n. 2, p. 85- 102. 2018

TOUCEIRA, M. C. C. Caracterização e mapeamento de risco dos danos causados pelo mar na cidade do Rio de Janeiro – RJ, Brasil. 2018. 132p. Monografia em Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2018.

VIEIRA, C. X. S. Risco e Vulnerabilidade na orla urbanizada do Rio de Janeiro: Estudo de caso Praia da Macumba. 2019. 100p. Monografia em Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2019.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA EM JAGUARUNA, SC, BRASIL, UTILIZANDO UM ÍNDICE MULTICRITÉRIO

Giuliana Andréia Sfredo[1], Tatiana Silva da Silva[2], Eduardo Guimarães Barboza[1]

1 Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Porto Alegre/RS, 91509-900, Brasil, giulianasfredo@gmail.com, eduardo.barboza@ufrgs.br

2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Geodésia, LABMODEL, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43130, Porto Alegre/RS, 91509-900, Brasil, tatiana.silva@ufrgs.br

Palavras-chave: Índice de Vulnerabilidade Costeira, Gestão com Base Ecossistêmica, Índice deExposição, População Costeira

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade de um ambiente é definida de acordo com o seu nível de exposição a determinada ameaça, bem como pela sua sensibilidade intrínseca, contrabalanceada pela sua capacidade de resposta e/ou adaptativa (BID, 2010). Dessa forma, a zona costeira do Município de Jaguaruna está vulnerável a sofrer danos ou perdas por ação de erosão e inundação. Com o objetivo de avaliar os locais mais expostos a perdas e danos, gerou-se um modelo de vulnerabilidade costeira para toda a região costeira do Município de Jaguaruna, Santa Catarina. Almejou-se que fosse de fácil aplicação, capaz de diferenciar níveis relativos de exposição e indicar locais que demandem um esforço mais intenso de gestão.

ÁREA DE ESTUDO

O Município de Jaguaruna localiza-se na região centro-sul do litoral do estado de Santa Catarina (SC). Seu contexto geológico é representado pelo setor costeiro emerso da Bacia de Pelotas (Dillenburg & Barboza, 2014), que, de acordo com Fernandez *et al*. (2019), é caracterizado morfologicamente por barreiras costeiras arenosas e lagunas na sua retaguarda, desenvolvidas durante o Quaternário em condições de clima temperado. Com relação ao aspecto demográfico, possui uma população estimada de 20 228 habitantes (IBGE, 2021). As condições meteoceanográficas da região são influenciadas pelo Anticiclone Tropical do Atlântico Sul de outubro a março e pelo Anticiclone Móvel Polar de abril a setembro (Araújo *et al*., 2003), o que resulta em mudanças significativas nas condições climáticas ao longo do ano, o que predispõem os balneários a sofrerem eventos de inundação e de erosão costeira. A área de estudo está inserida dentro da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APABF), que em sua porção continental é ocupada por vegetação litorânea, predominantemente por formações herbáceas e arbustivas (Klein, 1978).

METODOLOGIA

Um índice de exposição costeira multicritério utilizando a média geométrica de variáveis biogeofísicas, conforme proposto por Gornitz (1991) e Sharp *et al*. (2020), e combinando dados demográficos na zona de interesse, foi calculado para o segmento costeiro do Município de Jaguaruna. As variáveis utilizadas foram velocidade do vento de tempestade e energia de onda; modelo digital de elevação topográfica; batimetria; linha batimétrica da borda da plataforma continental; geomorfologia local; localização de habitats naturais; e

distribuição da população. As informações sobre as 3 primeiras variáveis foram obtidas, respectivamente, do NOAA/ NCEP; USGS; GEBCO/DHN, e as demais convertidas para uso em SIG com base em dados de cartas náuticas do DHN, cobertura e uso do solo do Mapbiomas (MAPBIOMAS, 2019) e informações demográficas do IBGE (IBGE, 2011).

Dados sobre geomorfologia local e habitats naturais foram classificados em uma escala que varia de 1 a 5, de acordo com seu grau de exposição, sendo 1 atribuído à exposição muito baixa e 5 à exposição muito alta. Foram gerados mapas de saída com resolução de 30 m, que representam a vulnerabilidade costeira. Os resultados do índice de exposição biogeofísico (IExpBGF) combinados à distribuição da população permitiram avaliar os setores costeiros que estão mais vulneráveis frente a perigos costeiros, como ação de ondas de tempestade, inundação e erosão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre os resultados do IExpBGF, não foram encontrados para a área de estudo valores que indicam exposição muito baixa (1), baixa (2) e muito alta (5). A média dos valores obtidos foi 3.15 e o desvio padrão 0.65. Os maiores valores foram observados nos trechos compreendidos entre o sul de Garopaba do Sul e Figueirinha, bem como da região central de Esplanada até o limite municipal com Balneário Rincão (Figura 1). Valores de exposição média também foram encontrados ao sul do balneário Figueirinha até o limite municipal com o Balneário Rincão por Serafim & Bonetti (2017) em um modelo que considerou a influência regional de fatores físicos, que os autores chamaram de modelo de suscetibilidade. Os autores também indicam a maior relevância dos fatores físicos do que socioeconômicos sobre os locais da região centro-sul de SC.

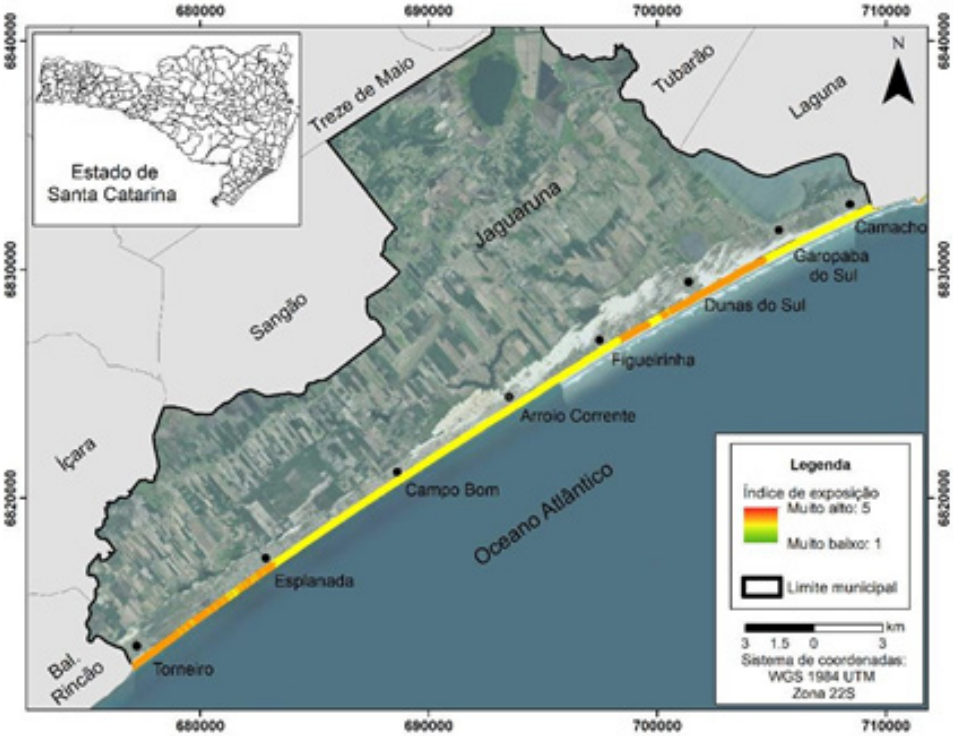


Figura 1. Índice de exposição costeira multicritério para o Município de Jaguaruna. Zonas com maior exposição em vermelho e menor exposição em verde.

Com relação ao aspecto populacional, a área de estudo é predominantemente ocupada em períodos de verão, caracterizando-se como um espaço de construção de segundas

residências. A população residente ao longo do ano foi estimada em 7161 habitantes, o que corresponde a aproximadamente 35% da população total. De acordo com IBGE (2011), os setores censitários com maior densidade demográfica são os balneários Camacho, Garopaba do Sul e Torneiro. Pela sua importância, dados demográficos e socioeconômicos têm sido utilizados por diferentes autores na avaliação da vulnerabilidade costeira, sendo, inclusive, incorporados em modelos consolidados a nível global, como o InVEST (Sharp *et al*., 2020). Em contrapartida, ainda se encontram dificuldades em sua inclusão, devido à carência de dados censitários e grande espaço temporal entre os censos, fazendo com que seja necessário adequar os dados existentes aos modelos utilizados. Essa falta de padronização dificulta a comparação entre modelos de vulnerabilidade em áreas distintas e entre diferentes autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a vulnerabilidade à erosão e inundações a que está submetida a zona costeira do Município de Jaguaruna. Até o presente momento não havia sido realizada uma análise semelhante em escala local para esse município. Considera-se que uma das causas para essa lacuna seja a falta de disponibilidade e padronização de dados locais e regionais necessários para a confecção de modelos. O índice calculado apresenta limitações inerentes a utilizações de modelos algébricos, que incluem a supressão de algumas variáveis. Nesse caso, não foi considerada a deriva litorânea, sendo essa considerada uma consequência da dinâmica de ondas e ventos. Apesar disso, os índices se mostram efetivos para serem utilizado junto ao poder público, já que a identificação de setores mais vulneráveis pode contribuir na identificação de áreas prioritárias para a gestão costeira e, inclusive, indicar áreas que necessitam de um plano prioritário de mitigação contra eventos extremos.

REFERÊNCIAS

Araújo, C. E. S.; Franco, D., Melo, E.; Pimenta, F. 2003. Wave Regime Characteristics of the Southern Brazilian coast. International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, 97, 1-15.

BID – Banco Interamericano de Desarrollo. 2010. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Unidad de Energía Sostenible y Cambio Climático, Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente.

Dillenburg, S. R.; Barboza, E. G. 2014. The Strike-Fed Sandy Coast of Southern Brazil. In: MARTINI, I.P.; WANLESS, H.R. (Eds.). Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences. Geological Society of London, Special Publications v. 388, p. 333-352. DOI: 10.1144/SP388.16

Fernandez, G. B.; Rocha, T. B.; Barboza, E. G.; Dillenburg, S. R.; Rosa, M. L. C. C.; Angulo, R. J.; Souza, M. C.; Oliveira, L. H. S.; Dominguez, J. M. L. 2019. Natural landscapes along Brazilian coastline. In SALGADO, A.A.R.; SANTOS, L.J.C.; PAISANI, J.C. (org.) The Physical Geography of Brazil - Environment, Vegetation and Landscape. Springer, Cham, p. 199-218. DOI: 10.1007/978-3-030-04333-9_10

Gornitz V. 1991. Global coastal hazards from future sea level rise. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 89, 379-398.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro. 176p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. IBGE Cidades e Estados, Jaguaruna, Santa Catarina. Acessado em: 26 jun. 2021.

Klein, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. Flora Ilustrada Catarinense, parte V: Mapa fitogeográfico. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”. 24 p.

MAPBIOMAS. 2019. Projeto MapBiomas - Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil cobrindo o período de 1985 - 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/> Acesso em 24 de set. 2019.

Serafim, M. B.; Bonetti, J. 2017. Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério. Quaternary and Environmental Geosciences, 8, 36-54.

Sharp, R. *et al*. 2020. InVEST 3.9.0. User’s Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

AVALIAÇÃO DE RISCO DE HABITATS DA ZONA COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL USANDO O MODELO HABITAT RISK ASSESSMENT (INVEST)

Bruna Batista Kappes*, José Augusto Müller Neto, Tássia Fraga Belloli, Tatiana Silva da Silva, Tatiana Mora Kuplich, Laurindo Antonio Guasselli

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, brunakappes@gmail.com

Palavras-chave: risco ecossistêmico, estressores antrópicos, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade dos ecossistemas é função da exposição a estressores, da sensibilidade ao impacto e de sua resiliência (Cabral *et al*., 2015). As zonas costeiras são um exemplo de sistemas complexos e multifuncionais com conflitos atrelados ao uso e gestão de seus recursos (Green & McFaden, 2007). Sua vulnerabilidade vem há tempos sendo alvo de estudos e programas de gestão costeira baseados em risco, uma vez que esses sistemas estão submetidos a pressões intensas de diferentes naturezas que poderão ocorrer ainda por muitas décadas (Evans *et al*., 2006; Green & McFaden, 2007).

Em decorrência da intensificação das atividades humanas, há uma necessidade de formas rápidas e replicáveis de avaliar o risco representado pelas mesmas. Este estudo visa avaliar o risco ecossistêmico provocado por estressores antrópicos na faixa continental da costa do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, mais especificamente em ecossistemas de Dunas, Campos e Áreas Úmidas. Para tanto, utilizou-se o modelo *Habitat Risk Assessment*, vinculado ao *Ecosystem Services Modeler* (ESM) do software Terrset®.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende o setor II da faixa continental em que foi aplicada a metodologia de avaliação da Lista Vermelha de Ecossistemas da IUCN por Scherer *et al*. (2020). Os dados de entrada do modelo incluem dados espaciais explícitos de habitats e estressores, o que permite a avaliação da exposição dos ecossistemas a atividades antrópicas a partir de uma estrutura de Exposição (E) e Consequência (C) (Duggan *et al*., 2015). Os critérios avaliados são o tempo de exposição, sobreposição espacial dos usos, área de influência dos usos, intensidade da exposição e a avaliação de estratégias efetivas de gestão, assumindo-se que quanto mais longe o habitat está do estressor, ou E, menor a C sobre ele. A determinação dos valores para cada critério é dada pela atribuição de uma classificação (normalmente 1-3, com 0 = não pontuado) a um subconjunto de fatores pré-determinados (NatCap, 2021). Como saída do modelo são gerados mapas e gráficos de risco que sumarizam E e C individualmente e para o risco global, bem como o potencial de recuperação dos habitats, nesse estudo determinado com base na maturidade e conectividade dos ecossistemas.

Para este estudo, as pontuações foram atribuídas a critérios baseados em informação de literatura revista por pares e opinião de especialistas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com pelo menos cinco anos de experiência de pesquisas com os habitats avaliados. A classificação do uso e cobertura da terra foi realizada sistematicamente através de análise visual de imagens do satélite Landsat 8 OLI e da coleção 5.0 dos dados MapBiomas, ambas para o ano de 2018. Considerou-se áreas de cobertura natural

(Campos, Dunas e Áreas Úmidas), estressores antrópicos (Urbano, Agricultura, Florestas Artificiais - espécies exóticas e silvicultura) e demais classes de cobertura (Água e Outros).

RESULTADOS

A partir dos dados do modelo foi possível obter o risco global frente aos estressores presentes, o risco cumulativo em cada ecossistema e a resiliência ou potencial de recuperação dos habitats. De forma geral, o estressor Floresta Artificial representa o maior risco para os três ecossistemas, seguido por Urbano e Agricultura, respectivamente (figura 1). Floresta Artificial e Urbano são semelhantes para as Áreas Úmidas na região em termos de exposição, mas as consequências do estressor Floresta Artificial, dada a sua extensão, potencial de mudanças estruturais e alcance dos seus efeitos, fazem com que suas consequências sejam mais drásticas quando comparado ao Urbano, por exemplo.

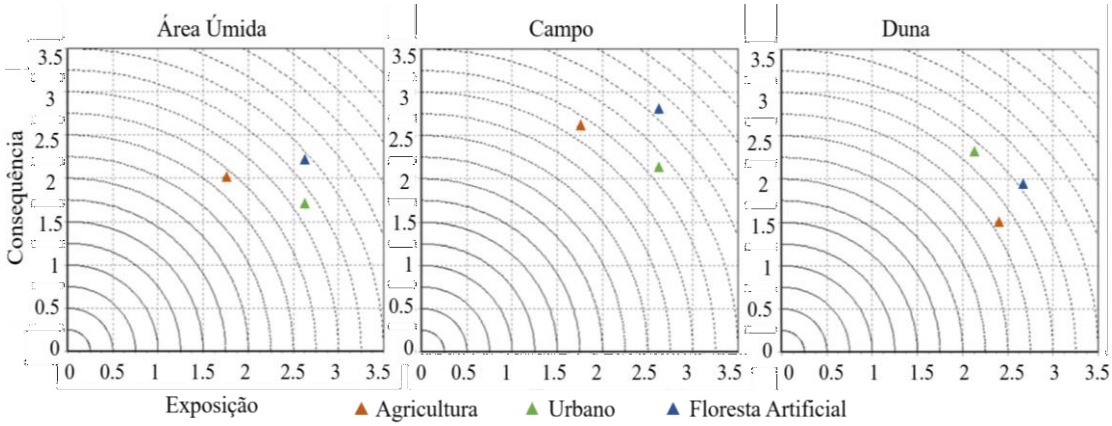


Figura 1. Relação Exposição x Consequência para os ecossistemas, segundo cada estressor.

A área total mapeada do ecossistema de Áreas Úmidas foi 591,37 km². Deste total foram classificados como de risco muito alto 4,12 km² e alto 33,83 km². A área de Campos resultou em 562,19 km², com 31,9 km² classificados como de risco alto e sem registro de áreas de risco muito alto. O ecossistema de Dunas, com total de 876,41 km², teve cerca de 4,17 km² alocados na classe de risco muito alto e 80,7 km² como alto. Em relação ao risco global dos ecossistemas, 4,17 km² foram classificados como risco muito alto, 80,69 km² como alto, 4,91 km² como médio, 560,37 km² como baixo e 1366,49 km² como muito baixo. As áreas de maior risco estão localizadas nas adjacências das áreas urbanas, especialmente em locais próximos à agricultura e floresta artificial. O potencial de recuperação pode ser utilizado para a identificação de áreas mais resistentes aos estressores humanos e teve valores que variaram de 1,55 a 2,67 (figura 2), com pontos de atenção

para as Áreas Úmidas que apresentaram valores médios inferiores às demais ($\bar{x}$ AU = 1,98, $\bar{x}$ C = 2,67, $\bar{x}$ D = 2,49), sendo a classe com menor capacidade de reestabelecimento entre as três avaliadas e, portanto, menos a capaz de suportar o estresse crescente e cumulativo nesse contexto.

CONCLUSÕES

De modo geral, as áreas de alto a muito alto risco ocorreram em locais de sobreposição de dois a três estressores, considerando o buffer de alcance do seu efeito, sendo que o risco tende a ser muito alto na presença de um terceiro estressor para todos os habitats. Destaca-se a relação entre a conectividade e o risco atribuído aos ecossistemas, uma vez que habitats mais contínuos e de maior extensão lateral sofrem menos efeito de borda e,

portanto, possuem em seus núcleos parcelas que não estão diretamente submetidas aos estressores (e.g. Áreas Úmidas).

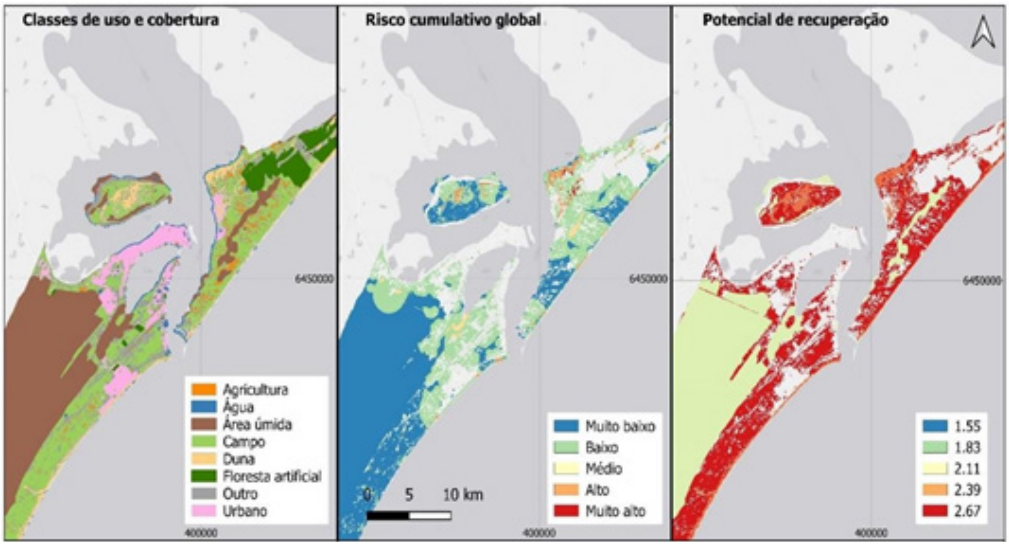


Figura 2. Exemplo de Risco global e potencial de recuperação, exutório da Lagoa dos Patos - RS.

A partir do modelo de avaliação de risco foram identificadas áreas de maior risco ambiental, com maior probabilidade de impacto de atividades humanas e que necessitam de prioridade dos gestores para o desenvolvimento sustentável e conservação. Estudos futuros podem ser conduzidos integrando outras informações espaciais, como atividades humanas que não sejam exclusivamente de uso do solo e dados bióticos levantados *in situ*, para potencializar os indicadores de risco locais. Além disso, o uso de testes estatísticos de significância e análise de distribuição podem contribuir para discriminação das áreas mais suscetíveis entre o total avaliado.

REFERÊNCIAS

CABRAL, P. *et al*. Marine habitats ecosystem service potential: A vulnerability approach in the Normand-Breton (Saint Malo) Gulf, France. Ecosystem Services, v. 16, p. 306-318, 2015.

DUGGAN, J. M. *et al*. Informing management of rare species with an approach combining scenario modeling and spatially explicit risk assessment. Ecosystem Health and Sustainability, v. 1, n. 6, p. 1-18, 2015.

EVANS, E. *et al*. Future flood risk management in the UK. In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management. Thomas Telford Ltd, 2006. p. 53-61.

GREEN, C.; MCFADDEN, L. Coastal vulnerability as discourse about meanings and values. Journal of Risk Research, v. 10, n. 8, p. 1027-1045, 2007.

NATCAP - Natural Capital Project. Habitat Risk Assessment. Disponível em: <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/habitat_risk_assessment.html> Acesso em: 20 de junho 2021

SCHERER, M., *et al*. Sand Dunes System of Southern South America: Red List of Ecosystems Assessment. Final Report. Disponível em: <https://iucnrle.org/resources/published- assessments/>. Acesso em 03 de maio de 2020.

AVALIAÇÃO DE RISCO ECOSSISTÊMICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SUPORTE À GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA: ESTUDO DE CASO NO SUL DO BRASIL

Josiane Rovedder*, Júlia Nyland do Amaral Ribeiro, Milton L. Asmus, Tatiana Silva da Silva

*Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil,josiane@talhamar.com

Palavras chave: risco ecossistêmico, gestão costeira, base ecossistêmica.

INTRODUÇÃO

Por se tratar de áreas que possuem uma relação muito íntima entre atividades humanas e seu suporte físico natural, as regiões costeiras, incluindo suas bacias hidrográficas, se consolidam em autênticos sistemas socio-ecológicos, expressando cenários extraordinariamente dinâmicos e complexos de administrar (MUÑOZ & GARCÍA, 2020). Tais cenários exigem respostas de gestão consistentes e inovadoras a partir do ponto de vista da sustentabilidade (MÓJICA *et al*., 2018).

De modo geral, as abordagens de planejamento das atividades antrópicas e do uso dos recursos naturais, em modelos clássicos, têm falhado por dissociarem as questões socioeconômicas inerentes aos aspectos ambientais (JUNIOR *et al*., 2018), entretanto, a tendência atual emerge para uma gestão ecossistêmica e estruturada que permita uma abordagem integradora (FILHO *et al*., 2019).

Neste sentido, o presente estudo visa avaliar os riscos provocados pelos estressores antrópicos sobre sistemas ambientais e serviços ecossistêmicos com o propósito de subsidiar a gestão integrada em bacias hidrográficas costeiras.

METODOLOGIA

A metodologia empregada no presente trabalho utiliza como estudo de caso a Bacia Hidrográfica do rio Camboriú (BHRC), localizada na região costeira de Santa Catarina. Fotografias aéreas, imagens de satélite Landsat 5, Landsat 8 e Sentinel foram utilizadas para análise histórica da evolução do uso do solo na bacia, e definição de indicadores ambientais quali-quantitativos que representam e resumem os principais aspectos do estado do meio ambiente, dos recursos naturais e das atividades humanas relacionadas na BHRC, tanto em área terrestre quanto em meio aquático, incluindo a área marinha adjacente. Todos os indicadores foram mapeados em ambiente SIG, possibilitando a geração de mapas que ilustram a situação atual dos sistemas ambientais da área em estudo. A partir dos indicadores que subsidiaram um amplo diagnóstico da bacia e área marinha adjacente, foram identificados primeiramente os sistemas ambientais que compõe a área de estudo, subdivididos em terrestres e aquáticos e, posteriormente, os serviços ecossistêmicos de cada sistema bem como seus beneficiários. Os conceitos de serviços ambientais foram utilizados conforme o Millennium Ecosystem Assessment (2003).

Os habitats naturais e estressores antrópicos foram identificados e mapeados, sendo as bases de entrada no modelo Habitat Risk Assessment do software INVEST. Este modelo permitiu que fossem avaliados os riscos que os usos antrópicos representam aos ecossistemas e as consequências potenciais da exposição aos estressores na prestação de serviços ecossistêmicos.

No âmbito desta análise foram analisados sete estressores antrópicos incidentes sobre oito habitats naturais e seus serviços ecossistêmicos.

RESULTADOS

Os resultados gerados a partir da interpretação da classe de uso do solo em uma série histórica de 62 anos de imagens de satélite e fotografias aéreas e também verificação de dados secundários apresenta de forma visual as alterações dos diferentes usos do solo, que foram classificados em quatro tipos: A classe (1) área antropizada urbana, que é composta pelas edificações das áreas urbanas de Balneário Camboriú e Camboriú, bem como as vias (ruas, estradas e avenidas) destes dois municípios; a classe (2) área antropizada rural, a qual abrange as áreas compostas pelas propriedades que exercem atividades agropecuárias e de silvicultura; a classe (3) rizicultura, que corresponde aos cultivos de arroz na BHRC; e a classe (4) vegetação, compreendida pelas áreas remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica nesta mesma bacia hidrográfica em análise. Considerando os usos antrópicos dos recursos naturais na bacia, foram definidos, descritos e mapeados os sistemas ambientais da área de estudo, sendo os terrestres classificados em: (1) sistema de praia e dunas costeiras; (2) sistema de silvicultura; (3) sistema predominantemente agrícola; (4) sistema predominantemente pecuário; (5) sistema florestal; (6) sistema de mata ciliar; (7) sistema ambiental de manguezal; (8) sistema urbano; (9) sistema industrial; (10) sistema viário terrestre.

Os sistemas ambientais aquáticos da BHRC e enseada de Balneário Camboriú foram delimitados com base na presença de ambientes aquáticos que abrigam um sistema ecológico específico, sendo os sistemas ambientais definidos: (11) sistema de nascentes; (12) sistema estuarino; (13) sistema aquaviário; (14) sistema costão rochoso; (15) sistema marinho adjacente.

Os serviços ambientais ou ecossistêmicos foram identificados e caracterizados para cada uma das classes de sistemas ambientais adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e área marinha adjacente. Ao total, 23 serviços ecossistêmicos são fornecidos pelos sistemas ambientais da área de estudo, os quais possuem uma relação direta com nove beneficiários.

A aplicação da modelagem *Habitat Risk Assesment* (HRA) foi possível obter o risco global na área de estudo, frente aos estressores presentes, o risco cumulativo em cada ecossistema e a resiliência ou potencial de recuperação dos habitats (Figura 1).

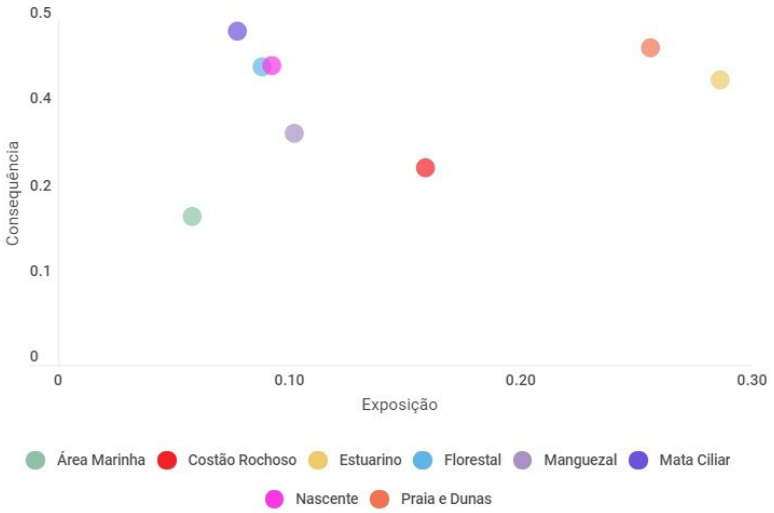


Figura 1. Gráfico de Risco Escossistêmico das habitats naturais expressado pela Exposição e Consequência aos estressores antrópicos.

Através da análise pode-se constatar que o habitat estuarino representa o habitat de maior risco de exposição frente aos estressores antrópicos analisados, os quais foram: (1) silvicultura, (2) pecuária, (3) agricultura, (4) estressor urbano, (5) estressor industrial, (6) aquaviário e (7) estressor viário terrestre. O risco de exposição do estuário está relacionado a sobreposição temporal, ou seja, a duração de tempo que o habitat e os estressores se sobrepõem espacialmente, e a intensidade dos estressores sobre esse habitat, bem como as estratégias efetivas de gestão. O segundo habitat que apresenta maior risco de exposição é o de praia e dunas, causado principalmente pelos estressores urbano e viário terrestre.

O habitat natural classificado como mata ciliar foi o que apresentou a maior risco de consequência na análise empregada, levando-se em consideração todos os estressores elencados. Este resultado leva em conta a capacidade da mata ciliar em se recuperar após a incidência de um estressor, sendo avaliados os critérios de alteração de área, alteração na estrutura do ecossistema e frequência dos distúrbios. O habitat praia e dunas também está em segundo lugar em risco de consequência, causado pelos estressores urbano e viário terrestre, resultado similar do risco de exposição.

CONCLUSÕES

Os resultados da aplicação do modelo HRA, demostram que habitats da interface terra-mar na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, de forma geral, estão em uma condição de maior risco ao estressor urbano, o que demonstra que o desenvolvimento e o crescimento da ocupação do território costeiro causam uma significativa pressão sob esses habitats. Por isso, medidas de gestão que contenham ou que, ao menos, reduzam a ocupação desses ecossistemas, podem reduzir as consequências da exposição, logo, o seu risco. Já os habitats que possuem características de serem ambientes vegetados, as florestas e a mata ciliar, demonstraram sofrer consequências maiores quando expostas a silvicultura, provavelmente pela redução da área e da estrutura desses ecossistemas, causadas por esse uso, consequências que podem ser minimizadas com ações de gestão eficientes.

Ainda, o modelo HRA permite uma análise ampla da relação entre os habitats e os usos na BHRC, demonstrando que ferramentas que qualifiquem, por meio de critérios, as ações de exposição e as consequências de tal exposição, são meios interessantes e que facilitam compreensão e visualização, de forma geral, das áreas de riscos predominantes e de possível perda de serviços ecossistêmicos. Portanto, é possível dizer que tais resultados

podem servir de base para ações no âmbito da gestão, servindo como ferramenta ao monitoramento dos riscos provenientes de atividades antrópicas atuais e futuras sobre os habitats de Bacias Hidrográficas, articulando estratégias de controle e priorização em ecossistemas com maior risco.

REFERÊNCIAS

Muñoz, J. M. B. Progress of Coastal management in Latin America and the Caribbean. Ocean and Coastal Management 154, 2020.

Mójica Vélez, M., Barrasa García, S., Espinoza Tenorio, A. (2018). Policies in coastal wetlands: Key challenges. Environmental Science and Policy, 88, 72–82.

Junior, J.H.P.; Ferrão, A.M.A. Aspectos de gestão integrada de bacias hidrográficas: O caso da área urbana da microbacia hidrográfica do córrego Água Boa do município de Dourados (MS), Brasil. Cidades, Comunidades e Territórios 37, 2018.

Filho, J.R.S.; Ellif, C.I.; Fernandino, G.; Silva, I.R.; Nunes, F.C. (2019) Evaluación cualitativa de los servicios ambientales del litoral norte del município de Ilheus, Bahia, Brasil. En, C. Milanés;

R. Lastra y P. Sierra-Correa (ed.), Estudios de caso sobre manejo integrado de zona costeras em Iberoamérica: gestión, riesgo y buenas práticas (1 ed., pp. 450-465). Barrannquilla: Corporación Universidad de la Costa.

AVALIAÇÃO DO RISCO DE EROSÃO NA PRAIA DA MACUMBA (RIO DE JANEIRO, BRASIL)

Leticia Vazquez*, Marcelo Sperle, Laura Del Río, Theocharis Plomaritis

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, leticiavvazquez@gamil.com

Palavras chave: erosão costeira, eventos de tempestade, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

As praias do Rio de Janeiro são classificadas como expostas por sofrerem impacto direto da ação das ondas, e, principalmente dos eventos meteo-oceanográficos de alta energia como as tempestades marinhas (Muehe e Neves, 2007). A erosão causada por tempestades é um dos perigos mais importantes que ocorrem na região costeira, ocasionando mudanças no equilíbrio sedimentar e, consequentemente, na morfologia (Jiménez et. al., 2015). Isso representando um risco não só para as comunidades locais e as atividades que se desenvolvem na região, como também, para os ecossistemas (Barbier *et al*., 2011; Plomaritis et. al., 2018). Sendo assim, a avaliação da resposta da zona costeira frente ao perigo de erosão é de suma importância para a gestão costeira e estratégias futuras (Van Dongeren et. al., 2018). Historicamente a praia da Macumba, localizada na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, sofre grandes impactos devido à erosão por tempestades, ocasionando danos nas infraestruturas, sendo, em alguns casos, necessário obras emergências (Fernandez et. al., 2011; Muehe et. al., 2006). Assim, o principal objetivo deste estudo é avaliar o perigo de erosão costeira na praia da Macumba frente à eventos de tempestade marinha, utilizando o modelo de Kriebel e Dean (1993).

METODOLOGIA

A magnitude da erosão induzida por tempestades foi estimada usando o modelo de Kriebel e Dean (1993), que se baseia no método de convolução, aplicado para estimar a resposta do perfil de praia em relação ao tempo, durante eventos de tempestade. Trata-se de um modelo unidimensional baseado na ideia de equilíbrio, em que o volume sedimentar erodido na parte alta da praia, e retirados da linha de costa, corresponde ao volume de sedimentos na zona de *surf*, e que a resposta dos perfis de praia as condições hidrodinâmicas (ondulação e elevação do nível médio do mar) são aproximadamente exponencial no tempo. A metodologia foi aplicada considerando os eventos de tempestade (altura de onda superior a 2,44 m) com períodos de retorno de 10 e 50 anos, e os parâmetros morfológicos da praia em questão. Os dados de ondas e nível do mar utilizados procedem da base de dados ERA-Interim (1980-2012), e os dados de geomorfologia do monitoramento realizado pelo Grupo de Pesquisa em Oceanografia Geológica da UERJ (UDT- GPOG/ UERJ) durante o período de julho de 2015 a fevereiro de 2018. Nesse monitoramento foram avaliados 7 perfis de praia ao longo da praia da Macumba, onde foram realizados levantamentos topográficos através de um nível topográfico e análise granulométrica (Vazquez, 2017; Ribeiro, 2019). Para a avaliação do perigo de erosão, foi realizada uma nova avaliação multivariável que permite classificar o potencial de erosão em um indicador de perigosidade (Ip), variando de 0 a 5 (sendo 0 ausência de perigo), como mostra a escala na Tabela 1 (Jimenez et. al., 2017).

RESULTADOS

Em geral, para ambos os períodos de retorno, as 7 seções apresentaram alto risco de erosão costeira. Para o período de retorno de 10 anos as seções 1, 2 e 3 apresentaram

uma retração de aproximadamente 40 m, a seção 4 de 50 m e as seções 5, 6 e 7 de aproximadamente 45 m. Já para o período de retorno de 50 anos nas seções 1, 2 e 3 a retração foi de aproximadamente 50 m, na seção 4 de aproximadamente 65 m e nas seções 5, 6 e 7 de aproximadamente 55 m. Através dos valores de indicador de perigo (Fig. 1), se observa que toda a praia é altamente vulnerável para o período de retorno de 10 anos, porém, as seções localizadas a oeste (5, 6 e 7) e a seção 4 são apresentam uma maior vulnerabilidade (Ip = 5), que as seções localizadas a leste (1, 2 e 3) (Ip = 4). Para o período de retorno de 50 anos, toda a praia da Macumba tem o mesmo alto grua de ameaça ao perigo de erosão, sendo classificada com Ip = 5.

Tabela 1: Escala de classificação do perigo de erosão de acordo com os valores de retorno da magnitude da erosão (m).

Erosão (m)	Classificação
<1	0
1 - 10	1
11 - 20	2
21 - 30	3
31 - 40	4
>40	5

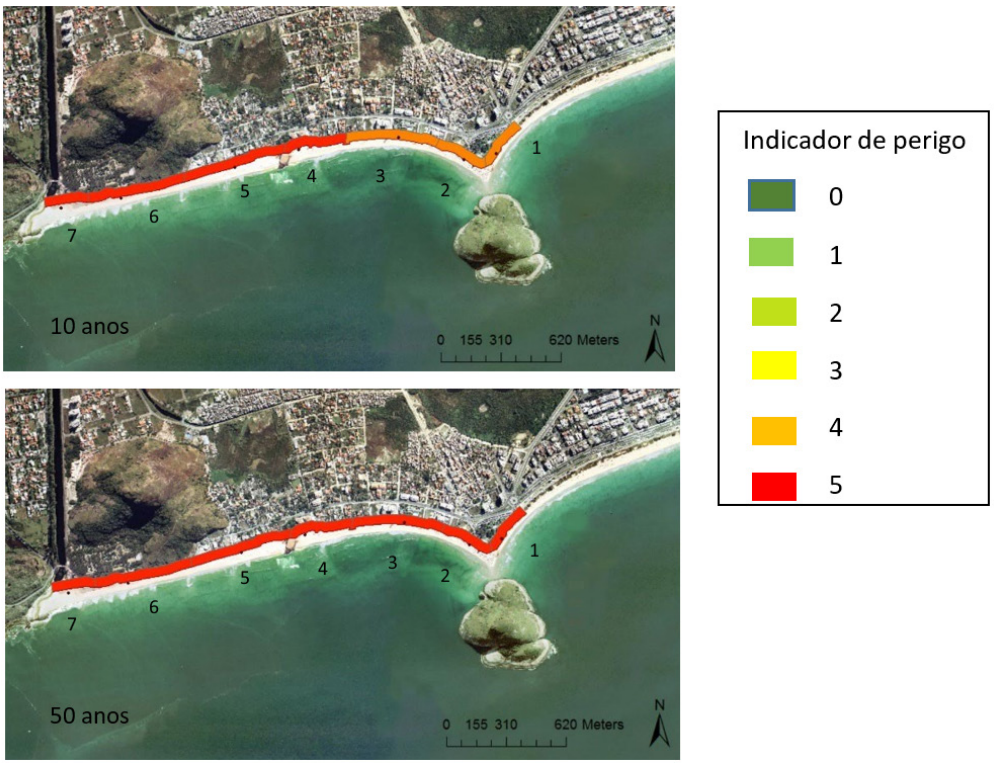


Figura 1: Distribuição dos valores do indicador do perigo de erosão para períodos de retorno de 10 (a) e 50 (b) anos, em cada seção da praia da Macumba.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a praia da Macumba se encontra vulnerável ao risco de erosão costeira, o que possivelmente está relacionado com a urbanização da região, ausência de defesas naturais, retirada de areia da praia e redução da quantidade de areia disponível para nutrir naturalmente a praia. A metodologia aplicada foi eficiente visto que identificou as seções que são mais afetadas e sofrem erosão durante as tempestades marinhas. Estudos como este e o monitoramento na praia da Macumba são relevantes devido ao impacto das tempestades nesta região, gerando risco significativo para a ocupação costeira, infraestrutura, afetando não só o setor econômico como o comércio local e atividades sociais.

REFERÊNCIAS

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., y Silliman, B. R., 2011, The value of estuarine and coastal ecosystem services: *Ecological Monographs*, v. 81, no. 2, p. 169- 193.

Van Dongeren, A., Ciavola, P., Martinez, G., Viavattene, C., Bogaard, T., Ferreira, O., ... y McCall, R. 2018. Introduction to RISC-KIT: Resilience-increasing strategies for coasts. *Coastal Engineering*, 134, 2-9.

Fernandez, G. B., Bulhões, E., y Rocha, T. B. 2011. Impacts of severe storm occurred in April 2010 along Rio de Janeiro coast, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI, 64, 1850-1854.

Jiménez, J.A., Armaroli, C., Berenguer, M., Bosom, E., Ciavola, P., Ferreira, Ó., Plomaritis, T., Roelvink, D., Sanuy, M., y Sempere, D. 2015. Deliverable No: D.2.1 – Coastal Hazard Assessment Module. RISCKIT: Resilience-Increasing Strategies for Coasts – Toolkit, 123 pp.

Kriebel, D. L., & Dean, R. G. 1993. Convolution method for time-dependent beach-profile response. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 119(2), 204-226.

Muehe, D.; Lima, C. F. y Lins-De-Barros, F. M. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, 265 - 296.

Muehe, D., y Neves, C. F. 2007. Impactos potenciais das mudanças climáticas na cidade do Rio de Janeiro e possíveis ações de mitigação. Instituto Pereira Passos, for Seminário Rio: Próximos, 100.

Plomaritis, T. A., Ferreira, Ó., y Costas, S. 2018. Regional assessment of storm related overwash and breaching hazards on coastal barriers. *Coastal Engineering*, 134, 124-133.

Ribeiro C.E. 2019. O Efeito dos eventos extremos e sazonais na Praia da Macumba, Rio de Janeiro

– RJ.Trabajo fin de grado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Vazquez L.V., 2017. Estudo da dinâmica sedimentar e da vulnerabilidade da praia da Macumba, Rio de Janeiro – RJ. Trabajo fin de grado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 79pp.

AVALIAÇÃO E EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EROSÃO COSTEIRA NO NORTE DE PORTUGAL

Francisco Taveira-Pinto[1]*, Renato Henriques[2], Paulo Rosa-Santos[1], Tiago FazeresFerradosa[1], Luciana das Neves[1], Francisco Vilela de Carvalho Taveira Pinto[1]

1 Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Portugal, email: fpinto@fe.up.pt*

2 University of Minho, Portugal, rhenriques@dct.uminho.pt

Palavras chave: Eventos extremos, Programa de Orla Costeira, Gestão Integrada, CaminhaEspinho.

INTRODUÇÃO

A costa continental portuguesa tem aproximadamente 987 km de comprimento (variável com a escala), é maioritariamente arenosa, com 60% de formações de dunas de areia, vários estuários, pequenas descargas fluviais e aquíferos costeiros. Vários afloramentos rochosos costeiros e emersos conferem um grau de proteção natural. Desde os anos 70 que os municípios costeiros tiveram um rápido crescimento económico que se refletiu num desenvolvimento significativo dessas zonas costeiras. Cerca de 70% da população portuguesa vive no litoral e este número está a crescer devido à migração do interior, levando a impactos importantes nas zonas estuarinas e costeiras. Todas estas áreas estão incluídas em vários planos de gestão, nomeadamente os Planos de Ordenamento da Orla Costeira ou os atuais Programas da Orla Costeira, onde a faixa costeira é uma componente importante. Estes planos nem sempre foram totalmente eficazes para controlar os vários impactos das diversas atividades e para pôr em prática medidas para proteger, preservar e melhorar a qualidade dessas zonas costeiras.

ADAPTAÇÃO DAS ZONAS COSTEIRAS

Apesar do acima exposto, uma grande parte da costa portuguesa ainda se encontra num estado relativamente natural. Algumas áreas específicas têm hoje uma melhor estratégia de gestão em termos de conservação e desenvolvimento, uma vez que se tem verificado um interesse crescente das autoridades nacionais e locais em proteger as zonas costeiras das atividades humanas, especialmente perto de praias e zonas urbanas, controlando os impactos negativos.

Neste contexto, as alterações climáticas são um tópico importante a ser tido em consideração no futuro, especialmente porque eventos extremos que se podem correlacionar terão impactos importantes nas zonas costeiras e nos aquíferos costeiros com maior intrusão de água salgada e qualidade da água (Taveira-Pinto *et al*. 2021a).

Alguns exemplos de eventos passam pelo aumento da frequência, variabilidade e intensidade das tempestades, o aumento das profundidades de água, ocorrência de maiores alturas e períodos de onda, bem como as alterações na direção de incidência predominante, tal como no caso do vento, ou até mesmo o aumento do nível médio da água do mar, entre outros.

Devido a estes eventos extremos, a segurança das zonas costeiras encontra-se em risco em vários troços, nomeadamente devido ao maior potencial de erosão, inundação e outros

fenómenos relacionados. Por estas razões, a gestão das zonas costeiras precisa de se adaptar a fim de aumentar a sua resiliência e níveis de segurança (Taveira-Pinto *et al*. 2021b).

RESULTADOS E CONCLUSÕES

No âmbito do trabalho associado ao novo Programa da Orla Costeira Caminha-Espinho (POCCE), na costa norte portuguesa, foi realizada uma avaliação das taxas de erosão tendo em conta dados históricos relacionados com a evolução da linha costeira, bem como áreas propensas a serem galgadas e inundadas.

Para essa avaliação da perigosidade associada às taxas de erosão ao longo dos 120 km deste sector foram analisados os seguintes subsectores:

- Foz do Rio Minho (Praia do Cabedelo) – Foz do Rio Âncora;
- Foz do Rio Âncora – Foz do Rio Lima;
- Foz do Rio Lima – Foz do Rio Neiva;
- Foz do Rio Neiva – Foz do Rio Cávado;
- Foz do Rio Cávado – Foz do Rio Ave;
- Foz do Rio Ave – Foz do Rio Leça; - Foz do Rio Leça – Foz do Rio Douro; - Foz do Rio Douro – Barrinha de Esmoriz.

Esta análise teve por base a linha de costa de 1958 e resultou na definição das áreas com taxas de erosão reduzidas (0,00 - 0,60 m/ano), moderadas (0,60 - 1,30 m/ano) e elevadas (superiores a 1,30 m/ano) tendo em conta as hipóteses de evolução entre 1958-2012 e 1994-2012.

As zonas com maior probabilidade de galgamento para os horizontes temporais de 2050 e 2100 foram também identificadas, tendo em conta níveis de subida do nível médio da água do mar que, conjugadas com a evolução da linha de costa, permitiu identificar cerca de 30 zonas críticas ao longo desta extensão de 120 km.

Neste artigo serão apresentados alguns exemplos, bem como alguns dados relativos à evolução geral da costa em relação ao fenómeno da erosão e aos desafios futuros para esta zona costeira, destacando as principais áreas críticas do troço Caminha-Espinho.

REFERÊNCIAS

Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Fazeres-Ferradosa, T. 2021a. Integrated coastal zone management: Preservation, adaptation and monitoring [Gestão integrada das zonas costeiras: Preservação, adaptação e monitorização]. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 21 (1), pp. 5-9. DOI: 10.5894/RGCI-N442

Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Fazeres-Ferradosa, T. 2021b. Coastal dynamics and protection. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 21 (2), pp. 69-72. DOI: 10.5894/rgcin406.

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO GLOBAIS NA ANÁLISE DE GALGAMENTOS COSTEIROS

Isadora Bicho Emmendorfer[1] *, Luis Pedro Melo de Almeida[2], Leonardo Ramos Emmendorfer[3], Deivid Cristian Leal Alves[4], Jorge Arigony-Neto[5]

** Programa de Pós-Graduação em Oceanologia, Laboratório de Oceanografia Geológica -Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Brasil, emmendorferisadora@gmail.com*

Palavras chave: Modelo digital de elevação, galgamento costeiro, sensoriamento remoto.

O nível do mar extremo (NME) em zonas costeiras é o resultado da ação conjunta das forçantes maré astronômica, maré meteorológica (storm surge), ondulação, e variações de longo termo do nível médio do mar. De acordo com o relatório do painel intergovernamental sobre mudanças do clima (IPCC, 2021), eventos de NME serão mais frequentes durante o presente século e zonas costeiras com baixa elevação/declividade (low-lying coastal) estão sob maior risco de galgamento. Neste sentido, a utilização de modelos digitais de elevação conjuntamente com projeções de cenários de nível do mar extremos (considerando todas as componentes descritas acima), são essenciais para a avaliação do risco a galgamentos em regiões costeiras. Os modelos digitais de elevação (MDE) globais são dados livres e com resoluções espacial na ordem das dezenas de metros, que possibilitam a análise dos riscos a galgamento em escala global (Almar *et al*., 2021). Contudo, e apesar do uso deste tipo de dados começar a ser recorrente em estudos de zonas costeiras, uma detalhada avaliação morfométrica e a determinação das incertezas relacionadas com a sua aplicação a estudos de galgamentos costeiros ainda não são exploradas na literatura. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação morfométrica de um conjunto de cinco MDE's globais e quantificar as incertezas associadas à sua aplicabilidade para o mapeamento de risco de galgamento costeiro, considerando o efeito de tempestades extremas projetadas para 50 e 100 anos, e sub a influência do aumento do nível do mar projetado pelo IPCC, numa praia arenosa com baixa declividade.

A área de estudo está localizada na Praia do Cassino, no município de Rio Grande, no litoral Sul do Rio Grande do Sul - Brasil (Fig.1). A praia do Cassino é uma praia arenosa exposta, com uma face de praia com baixo declive (tanB = 0,01) e um campo dunar composto por dunas transgressivas com relevo irregular e elevações que oscilam entre 0,50 e 6,64 m. Esta região costeira é exposta a um ambiente de micromaré com um valor máximo de preia-mar de 0,5 m, contudo a maré meteorológica pode atingir até 1,84 m durante eventos extremos (Parise *et al* 2009).

Figura 1- Localização da área de estudo; polígono a vermelho delimita o campo dunar utilizado para a análise do presente trabalho.

Neste trabalho foram utilizados cinco MDE globais, cada um com sua respectiva resolução espacial, sendo eles: ALOS (ALOS World 3D - 30m); ALOS-PALSAR (12,5 m); ASTER (Global Digital Elevation Model Version 3 - 30m), o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission – 30m); Tandem-x (com 11,5 m) e um MDE com elevada resolução espacial, obtido a partir de fotografias aéreas adquiridas por veículo aéreo não tripulado (VANT) (0,12 m resolução) e descrito no trabalho de (Leal-Alves et al, 2020). Os modelos foram utilizados para caracterizar as elevações do campo dunar e posteriormente calcular o declive praial (tanB). Na primeira etapa deste trabalho, foi realizada uma análise morfométrica através da comparação das elevações de todo o campo dunar entre os diferentes MDE's globais e o MDE de alta resolução (usado como referência), e quantificada a diferença através dos seguintes parâmetros estatísticos: raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE) e coeficiente de correlação (r2). Na segunda etapa foram determinados cenários futuros de nível do mar extremos (NME) para dois períodos futuros (t) 50 e 100 anos utilizando a seguinte equação:

$$NME_t = NMM_t + MA + MM + R_t \quad (1)$$

onde NMM é o valor do nível do mar projetado projetado pelo IPCC (cenário RPC 8.5) para os diferentes períodos *t* (utilizados os valores 0,38 m e 0,98 m para 50 e 100 anos respetivamente), o MA é a maré astronômica (utilizado apenas o valor máximo de preia-mar descrito acima), o MM é a maré meteorológica (utilizado o valor máximo observado descrito acima) e o parâmetro R representa o runup induzido pela onda, determinado utilizando a equação empírica de (Stockdon et al.,2006). A determinação do R para os diferentes cenários (50 e 100 anos) considerou a declividade média da praia determinada com cada MDE, assim como os valores de período de retorno de agitação marítima (altura significativa de onda e período de pico) determinados previamente com dados de reanálises do ERA-5. Para cada cenário foi determinada a ocorrência de galgamento ao longo de toda a extensão da área de estudo através da comparação entre o valor de NMEt e o valor da elevação da crista dunar. Com esta informação foi calculada a percentagem de área com potencial de sofrer galgamento para cada cenário e para cada MDE e realizada uma análise comparativa para avaliar qual dos MDE's globais se aproximou mais dos resultados obtidos para o MDE do VANT.

A Tabela 1 contém as estatísticas globais dos pontos e valores obtidos de galgamento para cada MDE. Observando a tabela 1, nota-se que o Tandem-X foi o sensor obteve o menor erro e a melhor correlação linear, apresentando respectivamente, 0,882 m e 0,556, e de todos os MDE's foi o que apresentou a média de elevações no campo dunar mais próxima do VANT (2,836 m para Tandem-X e 3,172 m para o VANT). Os demais MDE's apresentaram erros superiores a 2 m e uma sobre-estimação das elevações no campo dunar, sendo a única exceção o ALOS que apresentou uma subestimação das elevações comparativamente com o VANT.

Tabela 1 – Estatística das elevações dos modelos digitais de elevação e a porcentagem de Galgamento para os cenários de 50 e 100 anos para aumento do nível do mar.

Sensor	RMSE	R2	Média daselevações	Galgamento (50anos)	Nível domartotal (50anos)	Galgamento (100anos)	Nível do mar total (100 anos)	Crista	Declive
VANT	Padrão	Padrão	3,172m	68%	4,7409	87%	5,5227	4,09m	0,0179º
ALOS	2,488m	0,278	0,921m	100%	4,4198	100%	5,1727	0,89m	0,0062º
ASTER	5,914m	0,036	7,923m	31%	6,2337	53%	7,1497	7,30m	0,0601º
PALSAR	4,706m	0,003	4,875m	55%	5,5786	61%	6,4357	5,69m	0,0430º
SRTM	4,759m	0,001	4,516m	58%	5,4123	66%	6,2545	5,30m	0,0384º
TandemX	0,882m	0,556	2,836m	97%	4,5186	99%	5,2804	2,92m	0,0100º

A NME está correlacionada com declive (tanB), neste sentido, se o declive praial for baixo, o NME também será, ou seja, a incerteza da projeção do NME está relacionada com o declive. Já o galgamento está relacionado com elevação da crista dunar, ou seja, quando a elevação da crista dunar é baixa e o NME está acima da elevação da crista da duna, ocorrerá o galgamento.

Neste sentido, a incerteza do galgamento está diretamente relacionada com a elevação da crista dunar para cada MDE. Em vista disso, observando a tabela 1, o ALOS, apresenta o menor declive e a menor elevação da crista dunar, por consequência, ele apresenta o maior galgamento costeiro. Em contrapartida, o sensor ASTER, apresentou o maior declive praial e a maior elevação da crista dunar, logo, apresenta o menor galgamento.

A Fig. 2 apresenta a distribuição espacial do galgamento costeiro projetado pelos MDE's do VANT, ASTER e ALOS. Sendo, o VANT o padrão, o ASTER o que mais subestima e ALOS o que mais superestima o galgamento.

Figura 2 – Galgamento projetado para os modelos do Drone, ASTER e ALOS para 100 anos.

Portanto, para a praia do Cassino e para regiões com o mesmo padrão de declive praial e de cristas dunares, os modelos digitais de elevação do ASTER e o do ALOS, não são os mais adequados, pois, tanto na avaliação geral dos pontos, como na avaliação das cristas dunares, e no declive, esses MDE'S apresentaram as maiores discordâncias quando comparados com MDE do VANT. E consequentemente, o ALOS e o ASTER também foram os que mais divergiram no galgamento quando comparado com o VANT. Todavia, são necessários mais estudos para compreender o comportamento de todos MDE'S aqui estudados em outras praias com diferentes morfometrias e avaliar a aplicabilidade dos mesmos.

REFERÊNCIAS

Almar, R., Ranasinghe, R., Bergsma, E. W., Diaz, H., Melet, A., Papa, F., ... & Kestenare, E. (2021). A global analysis of extreme coastal water levels with implications for potential coastal overtopping. Nature Communications, 12(1), 1-9.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb,

M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Leal-Alves, D. C., Weschenfelder, J., da Guia Albuquerque, M., de Almeida Espinoza, J. M., Ferreira-Cravo, M., & de Almeida, L. P. M. (2020). Digital elevation model generation using UAV-SfM photogrammetry techniques to map sea-level rise scenarios at Cassino Beach, Brazil. SN Applied Sciences, 2(12), 1-19.

Parise, C. K., Calliari, L. J., & Krusche, N. (2009). Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. Brazilian Journal of Oceanography, 57, 175-188.

Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., & Sallenger Jr, A. H. (2006). Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coastal engineering, 53(7), 573-588.

AVALIAÇÃO QUALIQUANTITATIVA DE RESÍDUOS NA PRAIA DOMORRO DE SÃO PAULO - BRASIL ANTES E DURANTE A PANDEMIA DACOVID-19

Elson Pascoal Dias, Devson Paulo Palma Gomes, José Rodrigues de Souza Filho*, Antônio Anselmo Silva Chagas e Patrícia Oliveira dos Santos

Instituto Federal Baiano de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBAIANO, Brasil,jrsouzageografia@gmail.com

Palavraschave:GestãoCosteira,Resíduos,Covid-19.

INTRODUÇÃO

Praias turísticas e zonas costeiras adjacentes normalmente envolvem aglomerações de pessoas (visitantes e moradores), oferecendo serviços e atividades potencialmente impactantes (hospedagem, alimentação, lazer etc.), ou seja, são suscetíveis a problemáticas relacionadas a geração de resíduos sólidos (ZIELINSKI *et al*, 2019). A praia de Morro de São Paulo localizada no Estado da Bahia, aparece entre os destinos mais procurados do Brasil. Por apresentar diversos atrativos naturais (praias e piscinas naturais) e infraestrutura de recreação e lazer (boates, resorts, hotéis, albergues, restaurantes etc.), geralmente atrai um número significativo de turistas brasileiros e estrangeiros durante todo o ano (SILVA *et al*, 2009).

O ano de 2020 foi atípico para as atividades turísticas em todo o mundo, devido aos efeitos da pandemia de COVID-19 (causada pelo vírus SARS-CoV-2). Baseado nas orientações da Organização Mundial de Saúde (OMS) e em determinações governamentais foram adotadas medidas relacionadas a interdição de praias para uso da população e proibição da chegada de visitantes. A partir deste período, diversos estudos (SOTO *et al*, 2021; ZIELINSK e BOTERO, 2020) foram realizados com o objetivo de investigar as mudanças na geração e tipos de resíduos e as consequências advindas do cenário de reabertura das praias para os visitantes e possíveis soluções para o reordenamento do turismo (distanciamento social, redução dos horários de funcionamento dos estabelecimentos, utilização de higienizadores (álcool gel) e máscaras etc.).

Neste contexto, o presente trabalho teve como intuito avaliar qualiquantitativa os resíduos gerados na praia turística do Morro de São Paulo. Salienta-se que o presente trabalho, abrangeu períodos anteriores a pandemia (agosto de 2019 a fevereiro de 2020), de interdição da praia para uso da população e proibição da chegada de visitantes (março a agosto de 2020) e da retomada das atividades econômicas (setembro a dezembro de 2020).

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada na Segunda Praia do Morro de São Paulo, Município de Cairu, pertencente a Zona Turística da Costa do Dendê no Território de Identidade do Baixo Sul do Estado da Bahia. Para este trabalho foi adaptada a metodologia desenvolvida no *Programa de Calidad Ambiental en Playas Turisticas del Caribe Norte Colombiano 2010-2013*, com base na presença de resíduos que impactam a qualidade recreacional das praias (BOTERO *et al*, 2014).

Foram realizadas 09 coletas de campo entre agosto de 2019 e dezembro de 2020, a cada 2 meses, totalizando o período de 18 meses. As campanhas de campo foram realizadas sempre após o período com maior fluxo de usuários e banhistas, anteriormente estimado a partir de fotos tiradas a cada hora, para permitir a identificação do fluxo do usuário durante o dia (SOUZA FILHO *et al*, 2014).

RESULTADOS

No presente trabalho, foram contabilizados 22.568 resíduos ao longo do período de estudo (agosto de 2019 a dezembro de 2020), no qual as categorias que mais apresentaram resíduos foram as de resíduos comuns (latas de bebidas, embalagens de alimentos, garrafas plásticas etc.) e “bitucas de cigarro”, com respectivamente 47,9 e 35 % do total de resíduos coletados. Diversos autores (JAAMBECK *et al*, 2015;), vêm corroborando que o resíduo do plástico é o mais encontrado nas praias e ecossistemas marinhos em todo o mundo, em virtude da crescente disponibilidade em diversos produtos de consumo e sua alta durabilidade e resistência dentro do ambiente marinho. As bitucas de cigarro geralmente se enquadram entre os resíduos presentes em grande quantidade nas praias brasileiras, pois são difíceis de serem coletadas pelos serviços municipais de limpeza devido ao seu tamanho reduzido.

No período anterior a Covid verifica-se uma maior produção de resíduos sólidos de novembro de 2019 a fevereiro de 2020, sendo atribuída ao grande fluxo de turistas, sem restrições, durante a chamada alta estação para o turismo de “sol, areia e mar” no Brasil que coincide com o final da primavera e todo o verão.

Em relação ao período de interdição da praia, para uso da população devido a pandemia da COVID-19, verificou-se a diminuição na geração dos resíduos sólidos em geral e especialmente na quantidade das bitucas de cigarro devido proibição da chegada de visitantes a ilha. Efeitos similares foram encontrados por Fernandino e Elliff (2020) ao analisarem outras praias brasileiras, em que se verificou uma diminuição das concentrações usuais de plásticos e outros resíduos tipicamente encontrados nas faixas secas onde os banhistas costumam se instalar. De acordo com Zielinski e Botero (2020), a diminuição do fluxo de turistas possibilitou um impacto positivo a curto prazo, pois houve um maior tempo para recuperação das praias e espécies marinhas em relação as pressões humanas (turismo predatório, poluição sonora, geração de efluentes e resíduos sólidos etc.), resultando em melhores qualidades ambientais, visuais e acústicas ao ambiente marinho. Outro aspecto importante a ser mencionado no presente trabalho é o surgimento de máscaras de proteção na praia e resíduos de construção civil, em decorrência da obrigatoriedade de uso de máscaras para redução da probabilidade de contágio do COVID-19, e reformas das pousadas e bares próximos a praia, respectivamente. O distrito de Morro de São Paulo voltou a receber turistas a partir da 3ª (terceira) fase do plano Novo Normal Cairu, iniciada em 03 de setembro de 2020, onde verificou-se nas coletas novo aumento na geração dos resíduos característicos da presença de turistas, inclusive dos novos tipos de resíduos, como as máscaras de proteção/prevenção ao coronavírus.

CONCLUSÕES

Após análise dos dados do presente trabalho, foi observado que a categoria de resíduos comuns (latas de bebida, embalagens de alimentos e garrafas plásticos) representou o maior número com o total de 10.818 itens, seguida por bitucas de cigarro (7888 itens). Verificou-se também no período de interdição das praias e proibição da chegada de visitantes que ocorreu uma diminuição na geração de resíduos sólidos comuns (plásticos, alimentos etc.), bem como, o aparecimento de novos tipos como as máscaras de proteção, em decorrência da obrigatoriedade de uso de máscaras para redução da probabilidade de contágio da COVID-19, e de construção civil devido as reformas das pousadas, hotéis e bares próximos a praia.

Portanto, destaca-se que o fechamento da ilha possibilitou uma redução das pressões antropogênicas no ecossistema costeiro a partir da paralisação da atividade turística, tendo como destaques positivos a diminuição na quantidade dos resíduos encontrados na areia e de sua geração na ilha como um todo, e a consequente redução da poluição visual.

REFERÊNCIAS

BOTERO, C; PABA, G. M.; MARQUEZ, E. G.; MENDOZA, C. D.; SOLANO, B. D.; CORONADO, J. R. Modelo para la determinación del índice de calidad ambiental en playasturísticas (ICAPTU) del caribe norte colombiano. Programa de Calidad Ambiental en Playas Turisticas del Caribe Norte Colombiano 2010-2013. Santa Marta, Colombia, 2014. https://www.academia.edu/9333964/INFORME_FINAL_DEL_PROGRAMA_DE_CALIDAD_ AMBIENTAL_EN_PLAYAS_TURISTICAS_DEL_CARIBE_NORTE_COLOMBIANO_2010_2013

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, [S.L.], v. 347, n. 6223, p. 768-771, 12 fev. 2015. American Association for the Advancement of Science (AAAS). http://dx.doi.org/10.1126/science.1260352

SILVA, I. R.; NASCIMENTO, H. M.; REBOUÇAS, R. C. Avaliação da sensibilidade ambiental das praias localizadas no Arquipélago Tinharé/Boipeba, Litoral Sul do Estado da Bahia. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 2, p. 193-201, 2009.

SOTO, E.H.; BOTERO, C.M.; MILANÉS, C.B.; RODRÍGUEZ-SANTIAGO, A.; PALACIOS- MORENO, M.; DÍAZ-FERGUSON, E.; VELÁZQUEZ, Y.R.; ABBEHUSEN, A.; GUERRA- CASTRO, E.; SIMOES, N.; MUCIÑO-REYES, M.; SOUZA FILHO, J.R. How does the beach ecosystem change without tourists during COVID-19 lockdown? Biological Conservation, [S.L.], v. 255, p. 108972, mar. 2021. Elsevier BV.https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.108972

SOUZA FILHO, J.R.; SANTOS, R.C.; SILVA, I.R.; ELLIFF, C.I. Evaluation of recreational quality, carrying capacity and ecosystem services supplied by sandy beaches of the municipality of Camaçari, northern coast of Bahia, Brazil. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 70, 2014a, p. 527-532. https://doi.org/10.2112/SI70-089.1

ZIELINSKI, S.; BOTERO, C. M.; YANES, A. To clean or not to clean? A critical review of beach cleaning methods and impacts. Marine Pollution Bulletin, [S.L.], v. 139, p. 390-401, fev. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.027

ZIELINSKI, S.; BOTERO, C. Beach Tourism in Times of COVID-19 Pandemic: Critical Issues, Knowledge Gaps and Research Opportunities. International Journal of Environmental Research and Public Health, [S.L.], v. 17, n. 19, p. 7288, 6 out. 2020. MDPI AG. https://doi.org/10.3390/ijerph17197288

BAÍA DA ILHA GRANDE: PRINCIPAIS ATIVIDADES ECONÔMICAS E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS

Joanny Miranda[1,2] *, Rafaella Andrade[2], Melanie Silva[2], Luís Skinner[1,2]

1Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524, sala 4018, Bloco E - 20550-013 - Maracanã, Rio de Janeiro/RJ - Brasil. joannymiranda1@gmail.com

2 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Laboratório de Ecologia e Dinâmica Bêntica Marinha. Rua Francisco Portela, 1470, sala 172, Patronato, São Gonçalo - 24435-005 - Rio de Janeiro/RJ - Brasil. r afa.andrade2109@gmail.com; melanie30071990@gmail.com; lskinner@uerj.br

Palavras-chave: Baía da Ilha Grande, impactos socioambientais, maricultura, pesca artesanal, turismo.

A Baía da Ilha Grande (BIG) possui enorme beleza cênica e sua elevada biodiversidade constitui um hotspot no litoral brasileiro. A partir da década de 1970, com a construção da rodovia BR- 101, o turismo (mergulho, trilhas, pesca esportiva) na região cresceu, tendo se intensificado nos últimos 30 anos, acarretando importantes mudanças socioambientais (GAMA *et al*., 2006; GOMES 2019; RIBEIRO *et al*., 2015). Além do turismo, a BIG possui usos que fazem parte da economia regional como as atividades relacionadas às comunidades tradicionais, como a pesca artesanal e a maricultura. A participação da região na economia nacional, por meio de atividades industriais e portuárias de apoio à exploração petrolífera, ao setor naval e de energia nuclear (ROCHA 2019) contribuem diretamente com 2,9% do Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro, no entanto, apresentam conflitos que se relacionam ao uso sustentável do espaço, somando-se aos impactos causados pela pesca industrial e predatória, que ocorre em muitas das Unidades de Conservação (UC's) da BIG (JOVENTINO *et al*., 2013; INEA 2015).

O presente trabalho objetivou realizar um levantamento das principais atividades econômicas realizadas na BIG, para assim compreender os impactos socioambientais causados na região. Este levantamento, foi realizado em agosto de 2021, baseou-se na literatura disponível nas bases Scielo, Google acadêmico e ResearchGate, e na experiência dos autores em realizar uma revisão integrativa.

A BIG abrange os municípios de Angra dos Reis, Paraty e Mangaratiba e está localizada no Sudeste do Brasil (INEA 2015; FARIAS *et al*.; 2016). Os altos investimentos na indústria e turismo, principalmente na região de Angra dos Reis, fomentaram o aumento populacional, desempenhando importante papel na ocupação da região. Entretanto, os diferentes usos da BIG promovem impactos ao território (INEA 2015). Entre 1994 e 2013, foram concedidas 425 licenças ambientais a empreendimentos, com 50% destinados à obras e construções, onde mesmo representando importantes atividades econômicas da BIG são potencialmente poluidores (INEA 2015).

A implementação de grandes empreendimentos como o estaleiro Velrome (BrasFELS) (1959), as usinas nucleares Angra I e II (1972 e 1976) e o terminal da Baía da Ilha Grande da Petrobrás (1977) (INEA 2015), contribuem para o aumento no fluxo de embarcações na região e estão relacionados a introdução de espécies exóticas (bioinvasões), um problema crescente na região (CREED *et al*., 2007; DIAS *et al*., 2021). A BIG é o local com a maior concentração de marinas e embarcações de recreio da América do Sul e uma das maiores em relação a atividades de navegação de cabotagem e transoceânica (SKINNER *et al*., 2016). O Compilado das espécies exóticas marinhas registradas na BIG compreende 15 espécies, preferencialmente concentradas ao longo do canal de navegação, próximo às áreas de fundeio de navios e às enseadas destinadas ao fundeio de transatlânticos (INEA 2015), reforçando a relação entre navegação e introduções de espécies (BAX *et al*., 1999; BOURNE *et al*., 2018; ALBANO *et al*., 2019).

A BIG concentra intensa atividade pesqueira envolvendo desde populações caiçaras, com suas artes tradicionais de pesca (pesca artesanal) , até setores empresariais (INEA 2015). Em 2015, 384 embarcações pesqueiras estavam registradas na Capitania dos Portos de Angra dos Reis (INEA, 2015). A prática de atividades que preservem a cultura como a pesca artesanal e a maricultura praticada pela comunidade local, são fundamentais para a conservação da diversidade biológica e dos serviços ecossistêmicos da região.

Com base no presente estudo, podemos concluir que a concentração de empreendimentos de grande porte presentes na BIG, juntamente às atividades ligadas ao petróleo, concorrem na disputa pelo uso do território costeiro com a população local e suas principais práticas de subsistência. O desenvolvimento do turismo e a grande concentração de barcos nesta atividade aumentaram, e com isso, os riscos de acidentes envolvendo derramamento de óleo e combustível também, sendo um risco eminente na região. Superlotação de praias e acúmulo de resíduos sólidos tem forte relação com o turismo desordenado. Outra questão significativa é a expansão imobiliária, que têm causado impactos como apropriação dos espaços costeiros, aterros particulares, construções irregulares, lançamento de efluentes domésticos no mar dentre outros. Este conjunto de estressores desencadeia uma precarização da prestação de serviços públicos básicos, como abastecimento de água e saneamento, comprometendo a qualidade da água das praias.

A BIG comporta diversos ecossistemas costeiros e habitats marinhos, que em sua maioria são protegidos nas unidades de conservação. Estas UCs preservam também espaços culturais, educativos, científicos e recreacionais, de uso comum do povo. A proteção desses espaços por meio de autoridades é fundamental para preservá-las, e desse modo, defender este valioso patrimônio ambiental e cultural.

REFERÊNCIAS

ALBANO, P. G. *et al*. Management priorities for marine invasive species. *Science of the Total Environment journal*, 2019.

BAX, N. *et al*. The Control of Biological Invasions in the World' s Oceans. *Conservation Biology*, v. 15, n. 5, p. 1234–1246, 1999.

BOURNE, S. D. *et al*. Marine Invasion Genomics: Revealing Ecological and Evolutionary Consequences of Biological Invasions. *Springer International Publishing*, p. 1 - 36, 2018.

CREED, J. C. RAP Ilha Grande - um levantamento da biodiversidade: histórico e conhecimento da biota, 2007.

DIAS, P. J. *et al*. Multiple introductions and regional spread shape the distribution of the cryptic ascidian *Didemnum perlucidum* in Australia: An important baseline for management under climate change. *Aquat. Invasions*,16, 297–313, 2021.

FARIAS, A. B. C. *et al*. Geoturismo e Geonímia na Ilha Grande – Angra dos Reis (RJ): subsídio à visitação pública de Abraão e Saco do Céu. *Caderno Virtual de Turismo*. Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 88-104, 2017.

GAMA, S. V. G. *et al*. Os impactos ambientais e o processo de gestão integrada: experiências na Vila de Abraão - Ilha Grande, Angra dos Reis (RJ). *Sociedade & Natureza*, v. 18 (35), 2006.

GOMES, J. M. A. A. O papel central das unidades de conservação e da atividade turística na dinâmica espacial da Ilha Grande- RJ. *Anais do Uso Público em Unidades de Conservação*, v. 7 (11), p. 79-89, 2019.

INEA. *Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande Subsídios à Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC)*. Rio de Janeiro, v. 1, 2015.

JOVENTINO, F. K. P. *et al*. Sidney. Pesca artesanal na Baía de Ilha Grande, no Rio de Janeiro: conflitos com unidades de conservação e novas possibilidades de gestão. *Política e sociedade*. Florianópolis, v. 12 (23), 2013.

RIBEIRO, M. *et al*. *Turismo Sustentável na Ilha Grande: uma análise frente ao turismo de massa*. In: *VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*. Turismo em Zonas Costeira, Aveiro, p. 10-25, 2015.

ROCHA, R, G, S. *Ecomuseu Ilha Grande: sustentabilidade, cidadania e resistência*. Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação e Gestão do Patrimônio Cultural das Ciências e da Saúde) – Fundação Oswaldo Cruz. Casa de Oswaldo Cruz, 2019.

SKINNER, L. F. *et al*. Rapid Assessment Survey of introduced ascidians in a region with many marinas in the southwest Atlantic Ocean, Brazil. *Management of Biological Invasions*, v. 7, n. 1, 2016.

BENTOS DE INFRALITORAL EM COSTÕES ROCHOSOS ADJACENTES AO CULTIVO DE BIJUPIRÁS NA ENSEADA DO BANANAL, ILHA GRANDE, RJ

Marcella Z. Amaral*, Alexandre F. Azevedo, Marcos B. Pereira, Mônica D. Corrêa-Silva

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (zicarimarcella@gmail.com)

Palavras chave: Organismos bentônicos, substrato consolidado, fazenda marinha.

INTRODUÇÃO

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) a aquicultura é considerada uma alternativa relevante de produção de alimentos, capaz de suprir a crise no setor pesqueiro causada pela exploração desordenada da zona costeira (SHELL, 1993). Com a ascensão do cultivo de peixes em tanques-rede, a avaliação de seus possíveis impactos gerados se torna essencial, uma vez que há o desafio de manter simultaneamente os interesses da indústria e da produção de matéria-prima, sem que traga consequências negativas ao meio ambiente (TOVAR *et al*., 2000). Estes sistemas de produção localizam-se, geralmente, nas proximidades da costa litorânea e podem impactar o meio ambiente através do acúmulo de nutrientes dissolvidos, de sólidos em suspensão e de matéria orgânica. Se coordenados de forma inapropriada, podem alterar a composição e estrutura de comunidades bentônicas adjacentes (FOLKE e KAUTSKY, 1992).

Os habitats costeiros rochosos estão entre os ecossistemas marinhos mais produtivos do planeta (CREED *et al*., 2007). As comunidades bentônicas possuem participação efetiva na cadeia trófica e suas espécies funcionam como agentes estruturadores do ambiente. A maioria destas comunidades comporta um grande número de espécies, e como a sensibilidade aos efeitos varia de espécie para espécie, é possível identificar efeitos dos poluentes refletidos nas mudanças estruturais da comunidade ao longo do tempo de acompanhamento (COUTINHO & ZALMON, 2009).

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do cultivo de bijupirás (*Rachycentron canadum*) sobre a comunidade bentônica de infralitoral por meio da caracterização de sua composição e estrutura em três pontos de costões rochosos, adjacentes à fazenda marinha localizada na Enseada do Bananal, Ilha Grande (RJ).

METODOLOGIA

As amostragens dos dados biológicos foram realizadas na Enseada do Bananal, Ilha Grande – Angra dos Reis – RJ, a 23º11' Sul e 44º 26', em quatro campanhas: em setembro e dezembro de 2019, e em agosto e novembro de 2020. Foram determinadas três estações de coleta: uma em frente ao cultivo de bijupirás (a 23°06'51.6"S e 44°15'47.1"W) e duas áreas controle com características oceanográficas e fisiográficas semelhantes à área da fazenda marinha (Controle I a 23°06'01.5"S e 44°15'29.7"W; Controle II a 23°06'43.5"S e 44°15'29.2"W). A coleta foi realizada na região infralitorânea, entre 3 e 4m de profundidade, através da técnica de mergulho autônomo, mediante amostrador com dimensões de 50x50 cm composto por 100 subquadrados, disposto lado a lado aleatoriamente, com estimativa do percentual de recobrimento realizada pelo método de interseção de pontos (não-destrutivo), considerando o organismo sob cada interseção igual a 1%. Para comparação estatística entre as estações e campanhas, foram utilizados os descritores: número

total de espécies, diversidade de Shannon-Wiever (H') e equitabilidade de Pielou (J). As diferenças entre os resultados de riqueza foram analisadas pelo teste de KruskalWallis, assumindo-se a não normalidade dos dados, seguido do teste de comparações múltiplas a posteriori (Teste de Dunn), através do pacote de tratamento estatístico Statistica 10.0 (STATSOFT ®).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificado um total de 27 espécies, sendo 01 do filo Bryozoa, 05 do filo Cnidaria, 01 do filo Gastropoda, 04 do filo Porifera e 04 do filo Chordata, referentes aos invertebrados. Com relação às macroalgas, foram identificadas 04 espécies pertencentes à divisão Chlorophyta, 03 à divisão Phaeophyta e 05 à divisão Rhodophyta. Um maior número de espécies de algas Rhodophytas, seguido de Chlorophytas, e o menor número de Phaeophytas, representa o padrão biogeográfico da costa brasileira (FALCÃO *et al*.,1992).

Entre as Rhodophytas, a *Amphiroa* sp. e a *Jania adhaerens* foram as mais dominantes, assim como observado por Brito *et al*. (2002) em levantamento de macroalgas de costões rochosos adjacentes ao Terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca na Baía da Ilha Grande. Porém, o maior número de espécies foi da ordem Ceramiales (*Centroceras clavulatum*, *Dasya* sp. e *Gelidium pusillum*), fato reconhecido como um fenômeno geral no Brasil (OLIVEIRA-FILHO, 1977). A Phaeophyta *Hincksia mitchelliae* foi registrada em todas as campanhas e estações. A presença de algas pardas pode ser considerada importante indicativo da ausência de impactos recentes na área (BERCHEZ & OLIVEIRA, 1992).

Entre os invertebrados, o coral *Palythoa caribaeorum* foi registrado em todo o período de estudo com as maiores médias de percentual de cobertura. Seu elevado percentual de cobertura é indicador de local com boa qualidade de água, visto que esta espécie não tolera ambientes com baixa qualidade (SPRUNG & DELBEEK, 1997). No presente estudo, suas médias de cobertura encontram-se dentro dos níveis considerados como ótimos da região, como já observado por Lages & Meurer (2014) na porção oeste da Baía da Ilha Grande, onde foi analisado a variação espacial e temporal da cobertura de *P. caribaeorum*, cuja média percentual foi acima de 30%. Sua maior abundância em comparação com o *Zoanthus sociatus*, o qual apresentou na Enseada do Bananal os menores percentuais de cobertura dentre os cnidarios, pode ser explicada pelo fato de o primeiro ser um competidor mais resistente, considerando que, caso haja espaço vazio, o P. caribaeorum prevalece na ocupação (BASTIDAS & BONE, 1996).

Foi comprovado através das análises estatísticas que não há diferenças significativas entre os pontos ($p = 0,0907$) e entre as campanhas ($p = 0,2872$). Porém, nota-se uma tendência a menor riqueza na estação Cultivo, enquanto que os maiores valores dos índices de diversidade e equitabilidade foram observados em todas as campanhas nesta mesma estação. Segundo Silveira (2004), ambientes não perturbados são caracterizados por alta diversidade e equitabilidade, portanto, estes maiores índices registrados na estação Cultivo, podem ser indicativos de que a área com presença da fazenda marinha não apresenta interação com a comunidade bentônica local do infralitoral.

CONCLUSÃO

Pode-se inferir através deste estudo, que as atividades de produção da fazenda marinha de bijupirás na Enseada do Bananal, não geram interferência na comunidade bentônica do infralitoral do costão adjacente, visto que, além de não haver diferenças significativas entre as campanhas e estações, a composição e estrutura destas comunidades não distinguiram de outras regiões da Baía da Ilha Grande. Sugere-se complementação com estudos de médio a longo prazo, a fim de definir padrões de sazonalidade das comunidades bentônicas dos costões adjacentes às atividades de cultivo de organismos marinhos, como ferramenta de monitoramento e gestão ambiental frente à possíveis efeitos cumulativos dos resíduos gerados.

REFERÊNCIAS

BASTIDAS; C. & BONE, D. 1996. Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum and Zoanthus sociatus* (Cnidaria:Anthozoa) at a reef flat environmental in Venezuela. *Bulletin of Marine Science*, 59:543555.

BERCHEZ, F.A.S. & OLIVEIRA, E.C. 1992. Temporal changes in benthic marine flora of the Baía de Santos, SP, Brazil, over the last four decades. In: CORDEIRO-MARINO, M. *et al*. (eds). *Algae and environment*: a general approach. Sociedade Brasileira de Ficologia/Cetesb, São Paulo, pp. 120-131.

BRITO, L.V.R.; SZÉCHY, M.T.M. & CASSANO V. 2002. Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao Terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. *Atlântica*, 24: 17-26.

COUTINHO, R. & ZALMON, I.R. 2009. *Os bentos de costões rochosos*. 2 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 281-297.

CREED, J.C.; PIRES, D.O. & FIGUEIREDO, M.A.O. (org.). 2007. *Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 416pp. (Série Biodiversidade 23).

FALCÃO, C.; MAURAT, M.C.; NASSAR, C.A.G.; SZÉCHY, M.T.M. & MITCHELL, G.J.P. 1992. Benthic marine flora of the northeastern and southeastern coast of Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil: phytogeographic considerations. *Botanica Marina*, Berlin, 35:357 364.

FOLKE C. & KAUTSKY N. 1992. Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. *Ocean Shoreline Management* 17: 5-24.

LAGES, N.S. & MEURER, B.C. 2014. Variações na cobertura de *Sargassum* C. Agardh, 1820:1e *Palythoa caribaeorum* (Duchassaing&Michelotti, 1860) relacionadas a fatores ecológicos em quatro áreas na porção oeste da Baía da Ilha Grande, RJ. *Revista BioUSU*, v.1, n.1.

OLIVEIRA-FILHO, E.C. 1977. *Algas marinhas bentônicas do Brasil*. São Paulo, 407p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo.

SHELL, E.W. 1993. *The development of aquaculture: an ecosystem perspective.* Auburn: Auburn University; Alabama Agricultural Experiment Station.

SILVEIRA, M.P. 2004. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios.* 1. ed., Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente. 68p.

SPRUNG, J. & DELBEEK, J.C. 1997. *The Reef Aquarium*. Miami: Ricordea Publishing.

TOVAR, A.; MORENO, C.; MANUEL-VEZ, M.P. & GARCIA-VARGAS, M. 2000. Environmental implicatios of intensive marine aquaculture in earthen ponds. *Marine Pollution Bulletin*, 40(11): 981-988.

CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA E EROSÃO DA PRAIA EM GANDOCA: REFÚGIO NACIONAL DE VIDA SELVAGEM GANDOCA-MANZANILLO, LIMÓN, COSTA RICA

Alvarado, E. B.[1]*, Barros, F. D.[1], Quesada, C. A.[1], Castillo, G. B.[1]*, Silva, A. L. C.[2]

[1] * *Universidad Nacional de Costa Rica, estefania1693@gmail.com, gustavo.barrantes.castillo@una*

[2] *UERJ - UniversidadedoEstado doRiodeJaneiro,Brasil,andrelcsilvageouerj@gmail.com*

Palavras chave: Praias, erosão costeira, ordenamento territorial, Caribe Sul da Costa Rica.

RESUMO

A caracterização da dinâmica e do comportamento de praias é importante para o ordenamento dos espaços costeiros. O Caribe sul da Costa Rica vem experimentando um processo erosivo, que torna necessária a caracterização da sua dinâmica e erosão (Barrantes e Sandoval, 2021). O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a dinâmica da praia de Gandoca e relacioná-la com os processos erosivos relatados, a fim de contribuir para o desenvolvimento do Plano Nacional de Manejo do Refúgio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, bem como para o ordenamento territorial da província de Limón, na Costa Rica. A Praia de Gandoca está localizada no extremo sul do Caribe costarriquenho, no distrito de Sixaola, província de Limón (Figura 1A). O litoral possui 9 km de extensão, com praias arenosas e pântanos, como a lagoa da Gandoca.

METODOLOGIA

A metodologia se baseou em perfis topográficos de praia sazonais entre 2018 e 2019 (Emery, 1961), para a identificação do comportamento da praia nas diferentes estações do ano; coleta de areia da praia, para análise granulométrica; e registro das condições de mar. A granulometria dos sedimentos foi feita com base no Sistema de Análise de Forma e Tamanho de Partícula com Processamento de Imagem Digital (CAMSIZER), para posterior classificação dos materiais (Wentworth, 1922). A análise do comportamento da linha de costa objetivou identificar processos de erosão, estabilidade ou acreção, a partir da sobreposição do limite entre a vegetação e a praia (Boak & Turner, 2005), em: ortofotos do Projeto de Cadastro e Regularização de Cadastro de 2005, imagens de satélite de 2009, ortofotos de 2016 fornecidas pela Comissão Nacional de Prevenção de Riscos e Atenção a Emergências da Costa Rica (CNE). Estas informações foram complementadas com entrevistas semiestruturadas realizadas na comunidade de Playa Gandoca, a fim de identificar as mudanças na praia e os efeitos da erosão a partir da percepção dos que vivem no local há mais de 30 anos.

RESULTADOS

A análise do comportamento da linha de costa, entre 2005 e 2009, permitiu identificar um recuo predominante no setor sudeste da área de estudo; enquanto, no setor nordeste, constatou-se um comportamento marcado pela alternância entre recuo, avanço e estabilidade em momentos distintos (Figura 1A). Entre os anos de 2005 e 2016 observou-se um comportamento marcado por um recuo generalizado da linha de costa na área de estudo, com exceção do setor junto à foz do rio Sixaola e alguns outros pequenos segmentos intercalados na seção central do litoral (Figura A). Com base na variabilidade topográfica apresentada pelos perfis de praia (Figura 1B, C, D, E), constatou-se uma

elevada dinâmica, com grandes mudanças na morfologia e largura da praia; com destaque para o perfil 2, que exibiu um recuo da praia de cerca de 15 metros entre março e maio de 2019 (Figura 1D). o local do perfil 1 a praia se apresenta mais larga em março de 2019, enquanto se observa uma redução da largura nos demais perfis, possivelmente devido ao acúmulo de sedimentos pela deriva litorânea de sudoeste para nordeste. No perfil 2 é notável a diminuição no volume de areias entre 2018 e 2019. Uma escarpa de tempestade proeminente, com cerca de 2 metros de altura, evidencia a predominância de processos erosivos neste período. A perda expressiva de areias causou uma diminuição na largura e altura da praia, com concomitante recuo da mesma em direção ao continente entre março e maio de 2019 (Figura 1C), caracterizando um processo acentuado de erosão neste trecho em Gandoca. Nos perfis topográficos 3 e 4 (Figura 1D e E) nota-se uma dinâmica marcada pela formação alternada de escarpas de tempestade, durante períodos de maior energia das ondas, com posterior reconstrução do perfil da praia a partir da formação das bermas. Esse comportamento é típico de um ambiente de praia sujeito as rápidas mudanças na energia das ondas e consequente troca de areias entre a parte emersa e submersa. A granulometria da praia de Gandoca é constituída principalmente por areia média (50- 65%), tanto no pós-praia como na zona de intermaré. Areia grossa aparece com destaque no setor noroeste (25-30%); o mesmo ocorre com a areia fina, que aumenta em quantidade no setor sudeste (15-30%). Esse padrão de distribuição das areias evidencia uma diminuição no tamanho dos grãos de noroeste para sudeste, sugerindo uma diminuição da energia das ondas incidentes na mesma direção. Com base nas entrevistas junto aos moradores locais, os principais conceitos percebidos pelos mesmos para explicar as transformações da praia são: erosão costeira e mudanças climáticas. Dentre as principais transformações observadas na praia foram mencionadas: a) pouca ou nenhuma desova de tartarugas, b) encurtamento da praia, c) avanço do mar em direção à terra, d) danos à infraestrutura no litoral. Os resultados obtidos mostram a eficácia na implementação de ferramentas de baixo custo para a caracterização da praia, que apontam para a urgência na continuidade dos monitoramentos. As alterações registadas na praia de Gandoca evidenciam uma tendência de erosão costeira a curto e médio prazo; principalmente nos locais 2 e 3 da área estudada. Por sua vez, a comunidade percebe as alterações no ambiente de praia como um processo erosivo que produz um efeito negativo nas suas atividades económicas e sociais, com impactos nos recursos marinhos-costeiros, que são utilizados pela comunidade no desenvolvimento de atividades de ecoturismo.

BIBLIOGRAFÍA

Barrantes, G., y Sandoval, L. F. (2021). Cambios en la línea de costa en el Caribe Sur de Costa Rica durante el periodo 2005-2016. *Rev. de Ciencias Ambientales*, 55(2), 111-140. https://doi.org/10.15359/rca.55-2.6

Boak, E. H., y Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: A Review. Journal of Coastal Research, (214), 688-703.

Emery, K.O. (1961) A Simple Method of Measuring Beach Profiles. Limnology and Oceanography, 6, 90-93. Recuperado el 01 de agosto del 2021, de http://dx.doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090

Wentworth Ch. (1922). A SCALE OF GRADE AND CLASS TERMS FOR CLASTIC

SEDIMENTS. Journal of Geology, Vol 30, No. 5, 1922, pp 377-392. Recuperado el 01 de agosto del 2021, de https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/622910.

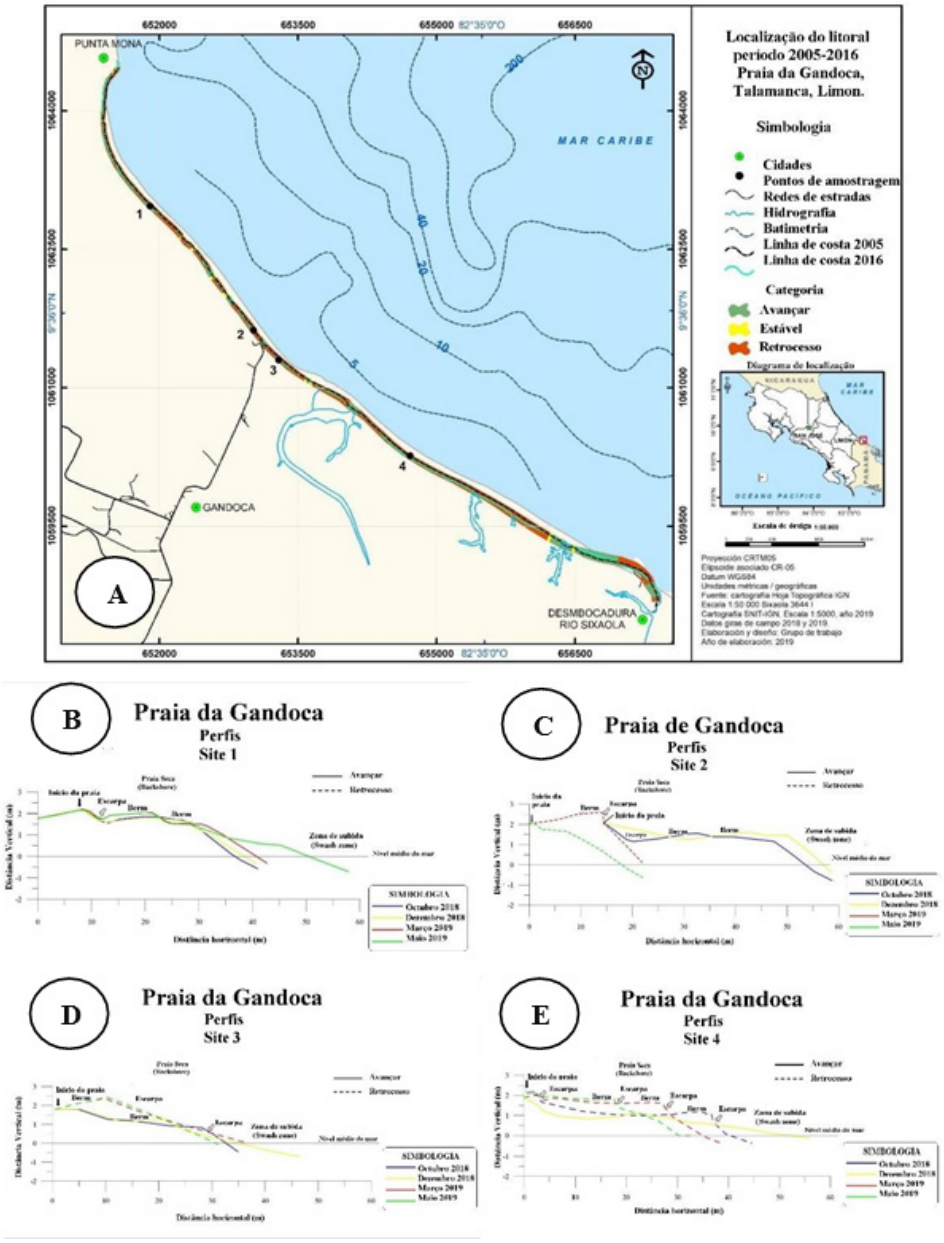


Figura 1. Localização da área de estudo e resultados do mapeamento da linha de costa entre 2005 e 2016 (A). Perfis topográficos de praia entre 2018 e 2019 (B, C, D, E).

CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS NA ORLA DE MARATAÍZES, ES, PERANTE AO ESTADO EVOLUTIVO DA URBANIZAÇÃO

Karlany Brandão*, Jacqueline Albino[2]

** Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, karlany.silva@edu.ufes.br*

[2] Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, jacqueline.albino@ufes.br

Palavras chave: suscetibilidade ambiental, vulnerabilidade costeira, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente de contínua transformação, seja devido aos processos físicos naturais ou pelas alterações antrópicas. O Brasil possui 463 municípios costeiros, os quais são ocupados por 26,6% da população brasileira, totalizando em média 50,7 milhões de habitantes IBGE (2011). Ao longo do tempo, a ocupação do litoral aconteceu de maneira desordenada e, assim, a paisagem recebeu urbanização em diferentes níveis e, sendo realizada inadequadamente, resulta em diferentes impactos - físicos, ecossistêmicos e/ou sociais, que representam a perda na função física ou socioeconômica do valor funcional da zona costeira. O impacto biofísico é relacionado ao componente físico associado ao perigo natural – além dos seus impactos físicos - e ao componente biológico associados às propriedades do sistema afetado que atuam para reduzir os danos resultantes desses impactos (ADGER *et al*, 2004). Enquanto os impactos sociais são referentes a capacidade adaptativa e a resiliência da comunidade local (Nordstrom, 2010). Os impactos são capazes de gerar vulnerabilidades a partir da suscetibilidade do ambiente costeiro, sendo a suscetibilidade entendida como a

probabilidade do sistema costeiro ser afetado por eventos naturais (Woodroffe, 2007) e a vulnerabilidade, a relação entre susceptibilidade, às perdas geradas e a capacidade adaptativa de cada sistema costeiro (McFadden, 2007). É preciso compreender qual é o grau de exposição ao risco da comunidade costeira em questão, representada pela suscetibilidade da área ocupada perante perigos capazes de causarem danos e perdas. A capacidade adaptativa é um fator importante na medição da vulnerabilidade, uma vez que a adaptação é uma resposta direta aos perigos enfrentados (McFadden, 2007). Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo classificar os impactos em biofísicos e sociais, da orla de Marataízes/ES, frente processos erosivos e inundacionais, bem como analisar a relação da vulnerabilidade e o estado evolutivo da urbanização da orla nos últimos 15 anos (2005 - 2020).

METODOLOGIA

A fim de que os objetivos fossem alcançados foi de fundamental importância a divisão do litoral em três setores - Setor I, Setor II e Setor III , o que permitiu avaliar as particularidades geomorfológicas. A elaboração de base teórica e coleta de dados secundários basearam-se no Plano Diretor Municipal, IBGE e estudos realizados por Santos (2005), Santos (2017) e Girardi & Cometti (2006). Na classificação dos diferentes níveis de urbanização da orla de Marataízes foi proposta uma adaptação do Projeto Orla e do estudo realizado por Hattam e colaboradores (2015), que resultou na avaliação da urbanização por elementos paisagísticos e distribuição espacial, como na relação entre fatores naturais e antrópicos. São apresentadas 3 classes: a classe (a) Natural, corresponde aos trechos com ecossistemas pouco alterados, baixo grau de urbanização (pequenas vilas ou localidades

isoladas), com atividades humanas de baixo impacto. A paisagem é marcada por corpos hídricos, praias e costões com seus entornos cobertos por vegetação, dunas com entornos não urbanizados, falésias e cordões arenosos. A classe (b) Alterada corresponde a trechos marcados pelo elevado grau de urbanização e ecossistemas modificados pelos usos antrópicos, principalmente para fins econômicos. A paisagem é marcada por densa e contínua urbanização, artificialização da orla por obras de engenharia , construção sobre dunas e demais ecossistemas costeiros. Por fim, a classe (c) Semi-Alterada, corresponde aos trechos com a presença de urbanização de pequeno a médio porte ,cunho habitacional e/ou turístico, formando um mosaico com a presença de ecossistemas naturais e usos antrópicos. A paisagem é marcada com a presença de corpos hídricos e dunas com seus entornos urbanizados. Foram também adotados geoindicadores como índice de erosão, áreas de pastagem, áreas de plantio, problemas de drenagem e nível de vegetação o que permitiu identificar os impactos biofísicos existentes e para compreender os impactos sociais foi utilizada a classificação de vulnerabilidade costeira, proposta por Filgueiras (2020), atrelada a notícias da mídia como entrevistas a moradores e comerciantes afetados por processos costeiros. As análises foram realizadas num intervalo de 15 anos, sendo utilizadas 4 imagens de satélites (software Google Earth Pro 2005, 2010, 2015 e 2020). O processamento dos dados vetoriais gerados foi feito com suporte dos programas QGis e ArcMap.

RESULTADOS

O intervalo temporal evidenciado permitiu a análise do crescimento urbano e os diferentes impactos ao longo dos anos sob a orla costeira. A orla de Marataízes é marcada por zonas de preservação ambiental, zonas de recuperação ambiental, zonas de ocupação consolidada, zonas de ocupação limitada, zonas rural-urbana e macrozona balneária (Plano Diretor Municipal Participativo de Marataízes, 2006). No ano de 2005 o Setor I apresenta forte urbanização, com a presença de espigões ao longo da praia central objetivando reduzir impactos erosivos sobre o continente. Entretanto, no Setor II é possível observar uma variação entre zonas de proteção ambiental - costão rochoso e dunas - e zonas de ocupação limitada, ao passo que o Setor III é marcado por forte presença de zonas de proteção ambiental e zonas rural-urbanas, com o desenvolvimento de atividades turísticas. No ano de 2010 o Setor I apresentou uma mudança paisagística na praia central, ainda na tentativa de conter a erosão e o avanço do mar sobre o continente através de construções de espigões e alimentação artificial da praia. Além do adensamento urbano no entorno da orla, que resulta em uma maior extensão do trecho de ecossistema alterado. Na mesma proporção que nos setores II e III ocorre um aumento dos trechos de ecossistemas semi-alterados, com edificações construídas sobre dunas. Na imagem de 2015 fica evidente a intensa ocupação da orla, que no setor II resultou na evolução de um trecho semi-alterado para alterado, marcado por atividades econômicas (quiosques e comércios) e culturais (igrejas e praças). Por outro lado, na imagem de 2020 o setor I, antes marcado pela variação de trechos naturais e semi-alterados, passa a ter um trecho alterado devido à ocupação em torno de uma lagoa e incremento das atividades turísticas e de pesca.

CONCLUSÃO

Os impactos biofísicos estão relacionados com a ocupação inadequada de dunas, vegetação de restinga e entorno de lagoas, que por sua vez influenciam diretamente na dinâmica natural do sistema costeiro e no balanço sedimentar. A mobilização de sedimentos e espraiamento das ondas - ora em baixa mar ora em preamar - são exemplos de processos costeiros responsáveis pelo equilíbrio praial. Desse modo, fica evidente que a ocupação urbana é capaz de intensificar os processos erosivos, e por consequência, são geradas vulnerabilidades para a comunidade costeira através de danos a moradias e comércios, destruição de quiosques e vias públicas, diminuição do potencial turístico e ameaças a atividades culturais, como a pesca artesanal, caracterizadas como impactos

sociais. Portanto, fica evidente a necessidade de compreender as dinâmicas costeiras e sociais a fim de evitar possíveis desastres, visto que um desastre só existe devido a inexistência ou ineficácia de uma gestão costeira somada a medidas de zoneamento.

REFERÊNCIAS

ADGER, W.N.; BROOKS, N.; BENTHAM, G.; AGNEW, M.; ERIKSEN, S. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research (Technical Report 7: Final Project Report), 122p. 2004.

FILGUEIRAS, G. D. L. Diferenças entre as escalas regional e local na aplicação da abordagem multicritério da vulnerabilidade costeira: estudo de caso no Litoral Sul do Espírito Santo.

Dissertação (Mestrado em Oceanografia Socioambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2020.

GIRARDI, G; COMETTI, R. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo no litoral sul do Estado do Espírito Santo, Brasil. Editora UFPR – Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 13, p. 51-73, 2006.

HATTAM, C.; ATKINS, J.; BEAUMONT, N.; BORGER, T.; BOHNKE-HENRICHS, A.; BURDON, D.; GROOT, R.; HOEFNAGEL, E.; NUNES, P.; PIWOWARCZYK, J.; SASTRE,

S.; AUSTEN, M. Marine ecosystem services: Linking indicators to their classification. Elsevier Ltda. Ecological Indicators, 49, p. 61-75, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acessado em 20 de agosto de 2020.

MCFADDEN, L. Vulnerability Analysis: A Useful Concept for Coastal Management?. In: Managing coastal vulnerability. Edited by Loraine McFadden; Robert J. Nicholls; Edmund Penning-Rowsell. Elsevier Ltda: First edition, 2007. ISBN -13: 978-0-08-044703-2.

MARATAÍZES. Plano Diretor Municipal Participativo de Marataízes, ES. Marataízes: Vol. 8, Dezembro de 2006.

NORDSTROM, K. F. Recuperação de praias e dunas. [Tradução Silvia Helena Gonçalves]. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2010.

SANTOS, L. Classificação do litoral de Marataízes, Espírito Santo, quanto à vulnerabilidade erosiva. Monografia (graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Espírito Santo,

Vitória, Espírito Santo, 2005.

SANTOS, V. Artificialização da linha de costa do município de Marataízes (ES). Monografia (graduação em Oceanografia e Ecologia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2017.

WOODROFFE, C. D. The Natural Resilience of Coastal Systems: Primary Concepts. In: Managing coastal vulnerability. Edited by Loraine McFadden; Robert J. Nicholls; Edmund Penning-Rowsell. Elsevier Ltda: First edition, p. 15 -28, 2007. ISBN -13: 978-0-08-044703-2

CENÁRIOS DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NO TROÇO COSTEIRO A SUL DA FIGUEIRA DA FOZ (COVA-GALA – LAVOS)

Celso Aleixo Pinto*,André Inácio*, Bruno Pires*

*Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Portugal, celso.pinto@apambiente.pt

Palavras chave: erosão costeira, transposição sedimentar, dragagem, alimentação artificial.

INTRODUÇÃO

O troço costeiro a sul da barra da Figueira da Foz, designadamente no setor entre o esporão n.º 5 da Cova-Gala até à povoação de Lavos (com cerca de 3,5 km) (Figura 1), apresenta tendência erosiva de curto e médio prazo, manifestada pelo recuo acentuado da linha de costa baixa e arenosa (sistema praia-duna). A vulnerabilidade e risco potencial existente justificou a conceção de medidas de proteção/defesa costeira neste troço, projetando-se para esse efeito a realização de uma alimentação artificial de praia de elevada magnitude (≈ 2 750 000 m^3), que corresponde a um dos cinco cenários considerados internamente pela APA. A mancha de empréstimo consiste nos sedimentos acumulados na praia imersa a barlamar do molhe norte da barra do Porto da Figueira da Foz (Figura 1) (Vol. ≈ 4 700 000 m^3 (UA, 2017)), de modo a assegurar-se a transposição sedimentar (*bypass*) para sul.

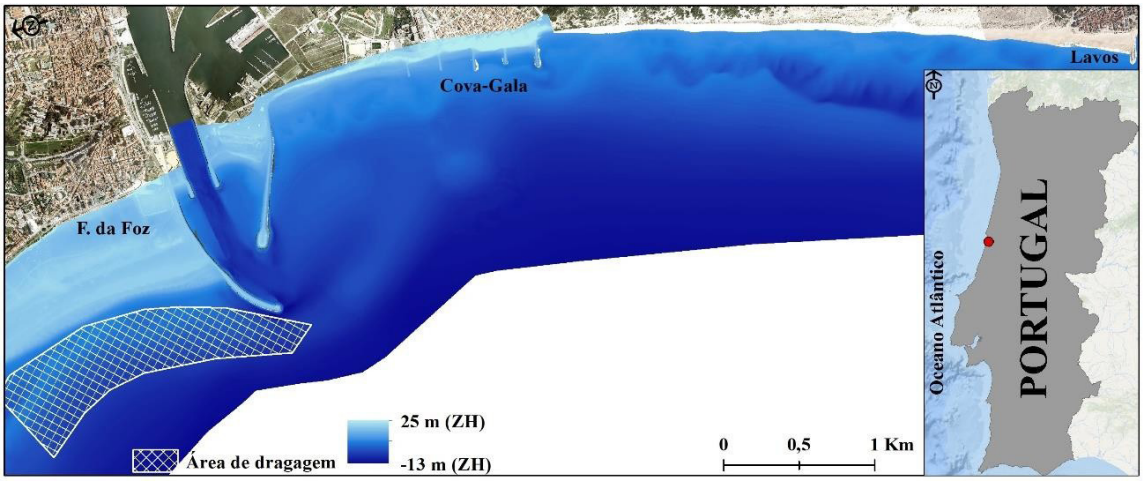


Figura 1. Localização da área de intervenção

METODOLOGIA

A análise da tendência evolutiva nos 3 km a sul do esporão n.º 5 da Cova-Gala (Figura 2), foi efetuada mediante a comparação e análise das linhas de costa (extraídas dos ortofotomapas de 2001, 2010, 2018, 2021) através da extensão DSAS do USGS em ambiente ArcGIS. Para o cálculo dos volumes erodidos recorreu-se a duas abordagens: (1) o cálculo dos volumes erodidos na praia ativa através da metodologia de Vicente e Clímaco (2012), que assume um deslocamento paralelo do perfil de praia (hipótese usual

na modelação numérica da evolução da linha de costa), em que a erosão por unidade de comprimento da praia (V), e o recuo da linha de costa (R), é dada por: V = R * (L – P), sendo (L) o limite superior da erosão considerado (i.e. cota da base da duna) e (P) a profundidade de fecho (-12 m ZH); (2) cálculo dos volumes erodidos do cordão dunar através da comparação entre os modelos digitais de elevação obtidos por LiDAR em 2011 e fotogrametria aérea em 2019 no âmbito do Programa COSMO (https://cosmo.apambiente.pt/). A integração dos resultados obtidos permitiu definir as áreas e os volumes necessários para a definição das zonas de deposição e desenhos de enchimento.

RESULTADOS

Os resultados indicados na Tabela 1 e Figura 2 mostram tendência evolutiva marcada pela estabilidade entre 2001-2010 e erosão a partir de 2010. Tal como referido, entre 2001-2010 verificava-se uma aparente estabilidade deste troço, o que sugere que neste período o molhe norte do Porto da Figueira da Foz estaria saturado. Tal configuraria uma situação de aparente equilíbrio deste sistema, no qual a transposição sedimentar da barra estaria parcialmente assegurada, garantindo assim a alimentação do troço costeiro a sul. A partir de 2010, com o prolongamento do molhe norte da barra da Figueira da Foz, foi aumentada a capacidade de retenção a norte, aumentando assim o bloqueio/interceção à transposição sedimentar natural para sul e agravando o défice sedimentar a sul (i.e. Cova-Gala – Lavos), conforme constatado por diversos autores (e.g. Oliveira & Oliveira, 2016). O processo erosivo teve maior expressão a sul do esporão n.º 5, diminuindo progressivamente na direção da povoação de Lavos, verificando-se entre 2010-2018 um recuo médio da ordem dos -26 m ± 16.6 e uma taxa média de recuo anual de -3.1 m/ano ± 1.9. No curto prazo, entre 2018 e 2021, o recuo médio foi de - 14 m ± 9.6, com uma taxa média de recuo anual de -5.5 m/ano ± 3.7, classificando-se 52 % do troço em situação de erosão extrema (i.e.> 5 m/ano – classificação de Esteves & Finkl, 1998), o que confirma o agravamento recente do cenário erosivo face à situação de médio prazo entre 2010-2018 (apenas 17 % em erosão extrema) e a necessidade urgente de reforçar o balanço sedimentar neste troço costeiro.

Tabela 1. Recuo e taxas de erosão costa nos 3 km a sul do esporão n.º 5 da Cova-Gala

Período	Evolução	Recuo máximo	Taxa média de evolução	% em erosão	% em erosão extrema
2001-2010	+6.4 m ± 7.3	-6.4 m	+0.7 m/ano ± 0.8	22%	0 %
2010-2018	-26 m ± 16.6	-83.3 m	-3.1 m/ano ± 1.9	97%	17%
2018-2021	- 14 m ± 9.6	-42.5 m	- 5.5 m/ano ± 3.7	97%	52%

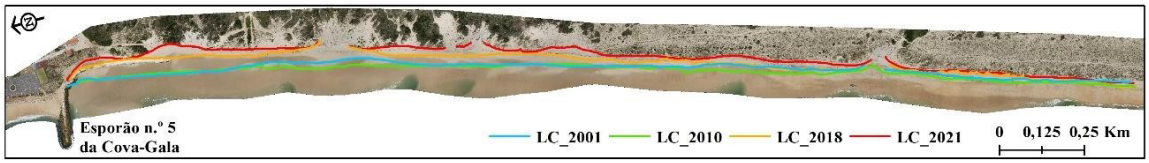


Figura 2. Evolução da linha de costa (LC) nos 3 km a sul do esporão n.º 5 da Cova-Gala

Os volumes e desenhos de enchimento foram projetados de forma a repor o cordão dunar e posição da linha de costa à data de 2011 (Figura 3), considerando a variação longitudinal da configuração planar da linha de costa ao longo dos 3 km a intervencionar e respetivos volumes erodidos da praia ativa e cordão dunar entre 2011 e 2019 (Figura 3), da ordem dos 2 190 000 m^3. A análise integrada dos resultados obtidos permitiu calcular um volume máximo de deposição na praia emersa de 1 751 000 m^3, com densidades de enchimento decrescentes de norte para sul entre os 870 m^3/m linear e os 320 m^3/m linear (Figura 3). Projetou-se adicionalmente a deposição de 1 000 000 m^3 de areia entre os -6 m (ZH) e – 3

m (ZH), em linha com o proposto por UA (2017), assumindo-se que este enchimento no domínio submerso da praia irá difundir-se transversal e longitudinalmente no espaço e no tempo, reforçando o balanço sedimentar na linha de costa adjacente e compensando as previsíveis perdas da alimentação artificial da praia emersa.

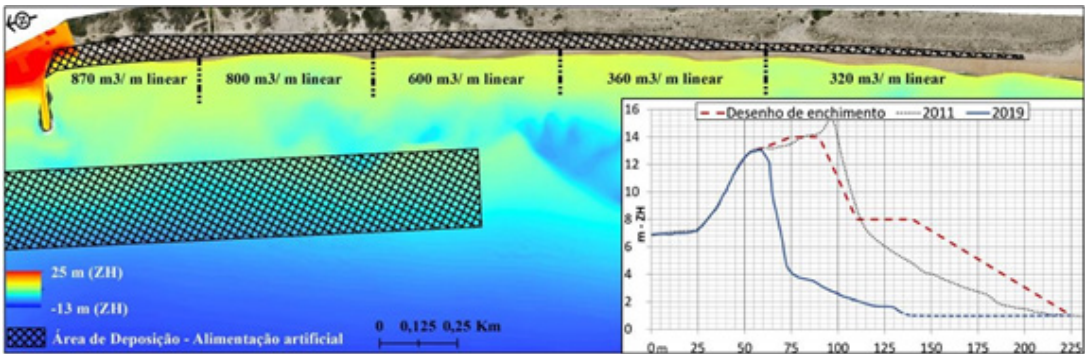


Figura 3. Proposta de áreas de deposição e de densidades de enchimento e exemplo de perfil-tipo da alimentação artificial

Este cenário será previsivelmente aquele que melhor deverá assegurar os objetivos de mitigação da erosão costeira e aumentar as condições de estabilidade da linha de costa, face aos valores das taxas de erosão de curto-prazo e transporte sedimentar longilitoral dirigido para sul da ordem dos 750 000 m^3/ano (Coelho *et al*., 2021).

CONCLUSÕES

O presente trabalho confirma o agravamento do défice sedimentar a sul da barra da Figueira da Foz, traduzido pelo recuo extremo da linha de costa no troço Cova-Gala e Lavos. Esta situação justificou a definição de medidas concretas de mitigação da erosão costeira, nomeadamente a realização no curto prazo de uma alimentação artificial de praia de elevada magnitude, com volumes da ordem dos 2 750 000 m^3 a serem depositados no domínio emerso e imerso do perfil de praia. A solução proposta consiste numa medida de adaptação às alterações climáticas (e.g. SNMM), estando consagrada nos diferentes Programas da Orla Costeira (POC) aprovados, ou em fase de aprovação, em linha com a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (2009) e as recomendações dos Grupos de Trabalho do Litoral (2014) e dos Sedimentos (2015). A solução final de alimentação artificial (i.e. volumes, densidades de enchimento e locais exatos de deposição) dependerá, entre outros fatores, dos resultados decorrentes do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Projeto de Execução em curso, bem como da respetiva análise custo-benefício.

REFERÊNCIAS

Coelho, C. *et al*., 2021. Estudo de Viabilidade da Transposição Aluvionar das Barras de Aveiro e da Figueira da Foz. Sumário Executivo. Agencia Portuguesa do Ambiente. 26p.

Esteves, L. S. & Finkl, C. W.,1998. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. Journal of Coastal Research, SI 26, 11–18.

Oliveira, J.N. e Oliveira, F.S.B.F., 2016. Impacte do prolongamento do molhe norte da embocadura do rio Mondego nas praias adjacentes a sul. Relatório 3. LNEC. Lisboa, 94 p.

Univ. de Aveiro (UA), 2017. Elaboração do Estudo de Cenários de Dragagens e Locais de Deposição de Sedimentos na Embocadura da Barra do Porto da F. da Foz. Relatório Final. 105p.

Vicente, C.M. e Clímaco, M., 2012. Trecho de Costa do Douro ao Cabo Mondego – Caraterização geral do processo erosivo. Relatório 253/2012 – DHA/NEC. LNEC. 56p.

CLIMA DE ONDAS E MARÉ EM TRÊS EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS EXTREMOS OCORRIDOS EM SÃO PAULO EM FEVEREIRO E ABRIL DE 2020

Priscila Linhares da Silva[1]*, Denise Tyemi Fukai[2], Célia Regina de Gouveia Souza[3]

Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo, Brasil, priscilalinharesds@gmail.com

Palavras-chave: evento extremo; ressaca e maré alta; erosão costeira.

INTRODUÇÃO

A compreensão da interação oceano-atmosfera-continente é de suma importância para o conhecimento da distribuição e troca de energia entre estes sistemas. No Atlântico Sul, a ação de ciclones extratropicais é geralmente relacionada a fenômenos que provocam empilhamento de água junto à costa (sobrelevação do nível do mar) e forte agitação marítima, resultando em erosão das praias e inundação costeira. De acordo com Souza et al. (2019) e Souza (2021), o Banco de Dados de eventos meteo-oceanográficos intensos/extremos da Baixada Santista (aqui denotado BDe-BS) revela que o número, a frequência e a magnitude desses eventos aumentaram muito neste século. Tais eventos também são caracterizados por ressacas marinhas (agitação marítima forte a muito forte) e marés altas anômalas (sobrelevação intensa do nível médio do mar). Contabilizando registros desde 1928, somente entre 2000 e 2016, o número total de eventos dobrou, o número de ressacas triplicou, e a média de eventos por ano deu um salto de 1,3 (século passado) para 8,6. A intensidade dos eventos também aumentou, sendo que 66% dos eventos extremos (aqueles que combinam ressacas e marés altas anômalas) ocorreram nesse período; e a magnitude dos eventos, medida pela média de dias de duração dos mesmos, passou de 1,8 dia no século passado para 2 dias neste século. As projeções de eventos extremos e de elevação do nível médio do mar na região da Baixada Santista, segundo Marengo et al. (2017) e Harari et al. (2019), indicam sobrelevações totais da ordem de 1,83m para 2050 e 2,11m para 2100.

O ano de 2020 foi marcado não só pela pandemia do Covid 19, mas também pela ocorrência de vários eventos meteo-oceanográficos intensos e extremos. Ambos, classificados como eventos conjugados de ressaca e maré alta anômala, causaram impactos intensos em todo o litoral paulista. Pelos impactos observados, o primeiro evento pode ser considerado como extremo, pois gerou processos extremos de erosão costeira e inundações costeiras intensas, mas não prolongadas. Já, no segundo evento, a sobrelevação do nível do mar foi extrema, gerando inundações costeiras prolongadas, mas a agitação marítima foi menos intensa que no primeiro evento. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do clima de ondas e da maré medida nesses três eventos extremos em fevereiro e abril de 2020, e averiguar se a classificação atribuída aos mesmos no banco de dados de eventos meteo-oceanográficos intensos/extremos encontra respaldo nas séries de dados oceanográficos disponíveis. O estudo se insere nos projetos “Resposta Morfodinâmica de Praias do Sudeste Brasileiro aos efeitos da Elevação do Nível do Mar e Eventos Meteorológico-oceanográficos extremos até 2100 (Capes nº 88887.145855/2017-00) e “Sistema de Aviso de Ressacas e Inundações Costeiras para o Litoral de São Paulo, com Foco em Impactos das Mudanças Climáticas” (Fapesp nº 2018/14601-0).

METODOLOGIA

A análise do clima de ondas foi feita com base na reanálise ERA5 (Hersbach e Dee, 2016), produzida pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) para um ponto localizado na região central do litoral paulista em frente à Baixada Santista (24.5ºS, 46.5ºW). Foram analisados as saídas horárias da direção média, altura significativa da onda

(Hs) e período de pico (Tp), que são fornecidas em uma grade horizontal de aproximadamente 30 km. A definição dos eventos extremos foi feita considerando-se os períodos onde a altura significativa de onda excedeu o valor do percentil 95 (sobre a distribuição anual de Hs) por mais de 12 horas contínuas. Os dados de maré medida são provenientes do marégrafo da Ilha das Palmas (24º 00'.5S, 46º19'.5W), localizado ao sul da Ilha de Santo Amaro. Somado a esses dados, foi realizado um levantamento hemerográfico dos impactos causados na orla costeira.

RESULTADOS

Durante o ano de 2020, foram identificados 14 eventos extremos, destacados na Figura 1. Dentre eles, os eventos de fevereiro e abril estiveram entre os que resultaram em impactos mais relevantes na Praia da Enseada/Guarujá. Os eventos do início de julho (ligado à ocorrência de um ciclone bomba) e ao final de agosto também causaram forte impacto na Praia da Enseada.

Outras praias da Baixada Santista e do litoral paulista também sofreram com inundações e destruições, como a Praia do Pereirinha, Praia do Leste, Praia do Gonzaguinha, Ponta da Praia, Praia de Massaguaçu, Praia de Mococa, Praia do Tenório, etc.

O evento com pico de atuação no dia 23 de fevereiro causou inundação costeira rápida em todo o litoral paulista, "expulsando" os turistas das praias no início daquela tarde e invadindo quiosques, jardins e vias públicas (G1, 2020a). O maior valor de altura de onda alcançado foi de 2,5 metros, com Tp de 12s e direção média de S (Figura 02). Os picos da preamar, em fase de sizígia (lua nova), também ocorreram no dia 23, atingindo 2,11 m às 2:30h e 1,96 m às 13:20h. Este evento foi classificado como do tipo maré alta anômala intensa, pois a agitação marítima foi moderada, resultando em erosão costeira também moderada.

Em abril, durante a fase aguda da pandemia (com o fechamento das praias) ocorreram dois eventos extremos sucessivos, com picos nos dias 04 e 08-10, ambos associados à passagem de ciclone extratropical, que consistiu em um centro de baixa pressão gerador de ondas próximo à costa S-SE do Brasil, contudo, o segundo evento foi gerado por um ciclone mais afastado do litoral. O valor máximo de Hs foi de 3,23 metros no dia 04, e 2,82 metros no dia 09 (Figura 02). O período de pico ultrapassou 13s nos dois eventos, e permanecendo elevado no segundo evento de abril que indica a chegada de swell. Já a direção das ondas foi de S-SSE no primeiro e S no segundo evento. A preamar atingiu picos de: 2,06m à 1:20h e 2,04m às 11:40h do dia 04 (quadratura/lua crescente); 2,18m às 15:20h do dia 08 e 2,11m às 14:10-15:50 do dia 09 (sizígia/lua cheia).

Ambos os eventos de abril são classificados como eventos conjugados de ressaca e maré alta anômala, pois causaram impactos intensos em todo o litoral paulista. Pelos impactos observados, o primeiro evento pode ser considerado como extremo, pois gerou processos extremos de erosão costeira e inundações costeiras intensas, mas não prolongadas. Já, no segundo evento, a sobrelevação do nível do mar foi extrema, gerando inundações costeiras prolongadas, mas a agitação marítima foi menos intensa que no primeiro evento. Na Praia da Enseada, houve profunda remoção de areias e recuo acentuado das dunas frontais, destruição de estruturas urbanas e inundação que atingiu a avenida à beiramar (G1, 2020b). Nos registros hemerográficos, os impactos foram de inundação da orla e avenidas, causando interrupção de vias de tráfego, transporte marítimo, assoreamento de canais, destruição de postes, muretas e ausência da faixa de areia.

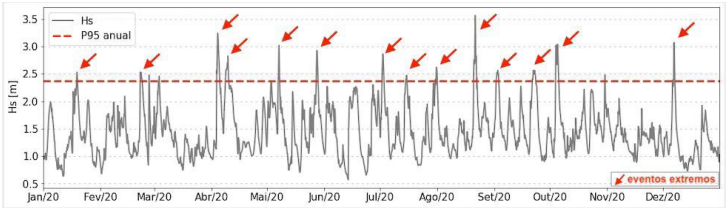


Figura 1. Altura significativa de ondas (Hs) com o percentil 95 mensal (P95) e anual obtidos para o ano de 2020 no ERA-5.

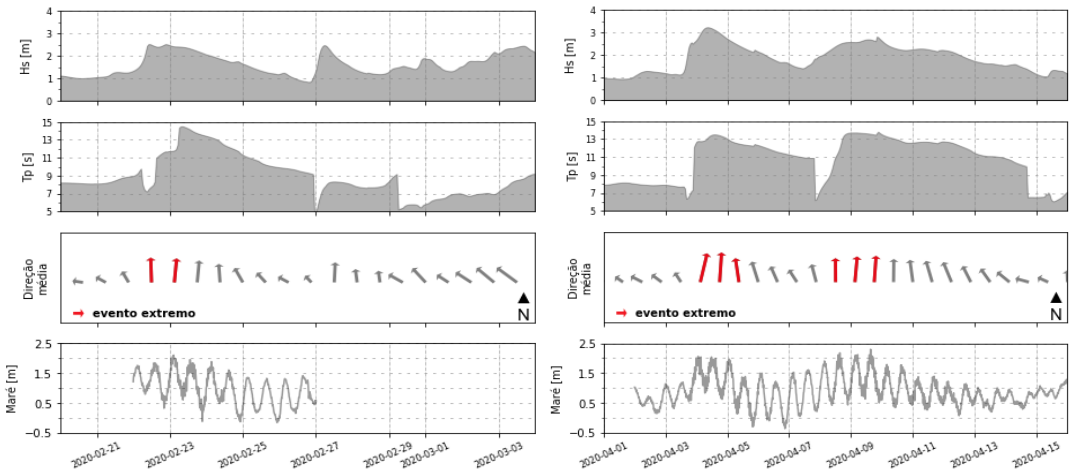


Figura 02. Altura significativa de onda (Hs), período (Tp) e direção média (Dm) do ERA5 indicando os períodos de eventos extremos e alturas de marés medidas para os períodos de Fevereiro (painel esquerdo) e Abril (painel direito).

CONCLUSÃO

Os eventos meteorológico-oceanográficos estudados no presente trabalho se mostraram diferentes em termos de intensidade dos fenômenos de agitação marítima (clima de ondas), que definem as ressacas do mar, e sobrelevação do nível médio do mar (maré total medida), que definem as marés altas anômalas. Os resultados corroboraram com as classificações adotadas com base nos impactos causados e no comportamento observado em campo, para descrever os fenômenos registrados no BDe-BS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Harari, J; Camargo, R; Souza, CRG; Nunes, LH. 2019. Projection and Uncertainties of Sea Level Trends in Baixada Santista. In: Nunes LH, Greco R, Marengo JA (eds). Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options, p. 75-95. ISBN 9783319965352 (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96535-2_5)

G1-Portal de Notícias. 2020a. Ressaca atinge o litoral de SP e faz faixas de areia desaparecerem. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2020/04/04/ressaca-atinge-o-litoral-de-sp-e-faz-faixas-de-areia-desaparecerem-video.ghtml>

G1-Portal de Notícias. 2020b. Avenida da praia vira um rio após ressaca no litoral de SP. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2020/04/06/avenida-da-praia-vira-um-rio-apos-ressaca-no-litoral-de-sp-veja.ghtml>

Hersbach, H.; Dee, D.J.E.N. 2016. ERA5 reanalysis is in production. ECMWF Newsletter, v. 147, n. 7, p. 5-6.

Marengo, J., Nunes, L.H., Souza, C.R.G., Harari, J., Muller-karger, F., Greco, R., Hosokawa, E.K., Tabuchi, E.K., Merrill, S.B., Reynolds, C.J., Pelling, M., Alves, L.M., Aragão, L.E., Chou, S.C., Moreira, F.A., Paterson, S., Lockman, J.T., Gray, A.G. 2017. A globally deployable strategy for co-development of adaptation preferences to sea-level rise: the public participation case of Santos, Brazil. Natural Hazards (2017): 1-15. (e-ISSN 1573-0840, ISSN 0921-030X). DOI 10.1007/s11069-017-2855-x (https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-017-2855-x).

Souza, C.R.G. 2021. Perigos costeiros e mudanças climáticas:passado-presente-futuro. Ciência Hoje, Coluna Cultura Oceânica, 15/08/2021. (https://cienciahoje.org.br/artigo/perigos-costeiros-e-mudancas-climaticas-passado-presente-futuro/)

Souza, C.R.G.; Souza, A.P.; Harari, J. 2019. Long term analysis of meteorological-oceanographic extreme events for the Baixada Santista Region. In: Nunes, L.H., Greco, R. e Marengo, J.A. (orgs.) Climate Change in Santos, Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options. Chapter 6, p. 97-134. Springer.

CULTURA OCEÂNICA NA EDUCAÇÃO FORMAL BRASILEIRA: FERRAMENTA PARA UMA GESTÃO COSTEIRA PARTICIPATIVA

Carmen Edith Pazoto*, Michelle Rezende Duarte, Edson Pereira da Silva

Laboratório de Genética Marinha e Evolução-Universidade Federal Fluminense, Niterói-Rio de Janeiro, Brasil;

** E-mail: carmenpazoto@gmail.com*

Palavras chave: planejamento costeiro, ensino, currículo

A zona costeira (ZC) brasileira se estende por 7,500 km, sendo uma das maiores do mundo. O estado do Rio de Janeiro é responsável por 636 km dessa extensão e apresenta alta variedade de ecossistemas (restingas, praias arenosas, mangues, costões rochosos) que abrigam uma grande diversidade de espécies. É uma área intensamente urbanizada, concentrando 80% da população do estado (IBGE, 2011), bem como é *locus* de intensa atividade econômica como turismo, polos industriais, portos, exploração de petróleo e gás nacional (MMA, 2008). Contudo, a despeito da relevância ecológica e econômica, a ZC do estado do Rio de Janeiro vem acumulando sinais de degradação ambiental devida a problemas como a proliferação de loteamentos sem infraestrutura, falta de saneamento, destinação inadequada do lixo, enchentes e inundações, além de acidentes com derramamento de óleo (Aguiar, 2017).

Como forma de combater os impactos que a ZC do estado do Rio de Janeiro tem sofrido, estudos têm apontado a pertinência de um sistema de governança que considere a interdependência dos fatores humanos e ambientais na gestão dos problemas (Crowder *et al*., 2006). No Brasil, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), estabelece a base legal para uma gestão integrada, descentralizada e participativa dos ecossistemas costeiros e de seus recursos (Wever *et al*., 2012). Contudo, a participação da sociedade na tomada de decisões, planejamento e gestão da ZC ainda é limitada. Entre os fatores responsáveis por isso se encontra a dificuldade do cidadão comum em compreender os termos técnicos dos relatórios e reuniões em que se discutem os planos para gestão (Marroni & Asmus, 2013). Assim, iniciativas que atuem na capacitação dos cidadãos para que possam atuar como agentes ativos e conscientes na formulação de soluções para os problemas da ZC são fundamentais (Wever *et al*., 2012).

A cultura oceânica (CO) surgiu nos EUA no início dos anos 2000, com o intuito de incluir temas sobre o oceano nos currículos escolares. Em 2004 a CO foi definida como “a compreensão da influência do oceano nos seres humanos, bem como a influência dos seres humanos no oceano” e foram propostos sete princípios essenciais e 44 conceitos fundamentais que todos os estudantes deveriam saber ao terminar os estudos (Ocean Literacy Network, 2013). Em seus quase 20 anos de existência, a CO tem sido apontada como uma importante alternativa para o desenvolvimento de ações e atitudes dos indivíduos e da sociedade em relação a saúde dos mares e oceano (Guest *et al*., 2015). Entretanto, estudos indicam que as populações de diversos países apresentam nível de informação sobre as questões relacionadas ao oceano e ambientes marinhos entre baixo a moderado (Steel *et al*., 2005; Gelcich *et al*., 2014).

Considerando que o conhecimento público é componente fundamental para implementar uma gestão costeira participativa e que a educação formal é uma das ferramentas estratégicas para habilitar tecnicamente o público para a tomada de decisões embasadas, a inclusão da CO nos currículos escolares precisa ser considerada por gestores quando interessados no manejo econômico do meio ambiente e mobilização da sociedade para implementação de medidas desta ordem (Visbeck, 2018). Os efeitos da inclusão da CO na educação formal para o engajamento público já foram demonstrados (Lucrezi *et al*., 2019). Neste sentido, considera-se que o estímulo a implementação da CO nos currículos

escolares pode promover, a médio e longo prazo, o engajamento social necessário para o enfrentamento dos desafios (presente e futuro) que a ZC no estado do Rio de Janeiro tem colocado para sua gestão racional e sustentável. Assim, o presente trabalho se propõe a investigar a presença de conteúdos relacionados aos princípios e conceitos da CO no currículo escolar da educação formal brasileira com foco no estado do Rio de Janeiro de modo a fornecer subsídios para o engajamento da sociedade na gestão da ZC.

A presente investigação teve como alvo o segmento educacional conhecido como ensino médio, que abrange jovens de 15 a 18 anos, e o conteúdo curricular das disciplinas de biologia, geografia e história, visto que estas são as disciplinas que mais apresentaram temas relacionados com o oceano e ambientes marinhos (Mauricio *et al*., 2021). Foi realizada uma análise de conteúdo (Bardin, 2011) de dois documentos que orientam a construção do currículo escolar no Brasil: os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) em nível federal e o Referencial Curricular do Estado do Rio de Janeiro (RC) em nível estadual. Os princípios e conceitos da CO foram estabelecidos como categorias de busca e guiaram a leitura dos documentos. Todos os trechos dos documentos para os quais foi possível estabelecer uma conexão entre um ou mais princípios e conceitos da CO foram registrados, categorizados e definida a sua relação com cada princípio e conceito da CO.

Quadro 1. Princípios (P) e conceitos (C) da cultura oceânica identificados nos PCN e nos RC do estado do Rio de Janeiro dasdisciplinasdebiologia(Bio),geografia(Geo)ehistória(Hist).

P	C	PCN-BIO	PCN-GEO	PCN-HIST	RC-BIO	RC-GEO	RC-HIST	P	C	PCN-BIO	PCN-GEO	PCN-HIST	RC-BIO	RC-GEO	RC-HIST
1	A		■	■		■		5	A	■			■		
	B		■			■		G	B	■			■		
	C		■			■			C	■			■		
	D		■						D	■			■		
	E		■						E	■			■		
	F	■	■		■	■			F	■			■		
	G	■	■		■	■				■		■	■		
	H	■	■	■	■				H	■			■		
2	A	■	■		■				I	■			■		
	B		■			■		6	A	■			■	■	
	C		■			■			B	■	■	■		■	■
	D		■			■			C	■	■	■		■	
	E		■			■			D	■	■		■	■	
3	A	■	■		■	■			E	■	■		■	■	
	B					■			F						
	C					■			G	■	■	■	■	■	
	D				■			7	A		■				
	E	■	■		■	■			B		■				
	F		■		■	■			C	■	■	■	■	■	
	G		■		■	■			D		■		■		
4	A	■			■				E	■					
	B	■			■				F						

Foi possível identificar todos os sete princípios e 25 dos 44 conceitos da CO no PCN de biologia, enquanto que no PCN de geografia foram identificados seis princípios e 26 conceitos e, no de história, apenas três princípios e seis conceitos (Quadro 1). Já no RC de biologia foram identificados os sete princípios e 27 conceitos, no RC de geografia seis princípios e 23 conceitos e no RC de história, apenas um princípio e um conceito (Quadro 1). Assim, as disciplinas de biologia e geografia, tomadas juntas, incluem a totalidade dos princípios da CO em ambos os documentos analisados e 89% dos conceitos nos PCN e 84% nos RC do estado do Rio de Janeiro. Este resultado está de acordo com o trabalho de Gough (2017), que indica que essas disciplinas fornecem o melhor espaço para inserir os conhecimentos da CO. Quando comparados a outros estudos, os resultados aqui obtidos

indicam que os dois documentos brasileiros incluem, para as disciplinas de biologia e geografia, mais conteúdos relacionados a CO do que a disciplina de Ciências da Terra dos Estados Unidos (Hoffman & Barstow, 2007) e as disciplinas científicas da província da Nova Escócia no Canadá (McPherson *et al*., 2018).

Em suma, neste trabalho foi possível estabelecer uma conexão entre os conteúdos das disciplinas de biologia, geografia e história com os princípios e conceitos da CO. Contudo, para além das possibilidades que o currículo brasileiro oferece, é necessário sensibilizar os professores para a importância de levar a CO para as aulas, uma vez que como os princípios e conceitos da CO não estão explicitamente descritos no currículo, não há garantia de que este conhecimento estará presente nas aulas dessas disciplinas, já que é o professor que faz a mediação entre os conhecimentos presentes no currículo e os alunos. Os resultados desta investigação oferecem um diagnóstico objetivo da relação que existe, na atualidade, entre currículo e CO em uma área fortemente impactada. Neste sentido significam subsídios importantes para todos os gestores interessados na participação pública para uma gestão eficiente da ZC.

REFERÊNCIAS

Aguiar, T.C. (2017). Uma visão integrada dos impactos ambientais no estado do Rio de Janeiro. In: Marafon, G.J.; Ribeiro, M.A. (eds.). *Revisitando o território fluminense*, VI, pp.65-86. SciELO – EDUERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Bardin, L. (2011). Análise de conteúdo. Edições 70, São Paulo, SP, Brasil.

Crowder, L.B., Osherenko, G., Young, O.R., Airamé, S., Norse, E.A., Baron, N., Day, J.C.,

Douvere, F., Ehler, C.N., Halpern, B.S., Langdon, S.J., McLeod, K.L., Ogden, J.C., Peach, R.E., Rosenberg, A.A., Wilson, J.A. (2006). Resolving Mismatches in U.S. Ocean Governance. Science, 313(5787): 617-618.

Gelcich, S.; Buckley, P.; Pinnegar, J.K.; Chilvers, J.; Lorenzonic, I.; Terryd, G.; Guerrero, M.; Castilla, J.C.; Valdebenito, A. Duarte, C.M. (2014). Public awareness, concerns, and priorities about anthropogenic impacts on marine environments. Proc. Natl. Acad. Sci. 111(42), 15042– 15047.

Gough, A. (2017). Educating for the marine environment: Challenges for schools and scientists. Mar. Pollut. Bull. 124: 633-638.

Guest, H., Lotze, H.K., Wallace, D. (2015). Youth and the sea: Ocean literacy in Nova Scotia, Canada. Mar. Policy 58: 98-107.

Hoffman, M., Barstow, D. (2007). Revolutionizing Earth System Science Education for the 21st Century, Report and Recommendations from a 50-State Analysis of Earth Science Education Standards. TERC, Cambridge.

IBGE. (2011). Censo demográfico 2010. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br.

Lucrezi, S., Esfehani, M.H., Ferretti, E., Cerrano, C. (2019). The effects of stakeholder education and capacity building in marine protected areas: A case study from southern Mozambique. Mar. Policy 108: 103645.

Marroni, E.V., Asmus, M.L. (2013). Historical antecedents and local governance in the process of public policies building for coastal zone of Brazil. Ocean Coast. Manage. 76: 30-37.

Mauricio, C.E.P; Rezende, M.D.; Silva, E.P. (2021) Pela valorização dos oceanos na educação. Ciência Hoje, 377: 46-52.

McPherson, K., Wrright, T., Tyedmers, P. (2018). Examining the Nova Scotia Science Curriculum for International Ocean Literacy Principles Inclusion. Int. J. Learn. Teach. Educ. Res. 17: 1-16.

MMA. (2008). Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.

Ocean Literacy Network (2013). Ocean Literacy: The Essential Principles and Fundamental Concepts of Ocean Sciences for Learners of All Ages Version 2. Washington, DC: National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: https://www.coexploration.org/oceanliteracy/documents/OceanLitChart.pdf

Steel, B.S., Smith, C., Opsommer, L., Curiel, S., Warner-Steel, R. (2005). Public ocean literacy in the United States. Ocean Coast. Manage. 48: 97-114.

Visbeck, M. (2018). Ocean science research is key for a sustainable future. Nat. Commun. 9: 690.

Wever, L., Glaser, M., Gorris, P., Ferrol-schulte, D. (2012). Decentralization and participation in integrated coastal management: policy lessons from Brazil and Indonesia. Ocean Coast. Manage. 66: 63-72.

DEMARCAÇÃO DO LIMITE FLUVIAL/ESTUARINO DO RIO AMAZONAS PARA EFEITO DA DELIMITAÇÃO DAS ORLAS ESTUARINAS AMAZÔNICAS (BRASIL)

Maâmar El-Robrini*, Juliana de Sá Guerreiro, Leilanhe Almeida Ranieri, Herbert Junior Campos Peixoto, Diandra Karina Martins Guimarães, Lorena Miranda Diniz, Rafael Alexandre Alves Menezes, Taynan Nacly Abenassiff Azevedo, Karoena Machado do Nascimento, Rafaele da Silva Sampaio, Rhuan Rodrigo Pereira e Silva, Aline de Castro Vitelli, Robert William Queiroz Farias, Karoena Machado do Nascimento Ferreira, Ordilei Pantoja e Silva.

Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) - Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, robrini@ufpa.br

Palavras chave: Projeto Orla, Rio Amazonas, limite Fluvial/Estuarino.

INTRODUÇÃO

O Projeto Orla tem como objetivo a compatibilização das políticas ambientais e patrimoniais do governo federal acerca dos espaços litorâneos sob propriedade ou guarda da União, buscando, dar uma nova abordagem ao uso e gestão dos terrenos e acrescidos de marinha, como forma de consolidar uma orientação cooperativa e harmônica entre as ações e políticas praticadas nas orlas estuarinas e fluviais da Amazônia Legal.

A Bacia hidrográfica do rio Amazonas, com uma superfície de quase 6.8 10^6 km^2, é atravessada pelo mais extenso rio do mundo, o Amazonas (6.992,06 km/INPE, 2021), cuja origem é na nascente do rio Apurimac (5.699 m/Cordilheira dos Andes), que corresponde ao Curso Superior. O Curso médio do rio Amazonas atravessa a Planície Amazônica, até o município de Óbidos. Nesta região a Planície Amazônica ocupa a margem esquerda do rio Amazonas e constitui as áreas de várzea, temporariamente submetidas às inundações do rio Amazonas. Representando uma planície fluvial, levemente alçada em relação ao nível d´água (menores altitudes); Entretanto, o Planalto Rebaixado da Amazônia constitui uma superfície de transição da Planície Amazônica e do Planalto Tapajós-Xingu, tendo sua maior representatividade na margem direita do rio Amazonas (município de Óbidos)(50 - 100 m). Na região, ocorre uma superfície pediplanada desenvolvida sobre os sedimentos consolidados da Formação Alter-do-Chão. Entretanto, o Planalto Tapajós-Xingu, com elevação de topo plano (altitude: 100 - 150 m), encostas escarpadas e ravinadas, em forma de platôs é dominante na parte central e ao sul da região. A região é influenciada por um clima quente e úmido, característico das florestas tropicais, sujeito às mudanças significativas de temperatura. O regime térmico é expresso por temperatura elevada em todos o ano, com média anual de 25,2 ºC. A umidade relativa do ar média mensal é de 82.31 %. A velocidade do vento em Óbidos é baixa (0,9 m/s), com mínimo de 0, 2 m/s, e máximo de 2, 6 m/s (INMET, 2021). A pluviosidade aponta o mês de março o mais chuvoso (497,4 mm), e o mês de setembro o menos chuvoso (0,8 mm)(INMET, 2021). Durante o período chuvoso (maio), a oscilação do nível do rio varia entre 46 cm (miníma), e 860 cm no Baixo Amazonas (ANA, 2021). Entretanto, durante o menos chuvoso (dezembro), o nível d´água atinge a altura de 2,51m (cota registrada durante El Niño de 2016). Devido à topografia baixa da bacia hidrográfica, principalmente no Curso inferior, fazem com que as marés tenham uma influência no curso do rio até além de Óbidos. De acordo com Miranda *et al*. (2017), o estuário é um ambiente costeiro com conexão restrita com o oceano adjacente, permanece aberta pelo menos intermitentemente e pode ser subdividido em três zonas: (1) Zona de maré de rio (ZR): setor fluvial com salinidade menor que 1, porém sujeito à

maré ou estuário superior; (2) Zona de Mistura (ZM) das águas fluviais e oceânicas ou estuário médio; (3) Zona Costeira (ZC) ou estuário inferior. Estes limites entre as zonas são dinâmicos e variam em diferentes escalas de tempo (períodos de maré, sazonal, anual e longo período) como resposta às forçantes: descarga fluvial, altura da maré, vento e circulação da região costeira (Miranda *et al*., 2017) e episodicamente por fenômenos meteorológicos (El Niño/La Niña) e/ou outros. As medições de maré desde a Foz do rio Amazonas mostra a seguinte sequência (altura máxima/mínima)(DHN, 2021), Ponta do Ceú: 5.5 m e 0.1 m, Porto de Santana: 3.4 e -0.1m, Prainha: 2.80m e -0.1m. Finalmente em Óbidos, o máximo registrado é de 10cm (Callede *et al*., 2002). O regime hidrológico do rio Amazonas apresenta uma variação sazonal, com vazão média de

172 x 10^3 m^3/s em Óbidos, máximo em junho de 278 x 10^3 m^3/s e mínimo em novembro de 72 x 10^3 m^3/s (ANA, 2021). De acordo com Oltman (1968), a concentração de material em suspensão, é de 300 a 340 $mg.l^{-1}$ próximo ao fundo é de 50-70 $mg.l^{-1}$ próximo a superfície. As medições de salinidade mostram que valores normais da água do mar (35) é atingida apenas 200 km da costa amazônica, na foz do rio Amazonas esta nula (0), assim como em Óbidos (limite a montante da influência das marés oceânico) e a condutividade é de 0.03 e 0.04 (período de chuvas) na região.

METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste na: (1) aquisição de imagens de satélite Landsat, (ii) de dados ambientais (salinidade e outros parâmetros relevantes), (iii) dados oceanográficos: altura de maré ao longo do rio Amazonas. Os dados utilizados foram adquiridos em pesquisas bibliográficas especializadas, adotando-se a salinidade e o efeito da oscilação da maré para identificar o limite fluvial/estuarino.

RESULTADOS

Adotando a definição de estuário, pode-se dizer que (Figura 1): (i) o Estuário Superior (Zona do Rio/ZR) ocorre desde o município de Óbidos até o município do Amapá na foz do rio Amazonas (650km), onde ocorre a maré dinâmica (altura: 10cm, Salinidade=0). Entretanto, no rio Pará, o estuário Superior está recuado e ocorre entre os municípios de Soure e de Mosqueiro; (ii) o estuário médio (Zona de Mistura/ZM) banha todos os municípios do Setor Costa Atlântica Paraense (NE do Estado do Pará: Santarém Novo, Salinópolis, São João de Pirabas, Primavera, Quatipuru, Capanema, Tracuateua, Bragança, Augusto Corrêa e Viseu), e os municípios localizados entre o Cabo Norte e Oiapoque (Estado do Amapá); (iii) o estuário Inferior (Zona Costeira/ZC) se mistura com as águas oceânicas da Plataforma Continental do Amazonas. Estes limites são altamente dinâmicos e podem migrar de acordo com as estações sazonais amazônicas (períodos chuvoso, menos chuvoso e intermediários) e/ou episódios de eventos como El Niño, La Niña, entre outros. Os Manuais de Gestão das Orlas disponíveis no Brasil foram construídos para as áreas costeiras com influência marítima das regiões Sul e Sudeste do Brasil, banhadas pelo Oceano Atlântico. O limite fluvial/estuarino pode ser identificado a partir da altura mínima de 10cm da maré.

CONCLUSÕES

Na Zona Costeira Amazônica - ZCA (do Delta do rio Parnaíba até o Oiapoque - Fronteira com a Guiana Francesa) tem-se um cenário físico totalmente diferente das outras regiões (Nordeste, Sul e Sudeste) brasileiras, com relação: (i) ao tipo de costa, em processo de afogamento; (ii) região de atuação da maré (meso, macro e hiper); zona de passagem da Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) que traz chuvas em grandes quantidades na região; (iii) interferência das descargas hídrica (220.000 m^3 s^{-1} - Meade *et al*., 1985) e sólida (1.7 109 ano^{-1} - Meade *et al*., 1985); (iv) menor densidade de população do Brasil

(IBGE, 2021); (v) baixa topografia da ZCA (não ultrapassando 15m-20m); (vi) identificação de áreas de proteção ambiental. Estes processos têm influenciado as orlas fluviais dos Estados do Amazonas e Pará e estuarinas dos Estados do Pará, Amapá, Maranhão e Piauí. Assim, as orlas dos Estados do Amapá, Pará, Maranhão e Piauí são condicionadas à influência das águas estuarinas.

O limite fluvial/estuarino do rio Amazonas ocorre na região SW do Pará (Baixo Amazonas), num trecho, com as maiores profundidades, atingindo a cota máxima de -100m. Este trecho é definido como a ¨Garganta¨ do rio Amazonas, que condiciona a elevada velocidade nesta área, em comparação com os outros trechos do rio Amazonas. Estes limites não são fixos no tempo e no espaço.

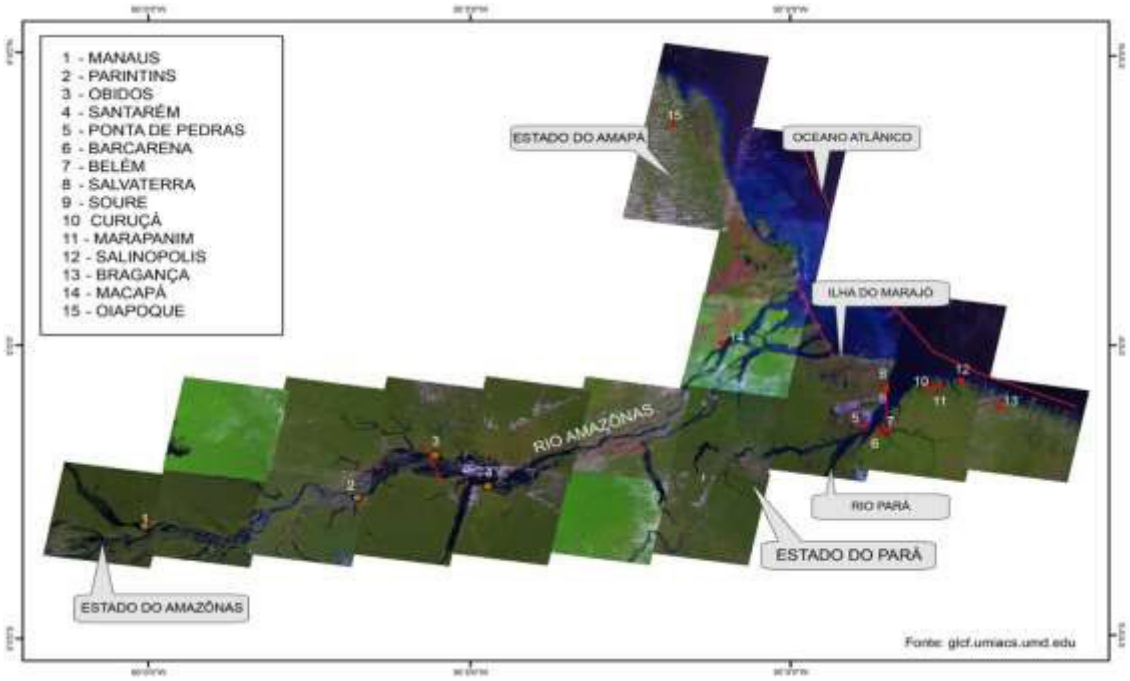


Figura 1 – Limites das Zonas (3 - Óbidos/flúvio-ZR; 3-Foz do rio Amazonas = ZR; a ZM ocorre na Plataforma Continental do Amazonas) estuarinas do rio Amazonas.

REFERÊNCIAS

CALLEDE, J.; GUYOT, J.L.; RONCHAIL, J.; MOLINIER, M.; OLIVEIRA, E. De, 2002. L'Amazone à Óbidos (Brésil): étude statistique des débits et bilan hydrologiqueHydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 47(2). 321-332.

MEADE, R.M.; DUNNE, T.H.; RICKEY, J.E.; SANTOS, U.M., SALAT, E., 1985. Storage and remobilization of suspended sediment in the Lower Amazon River of Brazil. Science V. 228. 488-490.

MIRANDA, L.B. DE; PINHEIRO, A.F.; KJERFVE, B.; MENDES DE, C.F.B., 2017. Fundamentals of estuarine physical oceanography 480p. ISBN: 9789811030406.

OLTMAN, R. E., 1968. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon. U.S. Geological Survey Circ. 552, 16pp.-www.inpe.gov.br (consulta realizada em 14 de setembro de 2021).

www.ibge,gov.br - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (acesso em: 10 de setembro de 2021).

www.inmet.gov.br – Instituto Nacional de Meteorologia (acesso em: 10 de setembro de 2021).

www.ana.gov.br – Agência Nacional da Água (acesso em: 2 de setembro de 2021).

DINÂMICA ESPACIAL DA OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DO MANGUEZAL NO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ

Sidney Vincent de Paul Vikou[1*], Sony Cortese Caneparo[2], Everton Passos[3]

**Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO/UFPR), Brasil, sidneypaul@ufpr.br*

Palavras chave: Ecossistemas costeiros, usos da terra, litoral do Paraná.

A zona costeira brasileira abrange 463 municípios e sua configuração encontra como vetores prioritários a urbanização, industrialização, exploração turística, entre outros (MORAES, 1999; SOUZA, 2009; IBGE, 2010). Dentro do conjunto de ecossistemas que a constitui, o manguezal se destaca como importante indicador ecológico pelos vários serviços ecossistêmicos fornecidos (LUGO e SNEDAKER, 1974; SCHAEFFER-NOVELLI *et al*., 2000; SOUZA *et al*., 2018). No entanto, os manguezais ao longo do tempo vêm sofrendo pressões antrópicas, dentre as quais se destacam atividades como aquicultura, agricultura, exploração de madeiras, indústria pesqueira, instalações urbanas, industriais, portuárias e turísticas, entre outros (ICMBio, 2018, CUEVAS-DÍAZ *et al*. 2020; CAVALCANTE *et al*. 2021).

O quadro anteriormente apresentado marcado pela antropização do manguezal é observado no município de Paranaguá localizado no litoral do Paraná. Ao se tratar de atividades econômicas, a economia regional é fundamentalmente de serviços portuários e turísticos (ZEE, 2016). Em Paranaguá, a urbanização, atividades industriais e portuárias, fluxo de turistas, entre outros, transformaram o manguezal em espaço urbanizável ou como fornecedor de recursos animais (CANEPARO e BRANDALIZE, 2008). Haja vista o exposto, este artigo tem como objetivo realizar uma análise da dinâmica espaço-temporal das principais alterações que ocorreram com os manguezais dentro do perímetro urbano do município de Paranaguá entre o período de 2000 a 2020.

A área delimitada para a realização da pesquisa é a área urbana, especificamente as áreas de manguezal localizadas no perímetro urbano do município de Paranaguá (delimitado pela Lei Complementar 61/2007) conforme apresentado na figura 01.

O município de Paranaguá abrange uma área de 806,225 km² e população de 140.469 habitantes (96,38% de população urbana) (IBGE, 2010). Essa predominância da população urbana se reflete na importante pressão por ela exercida sobre o meio físico que se desdobra na ocupação de Área de Preservação Permanente (APP), como é o caso da Ilha de Valadares que conta com cerca de 10% da população total do município. Paranaguá ainda se destaca por seu perfil de cidade portuária e representar o segundo maior PIB per capita do Estado (ZEE, 2016).

Do ponto de vista metodológico, a realização desta pesquisa englobou várias etapas. Na primeira, foi realizado uma revisão bibliográfica para fim de entender o histórico de ocupação e as diversas condicionantes que definem a atual configuração espacial. A segunda etapa envolveu o levantamento de dados cartográficos, conforme organizado no quadro 01

A etapa 3 incluiu o tratamento dos dados coletados seguido do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra, sendo adotado como legenda: 1- Áreas antropizadas (edificações, solo exposto, áreas de serviços e lazer, atividade portuária, industrial e mineração); 2- Floresta Ombrófila Densa (Floresta Ombrófila Densa Submontana e Formações Pioneiras com Influência Marinha, restinga); 3 – Manguezal e 4 – Outros. Posteriormente, por meio da utilização do *software* Quantum GIS (QGIS 3.10.5 A Coruña), foram realizados dois mapas

de cobertura vegetal e uso da terra a partir da interpretação da composição colorida RGB das imagens Landsat, tendo como escala final de trabalho 1:50000. O datum utilizado foi o SIRGAS 2000 fuso 22S. Aferições de campo também se fizeram necessárias.

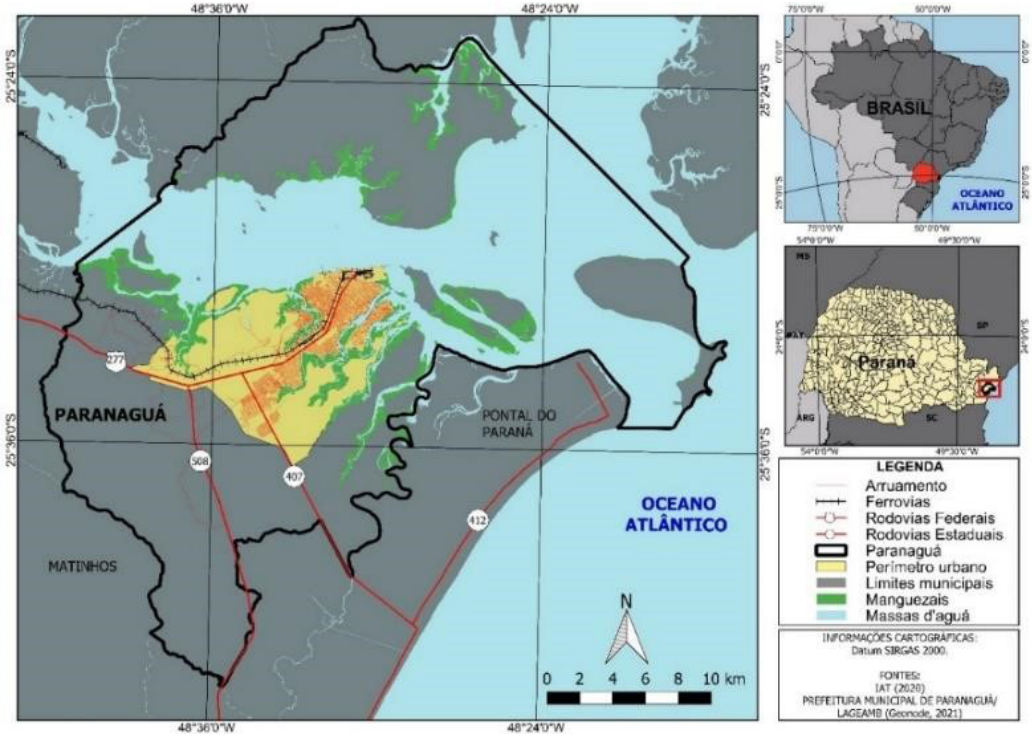


Figura 01: Localização da área de estudo em Paranaguá, litoral do Paraná, Brasil.

Quadro 01: Síntese da organização e fontes dos dados coletados.

Dados	Formato	Ano de referência	Fontes
Perímetro urbano	Vetorial	2007	Prefeitura Municipal de Paranaguá/LAGEAMB/ GEONODE
Limites municipais	Vetorial	2020	Instituto Água e Terra (IAT)
Manguezal	Vetorial	2012-2016	Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG)/GEONODE
Folha topográfica	Raster	1998	Diretoria de Serviço Geográfico (DSG)
Imagem Landsat 7	Raster	2000	Earth Observing System (EOS)
Imagem Landsat 7	Raster	2020	Earth Observing System (EOS)

Como resultado, foi observado que houve um decréscimo nas áreas referentes a cobertura vegetal representada pelas classes de Floresta ombrófila densa e Manguezal. Em termos quantitativos, essa perda totalizou 384,76 há, seja houve uma redução de 12,76% (6,45% para a Floresta ombrófila densa e 6,31% para os manguezais). Por outro lado, houve um aumento na extensão das áreas antropizadas equivalente a 9,51% (356,87 ha), seja no período analisado novas áreas ou frente de expansão urbana foram ou se criando ou se consolidando a custo da remoção da cobertura vegetal. Dentro dessa conjuntura de expansão urbana, houve a ocupação do manguezal por meio de desmatamento, aterramento e poluição por lixos e esgotos domésticos, entre outros.

Do ponto de vista espacial, conforme a figura 03, o crescimento das áreas antropizadas abrangeu diferentes pontos. As duas primeiras se localizam na porção sul (A e B), com uma

apropriação do espaço nas duas margens da rodovia estadual PR 407. O círculo B ocorre, mais especificamente, nas margens do rio Itiberê. O desmatamento, e a consequente ocupação do manguezal, nessas áreas é fruto não só de locais que foram destinados ao avanço da mancha urbana, mas também da agropecuária. O ponta C aponta a ocupação dos manguezais, entre os rios Emboguaçu-Mirim e Emboguaçu por populações de baixo poder aquisitivo, justamente por serem áreas de baixo ou nenhum valor imobiliário. Outra variável que contribui para tal fato é a proximidade dos serviços portuários. O ponto D retrata a ocupação urbana na Ilha dos Valadares, que foi ao longo dos séculos tomada e apropriada de forma desorganizada, tornando-se um local de ocupação irregular. Adicionalmente, os manguezais foram desmatados e aterrados tanto para construções de moradias, como para atividades comerciais, não esquecendo da sua proximidade das principais funções urbanas da cidade de Paranaguá.

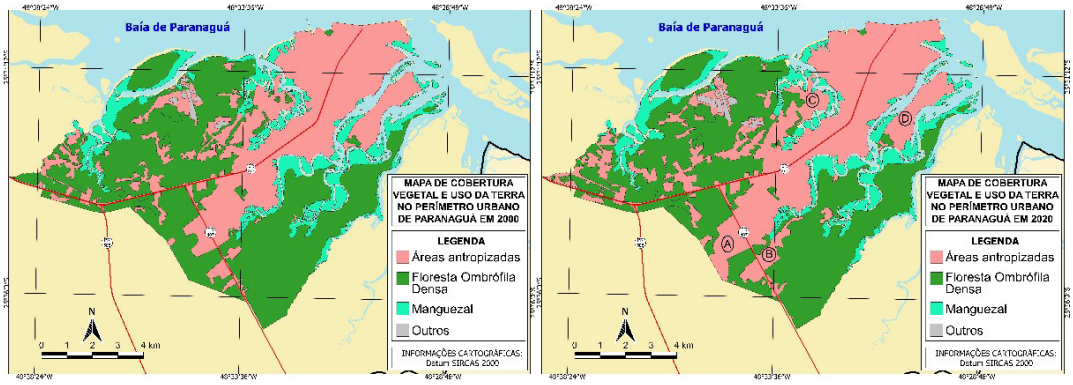


Figura 03: Mapas de cobertura de vegetal e uso da terra no perímetro urbano de Paranaguá em 2000 e 2010.

Como conclusão, cabe ressaltar que Paranaguá se desenvolveu em um sítio particular ou seja entre os rios Emboguaçu e Itiberê, estes margeados por manguezais, favorecendo o seu desmatamento para abrigar diversas atividades humanas ao longo do tempo. Inicialmente, foram desmatados para abrigar as atividades portuárias e, posteriormente, ocupados por populações que desejavam viver próximo ao centro da cidade, como é o caso das ocupações ao longo do rio Itiberê. A história mais recente mostra que as populações de baixa renda encontraram nessas áreas locais de pouco ou nenhum valor imobiliário, onde passaram a desmatar a vegetação de mangue, aterrar com restos de construções ou lixo, para construírem suas moradias. Esses elementos mostram como os manguezais de Paranaguá, ao longo do tempo, foram desaparecendo e juntamente toda sua função ecossistêmica também foi emergindo.

REFERÊNCIAS

CANEPARO, S. C.; BRANDALIZE, M. C. B.. Ocupações Irregulares e suas Implicações Ambientais no Município de Paranaguá, Estado do Paraná. Geodesia, v. 1, p. 1-12, 2008.

CAVALCANTE, J. C.de.; LIMA, A.M.M.DE.; SILVA, J.C.C.DA.; HOLANDA, B. S. DE.; ALMEIDA, C.A. Temporal Analysis of the Mangrove Forest at the Mocajuba River Hydrographic Basin-Pará. Floresta e Ambiente 2021; 28(2).

CUEVAS-DÍAZ, M.C; HERNÁNDEZ-ROMERO, A. H.; VÁZQUEZ-LUNA, D.; LARA-RODRÍGUEZ, D.A.; GUZMÁN-LÓPEZ, O.; GONZÁLEZ-ARVIZU, J.E.; ONTIVEROS-JOSÉ, J.I. Efecto de las actividades antropogénicas sobre la cobertura de mangle en la cuenca baja del río Coatzacoalcos. Ecosistemas 29(3):1954, 2020. IBGE CIDADES. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Paranaguá. Disponível em < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/paranagua/panorama >. Acesso em setembro de 2021.

_____IBGE em parceria com a Marinha do Brasil lança o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras

e Oceânicas. Disponível em < https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceriamarinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia >. Acesso em setembro de 2021. ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Atlas dos manguezais do Brasil. Brasília, 2018. LUGO, A. E.; SNEDAKER, S.C. The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics, v.5 (1974), pp. 39-64.

MORAES, A.C.R. Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil. São Paulo: Hucitec, 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DEROSA, T. Brazilian mangroves. Aquatic Ecosystem Health and Management, v. 3, n. 4, p. 561–570, 2000.

SOUZA, C.A.; DUARTE, L.F.A.; JOÃO, M.C.A. & PINHEIRO, M.A.A. 2018. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica, Cap. 1: p. 16-56. In: Pinheiro, M.A.A. & Talamoni, A.C.B. (Org.). Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, 165 p.

SOUZA, G.C.R.DE. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. In: Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management, vol. 9, núm. 1, 2009, pp. 17-37 Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos Lisboa, Portugal.

ZEE. ZONEAMENTO ECOLÓGICO - ECONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ - litoral. Camila Cunico (Org.). Curitiba: ITCG, 2016. 352p. : il., : 42cm.

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE MANGUEZAIS DE RESEXS DO SALGADO PARAENSE

Herbert Junior Campos Peixoto*, Maamar El-Robrini

*Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) – Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, herbertjrr@gmail.com

Palavras chave: Manguezais, Geotecnologias, Zona Costeira Amazônica.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras (ZC) são grandes áreas complexas que estão em constante transformação a partir das forçantes naturais e antrópicas que nela atuam. Estas forçantes fazem com que os ambientes percam ou ganhem área, avancem ou recuem em direção ao mar ou até mesmo que surjam novos ambientes ou desapareçam os já existentes (Ranieri & El-Robrini 2015). Um dos principais ambientes das ZCs são os manguezais. Notáveis por suas características adaptativas, os manguezais desempenham funções ecossistêmicas fundamentais, atuando no controle climático como sumidouros de carbono (Cohen et al., 2018), sendo "berçário" de diversas populações bióticas (Mitra, 2013) e protegendo a costa contra eventos extremos, como tempestades e tsunamis (Bird, 2011). A ZC paraense abriga uma das maiores e mais bem preservadas áreas de manguezais do Brasil, onde algumas destas áreas estão inseridas em reservas extrativistas (RESEX) na região do Salgado Paraense. Estas RESEX preveem o uso sustentável de seus recursos naturais pela população local. Este compromisso com a sustentabilidade vem tomando mais força nos últimos anos, principalmente após a criação da Agenda 2030, que estabeleceu os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Destes objetivos surgiu a década dos Oceanos, que busca o desenvolvimento e uso sustentável dos recursos marinhos e costeiros assim como o avanço científico relacionado a estes ambientes. Deste modo, objetivo central deste estudo é analisar a variabilidade espaço-temporal de manguezais inseridos em RESEX do Salgado Paraense.

METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste em: (1) aquisição e tratamento de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 e (2) quantificação e comparação das áreas de manguezais de quatro RESEX (Mãe Grande de Curuçá, Mestre Lucindo, Mocapajuba e São João da Ponta) (figura 1). As análises foram feitas através de classificação supervisionada das imagens, que delimitaram as áreas de mangue para um período de trinta e quatro anos (1986 a 2020). O *plugin* mapbiomas, do *software* QGIS, foi utilizado para observar a expansão urbana na área e sua interação com os ambientes de manguezais. Para corroborar com os resultados obtidos foram utilizados dados de temperatura da superfície do mar (TSM), disponibilizados pela plataforma Giovanni, da Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica dos Estados Unidos (NASA). Também foi observada a dispersão de material particulado em suspensão (MPS) a partir de análise visual da composição colorida das imagens.

RESULTADOS

A cobertura vegetal mostrou variação entre os anos de 1986 e 2020, tanto na forma de redução quanto de expansão da área vegetada, atingindo valor de expansão de 14,825 km² e de redução de 8,054 km². Nas RESEXs Mocapajuba e Mãe Grande de Curuçá, foi possível observar tendências de variação semelhantes, tanto de perda quanto de crescimento (figura 2a).

Figura 1. Localização da área de estudo.

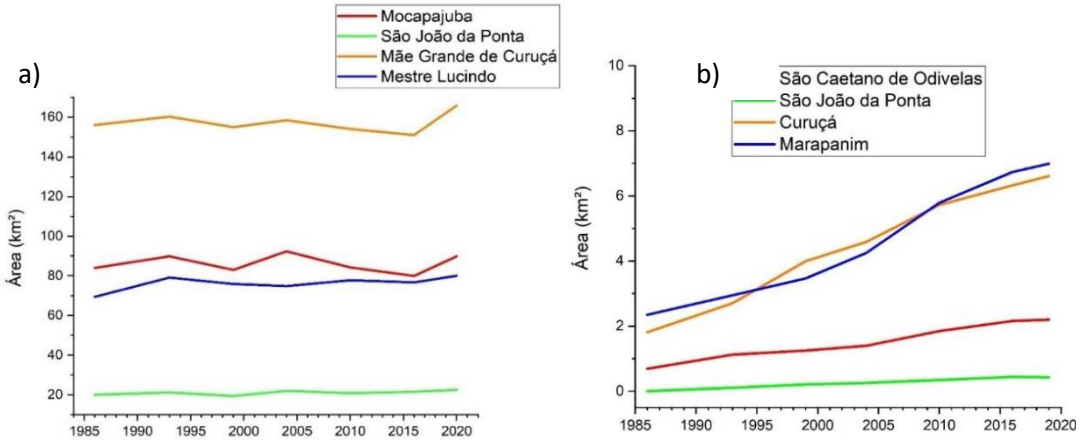


Figura 2. Variação nas áreas de manguezais (a) e taxa de crescimento da infraestrutura urbana(b) na área analisada.

As maiores variações ocorreram na linha de costa. Pouco foi alterado nas porções interiores das RESEXs, mesmo nas áreas em contato com os rios da região, demonstrando que, nesta região, as florestas de mangue acompanham a intensa dinâmica estuarina local. Essas florestas também apresentam grande capacidade de resiliência, característica comum das florestas de mangue (Bird, 2011).

Notou-se também o crescimento da infraestrutura urbana dos municípios, onde as RESEXs estão inseridas (figura 2b), sendo a infraestrutura do Município de Marapanim a que mais cresceu, ocupando uma área de 6,991 km². De todos os municípios analisados, apenas a vila de São João de Ramos, pertencente ao município de São Caetano de Odivelas, cresceu

dentro dos limites da RESEX Mocapajuba. Entretanto, esta vila não trouxe prejuízos para a RESEX. Todas as alterações na cobertura de manguezais ocorreram, majoritariamente, distante das áreas urbanizadas. Observa-se que, apesar do crescimento urbano, há um cuidado pela preservação das RESEXs, bem como prevê o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020).

A temperatura da superfície do mar teve aumento de 1°C durante o período estudado. As massas de água com temperaturas sensivelmente elevadas encontravam-se próximas a foz do rio Pará, adentrando a baía do Marajó. O MPS transportado na região forma grandes nuvens de dispersão no sentido SW-NE. Essas duas características são explicadas pela grande influência fluvio-estuarina. Os grandes estuários dessa região apresentam temperaturas que variam entre 27° e 30°C (Berredo *et al*, 2008) e carregam grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o oceano (Sousa *et al*, 2017).

CONCLUSÕES

O monitoramento dos manguezais presentes nas RESEXs paraenses revelou que estes ambientes acompanham a intensa dinâmica natural da região. As maiores taxas de variação foram observadas próximas a baía do Marajó, demonstrando a forte influência natural sobre os manguezais. As maiores alterações ocorrem nas regiões que estão em contato com o oceano. Apesar de haver notável crescimento da infraestrutura urbana muito próximo as RESEXs, aparentemente não há influência antrópica nas alterações observadas nos manguezais.

REFERÊNCIAS

BERREDO, J.F., COSTA, M, L., PROGENE, M.P.S. 2008. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. Acta Amaz., Manaus, 38 (3), 473-482.

BIRD, E. C. 2011. *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons. 411p.

COHEN, M. C., DE SOUZA, A. V., ROSSETTI, D. F., PESSENDA, L. C., & FRANÇA, M. C. 2018. *Decadal-scale dynamics of an Amazonian mangrove caused by climate and sea level changes: Inferences from spatial–temporal analysis and digital elevation models*. Earth Surface Processes and Landforms, 43(14), 2876-2888.

MITRA, A. 2013. *Sensitivity of Mangrove ecosystem to climate change: A book of post graduate and Ph. D levels*. Springer. 323p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2020. Consulta Pública – RESEX. Disponível em: https://www.mma.gov.br/consulta-resex Acesso em: abr. 2020.

RANIERI L.A. & EL-ROBRINI M. 2015. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 42 (3):207–226.

SOUSA, R.C., PEREIRA, L.C.C., DA COSTA, R.M., & JIMÉNEZ, J.A. 2017. Management of estuarine beaches on the Amazon coast though the application of recreational carrying capacity indices. Tourism Management, 59, 216-225.

EFEITO DA PANDEMIA COVID-19 NA OCUPAÇÃO DE PRAIAS ENCAIXADAS DO BARLAVENTO DO ALGARVE (PORTUGAL)

Sebastião Braz Teixeira*

*Agência Portuguesa do Ambiente, Portugal, sebastião.teixeira@apambiente.pt

Palavras chave: ocupação praias, Covid-19, Algarve

INTRODUÇÃO

A pandemia Covid-19 sentida a partir do início de 2020 desencadeou uma série de alterações de comportamentos sociais globais, associados às medidas de prevenção da propagação da pandemia. Em Portugal, foi sucessivamente decretado o Estado de Emergência e de Calamidade (fig.1), implicando restrições na mobilidade dos cidadãos (em particular aos fins de semana), na redução do horário de funcionamento das diversas actividades (restaurantes, hotelaria, bares, etc.) e na limitação de circulação de pessoas nas fronteiras. O Turismo foi uma das principais actividades afectadas, associado às restrições de circulação e mobilidade das pessoas. Sendo o Algarve o principal destino turístico de "sol e praia" em Portugal, foi avaliado o efeito da pandemia na ocupação das praias. Foi estabelecida pela Agência Portuguesa do Ambiente um normativo para a capacidade de carga das praias, baseado na dimensão do areal fora das faixas de risco das arribas (Teixeira, 2014), em condições de baixa-mar e preia-mar, com distância mínima de 1.5m entre grupos familiares, traduzido na implantação de bandeiras, à entrada das praias. Definiu-se a bandeira verde quando a ocupação é inferior a um terço da capacidade de carga, bandeira amarela quando a carga está entre um terço e dois terços da capacidade de carga e a bandeira vermelha quando a carga excede dois terços da capacidade de carga da praia.

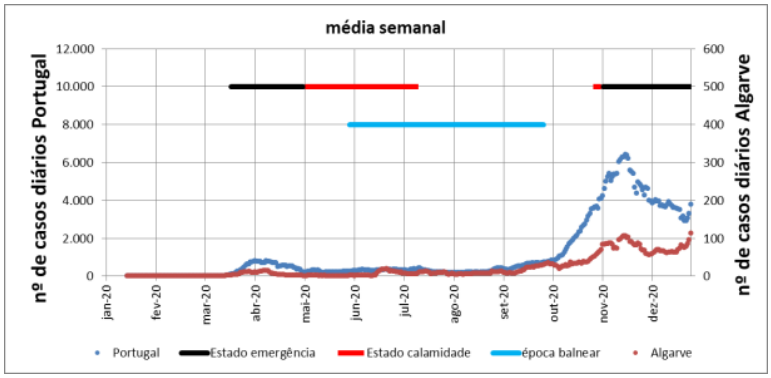


Figura 1 - Evolução do número de casos confirmados (média semanal) de covid-19, em Portugal e Algarve (dados obtidos em os DGS (2020).No gráfico estão também assinalados os períodos do Estado de Emergência e de Calamidade, bem como o período da época balnear.

METODOLOGIA

No sentido de avaliar e quantificar a ocupação das praias foi selecionada uma amostra de oito praias, encaixadas suportadas por arribas no Algarve (fig. 2), objecto de alimentação artificial, em 2014 e 2015 (Pinto *et al.,* 2020), excepto na praia da Senhora da Rocha utilizada com praia de controlo, em que previamente se conhecia a flutuação anual da

ocupação. Os dados foram recolhidos mediante a contagem diária do número de pessoas presentes nas oito praias seleccionadas, durante os dias de semana, entre as 11h00m e as 18h00m, durante a época balnear (junho-setembro) e entre as 11h00m e duas horas antes do pôr do sol no restante período (outubro-maio). Para o efeito foram tiradas fotografias em pontos estratégicos em cada praia, por forma a cobrir todo o areal disponível e permitir a contagem direta das pessoas. O número de pessoas contabilizadas é independente do grupo etário.

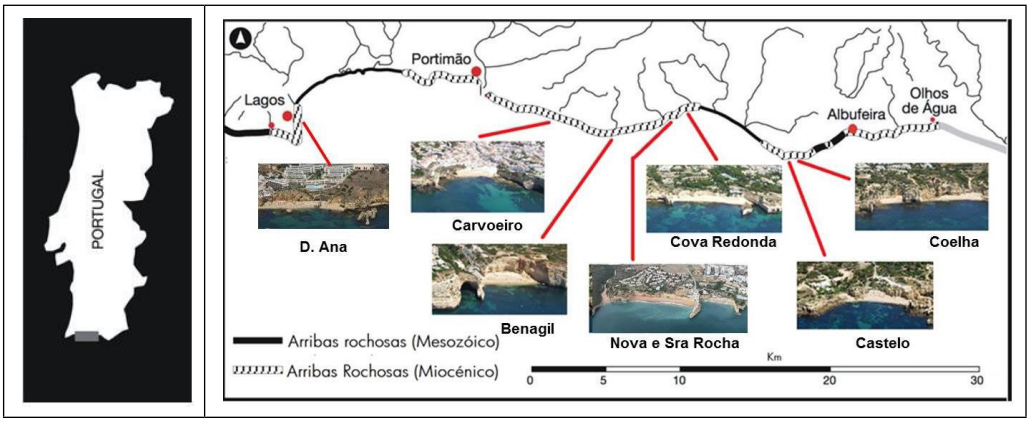


Figura 2- Localização das oito praias analisadas. Todas as praias foram objecto de alimentação artificial em 2014 e 2015, à excepção da praia da Senhora da Rocha.

RESULTADOS

A figura 3 resume as médias mensais da ocupação das oito praias amostradas em 2020. O padrão geral é o da redução da ocupação em cerca de 20-30%, associado às restrições de mobilidade das pessoas e consequente diminuição da ocupação das praias. A redução da ocupação das praias permitiu uma menor ocupação das faixas de risco das arribas, sendo particularmente sentido nas praias do Carvoeiro, Nova, Senhora da Rocha, Castelo e Coelha, em que o pico de ocupação, sentido em Agosto, esteve abaixo do limite de ocupação definido pela Agência Portuguesa do Ambiente. Já a praia da Cova Redonda acusa um ligeiro acréscimo da ocupação, embora abaixo do limiar da capacidade de carga imposta.

Apesar das restrições impostas, a praia de D. Ana, apesar de haver sofrido redução da ocupação em cerca de 70% no período da época balnear, acusou sobrelotação da praia no mês de Agosto. A praia de Benagil, não sofreu qualquer alteração da ocupação no ano de 2020, mantendo-se com ocupação muito acima do limiar defindo pela Agência Portuguesa do Ambiente, com as pessoas dispostas nas faixas de risco das arribas. Esta praia continua a estar francamente sobrelotada, sendo, de todas as praias analisadas, a praia que pior resultados apresenta.

Os resultados da distribuição temporal do número de casos confirmados de Covid 19 (fig.1) e o padrão de ocupação das praias, com valores máximos em Agosto sugerem que a ocupação das praias não teve efeito direto visível na propagação da pandemia. Durante a época balnear não houve incremento do número de casos, quer em Portugal, quer no Algarve. A segunda vaga identificada a partir de outubro de 2020, surgiu já terminada a época balnear, quando a ocupação as praias é já residual. Mesmo na praia de Benagil, a partir de outubro, a lotação foi inferior ao limiar de ocupação definido pela Agência Portuguesa do Ambiente.

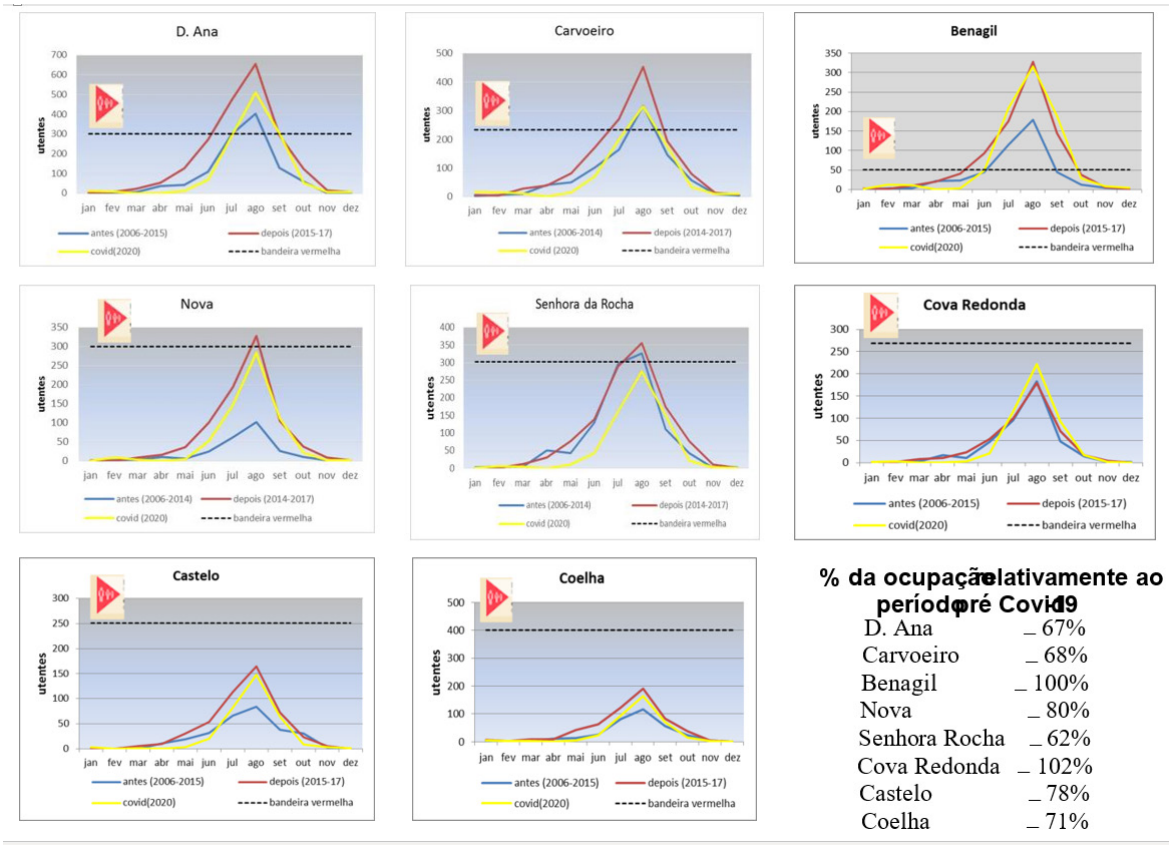


Figura 3 – Variação da ocupação das oito praias analisadas. Valores médios mensais antes da alimentação artificial da praia (2006-2014/15, azul); após a alimentação artificial (2014/15-2017, vermelho) e em 2020 (amarelo). A tracejado o limite de ocupação que implica o hastear da bandeira vermelha. No último painel, em baixo à direita, a percentagem de ocupação em 2020, relativamente à ocupação pré covid 19 (2014/2017).

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostram que a ocupação das praias sofreu o efeito directo das restrições de circulação das pessoas, associadas aos efeitos da pandemida, reduzindo em cerca de 20-30% a ocupação. Ainda assim, existem praias em que a capacidade de carga é largamente ultrapassada, com ocupação das faixas de risco das arribas, nomeadamente a praia D. Ana, em agosto, e a praia de Benagil durante toda a época balnear. Os resultados mostram ainda que a ocupação das praias não teve efeito visível na propagação da pandemia.

REFERÊNCIAS

Direção Geral de Saúde – DGS (2020) – Dados diários de casos confirmados de Covid, disponível em https://covid19.min-saude.pt/relatorio-de-situacao.

Pinto, C. P., Silveira, T. e Teixeira, S. B. (2020) - Beach nourishment practice in mainland Portugal (1950-2017): Overview and retrospective. *Ocean & Coast. Manag.* 192, 105211.

Teixeira, S. B. (2014) - Coastal hazards form slope mass movements: Analysis and management approach on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. Ocean & Coast. Manag. 102: 285-293.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece reconhecidamente a José António Bentes o auxílio na obtenção de fotografias.

GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS COMO ESTRATÉGIA PARA MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ÁREAS COSTEIRAS

Thiago Fagundes Leão*, Olivia Andrade Ávila, Carla Sabino, Susana Beatriz Vinzón

*COPPE/UFRJ/PEnO, Brasil, thiagofleao@oceanica.ufrj.br

Palavras chave: lixo flutuante, gestão costeira integrada, Pesquisa-ação.

INTRODUÇÃO

O lixo flutuante nos oceanos e nas águas costeiras é uma problemática ambiental que tem tomado proporções globais. Está na agenda internacional figurando com inúmeras iniciativas de mitigação em várias regiões do mundo. A presença desse lixo tem se agravado e pode ser associada à ausência ou deficiências no gerenciamento de resíduos sólidos nos territórios costeiro, problema de difícil e longa estruturação, pois envolve políticas públicas, aspectos socioeconômicos e culturais.

Áreas costeiras da Baía de Guanabara (BG), como a orla da Ilha do Fundão, sede do principal campus da UFRJ, recebem aporte constante de lixo flutuante. O Projeto Orla sem Lixo (OSL) propõe uma solução inovadora, que visa o desenvolvimento de um modelo sustentável de geração de trabalho e renda sustentável para as comunidades pesqueiras locais, na perspectiva da gestão integrada do lixo flutuante, baseada em ecossistemas que vai desde a instalação de barreiras até a comercialização dos resíduos coletados. Neste modelo, além da valoração do lixo na reciclagem química, por meio de planta piloto em desenvolvimento, serão contemplados o pagamento por serviços ambientais (PSA) na recuperação de áreas de manguezal e os créditos advindos da prática da logística reversa.

A gestão baseada em ecossistemas é aqui entendida como “uma abordagem integrada de gestão que considera todo o ecossistema, incluindo os humanos” (McLeod *et al*., 2005), onde a complexidade e a relação dentro de sistemas ecológicos próximos são reconhecidas, com os objetivos sociais e a governança do manejo de áreas costeiras (Aswani *et al*., 2012; Carter *et al*., 2015; Long *et al*., 2015). Essa abordagem é uma oportunidade para maximizar os serviços do ecossistema enquanto promove a resiliência ecológica e atividades produtivas apropriadas (Lithgow *et al*., 2019).

O projeto, na sua dimensão social que visa incluir a comunidade pesqueira na cadeia produtiva do lixo flutuante, adota a abordagem metodológica da pesquisa-ação com o movimento de tecnologia social com finalidade de conhecer e integrar os saberes das comunidades pesqueiras aos conhecimentos técnico-científicos no desenvolvimento da solução proposta para o problema do lixo flutuante na Baía de Guanabara. Nessa dimensão social, o projeto contribuirá ainda para a consolidação e fortalecimento das associações de pescadores locais (APAP e APALIF).

METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado é a Pesquisa-Ação, promovendo uma participação horizontal dos atores envolvidos em uma ação planejada de caráter social, educacional e técnico. Essa metodologia fornece os meios eficientes para que os grupos participantes formulem diretrizes transformadoras a partir da elaboração de um diagnóstico da problemática socioambiental local.

O envolvimento dos atores locais na gestão ambiental, quando sustentado por um foco na equidade, confiança, aprendizagem e emancipação, contribui para o aprimoramento

da tomada de decisão ambiental (Borges *et al*., 2017). Esse envolvimento aumenta a probabilidade das decisões no âmbito das políticas ambientais sejam percebidas como integradas e justas, levando em consideração uma diversidade de valores e necessidades, reconhecendo a complexidade das interações humano-meio ambiente (Richards *et al*., 2004). Também pode capacitar os atores locais por meio da integração de saberes científicos e tradicionais, por meio do aumento da capacidade dos participantes de usar esse conhecimento (Stephenson *et al*., 2016). Para maior eficácia, o envolvimento desses atores deve ser institucionalizado, criando culturas organizacionais que facilitem os processos onde os objetivos, em geral, são negociados com resultados incertos (Reed, 2008).

A Pesquisa-ação do presente projeto será o procedimento metodológico para as ações da Tecnologia Social (TS), utilizando práticas consoantes com os conceitos da Economia Solidária, Comércio Justo e Viabilidade Econômica e Socioambiental. A TS amplia a aplicação dos conhecimentos disponíveis para melhoria da qualidade de vida de segmentos sociais vulneráveis, respeitando os saberes não-científicos de cada comunidade, suas características, cultura e valores integrando-os aos conhecimentos científicos para gerar trabalho, renda e autonomia social.

O percurso metodológico abrange (1) Diagnóstico participativo para identificação e hierarquização da problemática socioambiental e dos temas de interesse das comunidades pesqueiras envolvidas (temas geradores).(2) Processos educativos baseados na mobilização, sensibilização e inserção da comunidade pesqueira no contexto do OSL, a partir de temas geradores locais (Freire, 1983), utilizando oficinas e ações coletivas como meios de sensibilização, participação na criação das soluções propostas de ordem logística (como unidade coletora e posicionamento de barreiras) e socioambiental. (3) Encontros e palestras para promoção de uma consciência ecopolítica, em que a solução para o lixo flutuante possibilite a inserção da comunidade pesqueira num modelo de geração de trabalho e renda, levando a transformação e conservação do meio natural após a retirada do lixo. (4) Criação de uma rede de saberes e práticas socioambientais junto às comunidades pesqueiras locais, como forma de facilitar a incorporação de práticas produtivas sustentáveis e incentivar o surgimento do senso comum emancipatório (Neffa, Ritto, 2014; Neffa; Pimentel, 2015).

RESULTADOS ESPERADOS

As premissas do projeto Orla sem Lixo são que o lixo flutuante deve ser interceptado, coletado, transportado e reciclado, em um processo que seja facilmente replicável com envolvimento da comunidade local, efetivo e de baixo custo, transformando resíduos sólidos de modo a garantir a sustentabilidade econômica e ambiental do processo. O projeto se organiza em torno de quatro frentes principais e integradas (subprojetos): Engenharia da interceptação e coleta do lixo flutuante; Análise ambiental; Tecnologia Social e Reciclagem química.

Os resultados esperados com a implementação do Projeto são: 1) Reduzir a poluição na área piloto e ressignificar o espaço costeiro a partir de novas oportunidades de trabalho e renda, diminuindo a exclusão social e incluindo as comunidades de pesca artesanal na cadeia produtiva de intercepção, coleta, transporte e reciclagem do lixo flutuante; 2) Caracterizar a atividade pesqueira realizada pelas comunidades vinculadas às Associações de Pescadores sediados na Ilha do Fundão, assim como os problemas e potencialidades para construir uma solução para o lixo flutuante na Baía de Guanabara; 3) Capacitar a comunidade de pescadores para dialogar e trocar saberes, técnicas e práticas socioambientais com a comunidade acadêmica, impulsionando os processos organizativos da cadeia produtiva do lixo flutuante; 4) Construir o protótipo de uma unidade coletora de lixo flutuante, adaptado às embarcações pesqueiras disponíveis para o transporte e disposição dos resíduos no ponto de desembarque na Ilha do Fundão; e 5) Desenvolver um modelo de trabalho e renda para remunerar o serviço de coleta e transporte do lixo

flutuante e os serviços de manutenção dos equipamentos envolvidos na solução (barreiras e local de desembarque).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa científica atribuída nesse projeto pode contribuir, por exemplo, com o desenvolvimento de métodos para incorporar o conhecimento ecológico local, por meio de estudos sociais de baixo para cima que lançam luz sobre como aplicar esse conhecimento no desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo para ecossistemas costeiros.

Dessa forma, torna-se necessário conceber um novo modelo de gerenciamento de áreas costeiras e resíduos flutuantes, que seja menos oneroso, mais eficiente, dialógico e integrado às necessidades da comunidade local, protegendo ambientes costeiros visando sustentabilidade, bem como implantando estruturas de engenharia adaptadas aos ambientes e condições em que estão inseridas.

REFERÊNCIAS

Aswani, S., Christie, P.,Muthiga, N. A.,Mahon, R., Primavera, J. H., Cramer, L. A., *et al*. (2012). The way forward with ecosystem-based management in tropical contexts: reconciling with existing management systems. Mar. Policy 36, 1–10.doi: 10.1016/j.marpol.2011.02.014

Borges R, Ferreira AC and Lacerda LD (2017) Systematic Planning and Ecosystem-Based Management as Strategies to Reconcile Mangrove Conservation with Resource Use. Front. Mar. Sci. 4:353. doi: 10.3389/fmars.2017.00353

Carter, H., Schmidt, S., and Hirons, A. (2015). An international assessment of mangrove management: incorporation in integrated coastal zone management. Diversity 7:74. doi: 10.3390/d7020074

Freire, P. (1983) Pedagogia do oprimido.12a edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra..

Lithgow, D., de la Lanza, G., and Silva, R. (2019). Ecosystem-based management strategies to improve aquaculture in developing countries: case study of marismas nacionales. Ecol. Eng. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.06.039

Long, R. D., Charles, A., and Stephenson, R. L. (2015). Key principles of marine ecosystembased management. Mar. Policy 57, 53–60. doi: 10.1016/j.marpol.2015.01.013

McLeod, K. L., Lubchenco, J., Palumbi, S. R., and Rosenberg, A. A. (2005). Scientific Consensus Statement on Marine Ecosystem-Based Management Prepared by Scientists and Policy Experts to Provide Information About Coasts and Oceans to U.S. Policy-Makers.

Pimentel, L, Neffa, E. (2015) Engenharia e educação ambiental. In: FANTINATTI, P.; ZUFFO, A. C.; FERRÃO, A. M. de A. (Org.). Indicadores de sustentabilidade em engenharia. 1ed.Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, p. 15-36.

Neffa, E.; Ritto, A. C. de A. (2014) Educação Ambiental como instrumento de protagonismo socioambiental. IN: Educação ambiental: reflexões político-pedagógicas. NEFFA, E.; KELLER, D.; MELLO, M. B. de. (Orgs) Rio de Janeiro: MRA2, pp. 105-121.

Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: a literature review. Biol. Conserv. 141, 2417–2431. doi: 10.1016/j.biocon.2008.07.014

Richards, C., Blackstock, K., and Carter, C. (2004). Practical Approaches to Participation, SERG Policy Brief No. 1, eds C. E. Carter and C. L. Spash Aberdeen: Macaulay Institute.

Stephenson, R. L., Paul, S., Pastoors, M. A., Kraan, M., Holm, P., Wiber, M., *et al*. (2016). Integrating fishers' knowledge research in science and management. ICES J. Mar. Sci. 73, 1459–1465. doi: 10.1093/icesjms/fsw025

IDENTIFICAÇÃO DAS OBRAS COSTEIRAS NO LITORAL CATARINENSE

Mariana Pereira Koerich[1], Pedro de Souza Pereira[2]

[1] Programa de Pós- Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, mariana.koerich@gmail.com

[2] Laboratório de Oceanografia Costeira, Coordenadoria Especial de Oceanografia, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade – Florianópolis – SC pedro.s.pereira@ufsc.br

Palavras chave: obra costeira, geoprocessamento, litoral.

RESUMO

A engenharia costeira apresentam intervenções estruturais e não estruturais para proteção da zona costeira e também para a defesa contra a erosão costeira. A proposta desse trabalho é realizar o mapeamento das obras costeiras no litoral do estado de Santa Catarina e quantificar as principais obras existentes por meio do geoprocessamento. O uso das imagens de satélites disponíveis em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi o procedimento metodológico para o mapeamento. Logo, os dados e informações obtidos foram integrados e armazenados no mesmo ambiente SIG, onde as edições e análises vetoriais foram realizadas para consolidação da tabela de atributos com as informações adicionais sobre as obras como, por exemplo, a sua classificação funcional, o nome do município e a setorização do litoral que fazem parte. Para a classificação funcional das obras, foi adotada as seguintes classe: obras de reflexão de ondas; obras de retenção de sedimentos; obras de adição de sedimentos; obras de infraestrutura e obras de estrutura de lazer e turismo. Assim, procedeu-se a classificação e posterior elaboração do mapa de distribuição das obras ao longo do litoral catarinense. Através do mapeamento desenvolvido, foram identificadas 607 obras costeiras e conclui-se que os enrocamentos são as obras de engenharia costeira com maior expressividade e presença ao longo do litoral, somando 298 ocorrências.A reflexão de ondas teve a maior identificação da classe funcional das obras costeiras, totalizando 302 obras. Apesar das obras de reflexão de ondas fazerem parte da categoria de obra de proteção, nem todas as mapeadas condizem com essa classificação. Por exemplo, o setor do litoral Central demonstrou mais de 50% do total das obras presentes do litoral catarinense e teve em destaque o município de Florianópolis, o qual apresentou 226 obras realizadas sem o intuito de proteger a costa. Os resultados do trabalho ratificam a importância do conhecimento acerca das obras mapeadas sobre o território público ou privado e o planejamento adequado.

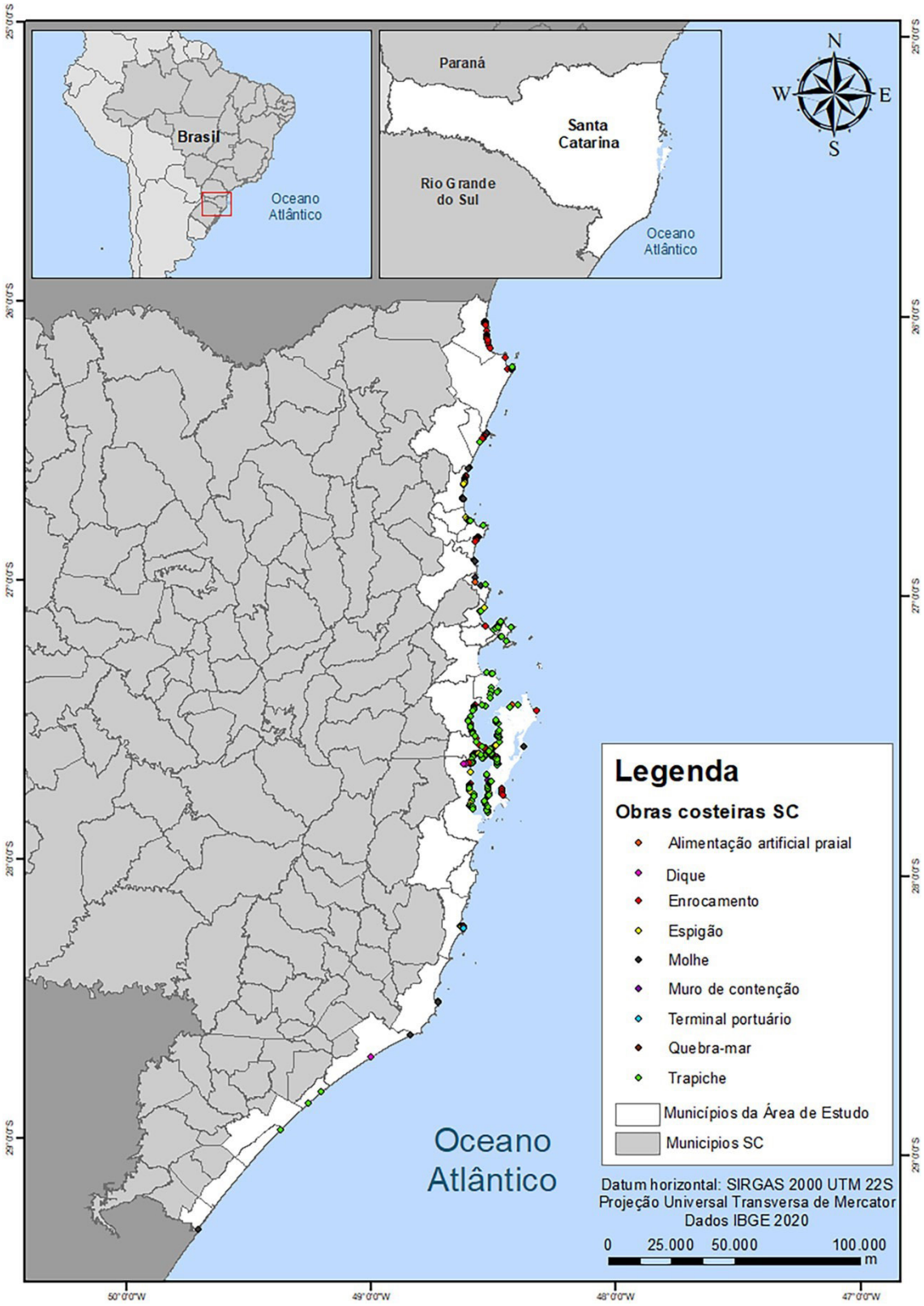


Figura 1. Mapa de distribuição das obras costeiras no litoral de Santa Catarina. Autora: Mariana Pereira Koerich.

IDENTIFICAÇÃO DE MACROALGAS BENTÔNICAS NA DIETA DE TARTARUGAS-VERDES, *CHELONIA MYDAS* (LINNAEUS,1750) ENCONTRADAS EM ANGRA DOS REIS E PARATY, RJ.

Mônica Dias Côrrea da Silva*, Marcos Bastos Pereira, Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Renato Velloso, Naiara Tessaro, Felipe Miguel, Sidnei Honório Candido Filho

**Universidade do Estado do Rio de Janeiro , Brasil, coordenação.tartaruga.viva@gmail.com.*

Palavras chave: Monitoramento ambiental, Quelônios marinhos, Conservação marinha.

INTRODUÇÃO

A tartaruga-verde é uma das 5 espécies de tartarugas marinhas encontradas na costa brasileira. É um animal com distribuição cosmopolita e segundo a União Internacional para a Conservação da natureza (IUCN) encontra-se na lista de animais ameaçados de extinção. Os filhotes de *Chelonia mydas* são onívoros com tendência carnívora e se desenvolvem em águas oceânicas, enquanto os juvenis e adultos de hábitos predominantemente herbívoros migram para as áreas costeiras. Compreender os hábitos alimentares desses animais é fundamental para a ecologia dos ecossistemas marinhos, visto que dentre diversas funções ecológicas, eles podem regular a densidade de algas e gramas marinhas e atuar na ciclagem de nutrientes nos ecossistemas praiais. Contudo, em vista de suas práticas migratórias e alimentares, esses indivíduos acabam ficando vulneráveis aos impactos costeiros. Esse estudo tem como objetivo identificar as macroalgas bentônicas observadas no conteúdo estomacal das tartarugas marinhas encontradas encalhadas ou à deriva durante o monitoramento de praias realizado na região de Angra dos Reis e Paraty pelo Programa Tartaruga Viva, uma exigência do licenciamento ambiental da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Processo Ibama nº 02001.003272/2011-48).

METODOLOGIA

As amostras dos animais encalhados foram coletadas durante os anos de 2018, 2019 e 2020, entre os munícipios de Angra dos Reis e Paraty localizados no litoral sul fluminense. A área do monitoramento de praias executado pelo Programa Tartaruga Viva compreende da Praia dos Coqueiros até o condomínio Porto Frade. As carcaças coletadas nas praias foram levadas à base do programa localizada na Vila Residencial de Mambucaba, local onde ocorreu a necropsia dos animais. Esôfago e estômago foram removidos e o material interno desses órgãos foi triado, armazenado e fixado com formol a 10%. As análises do conteúdo estomacal foram realizadas no laboratório de Oceanografia Biológica na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. O conteúdo estomacal foi lavado e pré-triado utilizando uma peneira de 500µm de malha para detecção de possíveis materiais de origem antropogênica. Em seguida, o material foi triado e identificado ao menor nível taxônomico possível com auxílio de especialistas e chaves dicotômicas presentes na literatura. Foi calculada a frequência de ocorrência de macroalgas por amostra. A frequência foi obtida pela fórmula $F = (N_0 \times 100) / N_t$), onde *F* entende-se por frequência, N_0 representa o número de ocorrência do gênero nas amostras triadas e N_t o número total de espécies encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo 31 amostras de conteúdo gastrointestinal foram analisadas. Dois indivíduos apresentaram ingestão de material plástico e duas amostras não apresentaram ocorrência de algas. Dos 33 táxons de macroalgas identificados, 16 (48%) pertencem ao grupo das algas vermelhas (Rhodophyta), 10 (30%) do grupo das algas pardas (Phaeophyta) e 7 (22%) de algas verdes (Chlorophyta). Dentre as algas vermelhas a maior frequência de ocorrência foi do gênero *Hypnea* (J.V.Lamouroux,1813) (39%). No grupo das algas pardas a maior frequência de ocorrência foi do gênero *Dictyopteris* (J.V.Lamouroux,1809) (32%.). E por fim, no grupo das algas verdes, *Ulva* sp. (Linnaeus,1753) e *Caulerpa* sp. foram identificadas em 7 das 33 amostras, apresentando 23% de frequência de ocorrência (tab.1).

Tabela 1: Identificação e frequência de ocorrência de macroalgas no conteúdo estomacal de Chelonia mydas.

Macroalgas	Ocorrência (amostras)	Frequência (%)
Rhodophyta		
Acanthophora sp.	6	19,35
Centroceras sp.	1	3,23
Ceramium sp.	2	6,45
Cheilosporum sp.	1	3,23
Chondracanthus sp.	6	19,35
Gelidiella sp.	3	9,68
Gracilaria sp.	3	9,68
Grateloupia sp.	7	22,58
Heterosiphonia sp.	1	3,23
Hypnea sp.	12	38,71
Jania sp.	2	6,45
Laurencia sp.	1	3,23
Porphyra sp.	2	6,45
Pyropia sp.	1	3,23
Rhodymenia sp.	1	3,23
Solieria sp.	1	3,23
Phaeophyta		
Bachelotia sp.	1	3,23
Dictyopteris sp	10	32,26
Dictyota sp.	1	3.23
Canistrocarpus sp.	4	12,90
Chnoospora sp.	1	3,23
Colpomenia sp.	1	3,23
Padina sp.	2	6,45
Petalonia sp.	1	3,23
Sargassum sp.	5	16,13
Sphacelaria sp.	1	3,23
Chlorophyta		
Ulva sp.	7	22,58
Caulerpa sp.	7	22.58
Codium sp.	4	12,90
Cladophora sp.	1	3,23
Gayralia sp.	1	3,23
Rhizoclonium sp.	1	3,23
Phyllodictyon sp.	2	6,45

Ao tratarmos das preferencias alimentares de *Chelonia mydas,* estudos veem apontando para uma relação de preferência do recurso alimentar com a abundância de itens no ecossistema. Guebert, 2008 afirma ainda que quanto ao habito alimentar é possível considerar a tartaruga verde como uma espécie de hábito oportunista e generalista utilizando recursos e se adaptando aos mesmos de acordo com a disponibilidade no ecossistema. Esta relação parece ser confirmada no presente estudo com a maior frequência de ocorrência das algas vermelhas nos conteúdos gastrointestinais avaliados e o predomínio de rodófitas na região da Baía de Ilha Grande, já comprovado em estudos anteriores.

Ainda sobre a preferência alimentar das tartarugas verdes, Santos *et al*. (2015) relataram a preferência destas por rodófitas em ambientes distintos e com grande disponibilidade destas algas e Russel & Balazs (2009), para os gêneros *Hypnea* e *Acanthophora* como preferência alimentar na dieta das tartarugas-verdes como no presente estudo

CONCLUSÃO

Os indivíduos de *Chelonia mydas* amostrados no presente estudo apresentaram padrões de alimentação preferencialmente de macroalgas, confirmando o hábito prioritariamente herbívoro. A maior frequência de ocorrência de algas vermelhas nas amostras corrobora com a literatura. Foi identificado material antrópico no conteúdo estomacal de dois indivíduos.

REFERÊNCIAS

AWABDI, D.R.; SICILIANO, S.; BENEDITTO, A.P.M. First information about the stomach contents of juvenile green turtles, *Chelonia mydas*, in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*, v. 5, n. 6, p. 1-6, 2013.

BJORNDAL, K.A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. *In*: Lutz, P.L.; Musick, J.A. (eds). *The biology of sea turtles*. Boca Raton, FL: CRC Press, , p. 199−231,1997.

BRITO, L.V.R.; SZÉCHY, M.T.M.; CASSANO, V. Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao Terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. *Atlântica*, 24: 17-26, 2002.

GUEBERT, F.M. *Ecologia alimentar e consumo de material inorgânico por Tartarugasverdes, chelonia mydas, no litoral do estado do Paraná***.** Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências biológicas, Universidade Federal do Paraná.78p. 2008.

GOATLEY, C.H.R.; HOEY A.S.; BELLWOOD, D.R. The role of turtles as coral reef macroherbivores. *PloS One*, 7: e39979, 2012.

RUSSELL, D.J; BALAZS, G.H. Dietary shifts by green turtles (*Chelonia mydas*) in the Kane'ohe Bay region of the Hawaiian Islands: a 28-year study. *Pacific Science*, 63:181–192,2009.

SANTOS, R.G.; SILVA MARTINS, A.; BATISTA, M.B.; HORTA, P. A. Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. *Marine Ecology Progress Series*, 529:265–277, 2015.

SCHERNER, F.; BARUFI, J.B.; HORTA, P.A. Photosynthetic response of two seaweed species along an urban pollution gradient: evidence of selection of pollution-tolerant species. *Marine Pollution Bulletin*, 64, pp. 2380-2390, 2012.

IMPACTO BIOGEOQUÍMICO DAS INTRUSÕES DA ÁGUA CENTRAL DO ATLÂNTICO SUL NA BAÍA DE GUANABARA

Elisa Passos[1], Alexandre Fernandes[2], Gleyci Moser[2]

[1] COPPE/UFRJ, Brasil, elisanpassos@gmail.com [2] FAOC/UFRJ, Brasil

Palavras chave: clorofila-a, ressurgência costeira, trocas oceano-baía.

INTRODUÇÃO

Estuários são importantes regiões costeiras devido à sua relevância biológica e função ecológica. O conhecimento da dinâmica estuarina é fundamental na compreensão do ecossistema observado em baías estuarinas [6]. As trocas oceano-baía impactam em processos biológicos e biogeoquímicos [1; 3; 8; 13; 17], influenciam na renovação de água, qualidade da água, eutrofização [5; 8; 14], na dinâmica estuarina [12; 19], e impactam no manejo costeiro de pescado e aquacultura [12].

Intrusões de águas mais densas em embaiamentos costeiros ocorrem em diferentes escalas de tempo, com a variabilidade de alta frequência sobreposta à processos quase inerciais ou subinerciais. Diferenças de densidade entre a baía e o oceano criam um gradiente de pressão baroclínico que pode controlar as trocas oceano-baía em escala submaregráficas [7; 13].

Episódios de águas relativamente mais frias, caracterizados como Água Central do Atlântico Sul (ACAS), na Baía de Guanabara (BG) foram descritos em estudos preliminares [2; 10; 11; 16], porém o impacto destas intrusões na ecologia da BG é uma investigação que se faz necessária. Os eventos ocorrentes na BG são mais frequentes de outubro a março, período favorável a ressurgência costeira de Cabo Frio-RJ, região localizada 100 km a leste da BG.

METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo foi utilizada a compilação de quatro bases de dados no período compreendido entre 30/11/2014 e 26/02/2015 que consistem em dados *in situ* medidos com o uso de quatro termômetros, na profundidade de 20 m, coletados nos locais denominados como Ponte, Ilha Laje, Ilha Rasa e Maricá. A série temporal de temperatura a 20 m para Cabo Frio é oriunda do Projeto Sistema Integrado de Obtenção de Dados Oceanográficos (SIODOC). Para as análises biogeoquímicas, foram adquiridos resultados de clorofila, fosfato (PO4) e silicato (Si) oriundos na reanálise do modelo diário biogeoquímico com resolução horizontal de ¼° disponibilizado pelo sítio eletrônico do *Copernicus*. Além disso, dados de satélite para clorofila- a, com resolução horizontal de 4 km, também foram adquiridos no mesmo sítio eletrônico. Por fim, um filtro *ButterWorth* de 72-h foi aplicado em todas as séries temporais e o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson foi aplicado para entender a relação entre as séries de temperatura de 20 m e os parâmetros biogeoquímicos.

RESULTADOS

Ao se analisar estatisticamente os dados dos termômetros (Figura 1 (a)), observa-se que a tendência da temperatura média e da mediana é aumentar de leste para oeste e conforme se adentra a BG. A média e a mediana são inferiores a 20°C nos termômetros externos à baía e superior a este valor nos termômetros internos. Além disso, as maiores

amplitudes térmicas são encontradas no interior da baía, com amplitude total de 15°C, enquanto os termômetros externos à BG apresentam variação de cerca de 10°C. As menores temperaturas são observadas na região da ressurgência costeira de Cabo Frio e as maiores temperaturas são observadas no interior da BG.

A Figura 1 (b) corresponde ao diagrama *Hovmöller* da temperatura dos cinco termômetros com marcação para a isoterma de 18°C, que é indicativa de águas de origem oceânica ditas ACAS [4], e está sendo usada como critério para inferir a presença de ACAS. Dessa forma, observa-se dois eventos mais frios em todos os termômetros no início da série. Após 25/12/2014, temperaturas abaixo de 18°C só são observadas nos termômetros externos à baía. A Figura 1 (c) apresenta a clorofila-a apenas para os locais de medição externos à BG, sobreposta às temperaturas correspondentes registradas nesses mesmos locais. As maiores concentrações de clorofila-a são observadas nos momentos em que os termômetros indicam temperaturas abaixo de 18°C, indicando uma correlação inversa

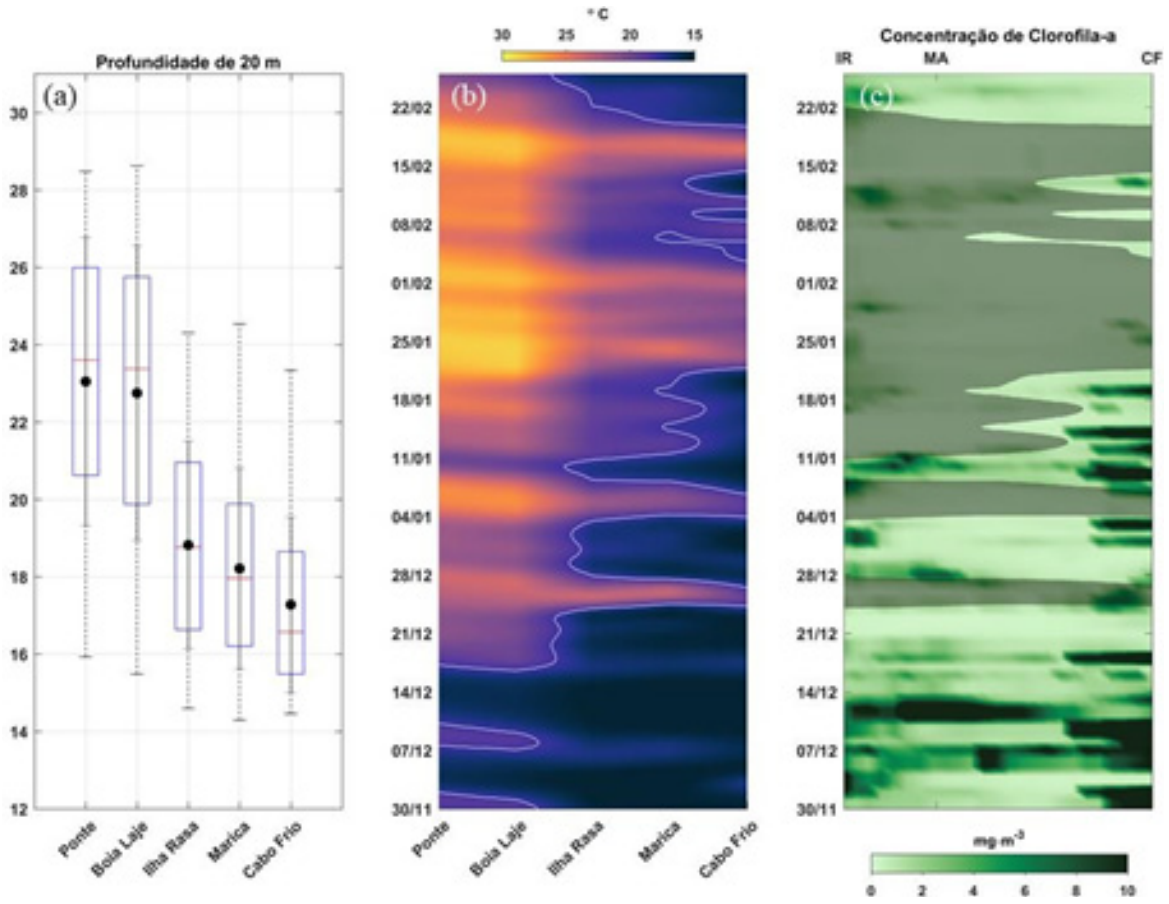


Figura 1: (a) *Boxplot* dos cinco termômetros analisados. Os pontos em preto representam a média de cada série, a linha em vermelho representa a mediana e a caixa em azul corresponde à 25 e 75 percentis dos dados. Os valores de máximos e mínimos são os limites tracejados enquanto os limites sólidos são o desvio-padrão. (b) *Hovmöller* dos cinco termômetros dispostos de dentro da Baía de Guanabara para fora em direção à leste. A linha demarcada corresponde à isoterma de 18°C. (c) *Hovmöller* da clorofila-a para a região dos termômetros fora da Baía de Guanabara que são, de oeste para leste: Ilha Rasa (IR); Maricá (MA); e Cabo Frio (CF). A porção hachurada corresponde às temperaturas acima de 18°C.

A Figura 2 mostra a série temporal dos resultados biogeoquímicos, nos quais a clorofila-a e o silicato apresentam uma correlação inversa com a temperatura (-0.7 e -0.6, respectivamente) enquanto o fosfato apresenta uma correlação direta (0.7). Além disso, os resultados biogeoquímicos exibem dois picos de clorofila-a e silicato quando os termômetros indicam temperaturas abaixo de 18°C. A disponibilidade de silicato em águas mais frias

e ricas em nutrientes favorece o deselvolvimento de diatomáceas microplanctônicas. Na baía de Guanabara a ocorrência desses organismos é frequentemente associada à presença da ACAS ou misturas dessa água no canal central [9; 18]. Entretanto na BG predominam cianobactérias, clordendrofíceas, dinoflagelados e diatomáceas, notadamente nanoplanctônicos, ao longo do ano [15; 18].

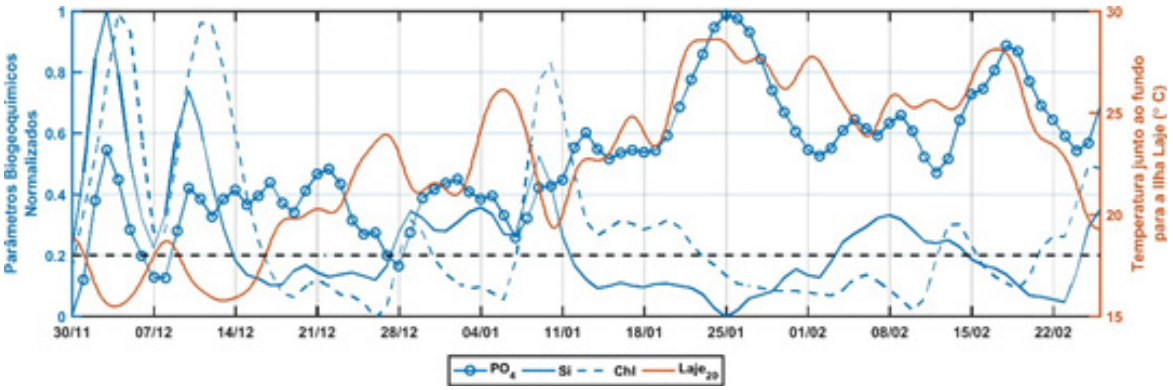


Figura 2: O eixo esquerdo apresenta os parâmetros biogeoquímicos normalizados, sendo que PO_4, Si e Chl correspondem respectivamente à fosfato, silicato e clorofila. O eixo direito exibe a temperatura para o termômetro da Ilha Laje, próximo à boca da baía de Guanabara. A linha preta tracejada indica a isoterma de 18°C.

CONCLUSÕES

Intrusões de águas relativamente mais frias em subsuperfície são observadas na Baía de Guanabara em dois eventos no início do período avaliado que ocorreram entre 30/11/2014 e 26/02/2015. Essas águas mais frias ditas ACAS são águas oceânicas e especula-se que estas águas adentram na Plataforma Continental via o sistema de ressurgência de Cabo Frio ou mediante deslocamentos locais de subsuperfície perpendiculares à costa. Embora a série temporal analisada seja curta, os resultados obtidos nos diagrama *Hovmöller* sugerem que a advecção paralela à costa da água ressurgida em Cabo Frio seja talvez a principal fonte para a ocorrência destas águas frias na BG.

Além disso, ao se avaliar a clorofila-a captada por satélites, as maiores taxas de clorofila-a estavam associadas a momentos de águas mais frias medidas pelos termômetros a 20 m. Adicionalmente, os resultados dos parâmetros biogeoquímicos evidenciam que os maiores picos de clorofila-a estão em concordância com picos de silicato e que os mesmos também ocorrem em momentos de águas mais frias em subsuperfície. Dessa forma, conclui-se que a ACAS influencia na produtividade da região, desde Cabo Frio até a entrada da Baía de Guanabara, e sugere-se ainda que, além de impactar na produtividade primária, a presença da ACAS possa alterar toda a cadeia trófica associada.

REFERÊNCIAS

[1] ALLEN, G., SIMPSON, J., 1998, “Deep Water Inflows to Upper Loch Linnhe”,Es-tuarine, Coastal and Shelf Science, v. 47, n. 4, pp. 487 – 498. doi: <https://doi.org/10.1006/ecss.1998.0367>.

[2] BÉRGAMO, A. L., 2006, Características hidrográficas, da circulação e dos transportes de volume e sal na Baía de Guanabara (RJ): variações sazonais e moduladas pela maré. Ph.D. Thesis, Universidade de São Paulo.

[3] BREITBURG, D. L., 1990, “Near-shore hypoxia in the Chesapeake Bay: Patternsand relationships among physical factors”,Estuarine, Coastal and ShelfScience, v. 30, n. 6, pp. 593 – 609. doi: <https://doi.org/10.1016/0272- 7714(90)90095-9>.

[4] CERDA, C., CASTRO, B. M., 2014, “Hydrographic climatology of South Brazil Bight shelf waters between São Sebastião (24°S) and Cabo Sao Tomé (22°S)”, Continental Shelf Research, v. 89, pp. 5 – 14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.11.003>.

[5] EDWARDS, A., EDELSTEN, D., 1977, “Deep water renewal of Loch Etive: a three basin Scottish fjord”, Estuarine and Coastal Marine Science, v. 5, n. 5, pp. 575–595.

[6] GIDDINGS, S. N., MACCREADY, P., 2017, “Reverse Estuarine Circulation Dueto Local and Remote Wind Forcing, Enhanced by the Presence of Along-Coast Estuaries”,Journal of Geophysical Research: Oceans, v. 122, n. 12,pp. 10184–10205.

[7] HICKEY, B., ZHANG, X., BANAS, N., 2002. Coupling between the california current system and a coastal plain estuary in low riverflow conditions. Journal of Geophysical Research: Oceans 107, 30–1.

[8] KANG, X., XIA, M., PITULA, J.S., CHIGBU, P., 2017. Dynamics of water and salt exchange at maryland coastal bays. Estuarine, Coastal and Shelf Science 189, 1–16.

[9] LOPES, RAQUEL NEVES TAVARES. Biomassa e Produtividade primária nos distintos grupos pig-mentares e frações de tamanho do fitoplâncton da Baia de Guanabara. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Caracterização, Diagnóstico e Evolução de Ambientes Marinhos) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

[10] MARIANO, L., CERRONE, B. N., FRAGOSO, M., *et al*., 2012, “Evidências de intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na Baía de Guanabara (RJ, Brasil)”. In: *Proceedings Congresso Brasileiro de Oceanografia*, pp. 2221–2228, November.

[11] MELO, G., 2004, “Transporte de metais pesados no sedimento em suspensão na Baía de Guanabara, em um ciclo de maré”, *Rio de Janeiro [Dissertação de mestrado]-Universidade Federal Fluminense*.

[12] MIYAKE, H., TANAKA, I., MURAKAMI, T., 1988, “Outflow of water from FunkaBay, Hokkaido, during early spring”,Journal of the Oceanographical So-ciety of Japan, v. 44, n. 4, pp. 163–170.

[13] MONTEIRO, P., LARGIER, J., 1999, “Thermal Stratification in Saldanha Bay(South Africa) and Subtidal, Density-driven Exchange with the CoastalWaters of the Benguela Upwelling System”,Estuarine, Coastal and ShelfScience, v. 49, n. 6, pp. 877 – 890. doi: <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0550>.

[14] O’CALLAGHAN, J., PATTIARATCHI, C., HAMILTON, D., 2007, “The response of circulation and salinity in a micro-tidal estuary to sub-tidal oscillations in coastal sea surface elevation”, Continental Shelf Research, v. 27, n. 14, pp. 1947–1965.

[15] ODEBRECHT, C. *et al*. Flagellates versus diatoms: phytoplankton trends in tropical and subtropical estuarine- coastal ecosystems. In: Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic. Springer, Cham, 2018. p. 249-267.

[16] PASSOS, E. N., SANCHO, L. M. B. A. M. C., CARREIRO, V. B., *et al*., 2012, “Evidências da ocorrência da Água Central do Atlântico Sul na Baía de Guanabara”. In: Proceedings Congresso Brasileiro de Oceanografia, pp. 2253–2259, November.

[17] ROSENFELD, L.K., SCHWING, F.B., GARFIELD, N., TRACY, D.E., 1994. Bifurcated flow from an upwelling center: a cold water source for Monterey bay. Continental Shelf Research 14, 931–964.

[18] TENENBAUM, D.R., NASCIMENTO, S.M., VIANNA, S., FRAGOSO, G., HATHERLY, M. and de MORAES, R., 2017. Estrutura espacial e temporal da comunidade microplanctônica. In Ambiente Pelágico (pp. 127-170). Campus.

[19] YOUNG, B. D., HAY, A. E., 1987, “Density Current Flow into Fortune Bay, Newfoundland”, Journal of Physical Oceanography, v. 17, n. 7, pp. 1066– 1070. doi: <10.1175/1520-0485(1987)017<1066:DCFIFB>2.0.CO;2>.

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OCUPAÇÃO DO SOLOSOBREOSMANGUEZAIS DABAÍADE BABITONGA (SC)

André Schmidt Filgueras[1]*, Tatiana Silva da Silva[2], Iran Carlos Stalliviere Corrêa[3]

*[1] Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.*autor para correspondência: andresfilga@gmail.com*

[2] Departamento de Geodésia, Laboratório de Modelagem Ricardo Ayup Zouain (LabModel), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, tatiana.silva@ufrgs.br

[3] Departamento de Geodésia, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, iran.correa@ufrgs.br

Palavras chave: nível do mar, zonas úmidas, cobertura/uso do solo, serviços ecossistêmicos.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros são considerados os mais impactados pelas mudanças climáticas, principalmente pelo aumento das inundações e erosão, sendo os manguezais identificados como importantes fatores para a proteção costeira (ALONGI, 2015; HOEGH-GULDBERG; BRUNO, 2010). Embora o mangue possa acompanhar o aumento do nível do mar, a migração em direção ao continente pode ser prejudicada em regiões costeiras com maiores inclinações ou com presença de infraestrutura humana (GILMAN *et al*., 2008; HOEGH-GULDBERG; BRUNO, 2010). Com o objetivo de desenvolver uma metodologia quali-quantitativa de avaliação dos potenciais efeitos combinados das mudanças climáticas e da ocupação do solo, conhecido como constrição costeira (PONTEE, 2013), este trabalho tem como foco a baía de Babitonga, caracterizada por concentrar 75% dos manguezais do estado de Santa Catarina e uma população de 700 mil habitantes, além de possuir o maior parque industrial e o segundo sistema portuário do estado (KILCA *et al*., 2019).

METODOLOGIA

A estimativa do impacto do aumento do nível do mar sobre a distribuição dos manguezais na Baia de Babitonga foi realizada via dados de aerofotogrametria e modelos digitais de elevação disponibilizados pelo Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2010). Para a projeção de cenários futuros de aumento do nível do mar, utilizou- se os limites máximos e mínimos de dois Caminhos Representativos de Concentração (RCP) (IPCC, 2019): um cenário “otimista”, pois considera a redução na utilização de combustíveis fósseis no futuro próximo (RCP2.6), e um cenário “pessimista”, onde o consumo de combustíveis fósseis apresenta aumento até o final do século XXI (RCP8.5). As projeções do uso da terra na região foram realizadas a partir dos dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil - MapBiomas (SOUZA *et al*., 2020), e utilizando o modelo CLUE-S (VERBURG *et al*., 2002) por meio do pacote LULCC da plataforma R (MOULDS; BUYTAERT; MIJIC, 2015). As categorias originais de cobertura e uso do solo do MapBiomas foram divididas em cinco classes: duas naturais (floresta e mangue), uma caracterizada por se expandir diretamente sobre florestas (primário) e outra cuja expansão ocorreu sobre a ocupação/uso primário (secundário), representando áreas rurais. Tanto as classes primária e secundária sofrem o avanço da infraestrutura urbana (terciário). Foram considerados dois cenários de ocupação e uso do solo, considerando os limites inferiores e superiores (intervalo de predição de 95%) da expansão da infraestrutura urbana na região. Para a projeção das zonas úmidas, considerou-se a amplitude máxima de maré para a região (2,3 m), nível este que coincide na região com os limites entre a vegetação de mangue e as florestas, conhecido como

restinga ou apicum (SCHAEFFER-NOVELLI, 2008). Foram classificadas como “Outras ZUs” áreas naturais pertencentes à zona úmida que não foram classificadas em 2019 como mangue, relacionadas principalmente com zonas de restinga ou áreas anteriormente classificadas como mangue e atualmente degradadas.

RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam que as zonas úmidas da baía de Babitonga apresentam tendência de aumento de 108,19 km² em 2019 para valores entre 111,12 km² em 2030 (RCP2.6min) e 116,70 km² em 2100 (RCP8.5min). No entanto, observou-se um contínuo decréscimo do percentual de ocupação, pelas áreas originais de mangue e de zonas úmidas em geral, em detrimento tanto de áreas de floresta quanto das três classes de ocupação/uso humano, restando 12,2 km² de mangue e 24,3 km² de outras zonas úmidas originais em 2100, considerando o pior cenário de ocupação do solo (LULCCmax) e de elevação do nível do mar (RCP8.5max). Estas áreas representam 30,3 e 49,4 % das áreas de 2019, respectivamente (Figura 1). Para os cenários RCP8.5 de longo prazo (2100), as áreas de florestas inseridas nas zonas úmidas não serão suficientes para a migração e manutenção da área original de mangue e da zona úmida em geral, mesmo quando considerado o cenário de menor expansão da infraestrutura urbana (LULCCmin), enquanto para LULCCmax foi identificado esta ausência em 2050.

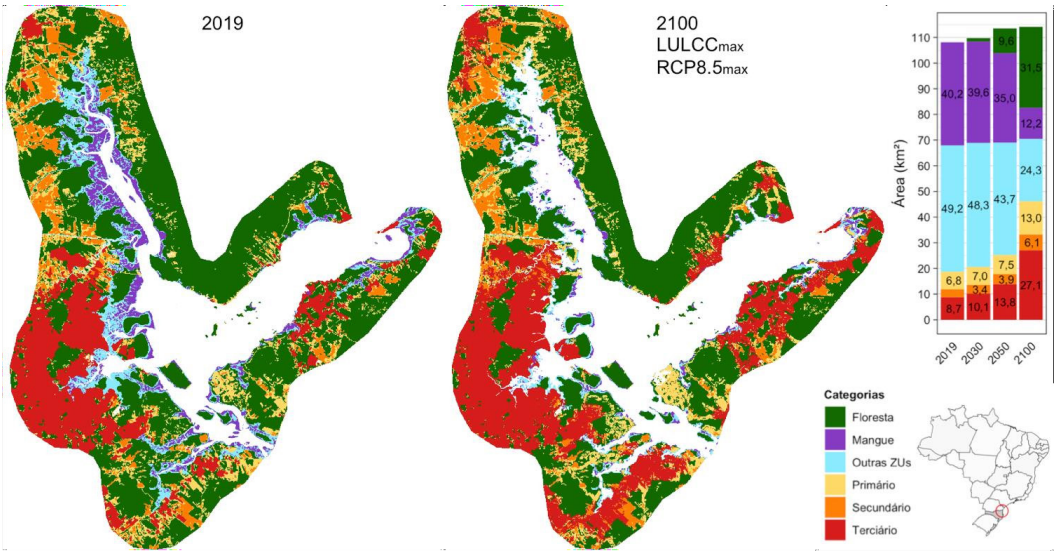


Figura 1. Distribuição espacial das categorias de cobertura e uso do solo em 2019 (esquerda), estimativas para 2100 (centro), considerando as maiores expansões das áreas urbanas (LULCmax) e elevações do nível do mar (RCP8.5max) e variação quali- quantitativa nas áreas úmidas (direita) da baía de Babitonga (Santa Catarina, Brasil).

Os manguezais possuem características, funções ou processos ecológicos que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano, conhecidos como serviços ecossistêmicos (COSTANZA *et al*., 2017). A perda de áreas originais de mangue pode não apenas interromper seu importante serviço ecossistêmico de regulação climática (capacidade de sequestro de carbono), mas também liberar na atmosfera o carbono estocado por este ecossistema, principalmente na forma de CO2 (ALONGI, 2018). Além da redução das áreas de mangue de uma forma geral, observou-se uma importante perda deste ecossistema no entorno das áreas urbanas (terciário), tornando estas regiões mais expostas a impactos de eventos climáticos extremos (ALONGI, 2009). Os mangues possuem a capacidade de contribuir direta e indiretamente para o acréscimo de sedimentos, possibilitando uma migração vertical que tornaria possível a manutenção das áreas atuais mesmo com a elevação do nível do mar, a depender do grau de preservação

do ecossistema (ALONGI, 2018; KRAUSS *et al*., 2014).

CONCLUSÕES

A preservação dos ecossistemas de mangue é de suma importância para a manutenção das linhas costeiras atuais e preservação da qualidade de vida, tanto das populações que habitam estas regiões quanto de forma global. Tendo em vista os potenciais impactos decorrentes do aumento do nível do mar e da ocupação do solo identificados, conclui-se que o planejamento e gestão das zonas costeiras da baía de Babitonga deve considerar não apenas a localização atual dos mangues e das zonas úmidas em geral, mas também áreas passíveis de expansão por parte destes ecossistemas, bem como desenvolver e implantar políticas eficientes de preservação dos mesmos em termos de qualidade ambiental, otimizando a capacidade de retenção de sedimentos do ecossistema e tornando possível assim a manutenção de áreas originais.

REFERÊNCIAS

ALONGI, Daniel M. The impact of climate change on mangrove forests. Current Climate Change Reports, v. 1, n. 1, p. 30–39, 2015.

ALONGI, Daniel M. The energetics of mangrove forests. Springer Science & Business Media, 2009.

ALONGI, Daniel M. Blue carbon: Coastal sequestration for climate change mitigation. Springer, 2018.

COSTANZA, Robert *et al*. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem services, v. 28, p. 1–16, 2017.

GILMAN, Eric L *et al*. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. Aquatic Botany, v. 89, n. 2, p. 237–250, 2008.

HOEGH-GULDBERG, Ove; BRUNO, John F. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. Science, v. 328, n. 5985, p. 1523–1528, 2010.

IPCC. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 1–765, 2019.

KILCA, Ricardo V. *et al*. Os manguezais e marismas da Baía Babitonga uma síntese. 2019.

KRAUSS, Ken W. *et al*. How mangrove forests adjust to rising sea level. New Phytologist, v. 202, n. 1, p. 19–34, 2014.

MOULDS, S.; BUYTAERT, W.; MIJIC, A. An open and extensible framework for spatially explicit land use change modelling: the lulcc R package. Geoscientific Model Development, v. 8, n. 10, p. 3215–3229, 2015.

PONTEE, Nigel. Defining coastal squeeze: A discussion. Ocean & Coastal Management, v. 84, p. 204–207, 2013.

SANTA CATARINA. SIGSC–Sistema de informações geográficas. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). Fornece produtos de geoprocessamento derivados do aerolevantamento do triênio, p. 2011–2012, 2010.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum. p. 119. 2008.

SOUZA, Carlos M. *et al*. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

VERBURG, Peter H. *et al*. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. Environmental Management, v. 30, n. 3, p. 391–405, 2002.

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA HIDRALERTA PARA A ZONA COSTEIRA DA COSTA DA CAPARICA

Ana Catarina Zózimo*, Andreia M. Ferreira, Liliana V. Pinheiro, Conceição J.E.M.Fortes, Miguel Baliko

*LaboratórioNacionaldeEngenhariaCivil,Portugal,aczozimo@lnec.pt

Palavras chave: sistema HIDRALERTA, galgamento, run-up, risco costeiro.

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 10% da população vive em zonas costeiras (a menos de 10 m acima do nível médio do mar) onde as atividades socio-económicas continuam em franca expansão. No entanto, nestas zonas as inundações associadas a eventos de galgamento costeiro comportam riscos que tenderão a tornar-se mais relevantes em cenários de alterações climáticas. A costa Portuguesa é particularmente exposta a tempestades, cuja frequência e intensidade propicia a ocorrência de episódios de galgamentos e inundações costeiras com consequências gravosas aos níveis socio- económico e ambiental. São exemplo, a tempestade Hércules (jan./2014), que deu origem a danos cujos custos ascenderam a 15,5 M€ em Portugal Continental e a tempestade Lorenzo (out./2018), que originou custos de 330 M€ nos Açores. Tratam-se de valores muito elevados que podem ser minorados desde que seja possivel prever em tempo útil a ocorrência destes eventos, de forma a que as autoridades responsáveis possam implementar atempadamente medidas/procedimentos que evitem ou minimizem os danos causados. Para tal, é essencial o desenvolvimento de ferramentas de previsão, alerta e gestão dos riscos associados aos efeitos da agitação marítima em zonas costeiras e portuárias. A importância deste tema encontra eco nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030 da ONU), nomeadamente nos tópicos “Redução do Risco de Desastres” (ODS 11) e “Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados com o clima e as catástrofes naturais em todos os países” (ODS 13).

O sistema HIDRALERTA (Poseiro, 2019, Pinheiro *et al*., 2020) é um sistema de previsão, alerta e avaliação do risco para zonas costeiras e portuárias, englobando situações de emergência associadas a galgamento e respectiva inundação, e ao risco para os navios amarrados, devido a condições meteo-oceanográficas extremas. Fornece previsões com até 3 dias de antecedência da agitação marítima, das suas consequências e dos níveis de risco associados. O primeiro protótipo do sistema desenvolvido para o porto e baía da Praia da Vitória (Ilha Terceira, Açores), está operacional desde setembro de 2015. Estão atualmente em fase de testes e validação os sistemas desenvolvidos para os portos da Madalena do Pico e de São Roque do Pico (Ilha do Pico, Açores), e da Ericeira (Portugal Continental). Neste trabalho apresenta-se o sistema de previsão e alerta que se encontra em desenvolvimento para a Costa da Caparica, sendo este o primeiro protótipo do HIDRALERTA para zonas costeiras não portuárias.

METODOLOGIA

A implementação do sistema HIDRALERTA para a zona costeira da Costa da Caparica está a ser desenvolvida em duas fases: i) estimativa do risco através de fórmulas empíricas de galgamento e de espraiamento (Poseiro *et al*., 2014); ii) estimativa do risco através da implementação de uma rede bayesiana com base nos resultados obtidos por modelação numérica (modelo XBeach) (Ferreira *et al*., 2021). Na primeira fase de

implementação recorreu-se a formulações empíricas, pois estas têm a grande vantagem de fornecer resultados num curto espaço de tempo com baixo investimento. A sua principal desvantagem prende-se com a baixa precisão dos seus resultados devido à limitada aplicabilidade de cada formulação empírica. Na segunda fase, pretende-se introduzir modelos numéricos, porque têm uma maior capacidade de resolução para a conjugação da diversidade de inputs e por englobarem um maior número de processos físicos. Contudo, os modelos numéricos consomem elevados recursos computacionais e comportam uma maior complexidade associada à sua aplicação. Para fazer face ao aumento de tempo computacional, está a ser desenvolvida uma rede bayesiana com base em tempestades sintéticas previamente modeladas. Parte dos procedimentos desenvolvidos são comuns às duas fases, tais como a metodologia de propagação da agitação marítima desde o largo até junto da costa, recorrendo ao modelo SWAN (Figura 1), a identificação dos elementos expostos e a recolha de informação sobre as estruturas de defesa costeira aderentes existentes. Na aplicação das fórmulas empíricas, o trecho de costa foi divido por praia e subdividido em troços com características semelhantes do tipo de costa (cordão dunar ou defesa aderente). Para cada troço e zona foi definido um ponto representativo da agitação incidente (Figura 2). Nas zonas com cordão dunar é estimada a inundação provocada pelo galgamento, através da cota de inundação (C.I.). A C.I. foi estimada de forma simplificada, assumindo que o cálculo da mesma resulta da soma das contribuições da maré astronómica, da sobreelevação meteorológica, e do espraiamento (*run-up*) com probabilidade de excedência de 1% (R1%), que se assume como sendo uma boa estimativa do máximo *run-up*. Nas zonas com defesa aderente é estimado o galgamento através do caudal médio de galgamento, q (l.s-1 por m), e *run-up* recorrendo a formulações empíricas (Mase *et al*., 2013; Masatoshi *et al*., 2019), baseadas em ensaios em modelo físico, para estruturas localizadas junto ou acima da linha de costa. Como os protótipos existentes correspondem a zonas portuárias, foi necessário adaptar a própria arquitetura do sistema HIDRALERTA. O protótipo para a zona costeira da Costa da Caparica está a funcionar diariamente com previsões até 72 h e resultados a cada 3 h, disponibilizados numa plataforma digital (aurora.lnec.pt, de acesso restrito), e o envio por e-mail do boletim diário com a emissão de alertas (Figura 3).

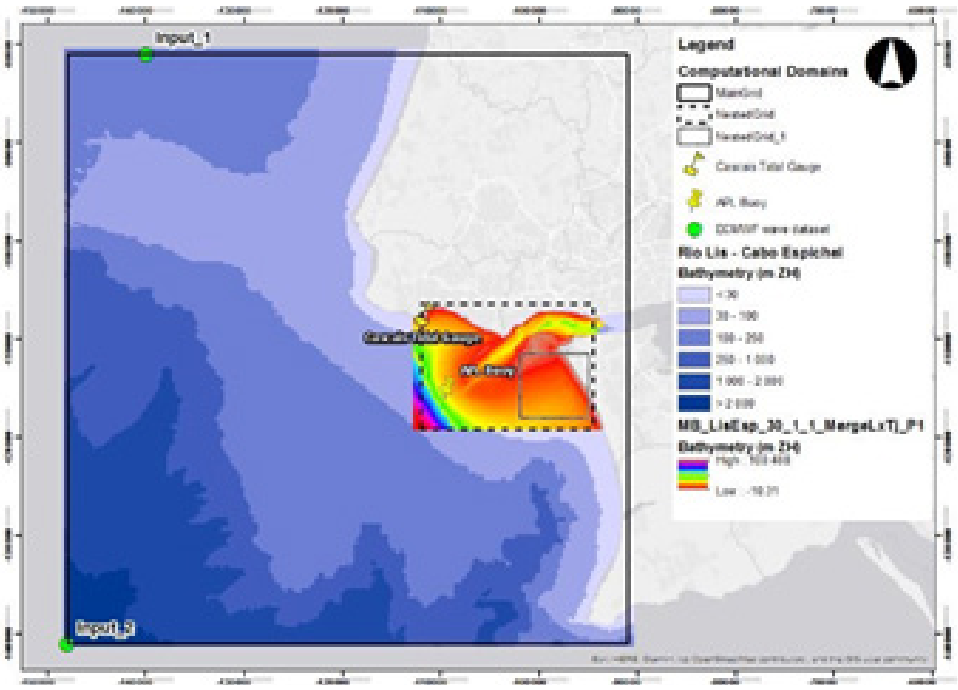


Figura 1 Domínios computacionais do modelo SWAN (MainGrid, NestedGrid e NestedGrid_1) e pontos definidos para o forçamento da MainGrid (Input_1 e Input_2).

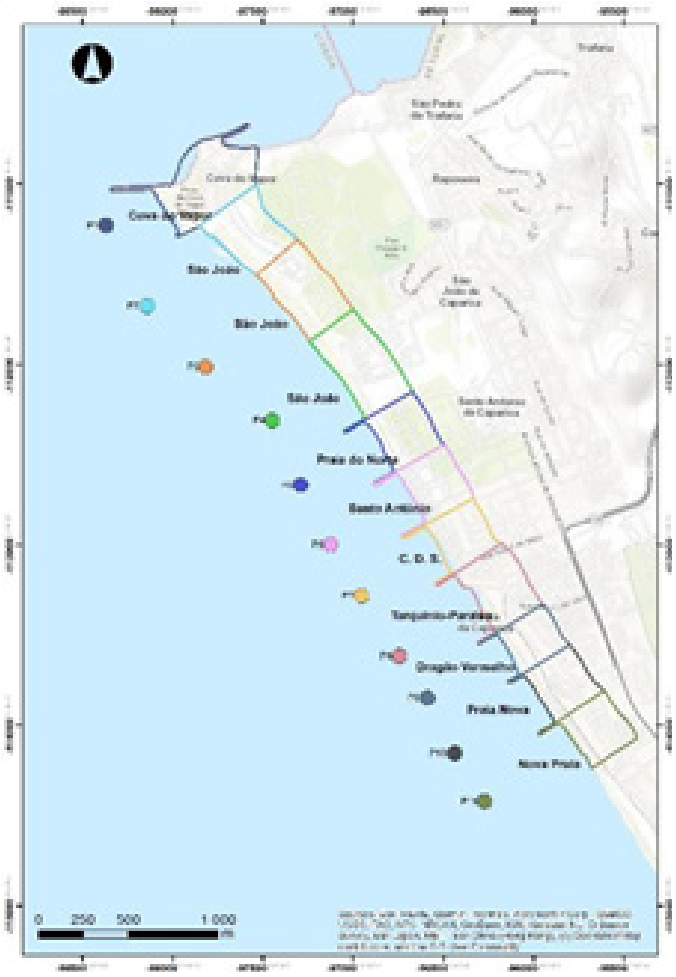


Figura 2. Divisão da zona de estudo em troços de iguais características (polígonos coloridos) e pontos para a definição das características da agitação incidente (P1 a P11).

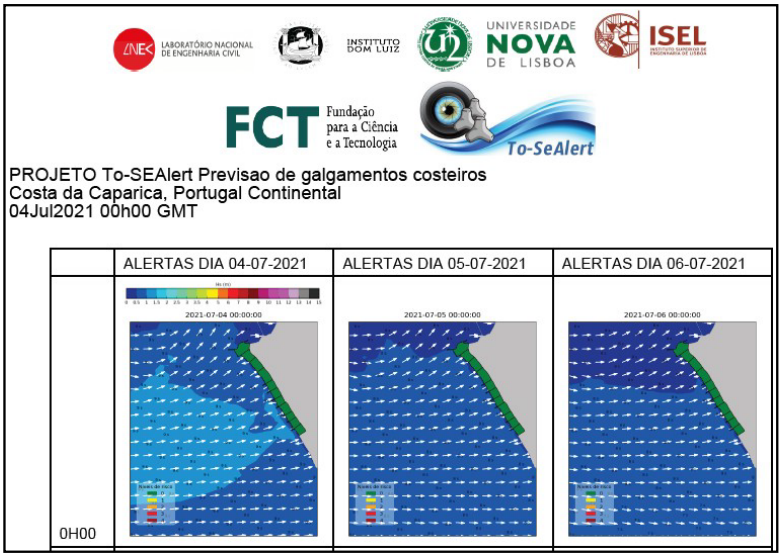


Figura 3. Excerto do Boletim diário com os respetivos mapas de alertas gerados pelo sistema HIDRALERTA para o dia 4.07.2021 às 00h.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste resumo apresentou-se a primeira fase do protótipo do HIDRALERTA para a zona costeira da Costa da Caparica, atualmente em fase de testes. O protótipo produz diariamente previsões de níveis de risco e boletins de alerta. Brevemente, será implementada a segunda fase do sistema, com a introdução de modelação numérica dos eventos de galgamento e inundação, através da inclusão de uma rede Bayesiana (que está em fase final de desenvolvimento). Será também efetuada a validação do protótipo, através da simulação de eventos e a sua comparação com dados históricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetos To-SEAlert (Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017), ECOMARPORT (ref: PO INTERREG MAC 2014-2020), BLUESAFEPORT (ref: FA_04_2017_016), BSAFE4SEA (Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017) e EW-Coast (Ref. ALG-LISBOA-01-145-FEDER-028657), e à Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída (INCD) pelo acesso à infraestrutura digital de suporte à investigação.

REFERÊNCIAS

Ferreira, A.M., Garzon, J.L., Fortes, C.J.E.M., Ferreira, Ó., Reis, M.T., 2021. Previsão de eventos de galgamento costeiro e riscos associados na Costa da Caparica. (submetido). X Congresso Sobre Planeamento e Gestão Das Zonas Costeiras Dos Países de Expressão Portuguesa. Rio de Janeiro.

Masatoshi, Y.; Naoya, O.; Mase, H.; Kim, S.; Umeda, S.; Altamore, C. (2019). Applicability enhancement of integrated formula of wave overtopping and runup modelling. Journal of JSCE, Ser. B2 (Coastal Engineering), 75. I_739-I_744. 10.2208/kaigan.75.I_739.

Mase, H.; Tamada, T.; Yasuda, T.; Hedges, T. S.; Reis, M.T. (2013). Wave runup and overtopping at seawalls built on land and in very shallow water. Journal of Waterway Port, Coastal, and Ocean Engineering, 139, 346–357.

Pinheiro, L., Fortes, C., Reis, M. T., Santos, J., Soares, C. G. (2020). Risk forecast system for moored ships, In proceedings of vICCE (virtual International Conference on Coastal Engineering), 6 a 9 de outubro.

Poseiro, P (2019). Forecast and Early Warning System for Wave Overtopping and Flooding in Coastal and Port Areas: Development of a Model and Risk Assessment. PhD Thesis. IST-UL.

Poseiro, P., M. Reis, C. Fortes, E. Lopes, A. Sabino, A. Rodrigue, 2014. Desenvolvimento do sistema de previsão e alerta de inundações HIDRALERTA: Caso de estudo da Costa da Caparica. 3.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Lisboa, pp. 147–150.

INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL DA PLANÍCIE DELTAICA DO RIO DOCE (ES) NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE *CARETTA CARETTA*

Maitê Noda Zanotti*, Ana Claudia Marcondes, Jacqueline Albino

*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, maitenoda@gmail.com

Palavras chave: praia, sedimento, desova, tartarugas marinhas.

INTRODUÇÃO

As tartarugas marinhas são animais filopátricos, que apresentam determinado nível de fidelidade em relação ao local que nasceram, o que gera o retorno das fêmeas às mesmas praias quando vão realizar desovas dos seus filhotes (Carr & Carr, 1972). Entretanto, sucessivas características do ambiente também influenciam na escolha e acessibilidade dos sítios de desova, como as condições meteoceanográficas em nível regional e características locais da praia como o comprimento, inclinação, tipo de sedimento presente, vegetação, temperatura, salinidade e umidade (Mortimer, 1990; Wood & Bjorndal, 2000; Lamont & Houser, 2014).

A praia e a zona de surfe são ambientes dinâmicos que se modificam de acordo com alterações nas condições hidrodinâmicas, a partir dos transportes transversais de sedimentos entre a praia e antepraia (Wright & Short, 1984). As modificações morfológicas, deposicionais e hidrodinâmicas evoluem em conjunto nesse sistema, e dependem de características espaciais do ambiente, bem como do tipo de sedimento que o compõe (Wright & Short, 1984; Calliari *et al*., 2003). A modificação drástica do ambiente praial, pode dificultar o retorno da fêmea para as praias natais, gerando uma modificação espacial da seleção preferencial dos locais de nidificação (Lamont & Houser, 2014).

O litoral norte do Espírito Santo é considerado uma das áreas prioritárias de reprodução das tartarugas marinhas no Brasil, e é conhecido por ser um dos principais locais para *Caretta caretta*, responsável por entorno de 95% do total de desovas nesta região (ICMBIO, 2017). Atualmente, as cinco espécies que desovam no litoral brasileiro estão consideradas em risco de extinção, sendo que a *C. caretta* está classificada como vulnerável (ICMBIO, 2018). Visto a relação entre o ambiente praial e a manutenção das populações de tartarugas marinhas, o presente estudo busca compreender os mecanismos físicos das praias que compõe a Planície Deltaica do rio Doce, no litoral norte do ES, que influenciam na distribuição espacial da ocorrência de *C. Caretta*.

METODOLOGIA

Para avaliar as características e variabilidades morfodinâmicas das praias, foi realizado o monitoramento em 9 estações ao longo da planície: Barra do Riacho (S1), Comboios (S2), Regência (S4), Farol de Regência (S5), a sul da desembocadura, e Povoação (N1), Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5), ao norte da desembocadura fluvial. Foram realizadas o total de 6 campanhas ao longo de 17 meses com aquisição de dados topográficos, por meio do posicionamento espacial e altimétrico em tempo real utilizando um GNSS com função RTK, e coleta de sedimentos superficiais ao longo do perfil nas subfeições correspondente à berma, face e antepraia rasa (zona de arrebentação). A análise granulométrica foi realizada de acordo com Dias (2004) e os parâmetros estatísticos foram calculados de acordo Folk & Ward (1957) no software Gradistat (Excel). Os dados dos perfis topobatimétricos foram processados no software

Excel e a partir destes, foram calculados parâmetros morfométricos que descrevem a morfodinâmica praial.

Os dados de nidificação das tartarugas marinhas *C. caretta* na região de estudo foram obtidos a partir da série histórica de 10 temporadas de monitoramento (2009/2010 a 2019/2020) do banco de dados da Fundação Projeto TAMAR. Os dados utilizados para este trabalho consistem na posição geográfica (latitude/longitude) onde houve ocorrência das tartarugas (com desova, sem desova ou meia-lua). Foram realizadas análises estatísticas *quadrats* no software Excel, considerando cada segmento de praia da planície deltaica do rio Doce como um *quadrat.*

Para análise integrada foram confeccionados mapas no Arcgis e Adobe-illustrator a partir da ferramenta *smartlines,* setorizando o litoral de acordo com as características morfodinâmicas predominantes em cada compartimento. Essa análise permitiu discutir se as tartarugas apresentam áreas preferenciais de desova e identificar as características físicas predominantes dessas áreas.

RESULTADOS

A partir dos resultados das características físicas das praias foi possível definir 4 setores de praias que apresentam características semelhantes (Figura 1). Essa setorização leva em consideração parâmetros médios temporais, com uma escala regional, podendo ter alterações particulares em trechos locais. O Setor A engloba apenas a estação de Barra do Riacho (S1), que apresenta areia muito grossa e inclinação da face da praia extremamente alta e parâmetro ômega < 1,0, representando praia refletiva. Neste trecho há uma baixa concentração de ocorrência (N médio anual = 97) e a maior frequência de ocorrência sem desova (porcentagem relativa = 2,3%), indicando uma baixa estabilidade do sedimento para construção de ninhos. O Setor B compreende as estações de Comboios (S2), Regência (S3), Farol Regência (S4) e Povoação (N1), as quais apresentam areia grossa com inclinação da face praial alta, com parâmetro ômega < 1,0, e alta mobilidade, indicada pelo recuo e progradação da berma na superposição dos perfis ao longo do monitoramento. Este setor apresenta os maiores números de ocorrência (254, 289, 307, 377), mas ao mesmo tempo, maiores frequências relativas de meia-luas (3,0%, 5,7%, 7,2%, 3,5%) e significativas ocorrências sem desova (1,4%, 2,0%, 1,7%,1,1%). O Setor C, Degredo (N2), apresenta características físicas intermediárias entre as praias ao sul da desembocadura e extremo norte, com granulometria de areias médias e inclinação média da face praial, parâmetro ômega > 1,0 e menor mobilidade. O Setor D, que compreende Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5), apresenta praias com características mais dissipativas (ômega >3), com areias médias-finas e baixa inclinação da face praial, e menor mobilidade. Nestas praias há um baixo registro de ocorrência (136, 119, 66), entretanto, as frequências relativas de ocorrência de desova (99,85%, 99,92%, 99,8), indicando que em praias mais dissipativas e estáveis, há menores desistências de desova.

CONCLUSÕES

Há um gradiente de características morfodinâmicas em direção sul-norte da desembocadura do rio Doce, passando de tendências refletivas à dissipativas em direção norte. A população de tartarugas *C. Caretta* que utilizam a região da planície deltaica do rio Doce como habitat de desova, exibe alta fidelidade aos sítios do Setor B, principalmente nos trechos adjacentes a desembocadura, caracterizados por sedimentos grossos e alta declividade da face praial. Ao mesmo tempo, este Setor, juntamente com o Setor A, apresentam as maiores ocorrências relativas de meia-luas e emersão sem desova, o que sugere ser um trecho de menor acessibilidade e menos estável. Já em trechos mais estáveis, como no Setor D, mais de 99% das emersões à praia, resultam na ocorrência efetiva de desova. Essas variações das características físicas da praia em conjunto da frequência e tipo de ocorrência, sugere correlação entre as variáveis.

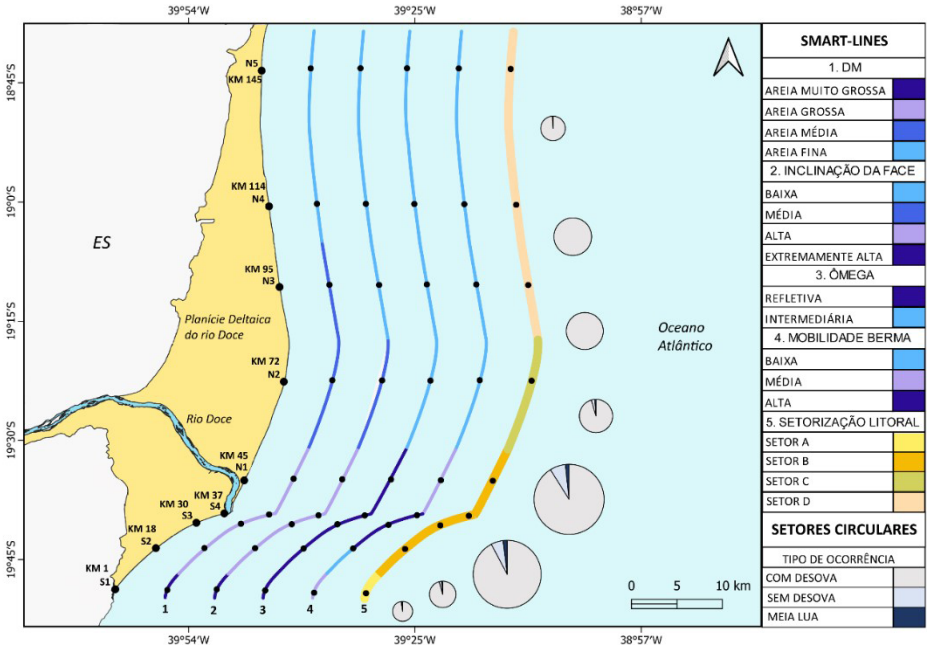


Figura 1. Mapa ilustrativo da planície deltaica do rio Doce demonstrando a variação espacial das características morfométricas (smartlines) de (1) diâmetro médio, (2) inclinação da face praial, (3) parâmetro ômega, (4) mobilidade da berma e (5) setorização do litoral; e de atividade reprodutiva e do tipo de ocorrência (gráfico de setores circulares) – com desova, sem desova e meia-lua.

REFERÊNCIAS

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO, E. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia***.** v. 51. p.63-78.

CARR ,A. & CARR, M.H. 1972. Site fixity in the Caribbean green turtle. *Ecology*. v. 53. p. 425– 429.

DIAS, J. A. 2004. *A análise sedimentar e os conhecimentos dos sistemas marinhos*. Portugal: Universidade do Algarve.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*. v. 27. p.3-26.

ICMBIO. 2017. *Guia de licenciamento tartarugas marinhas*: Diretrizes para avaliação e mitigação de impactos de empreendimentos costeiros e marinhos. Brasília, DF.

ICMBIO. 2018. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*: Volume IV – Répteis. 1. ed. Brasília, DF.

LAMONT, M. M.; HOUSER, C. 2014. Spatial distribution of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) emergences along a highly dynamic beach in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. v. 453. p. 98-107.

MORTIMER, J.A. 1990. The Influence of Beach Sand Characteristics on the Nesting Behavior and Clutch Survival of Green Turtles (Chelonia mydas). *Copeia*. v. 3. p. 802-817.

WOOD, D.W.; BJORNDAL, K.A.2000. Relation of Temperature, Moisture, Salinity, and Slope to Nest Site Selection in Loggerhead Sea Turtles. *Copeia*. v. 2000 (1). p.119-128.

WRIGHT, L. D; SHORT, A. D. 1984. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective. *Marine Geology*. v. 56. p. 93-118.

INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA BALNEABILIDADE DA PRAIA DA BARRA DA TIJUCA, RJ: ANÁLISE DE CRITICIDADE

Renata Amorim Lima*, Cássia de Oliveira Farias

*Profágua - UERJ, Brasil, natlyamorim@gmail.com

Palavras chave: colimetria, precipitação, monitoramento.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a região da Barra da Tijuca vêm crescendo desordenadamente devido aos investimentos em infraestrutura e imobiliários e as construções irregulares. Este crescimento urbano sem um planejamento adequado compromete a salubridade ambiental, o que torna a questão da balneabilidade crucial para a saúde pública. A Barra da Tijuca é uma região cercada por praias, lagoas e montanhas que contribuem para o aumento da população flutuante.

O binômio atividade turística e qualidade da água são inseparáveis, pois o turismo alavanca a economia local enquanto a condição sanitária da água reflete uma provável transmissão de doença aos usuários. Os corpos hídricos poluídos oferecem um risco potencial ao expor os banhistas a doenças de veiculação hídrica, principalmente as gastroenterites e a doença febril aguda. Neste sentido, a balneabilidade atua com o objetivo de refletir a qualidade das águas de recreação, sendo de suma importância seu monitoramento para uma política de saneamento e gestão costeira.

Os índices pluviométricos são importantes na avaliação da qualidade das praias, pois dependendo da rede de drenagem, as chuvas podem contribuir de forma significativa para alterar a balneabilidade da praia, podendo receber grande quantidade de esgotos, lixo e outros detritos, carregados através de galerias de águas pluviais, córregos e canais de drenagem. Nas marés vazantes, a água se desloca para o alto-mar, levando maior quantidade de carga difusa carreada pela drenagem urbana, esgotos oriundos de ocupações e lançamentos irregulares, às praias. As chuvas também podem provocar uma melhoria aparente na qualidade das águas devido à maior diluição e consequente menor quantidade de bactérias por amostra (BERG; GUERCIO; ULBRICHT, 2013; CETESB, 2018; MEDEIROS, 2009).

Dentro desse contexto, este estudo visa correlacionar o índice pluviométrico com o índice de balneabilidade levando em consideração a bacia de drenagem, a maré e a direção do vento verificados nas praias da Barra da Tijuca com o objetivo de analisar o impacto na qualidade da água.

METODOLOGIA

Consiste na compilação de dados de monitoramento de balneabilidade das praias da Barra da Tijuca nos pontos BD03, BD05, BD07, BD09, BD10 e JT00 (figura 1) referente ao período de 2010 a 2019, obtidos pelo INEA, órgão responsável pela análise. Os dados de monitoramento de precipitação foram obtidos através da Fundação GEO-RIO.

Os dados foram compilados e tratados para confecção dos gráficos, das análises estatísticas utilizando os softwares Excel e o SigmaPlot.

A correlação do coeficiente de Pearson entre os níveis de precipitação e a balneabilidade é analisada no período seco (maio a novembro) e no período chuvoso (dezembro a abril) separadamente, tendo em vista os níveis de precipitação acumulados em 24, 48 e 72 horas anteriores à data de amostragem de água.

O nível de confiança adotado em todas as análises estatísticas é de 95%, ou seja, resultados estatísticos significantes possuem valor p menor que 0,05.

Figura 1. Localização dos pontos de coleta.

RESULTADOS

A balneabilidade da Praia da Barra da Tijuca nos pontos BD03, BD05, é classificada como própria e oscila entre as categorias boa a ótima, não sofre influência da precipitação. O ponto BD07, BD09, BD10 e JT00 possui vários momentos como imprópria e sofre influência da precipitação, elevando os níveis de colimetria acima do limite. O ponto JT00 mostrou maior correlação no período chuvoso (r = 0,502), seguidos dos pontos BD10 (r = 0,376), BD09 (r = 0,345) e BD07 (r = 0,247).

O aumento colimétrico dos pontos BD09, BD10 e JT00 é devido à proximidade dos canais de Sernambetiba e da Joatinga que está conectado ao complexo lagunar de Jacarepaguá, que recebe esgoto não tratado da bacia da Baixada de Jacarepaguá, e da rede de drenagem (CHALEGRE-TOUCEIRA *et al*., 2018; FEITOSA, 2017).

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que o sistema lagunar tem sido uma importante fonte paras as águas costeiras dessa região.

Inferimos que ocasiões impróprias de balneabilidade indicam ser decorrentes da contaminação pelos canais e redes de drenagem poluídas que se comunicam com as praias, lançamento in natura de esgotos domésticos e movimento das marés. O aporte de bactérias está associado a múltiplos fatores.

Os resultados encontrados denotam que diante da incidência de chuvas nas praias analisadas, a qualidade da água da praia da Barra da Tijuca tende a ser a mais afetada nos pontos BD10 e JT00.

REFERÊNCIAS

CHALEGRE-TOUCEIRA, M. C. *et al*. Water Quality Evolution of Rio de Janeiro City Beaches. *The Electronic Journal of Chemistry jornal*, Mato Grosso do Sul, v. 10, n. 4, p. 286-298, june, 2018.

BERG, C. H.; GUERCIO, M. J.; ULBRICHT, V. R. Indicadores de balneabilidade: A situação brasileira e as recomendações da World Health Organization. *International Jounal of Knowledge Engineering and Management*, Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 83 - 101, 2013.

CETESB. Relatório de qualidade das praias no estado de São Paulo 2017. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-Paraias-Litor%C3%A2neas-do-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2020.

CONAMA (Brasil). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. *Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras*, Brasília, DF, n. 18, p. 70-71, jan. 2001.

MEDEIROS, J. R. *Influência das águas da Bacia hidrográfica Pirangi na balneabilidade das praias de Pirangi, nos municípios de Nísia Floresta e Parnamirim - Rio Grande do Norte, Brasil*. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

FEITOSA, R. C. Emissários submarinos de esgotos como alternativa à minimização de riscos à saúde humana e ambiental. *Ciência & Saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 2037 - 2048, 2017.

INFLUÊNCIA DOS MODOS DE VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBREEVENTOS DE RESSACAS NO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO,BRASIL

B.M.M. Eguchi*, J. Albino

*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, bmeguchi@hotmail.com

Palavras chave: Modelo Global Ocean Wave, Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, ModoAnularSul, ElNiño Oscilação Sul,Tempestades.

Innocentini *et al*. (2003) afirmam que a agitação marítima de maior intensidade no Atlântico Sul está associada a passagem de frentes frias relacionadas a ciclones caracterizados por ventos do quadrante sul/sudeste na costa brasileira (Satyamurty e Mattos, 1989). Segundo Kousky *et al*. (1984), durante a fase positiva do *El Nino Southern Oscilation* (ENSO) ocorre o fortalecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) devido à intensificação da subsidência de ar nas regiões tropicais no Atlântico Sul. Este processo intensifica os ventos alísios no Brasil e ocasiona a obstrução de frentes frias (Aragão, 1998). Já na fase negativa do ENSO ocorre o processo inverso, desta forma, as frentes frias provenientes da região polar conseguem avançar com maior facilidade rumo a latitudes menores (Rao *et al*., 2002; Pezza e Ambrizzi, 2003; Silva *et al*., 2009). Segundo Reboita *et al*. (2009), a fase positiva/negativa do *Southern Annular Mode* (SAM) apresenta maior/menor concentração de ciclones ao redor do continente antártico e condições desfavoráveis/favoráveis para ciclogêneses em torno de 45°S. O presente estudo objetiva realizar uma avaliação da influência isolada e combinada dos modos de variabilidade climática sobre as ressacas, associadas a frentes frias para o litoral sul do estado de Espírito Santo.

Com base em ondas do banco de dados do modelo *Global Ocean Wave* (GOW) entre os anos de 1948 e 2008, localizado em 21°S e 40,5°O, foram identificados os eventos de ressacas. As ressacas foram definidas como ondas maiores ou igual a média dos 5% das ondas mais altas do banco de dados ($H_{5\%}$) com duração mínima de 24 horas. Posteriormente, foram calculados os acumulados de energia, duração e quantidade das ressacas durante cada fase dos modos climáticos

ENSO e SAM. Os índices de anomalias do ENSO representam o *Oceanic Niño Index* (ONI), calculados com base na média móvel da anomalia de temperatura a cada três meses obtida através da análise da base de dados *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* V5 para a região Niño 3.4 (5º N – 5º S e 120 O – 170º O). O cálculo do índice SAM é obtido através da diferença da média zonal da pressão atmosférica no nível do mar entre 65°S e 40°S pelo projeto de reanálise *20th Century Reanalysis V2c*. O teste Qui-Quadrado foi realizado para verificar se há dependência, de maneira isolada ou combinada, entre as fases do ENSO e SAM e os valores acumulados de energia, duração e quantidade de ressacas.

Durante os 60 anos, 52% dos eventos de ENSO foram neutros, 25% positivos e 23% negativos. A variabilidade do SAM apresentou uma maior ocorrência da fase negativa (66%) quando comparada a fase positiva (34%). Os resultados apontam valores de Chi² calculados acima do limite tabelado para nível de confiança de 95%, tanto para as fases isoladas quanto combinadas, exceto para duração e quantidade das ressacas durante as fases do SAM. Durante a fase negativa do SAM a energia das ressacas foi maior quando comparada a fase positiva (Tabela 1). Para o ENSO, todos os parâmetros apresentaram maiores valores durante a fase neutra e menores valores durante a fase positiva. Ao considerar as combinações entre as fases dos modos, observou-se que a combinação SAM positivo e ENSO neutro apresentou os maiores valores para todos os parâmetros de ressacas. Os menores valores acumulados de energia, duração e quantidade de ressacas

se encontraram na combinação entre SAM e ENSO positivos. A fase neutra do ENSO ocorre duas vezes mais do que as outras, enquanto em média, os valores de energia, duração e quantidade acumulados de ressacas na fase neutra do ENSO são 0,5 e 1,2 vezes maiores do que nas fases negativa e positiva respectivamente.

Conclui-se que de maneira isolada, as fases negativas do SAM e neutra do ENSO estiveram associadas às maiores energias, durações e quantidades de ressacas. Embora, a fase negativa do ENSO apresenta valores acumulados proporcionalmente altos dos parâmetros de ressacas. Já os menores valores acumulados encontraram-se nas fases positivas de SAM e ENSO. Em relação à combinação entre os modos climáticos, os maiores valores de parâmetros ocorreram em períodos de SAM positivo concomitante ao ENSO neutro. Enquanto as menores energias, durações e quantidades acumuladas se deram na combinação entre SAM e ENSO positivos, ressaltando a importância de avaliar o impacto da combinação dos modos.

Tabela 1. Valores acumulados de energia, duração e quantidade de ressacas entre 1948 e 2008 para cada fase do SAM eENSO isoladas e combinadas. *valores cujo Chi² calculado ficou abaixo ou muito próximo do valor tabelado e portando, sãoindependentesdafasedomodoclimático.

SAM	**Negativo**	**Positivo**
Energia (J/m²)	521	440
Duração (Dias) *	227	187
Quantidade (nº de eventos) *	116	92

ENSO	**Negativo**	**Neutro**	**Positivo**
Energia (J/m²)	313	442	189
Duração (Dias)	129	191	86
Quantidade (nº de eventos)	61	97	45

Combinações	**SAM+**			**SAM-**		
	ENSO-	**ENSOn**	**ENSO+**	**ENSO-**	**ENSOn**	**ENSO+**
Energia (J/m²)	268	553	58	357	332	319
Duração (Dias)	110	236	28	148	146	144
Quantidade (nº de eventos)	56	112	16	66	82	74

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J.O.R. (1998) - O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste doBrasil. Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, 27(3):839–844. DOI: 10.1590/S1415-43662009000400014.

INNOCENTINI, V., ARANTES, F. O., & PRADO, S. C. C. (2003). Modelo de ondas aplicadoaocaso5-8 de maio de 2001. Revista Brasileirade Meteorologia,18(01), 97-104.

KOUSKY,V. E.,KAGANO, M.T.,&CAVALCANTI,I. F. (1984).A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. Tellus A,36(5), 490-504.

PEZZA, A. B., & AMBRIZZI, T. (2003). Variability of Southern Hemisphere cyclone andanticyclonebehavior:Further analysis.Journalof Climate,16(7), 1075-1083.

RAO, V. B., DO CARMO, A. M. C., & FRANCHITO, S. H. (2002). Seasonal variations in theSouthern Hemisphere storm tracks and associated wave propagation. Journal of the atmosphericsciences,59(6),1029-1040.

SATYAMURTY, P., & DE MATTOS, L. F. (1989). Climatological lower troposphericfrontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. MonthlyWeather Review, 117(6),1355-1364.

SILVA, G. A. M., AMBRIZZI, T., & MARENGO, J. A. (2009). Observational evidences on themodulation of the South American Low Level Jet east of the Andes according the ENSOvariability. InAnnalesgeophysicae:atmospheres,hydrospheres andspace sciences(Vol.27,No. 2, p. 645).

INICIATIVAS DE ORGANIZAÇÃO DO MAR NO MUNDO: UMA ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA

Júlia Nyland do Amaral Ribeiro*; Josiane Rovedder, Milton Lafourcade Asmus, Jarbas Bonetti Filho

*Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, julianylandar@gmail.com

Palavras chave: planejamento espacial marinho, organização do mar, gestão com baseecossistêmica

INTRODUÇÃO

Ao tentar propor um método de organização do oceano, alguns aspectos de relevância devem ser considerados, como a regulamentação (Marroni, 2014; Gerhardinger et. al, 2019), a existência de algum instrumento, os interesses divergentes em águas internacionais, as delimitações de Zona Econômica-Exclusiva (ZEE) que tendem a se sobrepor em alguns casos e o aporte de recursos advindo de instituições financeiras internacionais. Ainda, é necessário desenvolver mecanismos que possibilitem encontrar padrões para delimitar espaços nesse sistema e, posteriormente, inferir os melhores e mais adequados usos a estes locais, tendo em vista a tendência mundial de direcionar interesses aos recursos marinhos.

É neste sentido, que iniciativas que propõem melhores arranjos da distribuição de atividades intra- oceânicas e, consequentemente, interoceânicas passaram a surgir nas últimas décadas, sendo, atualmente, a mais conhecida e em vigor em diversos países a metodologia do Planejamento Espacial Marinho (PEM) (Douvere, 2008). Portanto, a partir desse contexto, o presente estudo objetiva realizar uma análise quantitativa e qualitativa das iniciativas globais em relação à organização do oceano, para, posteriormente, identificar os principais fatores responsáveis pelo avanço dessas iniciativas e dar subsídio à elaboração de ações e políticas voltadas à organização do mar brasileiro.

METODOLOGIA

A partir da plataforma da visão global de iniciativas de PEM no mundo da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) foi feita uma busca por documentos governamentais que tratam da organização do mar. Foram localizados 114, para este trabalho, mas somente 109 documentos governamentais foram analisados integralmente e parcialmente, possibilitando desenvolver uma análise inicial quantitativa e qualitativa de ações que envolvam a organização do mar. Para isso foram utilizados descritores que permitiram sistematizar, através da categorização e caracterização, as ações governamentais que envolvam o tema de organização do mar.

Dentre os 32 descritores, tem-se como exemplo o tipo de documento, classificando as ações em relatório, plano estratégico, plano marinho, zoneamento ou PEM. Foram também considerados como descritores a situação da implementação, permitindo indicar se o plano de organização do mar foi ou não implementado; o nível de área de abrangência; os objetivos; dentre outros. Sendo que, para o descritor de objetivos foi considerado se as iniciativas destinaram-se a: (1) conservação, (2) resolução de conflitos, (3) licenciamento, (4) estratégia, incluindo as consequências das mudanças climáticas ou (5) atender a demandas da comunidade.

RESULTADOS

A partir dos descritores selecionados e dos documentos governamentais analisados integralmente e parcialmente, foi possível ter uma visão geral da situação das iniciativas voltadas à organização do mar. Em relação aos descritores "finalizado", "aprovado", "implementado" e "projeto piloto", o qual indica se a iniciativa é voltada a uma ação destinada a testar a viabilidade da organização do mar, obteve-se os resultados apresentados na Figura 1.

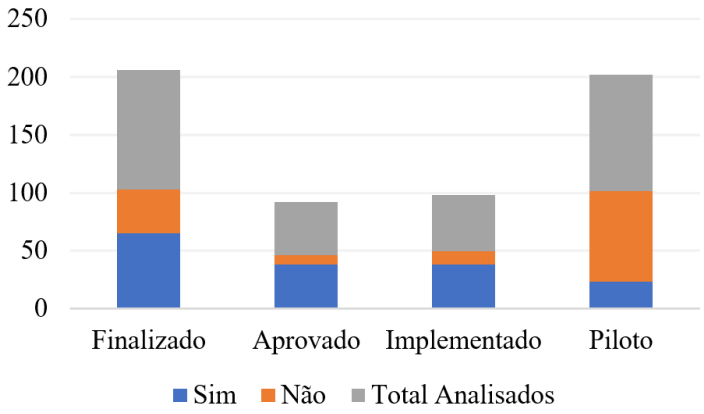


Figura 1 - Gráfico com o quantitativo de documentos governamentais.

Foram analisados 103 documentos em relação a sua "finalização", em que 65 deles estão finalizados. Já em relação a "aprovação" e a "implementação", apenas 46 e 49 documentos, respectivamente, tiveram esses descritores analisados, sendo que 38 apresentaram resposta positiva para os dois descritores, ou seja, foram aprovados e implementados. Para o descritor "projeto piloto", foi possível identificar 101 respostas, sendo que dessas, 23 são documentos de projeto piloto, que em sua maioria são regionais ou locais, predominando no continente europeu. Para descritor "continente", dos 109, a maior parte está localizada na Europa, devido à presença marcante de iniciativas que fazem uso do processo do PEM. Para os documentos da América, os países que predominam são Estados Unidos, com 12, e o Canadá, com 10, sendo que as demais inciativas ocorrem no Caribe.

Em relação ao nível de abrangência de uma iniciativa, ou seja, qual a área que o documento governamental contempla, tem-se uma maior quantidade para o nível federal, os quais, de maneira geral, se localizam no continente Europeu, somando 44 de 54. Aqueles que abrangem o nível regional, 23 dos 42 estão situados na América e os de nível local 7 estão na Europa e 6 na América. Para os planos de nível regional, predomina-se o continental exposto, com 18 documentos de 42, e para planos locais, as ilhas são as áreas de abrangência selecionadas para implementar as iniciativas, 8 documentos de 12.

Em relação ao financiamento, só foi possível identificar este descritor para 81 documentos, dos quais 83% são públicos e 17% são público-privado, sendo, também, observado o envolvimento de instituições sem fins lucrativos. Analisando o "objetivo da elaboração", foi possível identificar quais os objetivos que levaram às iniciativas da organização do mar de 77 documentos, em que predominou conservação, resolução de conflitos, estratégia e planejamento.

O descritor que analisa se houve envolvimento de stakeholders foi identificado em 67 documentos, constatando que 61 iniciativas envolvem as partes interessadas, sendo analisado, também, os "tipos de stakeholders" (setor governamental, privado, terceiro setor, organizações sociais, comunidades tradicionais e/ou academia). Ainda, verificou-se que 47 iniciativas foram consideradas participativas de 50 analisadas.

No descritor "área de abrangência", 77 documentos foram analisados, e se buscou saber se a iniciativa de organização do mar inclui a ZEE, o Mar Territorial e/ou o continente. Sendo assim, pôde-se observar, que os documentos em sua maioria consideram o mar (ZEE) e a costa (Mar

Territorial). Para os descritores “mudanças climáticas” e “Gestão com Base Ecossistêmica”, foi possível verificar em somente 55 documentos e a relação de sua presença ou ausência pode ser visualizada na Figura 2.

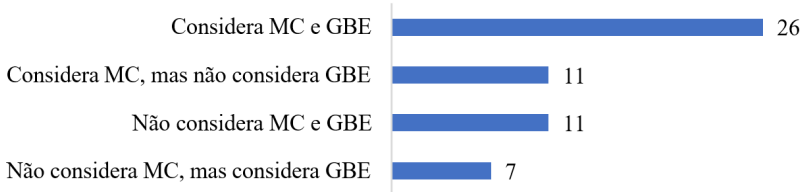


Figura 2 – Considera Mudanças Climáticas e/ou Gestão com Base Ecossistêmica.

Para aqueles documentos que trazem de alguma forma ações, diretrizes ou metas com relação as mudanças climáticas, há o caso de Belize que possui um capítulo exclusivo à adaptação às mudanças climáticas, em que discute aspectos relacionados a capacidade de adaptação socioeconômica e propõe a Política de Adaptação às Mudanças Climáticas de Belize. Já os planos regionais do Canadá apresentam ações de gestão, objetivos e estratégias para lidar com as mudanças no clima.

Por último, para os descritores que possibilitam identificar se o produto é interativo e o tipo do produto (relatórios, documento técnico, mapas e/ou Sistema de Informação Geográfica (SIG) Web, analisou-se 53 documentos. A maioria deles, aproximadamente 66%, não apresenta um produto interativo, ou seja, apenas se limita a um documento técnico, podendo ou não conter produtos cartográficos estáticos. Já os documentos que possuem um produto interativo, há predominância de SIGs em plataformas *online*, facilitando o acesso à informação e proporcionando uma visualização adequada da proposta de organização do mar.

CONCLUSÕES

A partir desse formato de análise dos documentos governamentais voltados à organização do sistema costeiro-marinho, é possível ter uma visão geral do que os países vêm fazendo até o momento e a forma como está sendo realizado. Porém, tal método de visualização, descriminação e análise das ações feitas pelos países, é extenso e demanda tempo. Além disso, é possível verificar uma certa dificuldade em identificar determinados descritores, tanto porquê muitos documentos de organização do mar ainda não estão finalizados, quanto pela falta de material disponível ao público na íntegra ou disponibilização de mais informações referentes à sua elaboração. No mais, pretende-se dar continuidade na análise, permitindo que ela seja atualizada e possibilitando a partir dos métodos que obtiveram maior sucesso na organização do mar, propor um formato para o mar brasileiro, seja por sua extensão ou por subáreas, a exemplo dos limites estaduais.

REFERÊNCIAS

Douvere, F. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. Marine Policy, v. 32, n. 5, 2008. p. 762-771.

European Union. The EU Blue Economy Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020, 180 p. Disponível em: https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/sites/maritimeaffairs/files/2020_06_blueeconomy-2020- ld_final.pdf. Acesso em: 20 Outubro de 2020.

Gerhardinger, L.C.; Quesada-Silva, M.; Gonçalves, L.R.; Turra, A. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. Ocean and Coastal Management, v. 179, 2019. p.1-11.

Marroni, E.V. The importance of public policy for Blue Amazon marine spatial planning. Development Studies Research, v.1, n.1, 2014. p. 161-167.

MAPEAMENTO DE ESPÉCIES SENSÍVEIS AOS POTENCIAIS DERRAMAMENTOS DE ÓLEO NO BAIXO RIO AMAZONAS/BRASIL

Elizandra Perez Araújo[1*], Jonathan Luz Pires Crizanto[2], Carlos Henrique Medeiros de Abreu[3], Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha[4], Alaan Ubaiara Brito[5], Newton Narciso Pereira[6], Alan Cavalcanti da Cunha[7]

1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO/UNIFAP), Brasil, zanmtv3@gmail.com*

2 Mestre em Biodiversidade Tropical (PPGBIO/UNIFAP)

3 Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia pela UNIFAP. Professor da UEAP

4 Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP. Professora na UNIFAP

5 Doutor em Ciências de Energia pela USP. Professor na UNIFAP

6 Doutor em Engenharia Naval e Oceânica pela USP. Professor na UFF

7 Doutor em Engenharia Civil pela EESC-USP. Professor na UNIFAP

Palavras-chave: contingenciamento e prevenção de acidentes ao óleo, impactos sobre recursosbiológicos.

INTRODUÇÃO

Os acidentes com derramamento de óleo ou derivados durante atividades de transporte ou procedimentos irregulares de limpeza de reservatórios de navios podem ocasionar impactos ambientais de grande escala às regiões costeiras e aos ecossistemas aquáticos (Cunha *et al*., 2021). Dessa forma, para viabilizar a mitigação e a prevenção de acidentes no Brasil, foram elaboradas as Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (SAO), instrumentos utilizados para o planejamento de contingência e ações de resposta em acidentes com óleo (MMA, 2004).

No Estado do Amapá e ao longo da hidrovia do Rio Amazonas, o Canal do Norte é o trecho focal da presente pesquisa. Essa região apresenta ecossistemas costeiros dinâmicos e uma rica biodiversidade tropical (Dias; Cunha; Silva, 2016). Contudo, esse trecho também representa o eixo principal da hidrovia amazônica, sendo considerado uma rota crítica para as embarcações de médio porte que transportam até 40 mil toneladas de óleo. Essa limitação do porte se deve à restrição do calado dinâmico e ao cenário hidrológico estabelecido pelo Rio Amazonas na região costeira (Almeida, 2008).

No contexto regional da conservação da biodiversidade tropical amazônica e da crescente importância e riscos da navegação no Canal do Norte, o objetivo desta pesquisa é analisar espacialmente a vulnerabilidade ambiental dos recursos biológicos associada com potenciais acidentes de derramamento de óleo provenientes de navios tanques de médio porte que trafegam no Canal do Norte do Rio Amazonas, fundamentado no Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) e o alcance e a intensidade de potenciais impactos causados por eventuais plumas de óleo no ambiente aquático. A presente pesquisa é inédita e aprofunda tópicos específicos sobre o alcance de potenciais impactos de derramamento de óleo sobre espécies da biodiversidade tropical e sua conservação no Canal do Norte do Rio Amazonas. Para isso, foram utilizadas ferramentas SIG integradas com cenários de simulação numérica de derramamento de óleo.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo abrange a zona costeira e a hidrovia ao longo do trecho do Canal do Norte do Rio Amazonas. Essa região está localizada na zona costeira do Estado do Amapá, entre o Oceano Atlântico e as cidades de Macapá e Santana, cuja extensão até a Foz do Rio Amazonas é, aproximadamente, 750 km (Torres e El-Robrini, 2006).

Levantamento e análise de dados

O mapeamento de recursos biológicos dos ecossistemas aquáticos e costeiros do Canal do Norte do Rio Amazonas, foi realizado com base na literatura para o período entre 2016 e 2021. Dessa forma, foi obtido um total de 15 espécies, distribuídas em: 1) *Attalea excelsa* (Arecaceae) - arbórea; 2) *Brachyplatystoma vaillantii* (Pimelodidae) - peixe; 3) *Carapa guianensis* (Meliaceae) - arbórea; 4) *Coryphaeschna adnexa* (Aeshnidae) - odonata; 5) *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Erythrinidae) - peixe; 6) *Limnothrix planctonica* (Pseudanabaenaceae) - cianobactéria; 7) *Lysapsus bolivianus* (Hylidae) - anfíbio; 8) *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) - camarão; 9) *Mesonauta festivus* (Cichlidae) - peixe; 10) *Mormodes ivanaluciae* (Mormodes Lindl.) - planta; 11) *Pentaclethra macroloba* (Fabaceae) - arbórea; 12) *Potamotrygon marquesi* (Potamotrygonidae) - raia; 13) *Pterophyllum scalare* (Cichlidaes) - peixe; 14) *Rhinella Marina* (Bufonidae) - anfíbio; e 15) *Sotalia Fluviatilis* (Delphinidae) - boto.

Para avaliar as localidades específicas com maior risco de potenciais acidentes de derramamento de óleo, foi realizada a coleta dos dados de tráfego de navios tanques de médio porte que transportam óleo ou derivados no Canal do Norte do Rio Amazonas. A coleta dos dados foi feita por meio do Automatic Identification System (AIS - *MarineTraffic*) para o período entre 2016 e 2019. Em seguida, os dados foram tabulados em uma planilha no software Excel©, identificados por: 1) nome do empreendimento; 2) tipos de carga e transportes; 3) quantidade transportada; 4) ano de registro; 5) porto de saída e destino; e 6) bandeira.

Nesse aspecto, foi realizado uma análise espacial, no software QGIS 3.18, com base na localização geográfica das espécies (representada por pontos coloridos na Figura 1). Posteriormente, para a elaboração dos cenários de dispersão de poluentes, utilizou-se o software SisBaHia para simular o comportamento hidrodinâmico do escoamento e seu processo dispersivo, usando dois modelos: 1) modelo 2DH; e 2) lagrangiano, previamente calibrado (Abreu *et al*., 2020, Cunha *et al*., 2021).

RESULTADOS

Na análise espacial, foram gerados 15 pontos de localizações geográficas das espécies registradas na literatura da área, conforme apresentado na metodologia, no Canal do Norte do Rio Amazonas (Figura 1).

Em relação a modelagem e dispersão de poluentes, foi analisado que se um acidente ocorrer próximo ou exatamente na zona portuária durante a fase de maré enchente, as áreas urbanas das cidades de Macapá e Santana poderiam ser severamente afetadas. E, de acordo com os resultados, uma ampla variação de ecossistemas costeiros estariam ameaçadas por estes eventuais acidentes. Uma característica da influência dos processos dispersivos, durante as marés enchentes, seria a menor proporção dos impactos e da distância dos poluentes em comparação com um acidente durante a fase de marés vazantes, o qual possuiria maiores extensões.

CONCLUSÕES

A metodologia apresentada é uma avaliação prévia sobre a vulnerabilidade do litoral e dos recursos biológicos em caso de potencial derramamento de óleo. Os resultados sugerem

que nas fases de marés enchentes seriam menos impactantes ao litoral do que nas fases de vazantes, pelo menos em acidentes próximos da área portuária de Santana e Macapá.

Contudo, destaca-se a necessidade de novos estudos experimentais e de simulação ao longo do estuário do Rio Amazonas, principalmente, nas zonas dentro da hidrovia do Canal do Norte do Rio Amazonas. Isto é, com maior resolução e detalhamento do fenômeno dispersivo na simulação para avaliar impactos de acidentes de derramamento de óleo. O tema de interesse tático e operacional, vislumbra a mitigação de acidentes na hidrovia do estuário Amazônico. Dessa forma, os cenários servirão de suporte em atuais e futuras ações de mitigação e recuperação de ambientes impactados por derramamento de óleo. Portanto, a integração de métodos tem sido eficiente para este objetivo.

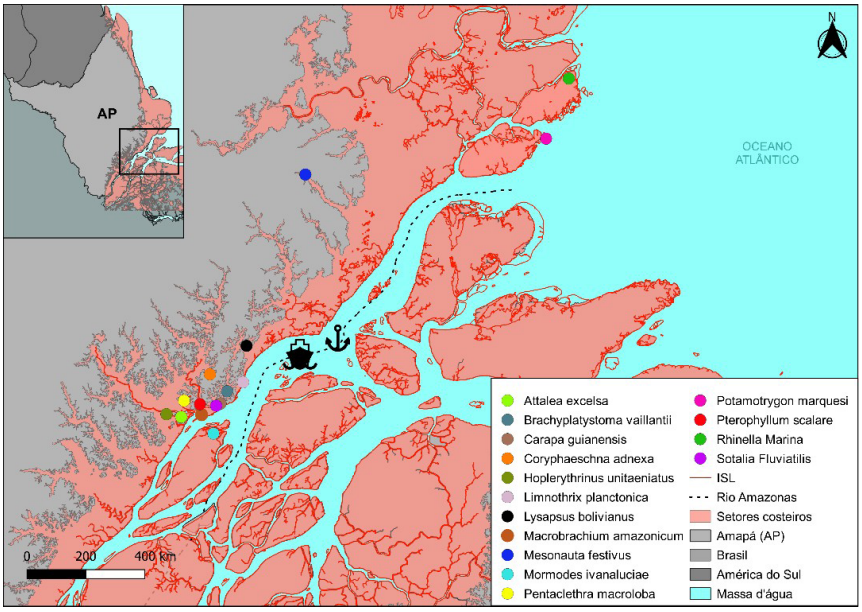


Figura 1. Localização de recursos biológicos mapeados no Canal do Norte do Rio Amazonas. Fonte: Autores (2021).

REFERÊNCIAS

Abreu, C. H. M., M. L. C. Barros, D. C. Brito, M. R. Teixeira, e A. C. Cunha. 2020. *Hydrodynamic modeling and simulation of water residence time in the Estuary of the Lower Amazon River*. Water, v. 12, p. 60-30.

Almeida, E. F. 2008. *Sensibilidade Ambiental a Derramamentos do Óleo dos Ecossistemas Costeiros da Região do Cabo Norte-Amapá*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-190.

Cunha, A. C., J. L. P. Crizanto, C. H. M. Abreu, H. F. A. Cunha, A. U. Brito, e N. N. Pereira. 2021. *Modeling and simulation of pollutant dispersion scenarios in high-risk zones of vessel accidents in the Lower Amazon River*. Marine Pollution Bulletin, v. 168, p. 1-25.

Dias, T. C. A. C., A. C. Cunha, e J. M. C. Silva. 2016. *Return on investment of the ecological infrastructure in a new forest frontier in Brazilian Amazonia*. Biological Conservation, v. 194, p. 184-193. http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.016.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2004. *Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo*. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Gerência de Qualidade Costeira e do Ar. 2. ed. Brasília, p. 107.

Torres, A. M., e M. El-Robrini. 2006. Amapá, in: Muehe, D., organizador. *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Brasília: MMA, v. 1, p. 11-40.

MÁSCARAS POR TODOS OS LADOS: A PRESENÇA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL CONTRA COVID-19 EM PRAIAS OCEÂNICAS DO PARANÁ

Kamila M. S. Torres[1]*, Allan Paul Krelling[1]*, Tais Serpa Afonso, Suzane Oliveira[2], Pedro Cosme[2]

Laboratório de Conservação e Manejo – Instituto Federal do Paraná – kamilamaier@gmail.com

Palavras chave: covid19, máscaras, lixo no mar.

INTRODUÇÃO

O lixo no mar tem contribuído consideravelmente para a poluição marinha e o aumento desse *item* causa danos ecológicos e biológicos ao meio ambiente (Eerkes-Medrano *et al*., 2015). Como resultado da poluição marinha tem-se os impactos à biota, impactos econômicos à pesca, à aquicultura, à navegação e ao turismo, especialmente pelos impactos visuais nas praias (Mouat *et al*., 2010; Galgani *et al*., 2019). Todo o resíduo de origem antrópica, que tem como destino o oceano, chega por duas fontes principais: 20% de origem marinha e oceânica e 80% de origem continental (Oliveira, 2013; Sheavly, 2010). Dos itens de origem terrestre, destaca-se o descarte intencional ou perda de itens nas ruas e praias (Oliveira, 2011). Dos detritos de origem marinha e oceânica, grande parte se origina de barcos de pesca, navios marcantes, embarcações de lazer e estruturas de exploração de petróleo e gás (Franz, 2011; Ivar do Sul, 2005). O modelo proposto de diminuição de plástico de uso único, anterior a pandemia SARS-CoV-2 (Covid 19) sofreu um importante revés com o impulso da demanda e uso de materiais de uso único, em função da necessidade e padrões de segurança em saúde, consideradas no momento mais relevantes do que as preocupações ambientais (Grodzińska-jurczak *et al*., 2020). A Covid 19 tem desencadeado o uso de materiais plásticos diversos como kits de testes, seringas, recipientes plásticos e principalmente equipamentos de proteção individual (EPI). A gestão dos resíduos decorrentes dos EPIs é um resultado preocupante da pandemia COVID-19 que arrasou com os sistemas globais de saúde e causou uma interrupção nas economias das nações (Benson *et al*., 2021; Vanapalli *et al*., 2021; Herron *et al*., 2020). Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo entender se as máscaras de proteção, já podem ser consideradas como um novo *item* de lixo marinho e; descrever as ocorrências encontradas nas praias do Litoral Paranaense nos meses concomitantes com a proliferação do vírus. MATERIAIS E MÉTODOS: As coletas foram realizadas oportunamente à medida que os colaboradores desse projeto foram identificando as máscaras nas praias. Como colaboradores, tivemos: pescadores, membros da coleta seletiva, surfistas e moradores de regiões que ficaram isoladas durante a pandemia de Covid-19 como: Ilha do Mel e Superagui. Formada a rede de colaboração, à medida que encontravam as máscaras na orla, durante suas atividades de trabalho ou lazer, elas eram fotografadas e anotadas as respectivas localizações com auxílio de um celular. Sendo a primeira ocorrência, registrada no dia 05 de junho de 2020 e a última ocorrência, no dia 14 de dezembro de 2020, totalizando 33 máscaras para o período. Durante essas atividades de monitoramento oportuno, voluntários se dispuseram a observar e registrar as máscaras descartadas de forma irregular nas praias da região. As amostragens ocorreram no litoral do Paraná, entre Guaratuba (-25,95867 S/ -48,59166 O) e a Ilha de Superagui em Guaraqueçaba (-25,37115 S/ -48,15974 O), contemplando também nesse intervalo os municípios de Matinhos, Pontal do Paraná e Paranaguá, sendo representada pela Ilha do Mel, inserida no Complexo Estuarino de Paranaguá. RESULTADOS: O litoral do Paraná apresentou registros de máscaras faciais utilizadas para proteção individual

contra Covid-19 nas praias de todas as cidades costeiras avaliadas. Foram registradas 33 máscaras (FIGURA 1) entre os períodos de junho até dezembro de 2020, com mais de uma amostra por cidade.

Figura 1: Máscaras encontradas no litoral do Paraná no período de junho a dezembro de 2020.

Mesmo que a análise quantitativa não esteja presente como objetivo do modelo proposto, o volume de amostras é um fator considerável. As máscaras foram classificadas de acordo com a sua composição, foram registradas 4 tipologias, das quais pudemos observar sendo, 14 máscaras de tecido, 11 máscaras cirúrgicas, 5 máscaras do tipo PFF2 e 5 máscaras de TNT (FIGURA 2).

Figura 2: Diferentes tipologias de máscaras encontradas nas praias do litoral do Paraná.A: máscaras de TNT, B: máscaras de tecido, C: máscaras cirúrgicas, D: máscaras PFF2.

CONCLUSÃO

A Covid-19 foi decretada pandemia pela OMS no ano de 2020, e desde então tem desencadeado pressão sobre o meio ambiente relacionada à produção, uso e descarte de materiais utilizados no sistema médico-hospitalar e de Proteção Individual. Estima-se que globalmente 129 bilhões de máscaras faciais e 65 bilhões de luvas plásticas sejam geradas mensalmente (Ferreira, 2020), Dessa forma, com base nos itens coletados nesta pesquisa, evidencia-se que o descarte de máscaras, - atualmente utilizadas em larga escala como medida preventiva à Covid-19 – nos mares e oceanos se configura como uma forma de poluição marinha. Fica evidente que a pandemia do COVID 19 gerou várias pautas em relação à saúde humana bem como em uma nova cultura de cuidado e higienização. No entanto, com este artigo, pode-se notar que, além do aumento dos resíduos sólidos hospitalares, os métodos de proteção contra o vírus gerou um aumento na poluição ambiental, principalmente na região costeira, visto que o destino de todos os resíduos lançados ao meio ambiente é o oceano, a exemplo da espécie pinguim-demagalhães (Spheniscus magellanicus) que foi encontrado no litoral norte de São Paulo e durante sua necropsia foi identificada uma máscara PFF2 em seu conteúdo gastrointestinal, a qual foi sua causa mortis (Neto *et al*, 2021).Com a pandemia do Covid-19 ficou evidente que a vida humana está totalmente interligada ao que acontece no seu entorno, mostrando como neste trabalho que em 6 meses ou menos, as máscaras se tornaram itens presentes em toda a costa paranaense. É de extrema importância adotar o pensamento de que a saúde, bem-estar e sobrevivência dos seres humanos estão conectadas e condicionadas ao meio ambiente e os ecossistemas.

REFERENCIAS

Benson, Nsikak U., *et al*. “COVID-19 pandemic and emerging plastic-based personal protective equipment waste pollution and management in Africa.” Journal of Environmental Chemical Engineering 9.3 (2021): 105222. do Sul, J. A. I. (2005). Lixo Marinho na Área de Desova de Tartarugas Marinhas do Litoral Norte da Bahia: conseqüências para o meio ambiente e moradores locais (Doctoral dissertation, Fundação Universidade Federal do Rio Grande).

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. Water research, 75, 63-82.

Ferreira, L. C. A PROBLEMÁTICA DOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS E O DESCARTE DE MÁSCARA RESPIRATÓRIAS DE USO NÃO PROFISSIONAL.

Franz, B. O lixo flutuante em regiões metropolitanas costeiras no âmbito de políticas públicas: o caso da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

Galgani, François, Georg Hanke, and Thomas Maes. “Global distribution, composition and abundance of marine litter.” Marine anthropogenic litter. Springer, Cham, 2015. 29-56. Grodzińska-jurczak, M., *et al*. (2020). Environmental Choices Vs. Covid-19 Pandemic Fear – Plastic Governance Re-Assessment. Society Register, 4(2), 49–66.

Herron, J.B.T., *et al*. “Equipamento de proteção individual e Covid 19 - um risco para a equipe de saúde ?.” O jornal britânico de cirurgia oral e maxilofacial 58,5 (2020): 500.

Mouat, J.; Lozano, R.L.; & Bateson, H. 2010. Economic impacts of marine litter. Kommunenes Internasjonale Miljorganisasjon.

Neto, Hugo Gallo, *et al*. “Mortalidade de um pinguim de Magalhães juvenil (Spheniscus magellanicus, Spheniscidae) associada à ingestão de uma máscara protetora PFF-2 durante a pandemia de Covid-19.” Marine Pollution Bulletin 166 (2021): 112232

Oliveira, A.L, Lixo Marinho na Legislação Federal Brasileira. 3º FORUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, Porto Alegre-RS, 13 a 15 de junho de 2011.

Oliveira, A.L. Análise de Política Pública sobre Lixo Marinho em Diferentes Níveis Governamentais; Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo; São Paulo, 2013.

Sheavly, S.B. National marine debris monitoring program-lessons learned. US, Enviromental Protection Agency, Oceans and Coastal Protection Division. Marine Pollution Control Brandh, 2010.

Vanapalli, Kumar Raja, *et al*. “Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic.” Science of The Total Environment 750 (2021): 141514.

MÉTRICAS DE CENÁRIO COSTEIRO COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TURÍSTICA DE PRAIAS ARENOSAS

Lorrana Lopes Diniz*, Phillipe Mota Machado, Ilana Rosental Zalmon, Leonardo Lopes Costa, Juliano Silva Lima, Igor David da Costa

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Brasil, lorranaldz@gmail.com

Palavras chave: indicadores de qualidade, impactos antrópicos, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

As praias são ambientes multidimensionais, incluindo aspectos ecológicos, socioculturais e econômicos. No entanto, a ocupação contínua associada à escassez de planos de gestão adequados reduz a qualidade turística nestes ambientes. Portanto, estratégias sustentáveis de gestão são necessárias para assegurar a perenidade dos recursos costeiros (Filho *et al*., 2014).

A avaliação do cenário costeiro é uma ferramenta que pode auxiliar os gestores públicos e tomadores de decisão na conservação da paisagem e melhoria de políticas de gerenciamento (Cristiano *et al*., 2016) do uso de praias, identificando os aspectos que precisam de intervenção imediata, como gestão de habitat, água, limpeza, serviços e infraestrutura. No Brasil, o Projeto Orla estabelece estratégias de planejamento do uso e ocupação da orla (MMA, 2002), mas seus critérios estabelecidos são pouco utilizados nos municípios brasileiros e não consideram diferenças regionais ou metodologia específica (Cristiano *et al*., 2018; Scherer *et al*., 2020). A Bandeira Azul é uma das certificações de praias mais renomadas do mundo, tornou-se conhecida por sua capacidade de atuar como ferramenta de desenvolvimento sustentável nas áreas costeiras por meio de boas práticas ambientais, como ações de educação ambiental e código de conduta (Botero & Zielinski, 2020). Os destinos que implementam a Bandeira azul apresentam um alto grau de fidelidade à premiação, utilizando-o como garantia do cumprimento da legislação vigente e bons padrões de qualidade (Fraguell *et al*., 2015).

Nesse contexto, o presente estudo investigou a qualidade turística de praias arenosas da costa norte do estado do Rio de Janeiro utilizando múltiplas métricas de avaliação do cenário costeiro, considerando indicadores ambientais, sociais e econômicos. Ao final, analisou-se a adequação das praias para qualificação nacional do Projeto Orla e internacional do Programa Bandeira Azul, tendo em vista que a utilização dos seus indicadores é fundamental para diagnosticar as necessidades de melhorias na gestão de praias, o que contribui para o incremento turístico.

METODOLOGIA

Na costa norte do estado Rio de Janeiro (Brasil) foram selecionadas as praias de Guaxindiba, Grussaí e Farol de São Thomé, localizadas nos municípios de São Francisco de Itabapoana, São João da Barra e Campos dos Goytacazes, respectivamente. O cenário costeiro das praias foi analisado através de 67 indicadores distribuídos em oito categorias: acessibilidade (11 indicadores), qualidade ambiental (9 indicadores), qualidade da água (6 indicadores), conforto (7 indicadores), qualidade cênica (5 indicadores), serviços e infraestrutura (17 indicadores), segurança (7 indicadores) e educação e informação ambiental (5 indicadores). Essa metodologia é baseada nos critérios de

certificação de praias (Marchese *et al*., 2021), na seleção de indicadores de acordo com Leatherman (1997) e Pena-Alonso *et al*. (2018), nos critérios contemplados no Projeto Orla (MMA, 2006) e no Programa Bandeira Azul (Bandeira Azul, 2019). Os indicadores supracitados foram avaliados durante o período de férias de verão de 2020 através de observações diretas pelos pesquisadores, análise de variáveis ambientais com uso de equipamentos de medição (disco de Secchi, régua de nível e termômetro) e busca em endereço eletrônico do Instituto Estadual do Ambiente (www.*inea*.rj.gov.br/) para avaliação da qualidade microbiológica da água. Os parâmetros que não foram mensurados *in situ* (correntes de retorno, marés vermelhas, água-viva, comitê de gestão de praia, aplicação de leis e regulamentos) foram avaliados por entrevistas com os gestores ou responsáveis da Secretária de Meio Ambiente/Turismo de cada município. Para cada indicador do cenário costeiro foi atribuído um valor (1 – qualidade baixa; 2 - qualidade intermediária; 3 – qualidade alta).

Os valores de cada indicador foram padronizados pela fórmula: $P = Va/Vm$, onde, P é a normalização, Va é o valor atribuído ao indicador costeiro de acordo com a sua classificação (1, 2 ou 3) e Vm a soma dos valores máximos dos indicadores. Após a normalização dos dados, as escalas de cada indicador variaram entre 0,33 e 1. A classificação das categorias do cenário costeiro das praias é calculada em função da média dos indicadores avaliados, podendo ser baixa (0,33 a 0,55), intermediária (0,56 a 0,77) ou alta (0,78 a 1) (Pena-Alonso *et al*., 2018).

RESULTADOS

Os indicadores do cenário costeiro registraram uma classificação geral intermediária (0,56 a 0,77) para as três praias, correspondendo na Praia do Farol de São Thomé a 0,70, seguida pela Praia de Grussaí com 0,68 e Praia de Guaxindiba com 0,63. Em Guaxindiba, o maior percentual dos indicadores foi registrado com baixa qualidade (43%), em Grussaí com qualidade intermediária (39%) enquanto no Farol, destacaram os indicadores com qualidade intermediária (39%) e alta (37%). As categorias conforto e qualidade da água apresentaram as maiores classificações (> 0,83) em Guaxindiba, Grussaí e Farol. Contudo, as categorias educação e informação ambiental e qualidade cênica apontaram os menores valores (< 0,60) no cenário costeiro das três praias (Fig. 1).

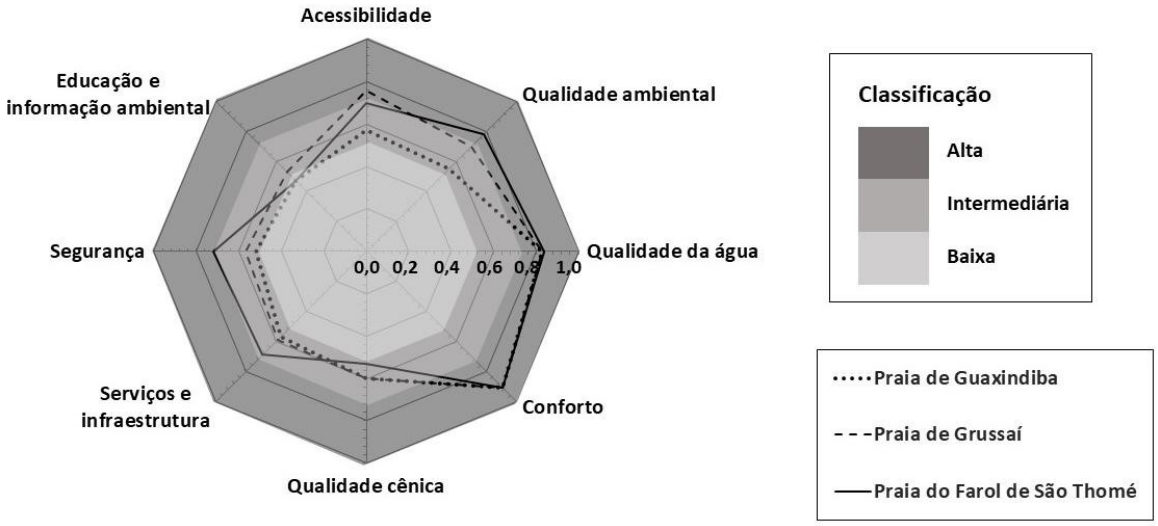


Figura 1. Representação em radar das categorias de avaliação do cenário costeiro das Praias de Guaxindiba, Grussaí e Farol de São Thomé. Os extremos no gráfico indicam valores altos para a qualidade do cenário costeiro.

Dentre os 42 indicadores (~2/3) incluídos, que são contemplados no programa Bandeira Azul para certificação internacional, 29% apresentaram alta qualidade na Praia do Farol de São Thomé, 24% na Praia de Grussaí e 12% na Praia de Guaxindiba. Já dentre os 25 indicadores (~1/3) considerados no Projeto Orla para ordenamento nacional dos espaços litorâneos, 48% apresentaram alta qualidade na Praia do Farol de São Thomé e 32% nas praias de Guaxindiba e Grussaí.

CONCLUSÕES

O método de avaliação de cenário costeiro proposto mostrou-se eficaz como ferramenta para gestores públicos utilizarem na gestão das praias, com baixo custo, rápida aplicação, fácil avaliação de dados e possibilidade de aplicação por técnicos com conhecimentos básicos na área ambiental.

REFERÊNCIAS

Bandeira Azul, (2019). Critérios. Disponível em: <http://bandeiraazul.org.br/>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

Botero, C. M.; Zielinski, S. (2020). The implementation of a world-famous tourism ecolabel triggers political support for beach management. *Tourism Management Perspectives*, 35(1): 1-13.

Cristiano, S.C.; Portz, L. C.; Anfuso, G.; Rockett, G. C.; Barboza, E. G. (2018). Coastal scenic evaluation at Santa Catarina (Brazil): Implications for coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 160(1): 146-157.

Cristiano, S.C.; Rockett, G.C.; Portz, L. C.; Anfuso, G.; Gruber, N. L.; Williams A. T. (2016). Evaluation of Coastal Scenery in Urban Beaches: Torres, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista de Gestão Costeira Integrada,* 16(1): 71-78.

Filho, J. R. S.; Santos, R. C.; Silva, I. R.; Elliff, C. I. (2014). Evaluation of recreational quality, carrying capacity and ecosystem services supplied by sandy beaches of the municipality of Camaçari, northern coast of Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 70(1): 527-532.

Fraguell, R. M.; Martí, C.; Pintó, J.; Coenders, G. (2015). After over 25 years of accrediting beaches, has blue flag contributed to sustainable management? *Journal of Sustainable Tourism*, 24(6): 882–903.

Leatherman, S. P. (1997). Beach rating: a methodological approach. *Journal of Coastal Research*, 13(1): 253-258.

Marchese, L.; Botero, C. M.; Zielinski, S.; Anfuso, G.; Polette, M.; Correa, I. C. S. (2021). Beach Certification Schemes in Latin America: Are They Applicable to the Brazilian Context? *Sustainability, 13(2)*: 1-20.

MMA. (2002). Ministério do Meio Ambiente. Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada. Brasília: MMA. 78 p.

MMA. (2006). Ministério do Meio Ambiente. Projeto Orla: manual de gestão. Brasília: MMA/MP, 88 p.

Pena-Alonso, C.; Ariza, E.; Hernández-Calvento, L.; Pérez-Chacón, E. (2018). Exploring multidimensional recreational quality of beach socio-ecological systems in the Canary Islands (Spain). *Tourism Management*, 64(1): 303-313.

Scherer, M. E. G.; Nicolodi, J.L.; Costa, M.F.; Corriani, N.R.; Gonçalves, R.K.; Cristiano, S.C.; Ramos, B.; Camargo, J.M.; Souza, V.A.; Fischer, L.O.; Sardinha, G.; Mattos, M.P.S.; Pfuetzenreuter, A. (2020). Under new management. *In: Malvárez, G.; Navas, F. (org), Global Coastal Issues of 2020*. 1 ed. Florida: Journal of Coastal Research. p. 945–952.

MICROPLÁSTICOS NAS PRAIAS DA ILHA GRANDE, ANGRA DOS REIS (RJ, BRASIL): DINÂMICA COSTEIRA E USOS RELACIONADOS

A. V. Macedo[1] *, A. L. C. Silva[2], J. A. Baptista Neto[3]

*UERJ-Universidadedo EstadodoRiodeJaneiro,Brasil, vmacedo.avm@gmail.com

*UERJ-UniversidadedoEstadodoRiodeJaneiro,Brasil,andrelcsilvageouerj@gmail.com

*UFF-UniversidadeFederalFluminense,Brasil,jabneto@id.uff.br

Palavras chave: Ilha Grande, microplástico, ambiente de praia.

RESUMO

Os litorais estão cada vez mais ameaçados pela poluição por resíduos sólidos, com destaque para os materiais plásticos em diferentes escalas de tamanho, que colocam em risco os ambientes costeiros e as populações que deles dependem para a sua subsistência. Os microplásticos possuem dimensões inferiores a 5 mm e configuram um problema global crescente, em decorrência da sua ampla distribuição e elevado potencial para causar danos aos mais diversos ecossistemas costeiros e marinhos. Este trabalho objetivou construir um diagnóstico acerca da poluição por microplásticos nas praias do litoral da Ilha Grande em Angra dos Reis (RJ, Sudeste do Brasil), com base no entendimento do papel das áreas fonte (continentais e marinhas) e dos processos costeiros no transporte e deposição de materiais. A Ilha Grande é a mais extensa do Estado do Rio de Janeiro, com cerca de 80 praias, voltadas tanto para o continente quanto para o Oceano Atlântico (SILVA *et al*., 2020). Grande parte da ilha é coberta por vegetação remanescente de Mata Atlântica, que compõe a Área de Proteção Ambiental dos Tamoios. A biodiversidade local e os sistemas costeiros têm o seu equilíbrio constantemente ameaçado pela expansão do turismo e das atividades petrolíferas na região. A população da Ilha Grande, concentrada principalmente nas vilas do Abraão, Dois Rios e Provetá, depende em grande parte das atividades ligadas ao turismo e à pesca artesanal.

A metodologia deste estudo consistiu na realização de monitoramentos nas estações de inverno (2018) e verão (2019), e análises de laboratório para a extração e posterior classificação de microplásticos nas praias estudadas. Foram selecionadas 10 praias ao redor da Ilha Grande, sendo 5 localizadas na face norte, voltadas para o continente e mais abrigadas em relação à incidência de ondas (Grande Araçatiba, Japariz, Abraão, Abraãozinho e Pouso); e 5 no setor sul da ilha, voltadas para o oceano (Lopes Mendes, Dois Rios, Parnaioca, Aventureiro e Meros). A amostragem de sedimentos nas praias foi realizada na linha de deixa correspondente a maré alta, em uma área de 25 por 25 centímetros e com profundidade de 5 centímetros, procedimento adaptado de Besley *et al*. (2017), em função das características da área de estudo. A extração de microplásticos no laboratório foi realizada com base no método proposto por Thompson *et al*. (2004) e Besley *et al*. (2017). Na sequência, a contagem e a classificação foram realizadas na lupa binocular, com base no *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas* (2013), distinguindo os tipos: fragmentos, pellets, fibras, isopor, plásticos filmes e espumas plásticas; também foram analisados a cor, tamanho e morfologia (HANKE *et al*., 2013).

Os resultados aqui apresentados são pioneiros e expressam a contaminação por microplásticos em 10 praias, distribuídas ao redor da Ilha Grande de forma a representar todos os setores do ambiente estudado, submetidos a diferentes condições ambientais e relacionadas aos usos e a ocupação. A concentração de microplásticos foi maior no verão,

com um total de 12.480 itens, com destaque para as praias de Lopes Mendes e Japariz, que juntas apresentaram 59% de todo o material identificado nessa estação (Figura 1A, B).

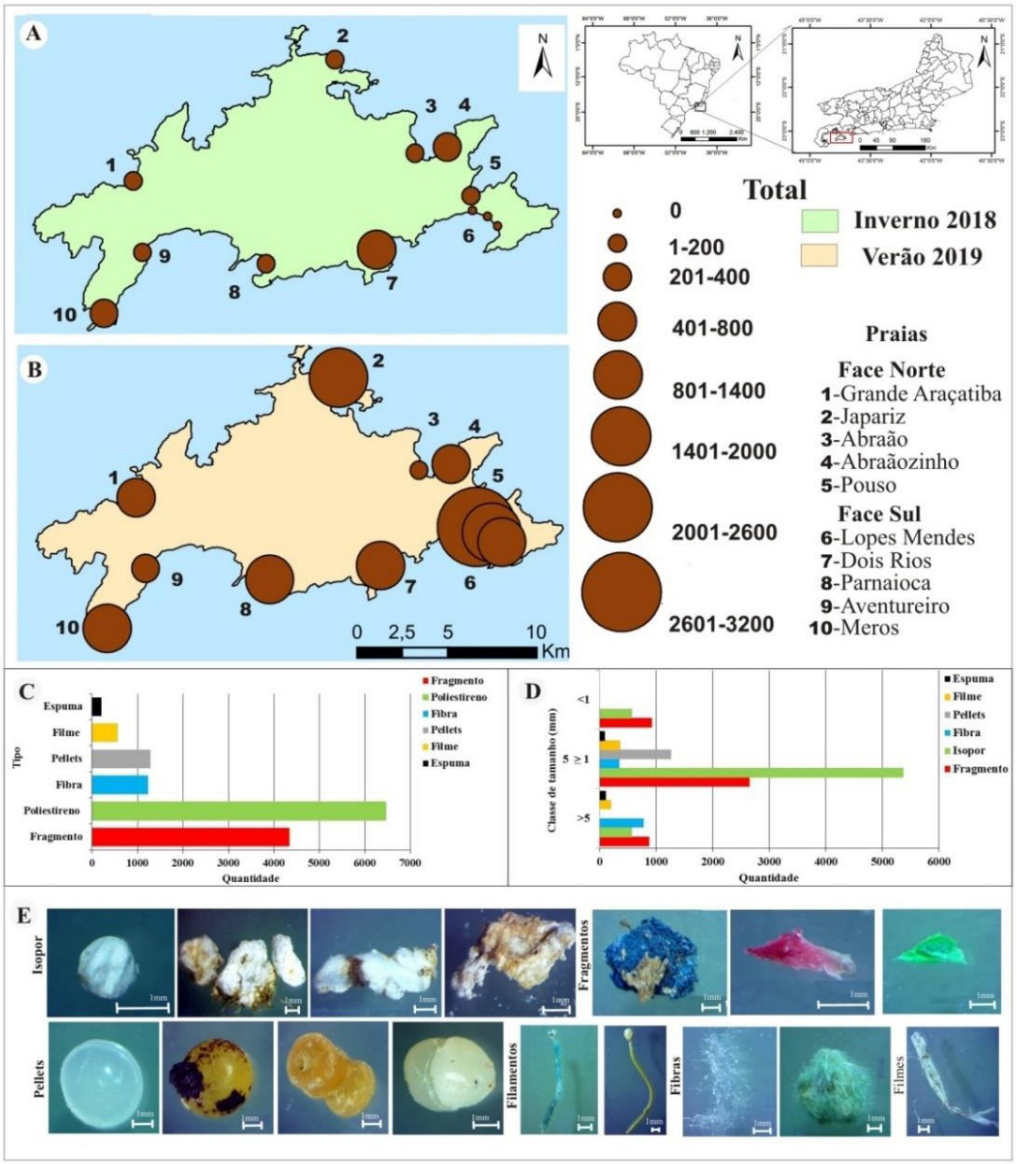


Figura 1. Materiais microplásticos – Concentração no inverno (A) e no verão (B); tipos de microplásticos (C); classe detamanhosdas partículas(D); aspectoapresentado (E).Fonte:Macedo(2020).

A maior concentração de microplásticos no verão pode estar diretamente relacionada ao aumento das atividades turísticas na ilha (alta temporada); e a maior estabilidade das praias no verão (SILVA *et al*., 2020), quando a predominância das condições de tempo bom tende a favorecer a acumulação de materiais na faixa de areia, aumentando o tempo de permanência dos mesmos no ambiente. Esse padrão foi também observado nas praias da Baía de Guanabara (CARVALHO e BAPTISTA NETO, 2016) e em Niterói (RJ) (CASTRO *et al*., 2020), no Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. Apesar das menores concentrações no inverno, com um total de 1600 itens, as praias de Dois Rios e Abraãozinho juntas concentraram 48% dos microplásticos encontrados nessa estação (Figura 1A). A menor ocorrência de microplásticos no inverno reflete a diminuição das

atividades turísticas na ilha (baixa temporada) e, possivelmente, a maior influência das ondas de tempestades nessa estação, que remobilizam grandes quantidades de sedimentos nas praias, principalmente naquelas localizadas na borda sul (SILVA *et al*., 2020). Na face sul da ilha, por sua vez, foram registradas as maiores concentrações de microplásticos em ambas as estações, o que aponta para a contribuição das correntes marinhas como uma importante fonte de microplásticos para as praias da Ilha Grande, como também observado por Reinold *et al*. (2020) na Ilhas Canárias. Os resultados apontam para a predominância dos tipos: poliestireno (isopor) com 46% do total, fragmentos com 31% e fibras com 9%, possivelmente provenientes de fontes locais; os pellets representaram 9% do material analisado e podem estar sendo disponibilizados a partir de fontes externas a Ilha Grande (Figura 1C, D, E). Em termos gerais, dentre as possíveis fontes para os microplásticos encontrados na Ilha Grande estão às atividades turísticas, pesqueiras, náuticas, da maricultura e as atividades portuárias realizadas na ilha e no continente. A contaminação microplástica encontrada nas 10 praias investigadas, em tamanhos variados (Figura 1D), representa um alerta frente ao crescimento das atividades ligadas ao turismo e o aumento da poluição por resíduos sólidos na região.

REFERÊNCIAS

BESLEY, A.; VIJVER, M. G.; BEHRENS, P.; BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*. v.114. p.77-83. 2017.

CARVALHO, D. G.; BAPTISTA NETO, J. A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay Southeast Brazil. Ocean & Coastal Management, vol. 128. p. 10-17, 2016.

CASTRO, R. O.; SILVA, M. L.; MARQUES, M. R. C.; ARAÚJO, F. V. Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil. Marine Pollution Bulletin, p.160, 2020.

HANKE, G. *et al*. Guidance on monitoring of marine litter in European seas. European Commission, 2013, p. 124.

MACEDO, A. V. 2020. A influência da dinâmica e dos diferentes usos na distribuição e origem de microplásticos no litoral da Ilha Grande, Angra dos Reis (RJ). Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografiada Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p.132.

REINOLD, S.; HERRERA, A.; HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, C.; GÓMEZ, M. Plastic pollution on eight beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain): an annual study. Mar. Pollut. Bull., 151, p. 110847, 2020.

SILVA, A. L. C.; GRALATO, J. C. A.; BRUM, T. C. F.; SILVESTRE, C. P.; BAPTISTA, E.

C. S.; PINHEIRO, A. B. Dinâmica de praia e susceptibilidade às ondas de tempestades no litoral da Ilha Grande (Angra dos Reis-RJ). Journal of Human and Environment of Tropical Bays., v. 1, p. 9-44, 2020.

THOMPSON, R. C. *et al*. Lost at Sea: where is all the plastic? Science, v. 304, p.838. 2004.

MODELAÇÃO NUMÉRICA DA EVOLUÇÃO DO DANO DE MANTOS PROTETORES EM QUEBRA-MARES

A. Mendonça*, J.A. Santos, C.J.E.M. Fortes

*DHA-NPE,LaboratórioNacionaldeEngenhariaCivil,Portugal,amendonca@lnec.pt

Palavras chave: Bsafe4Sea, modelação numérica, simulações de Monte Carlo, Ericeira.

RESUMO

O projeto BSafe4Sea visa o desenvolvimento, aplicação e teste de metodologias de previsão do comportamento estrutural de obras portuárias. Tais metodologias serão a base de um sistema de apoio à decisão para o planeamento e priorização de trabalhos de manutenção/ reparação. O sistema é suportado por tecnologias avançadas de monitorização, resultantes da utilização de fotografias aéreas adquiridas com veículos aéreos não tripulados (VANT), de vídeo e de posicionamento via satélite (GNSS), para identificar alterações nas estruturas. O sistema baseia- se ainda na modelação numérica e física das estruturas, para analisar o impacto das alterações climáticas no comportamento estrutural destas obras e estudar eventuais adaptações. Apresenta- se a modelação numérica da evolução do dano de mantos protetores em quebra-mares de taludes aplicando as fórmulas de Melby & Kobayashi (1999).

METODOLOGIA

A Atividade 4 deste projeto tem como objetivo a modelação numérica da evolução do dano em taludes de quebra-mares. Pretende-se estabelecer fórmulas para prever a evolução do dano em mantos constituidos por blocos artificiais, definindo um procedimento para a avaliação desse dano num determinado intervalo de tempo (por exemplo: até a próxima monitorização do manto ou na vida útil da estrutura).

Descrevem-se os passos principais da metodologia utilizada:

1. Definição de sequências de estados do mar

   São aplicados métodos estatísticos para definir as distribuições conjuntas das características do estado do mar e sua duração e aplicados à série temporal das características do estado do mar num ponto de referência junto à estrutura.

2. Seleção dos parâmetros da fórmula

   Seleção dos parâmetro para descrever a progressão do dano no manto, com base em estudos anteriores [(Melby & Kobayashi (1999), Hofland *et al*. (2014)]:

   - Definição do limiar abaixo do qual a agitação incidente não provoca aumento do dano. Para tal, aplica-se o critério do número de estabilidade crítico, Nc (Smith *et al*., 1992), aos valores obtidos no ponto escolhido e identificam-se os valores que causam dano;
   - Ajuste de distribuições estatísticas aos valores de Hs e Tm (dos valores que causam dano).

3. Desenvolvimento da fórmula

   Pretende-se desenvolver uma fórmula válida para mantos de quebra-mares de talude que relacione o dano com as características do estado do mar - a altura da onda, período da onda e duração do evento.

4. Avaliação da probabilidade de dano no manto

   Usando as fórmulas acima, a probabilidade do dano do manto exceder um limite predefinido durante um determinado intervalo de tempo será estimada, simulando a resposta do manto a um grande número de sequências de estados do mar durante esse intervalo de tempo. Essas sequências serão estatisticamente consistentes com as características do estado do mar em frente à estrutura, incluindo eventos extremos e os efeitos das mudanças climáticas no nível das ondas/nível de água (Weisse *et al*., 2014; Karambas, 2015).

RESULTADOS

Através da metodologia proposta serão desenvolvidas recomendações sobre os parâmetros mais apropriados para caracterizar o dano em mantos constituidos por blocos artificiais.

A fórmula proposta, válida para mantos de quebra-mares de talude, será utilizada na previsão da evolução do dano nestas estruturas. Pretende-se também desenvolver um procedimento para definir sequências de características do estado do mar a utilizar no procedimento de avaliação da probabilidade de dano na estrutura num dado intervalo de tempo (por exemplo, desde a monitorização presente do manto até à próxima).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT o financiamento proporcionado pelo projeto BSAFE4SEA - Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

REFERÊNCIAS

Hofland, B., Disco, M., & Gent, M. (2014). Damage characterization of rubble mound roundheads. In V. Penchev, & F. Taveira Pinto (Eds.), *Proceedings of the 5th international conference on the application of physical modelling to port and coastal protection, Coastlab14* (pp. 1-10). Black Sea - Danube Coastal Research Association (BDCA).

Karambas, T.V. (2015) Modelling of climate change impacts on coastal flooding/erosion, ports and coastal defence structures, Desalination and Water Treatment, 54:8, 2130-2137, DOI: 10.1080/19443994.2014.934115

Melby, J. A.; Kobayashi, N. (1999). “Damage Progression and variability on breakwaters trunks”.

Proc. Coastal Structures ‘99, pp. 309-315.

Smith, W. G.; Kobayashi, N.; Kaku, S. (1992). Profile Changes of Rock Slopes by Irregular Waves”. ASCE. Proc. 23rd Coastal Engineering Conference, Volume 2, pp. 1559-1572.

Weisse, R., Bellafiore, D., Menéndez, M., Méndez, F., Nicholls, R.J., Umgiesser, G., Willems, P. (2014). Changing extreme sea levels along European coasts. Coastal Engineering 87, pp. 4-14(DOI:10.1016/j.coastaleng.2013.10.017).

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378383913001737

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO GALGAMENTO DO QUEBRA-MAR DA ERICEIRA

João Lopes Gomes, João Alfredo Santos*, Conceição Juana Fortes

*ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal,jasantos@dec.isel.ipl.pt

Palavras chave: SWASH, ensaios modelo reduzido, galgamento, Ericeira.

INTRODUÇÃO

O galgamento de proteções marginais e de quebra-mares é um fenómeno que pode ter consequências importantes para a segurança intrínseca destas estruturas, para a segurança de bens imóveis e de equipamentos que deveriam estar protegidos por aquelas estruturas, bem como de pessoas e veículos que se deslocam na proximidade das mesmas estruturas. Este fenómeno é caracterizado pelo caudal médio galgado por unidade de comprimento do coroamento da estrutura durante um temporal. No EurOtop (2018) encontram-se valores máximos aceitáveis, de acordo com aquelas categorias, quer para o caudal médio galgado, quer para o volume máximo galgado em ondas individuais do estado de agitação.

O modelo NN_Overtopping (Van Gent *et al*. 2007) é um dos modelos mais completos para estimar o caudal médio galgado associado a um estado de agitação marítima. Ele baseia-se na aplicação de redes neuronais a um grande volume de dados de ensaios com modelo físico reduzido. Contudo, os resultados deste modelo não incluem o volume máximo galgado em ondas individuais, não podendo ser utilizados para estimar a zona inundada.

O modelo numérico SWASH é capaz de estimar não só o caudal galgado em ondas individuais bem como a extensão da zona inundada. Trata-se de um modelo não hidrostático para propagação de ondas capaz de resolver as equações não lineares para ondas em águas pouco profundas. Suzuki *et al*. (2017) utilizaram este modelo para simular galgamentos em quebra-mares impermeáveis e de taludes lisos. Para lidar com quebra-mares de taludes com um manto de Accropode, rugoso e permeável, Zhang *et al*. (2020) propõe a utilização no modelo SWASH de um coeficiente de atrito aparente para que o termo das tensões tangenciais no fundo calculado na equação da quantidade de movimento represente a perda de energia do escoamento causada pela rugosidade e pela percolação no processo do galgamento.

Neste trabalho pretende-se averiguar se a metodologia de Zhang *et al*. (2020) também produz bons resultados para quebra-mares com um manto de tetrápodos, como o que protege o porto da Ericeira. Compara-se as previsões do SWASH com as medições dos ensaios em modelo físico de um trecho daquele quebra-mar realizados no canal de ondas irregulares do LNEC (Santos *et al*. 2021).

METODOLOGIA

Utilizou-se a versão bidimensional do SWASH na qual se reproduziu o perfil longitudinal do fundo e do trecho do quebra-mar estudado, incluindo o terrapleno atrás do coroamento da estrutura. Toda esta fronteira do modelo numérico foi considerada impermeável, tendo-se variado apenas o coeficiente de Manning do trecho correspondente ao talude exposto do quebra-mar. Na restante fronteira o valor do coeficiente de Manning utilizado foi n = 0,012 $m^{-1/3}$ s.

Dos vários estados de agitação em que ocorreram de galgamentos, escolheu-se um cujo volume total de água galgado não ultrapassou a capacidade de armazenamento do reservatório existente no interior do canal. Evitou-se assim incertezas nos volumes dos galgamentos individuais ocorridos durante esse ensaio. Uma vez que ainda não foram analisadas as séries temporais da elevação da superfície livre nas sondas mais próximas do batedor, donde poderia resultar a série temporal das ondas incidentes no modelo físico reduzido, optou-se por considerar como condição de fronteira do modelo numérico o espectro da elevação da superfície livre pretendido naquele ensaio, isto é, um espectro empírico de JONSWAP com HS = 0,16 m, TP = 1,70 s e γ = 3,3. A profundidade junto ao batedor era 0,58 m. O passo de cálculo utilizado foi 0,005 s, sendo os resultados apresentados com um passo de 0,01 s e a duração total da simulação 1707 s.

No ajuste do coeficiente de Manning do talude exposto do quebra-mar, procurou-se que o volume total galgado medido no modelo numérico se aproximasse do valor medido no ensaio com o modelo físico. Mantendo o espectro incidente na fronteira de entrada do domínio do modelo numérico, averiguou-se também a influência nos resultados da semente utilizada na geração das fases aleatórias de cada um dos períodos das ondas que compunham elevação da superfície livre naquela zona do domínio.

RESULTADOS

A variação do volume galgado com o valor do coeficiente de Manning para o talude exposto doquebra-mar não foi monotónica. Embora se observasse um decréscimo do volume galgado de50,00 l, quando n = 0,012 $m^{-1/3}s$, para 8,14 l, quando n = 0,041 $m^{-1/3}s$, o ligeiro aumento docoeficiente de Manning para n = 0,042 $m^{-1/3}s$ fez subir o volume de água galgado para 10,47 l,ficando muito próximo do valor observado neste ensaio em modelo físico (13,83 l). O valorconsideradoadequado paraocoeficiente de Manningpassouentão asern = 0,042$m^{-1/3}s$.

Na Figura 1 apresenta-se as séries temporais do caudal galgado medido no ensaio com modelofísico (Balança) e no modelo numérico (no_seed). Como o primeiro caudal foi estimado a partirdemediçõesdopesodaáguagalgadaacadasegundo,paraseobtervalorescomparáveisdocaudaldomodelonumérico,calculou-secomomodeloSWASHovolumegalgadoemcadaintervalode1 s. Mesmo assim, é evidente na figura que a duração dos galgamentos no modelo numérico ésubstancialmente inferior à dos galgamentos no modelo físico. Tal pode dever-se ao escoamentodaágua galgadanodescarregador queligaaoreservatóriocolocadosobre abalança.

Estes resultados numéricos apresentados foram obtidos com o valor por omissão da semente para as fases aleatórias (linha no_seed correspondente ao valor 12345678). Testaram-se mais 10 valores diferentes para aquela semente desde seed_1 = 1 até seed_7 = 1234567 e depois de seed_8 = 87654321 até seed_10 = 654321. Embora a ordem de grandeza do volume galgado não se tenha alterado, nunca se obteve um valor superior aos 10,47 l correspondentes à semente 12345678 e a gama de volumes não estava muito distante do obtido naquele caso, sendo o máximo 10,29 l (seed_2) e o mínimo de 3,90 l (seed_1). A Figura 1 mostra, também, a inexistência de qualquer semelhança entre as séries dos caudais galgados, embora os valores máximos atingidos não sejam muito diferentes.

CONCLUSÕES

O modelo SWASH mostrou-se capaz de prever a ordem de grandeza do volume galgado no ensaio com modelo físico, bem como dos valores máximos do volume galgado por unidade de comprimento do coroamento em intervalos de 1 s.

Este exercício torna evidente que mais do que prever o caudal médio galgado num temporal, o modelo SWASH pode ser útil para caracterizar o caudal galgado associado a uma onda isolada.

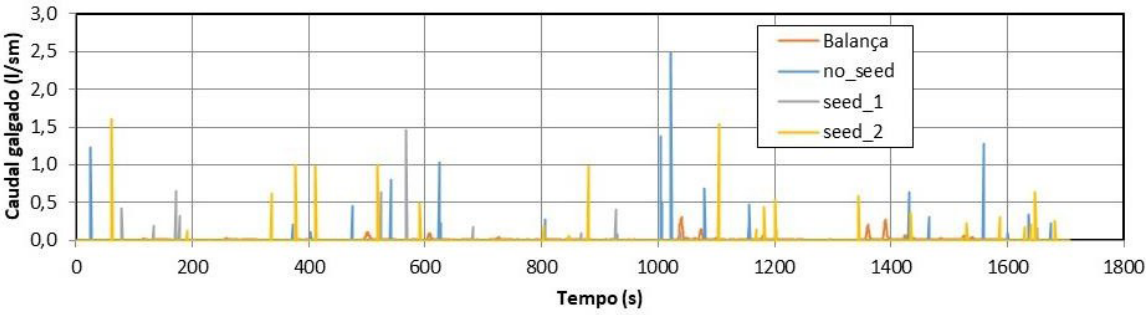


Figura 1. Séries temporais dos caudais galgados no ensaio com modelo físico e no modelo.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto To-SEAlert (PTDC/EAM-OCE/31325/2017) financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

REFERÊNCIAS

EurOtop (2018). Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on european research, but for worldwide application. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B. www.overtopping-manual.com

Santos, J.A.; Lemos, R.; Fortes, C.J.E.M.; Neves, M.G.; Pinheiro, L.; Pinto, M.; Sanches, C.; Gueifão, J.; Zózimo, A.C. (2021). Modelação física da resposta à agitação incidente de um trecho do quebra-mar do porto da Ericeira. Revista Recursos Hídricos, 42:1, 91-100, doi: 10.5894/rh42n1-cti10.

Suzuki, T.; Altomare, C.; Veale, W.; Verwaest, T.; Trouw, K.; Troch, P.; Zijlema, M. (2017). Efficient and robust wave overtopping estimation for impermeable coastal structures in shallow foreshores using SWASH. Coastal Engineering, 122, p. 108–123, doi: 10.1016/j.coastaleng.2017.01.009.

Van Gent, M.R.A.; Van den Boogaard, H.F.P.; Pozueta, B.; Medina, J.R. (2007). Neural network modelling of wave overtopping at coastal structures. Coastal Engineering, 54:8, p. 586–593, doi: 10.1016/j.coastaleng.2006.12.001.

Zhang, N.; Zhang, Q.; Wang, K.-H.; Zou, G.; Jiang, X. (2020). Numerical simulation of wave overtopping on breakwater with an armor layer of accropode using SWASH model. Water, 12:2, 386, doi: 10.3390/w12020386.

MODELAGEM DE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO COSTEIRA - ESTUDO DE CASO NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL – RS, BRASIL

Daniela Forgiarini da Siva[1], Tatiana Silva da Silva[2], Luciana Slomp Esteves[3], Northon Amaral Sambaqui Gruber[4]

1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - Campus Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 44202 Setor 5, Porto Alegre/RS, 91501970 Brasil, daniforgi@gmail.com

2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Geodésia, LABMODEL, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43130, Porto Alegre/RS, 91509-900, Brasil, tatiana.silva@ufrgs.br

3 Bournemouth University, Faculty of Science & Technology, Fern Barrow, Poole, Dorset, BH12 5BB, United Kingdom, lesteves@bournemouth.ac.uk

4 Universidaade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Geodésia, LABMODEL, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43130, Porto Alegre/RS, 91509-900, Brasil, amaralnorthon@gmail.com

Palavras chave: Erosão Costeira, Exposição Costeira, Monitoramento, Vulnerabilidade Costeira.

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade consiste em um risco natural (ROMIEU et al., 2010), sendo propensa ou predisposta (IPCC, 2012), constituída pelas variáveis de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (IPCC, 2019; NGUYEN et al. 2016). Modelos matemáticos em zonas costeiras estão cada vez mais sendo utilizados, em análises geoespaciais e temporais neste processo (SAAD, 2015). Desta forma, a vulnerabilidade costeira do Litoral Norte – Rio Grande do Sul – RS, juntamente com modelos matemáticos contribuem, como base técnica, para o seu desenvolvimento sustentável. O objetivo deste trabalho é identificar a exposição relativa do Litoral Norte - RS à erosão e inundação. Para tal, foi analisada a relação entre a exposição relativa e as características geofísicas e de habitats da área de estudo.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à linha de costa do Litoral Norte do RS, composto pelos seguintes municípios: Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres. Suas coordenadas geográficas entre 29º 17’ a 30º 18’ de latitude Sul e 49º’ 44’ a 50º 24’ de longitude Oeste. Com uma superfície de 3.700 km² e extensão 120 km da costa (FEPAM, 2021) (Figura 1). O desenvolvimento urbano na beira-mar é superior a 77%, com construções sobrepostas às dunas em aproximadamente cerca 54.7%, da área e sendo 79.9% da sua costa alterada (ESTEVES et al. 2003; ESTEVES 2004).

Foi empregado o modelo *InVEST - Coastal Vulnerability*, versão 3.9.0, desenvolvido pelo Projeto Capital Natural, que calcula um índice de exposição relativa e é formado por sete variáveis biogeofísicas: relevo; habitats naturais (bióticos e abióticos); exposição ao vento; exposição de ondas; contorno de profundidade; potencial de surto; geomorfologia e mudança do nível do mar (INVEST, 2021). Na saída do modelo são plotados intervalos definidos pelo usuário, ao longo da linha de costa. As classificações da exposição do modelo são de muito baixo (classificação = 1) a exposição muito alta (classificação = 5), e o sistema de classificação é baseado nos métodos propostos por Gornitz (1990) e Hammar-Hlose; Thiele (2001).

Os dados utilizados para entrada do modelo foram: Área de interesse e a Massa de terra (Vetor) - Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE; Vento; Ondas; Potencial de Surto (Vetor) - padrão de vento e ondas compilados de 8 anos de WAVEWATCH III; Batimetria (Raster) -

Marinha do Brasil; Relevo (Raster) - United States Geological Survey – USGS; Contorno da Plataforma Continental (Vetor) baseado nos estudos de CALLIARI et al. (2009) e CASTRO et al. (2006); Habitats (csv e Vetor) e Geomorfologia (Vetor) - Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do RS – ZEE e População (Raster) - Geoserver.

Foi definido o intervalo para dados de entrada e saída em 30m, sendo os resultados transformados de valores quantitativos para qualitativos em 5 classes: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto.

RESULTADOS

Os resultados parciais do modelo *Coastal Vulnerability,* foram plotados na costa do Litoral Norte – RS, compondo 4071 pontos de exposição de risco, sendo que 39% dos pontos foram classificados como nível baixo de exposição, 56% como moderado e 5% como alto (Figura 1).

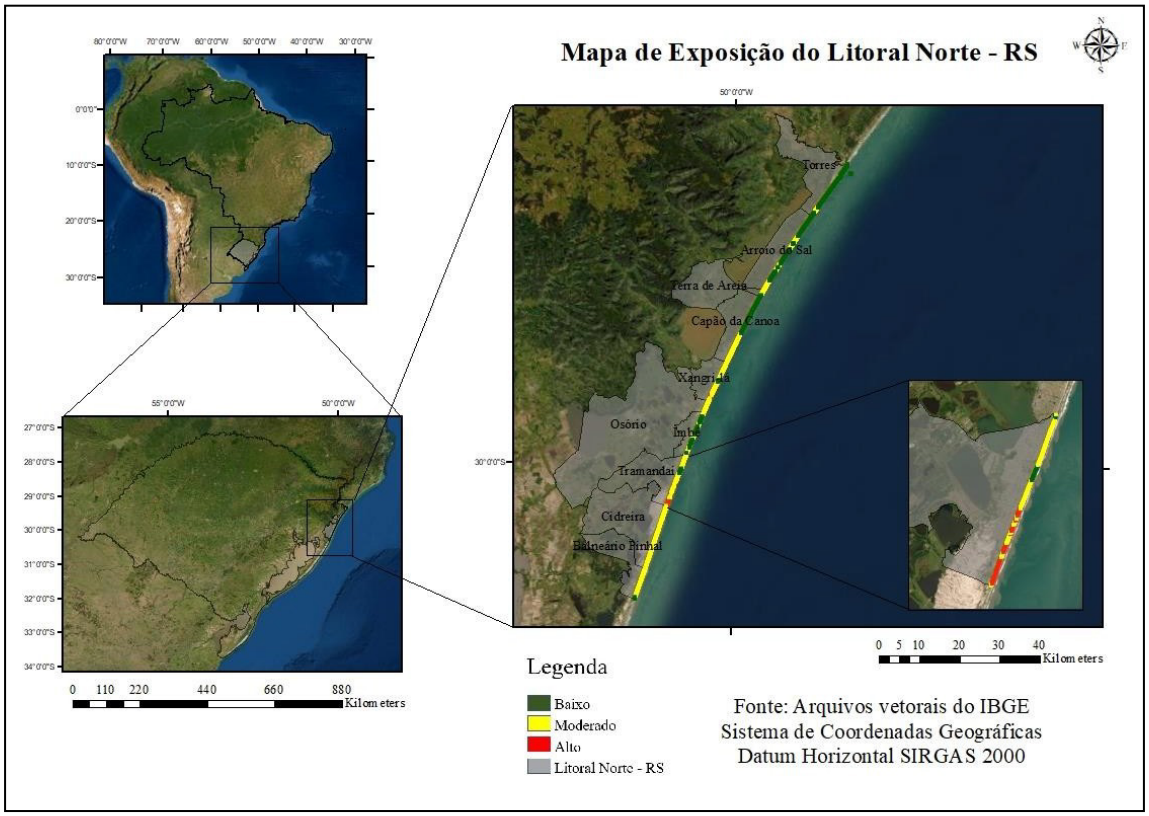


Figura 1: Mapa da área de estudo e exposição do Litoral Norte - Fonte: IBGE (2019) - Nota: A primeira imagem acima à esquerda é a América do Sul, sendo destacado o Brasil e o Estado do Rio Grande do Sul, abaixo à esquerda é destacado o Estado do Rio Grande do Sul e o Litoral Norte - RS, à direita se destaca o Litoral Norte – RS com os valores qualitativos de exposição relativa, e, em destaque, a exposição relativa do município de Tramandaí - RS.

Já o total de pontos e valores qualitativos em porcentagem para cada município: 268 em Balneário Pinhal - 6% baixo; 94% moderado; 543 em Cidreira - 100% moderado; 479 em Tramandaí - 11% baixo; 59% moderado; 30% alto; 365 em Imbé - 48% baixo; 50% moderado; 2% alto; 98 em Osório - 100% moderado; 356 em Xangri-lá - 6% baixo; 86% moderado; 9% alto; 609 em Capão da Canoa - 57% baixo; 43% moderado; 76 em Terra de Areia - 20% baixo; 80% moderado; 717 em Arroio do Sal - 64% baixo; 36% moderado e 560 em Torres - 92% baixo; 8% moderado.

Algumas áreas estão em risco alto, como Tramandaí, Xangri-lá e Imbé, sendo demandariam medidas mais intensas de proteção costeira. Conforme as projeções de Germani et al. (2020), Imbé e Xangri-lá são áreas suscetíveis a eventos decorrentes da elevação do mar, já para

Esteves (2004), Osório, Balneário Pinhal, Cidreira, Imbé e Tramandaí são as áreas que mais sofrem erosão a longo da costa com correlação ao aumento da densidade populacional.

CONCLUSÃO

Os resultados do modelo *Coastal Vulnerability* mostraram-se consonantes com estudos anteriores conduzidos na área de estudo, o que demostra seu potencial de aplicação, seja em outras regiões, seja no monitoramento. Destaca-se como vantagens de sua utilização se tratar de modelo gratuito e de relativamente fácil manuseio.

Os resultados aqui apresentados ainda consistem em resultados parciais, entretanto. Algumas correções e análises mais aprofundadas são essenciais sobre o modelo, bem como outras formas de comunicação cartográfica dos resultados, o que implica na definição de quebras de intervalos para a apresentação de classes, além da análise integrada a outras variáveis biofísicas e humanas.

REFERÊNCIAS

CALLIARI, Lauro Julio, *et al*. Fine grain sediment transport and deposition in the Patos Lagoon–Cassino beach sedimentary system. Continental Shelf Research, v.29, p.515-529, 2009.

CASTRO, Belmiro M., *et al*. Multidisciplinary Oceanographic Processes on the Western Atlantic Continental Shelf between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, Allan R.; BRINK, Kenneth h. (ed.) The Sea. The Global Coastal Ocean: Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses, v.14, p.259-294, 2006.

ESTEVES, Luciana Slomp *et al*. Coastal Development and Human Impacts Along the Rio Grande do Sul Beaches, Brazil. Journal of Coastal Research, v.35, p.548-556, 2003.

ESTEVES, Luciana Slomp. Shoreline Changes and Coastal Evolution as Parameters to Identify Priority Areas for Management in Rio Grande do Sul, Brazil. Revista Pesquisas em Geociências, v.31, nº2, p15-30, 2004.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS. QUALIDADE AMBIENTAL 2021. Disponível em < www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bal_res_litoralnorte.asp>. Acesso em 03 fev. 2021.

GERMANI, Yana Friedrich *et al*. O papel da antepraia na resposta costeira durante a elevação do nível do mar na Barreira Regressiva de Torres a Imbé, RS. Pesquisas em Geociências, v.47, nº3, p.1-22, 2020.

GORNIT, Vivien. Vulnerability of the east coast, U.S.A. to future sea level rise. Journal of Coastal Research, nº9, p.201-237, 1990.

HAMMAR-KLOSE, Erika S. ; THIELER, E. Robert. Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: A Preliminary Database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico Coasts. U.S. Geological Survey, Digital Data Series DDS-68, 1 CD- ROM, 2001.

INVEST. InVEST User Guide. Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses: Coastal Vulnerability Model. Disponívell em <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/#tools-to-facilitate-ecosystem- service-analyses>. Acesso em 20 mar. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p.582, 2012.

IPCC, 2019: Annex I:Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In Press. Disponível em <https://www.ipcc.ch/srocc/>. Acesso em 15 abr. 2021.

NGUYEN, Thang T.X. *et al*. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: a review of concepts, aprroaches and vulnerability indices. Ocean Coast. Manag. 123, pp. 18-23, 2016.

ROMIEU, Emmanuel *et al*. Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: Revealing gaps and synergies through coastal applications. Sustainability Science, v.5 nº2, p.159-170, 2010.

SAAD, I.S. Modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos na recuperação da vegetação no Ribeirão das Posses, Extrema, MG. Tese do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

MODELAGEM LAGRANGEANA APLICADA AO MONITORAMENTO DE ENCALHES DE TARTARUGAS MARINHAS E CETÁCEOS

Caroline Barbosa Monteiro[1] *, Guilherme A. Stefanelo Franz[2], Phelype Haron Oleinik[3], Gabriel Fraga da Fonseca[4], Lara Gama Vidal[5], Pedro V. Castilho[6], Mauricio A. Noernberg[7], Camila Domit[8]

Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Parana, Brasil, cbmonteiro@ufpr.br

Palavras chave: encalhes, deriva de carcaças, modelagem.

INTRODUÇÃO

O presente estudo destinou-se à validação de um sistema de modelagem lagrangeana para deriva de carcaças utilizando dados de derivadores liberados no mar para a reprodução da trajetória de carcaças de tartarugas marinhas e de cetáceos em águas costeiras. Este é um passo importante para auxiliar na identificação e na responsabilização de forçantes e de agentes antrópicos associados aos eventos de encalhes das carcaças nas praias, como a pesca desordenada (PELTIER *et al*., 2020). Os resultados poderão orientar ações rotineiras de contenção das ameaças à biodiversidade em âmbito mais local, contribuindo com ações de conservação ambiental mais assertivas. Geralmente as ações para conservação ambiental são tratadas apenas em níveis estratégico e tático, e muitas vezes apoiada em planos genéricos que, por fim, acabam sendo mais ideais do que utilizáveis. Assim, o potencial de reprodutividade de um sistema de modelagem com este intuito é importante para um melhor entendimento das derivas destas carcaças, fornecendo informações diretamente relacionadas com o desenvolvimento e a difusão de medidas mitigadoras das principais causas de morte destes animais, contribuindo também com equilíbrio ecológico necessário à sustentabilidade ambiental.

METODOLOGIA

Neste estudo, foi utilizado o módulo lagrangeano do sistema *Mohid Water*[1], forçado a partir das previsões de correntes oceânicas disponibilizadas pelo sistema 3D de modelagem operacional do Observatório do Mar (BSO[2]), com 600 m de resolução horizontal para a costa dos estados do Paraná e Santa Catarina, englobando o Complexo Estuarino de Paranaguá e a Baía da Babitonga, e camadas verticais de poucas dezenas de centímetros na superfície. Além disso, foram utilizadas previsões de vento do modelo *Global Forecast System* (GFS) com resolução horizontal de 0,25º, que é um dos modelos adotados pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP[3]) do governo americano para previsões atmosféricas. Os derivadores lançados pela equipe técnica do Projeto Conservação da Toninha [4](FunBio) com apoio do Projeto de Monitoramento de Praias

1 http://www.mohid.com/pages/models/mohidwater/mohid_water_home.shtml

2 https://brazilianseaobservatory.org/pt/

3 https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast.

4 https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/conservacao-da-toninha-funbio/

da Bacia de Santos (PMP-BS[5]) na zona costeira do litoral paranaense são constituídos por pequenos pedaços de madeira (sem GPS) com contato telefônico para o caso destes derivadores serem encontrados na costa. A taxa de recuperação dos 20 derivadores lançados no mar em cada ponto, é inferior a 10%. Para cada simulação de trajeto dos derivadores foram lançadas 200 partículas lagrangeanas para uma melhor aproximação da taxa esperada de recuperação dos derivadores.

RESULTADOS

A figura 1 ilustra os resultados da deriva modelada e da trajetória dos derivadores do experimento liberados no mar para simulação do comportamento das carcaças de tartarugas marinhas e cetáceos, com lançamento em 12/09/2021 na zona costeira próxima ao município brasileiro de Pontal do Paraná (PR). Esta verificação preliminar demonstrou o potencial da metodologia adotada, apesar das incertezas devidas tanto à modelagem numérica quanto ao monitoramento da trajetória dos derivadores em campo, que é feito com o auxílio da comunidade local e da equipe do PMP-BS ao reportarem a localização dos derivadores na praia pelos seus códigos de identificação. Assim, a data reportada de encontro do derivador pode não corresponder exatamente a data em que o derivador efetivamente chegou na costa.

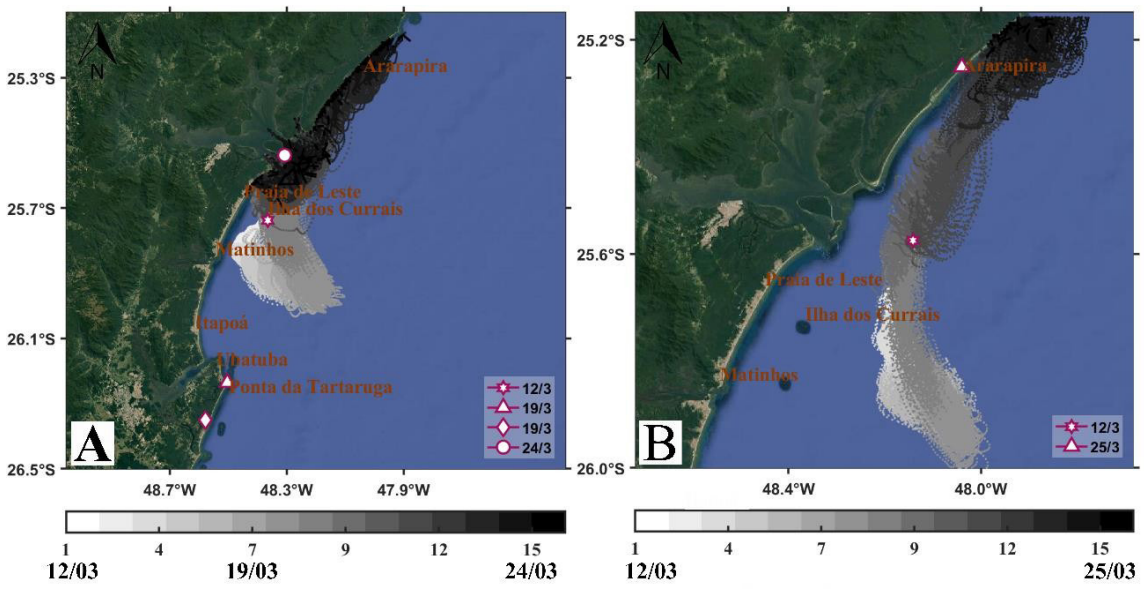


Figura 1 - Ilustração dos pontos de liberação e destino final modelados para o trajeto dos derivadores liberados em 12/03/21 peloexperimento realizado *in situ* (A: 25°44'17.15"S/48°21'48.05"W e B: 25°44'17.15"S/48°21'48.05"W). Os símbolos da legendaindicam as datas de monitoramento do trajeto dos derivadores liberados no mar e a barra de cores representa os número de dias dastrajetóriasdaspartículas lagrangeanasmodeladas.

CONCLUSÕES

A capacidade de representar a deriva das carcaças pelo sistema de modelagem utilizado mostrou-se satisfatória. A resolução das previsões do GFS de 0,25º pode ser uma limitação importante do sistema de modelagem por não representar adequadamente os efeitos da topografia costeira na dinâmica do vento local. A utilização futura de modelos de melhor

5 https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/programa-ambiental/projeto-de-monitoramento-de-praias-pmp.html

resolução poderá aumentar a precisão das simulações das derivas das carcaças. Além disso, as carcaças interagem e são impulsionadas pelas ondas nos setores mais próximos às praias, em zonas de arrebentação (CANTOR *et al*., 2020), o que favorece o seu depósito nas praias (PELTIER *et al*., 2014). Assim, as ondas poderão ser incluídas numa versão futura do sistema de modelagem para uma representação mais realística da deriva das partículas lagrangeanas, incluindo o efeito da deriva litorânea.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio das equipes do Projeto Conservação da Toninha FMAII (FunBio) e do Projeto Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS). A realização do Projeto Conservação da Toninha FMAII é uma medida compensatória estabelecida pelo Termo de Ajustamento de Conduta de responsabilidade da empresa PetroRio, conduzido pelo Ministério Público Federal – MPF/RJ. O PMP-BS é uma atividade desenvolvida para o atendimento de condicionante do licenciamento ambiental federal das atividades da Petrobras de produção e escoamento de petróleo e gás natural na Bacia de Santos, conduzido pelo Ibama. O projeto tem como objetivo avaliar possíveis impactos das atividades de produção e escoamento de petróleo sobre as aves, tartarugas e mamíferos marinhos, através do monitoramento das praias e atendimento veterinário aos animais vivos e necropsia dos encontrados mortos. Nossos agradecimentos também ao Programa de monitoramento e de avaliação ecológica e saúde de animais marinhos no estado do Paraná (ProMar/PR) inserido no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos (PGSISCO) da Universidade Federal do Paraná, pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado que auxiliou neste estudo.

REFERÊNCIAS

Cantor, M., Barreto, A. S., Taufer, R. M., Giffoni, B., Castilho, P. V., Maranho, A., ... & Domit, C. (2020). High incidence of sea turtle stranding in the southwestern Atlantic Ocean. ICES Journal of Marine Science, 77(5), 1864-1878.

Peltier, H., Jepson, P. D., Dabin, W., Deaville, R., Daniel, P., Van Canneyt, O., & Ridoux, V. (2014). The contribution of stranding data to monitoring and conservation strategies for cetaceans: Developing spatially explicit mortality indicators for common dolphins (Delphinus delphis) in the eastern North-Atlantic. Ecological Indicators, 39, 203-214.

Peltier, H., Authier, M., Dabin, W., Dars, C., Demaret, F., Doremus, G., ... & Ridoux, V. (2020). Can modelling the drift of bycaught dolphin stranded carcasses help identify involved fisheries? An exploratory study. Global Ecology and Conservation, 21, e00843.

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS NO LITORAL DE LIMÓN, CARIBE SUL DA COSTA RICA

Emanuelle Assunção Loureiro Madureira[1], André Luiz Carvalho da Silva[2], Gustavo Barrantes Castillo[3]

1 Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Brasil, manumadureira.uerj@gmail.com

2 Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Brasil, andrelcsilvageouerj@gmail.com

3 Universidad Nacional da Costa Rica - UNA, Costa Rica, gustavo.barrantes.castillo@una.cr

Palavraschave: gestãocosteira,poluiçãomarinha,microplástico,sedimentos, CostaRica.

A poluição por resíduos sólidos tende a causar sérios danos sociais e ambientais, além de comprometer o equilíbrio dos ecossistemas costeiros e marinhos. Este estudo objetivou caracterizar a ocorrência temporal e espacial dos microplásticos presentes nas praias do litoral de Limón, Caribe Sul da Costa Rica, assim como identificar suas possíveis fontes. As praias selecionadas compreendem um trecho de 70 km de extensão, caracterizado por possuir grandes áreas destinadas à proteção ambiental, áreas agrícolas, zonas portuárias e residenciais com baixa densidade de ocupação. O rápido crescimento urbano e industrial que vem ocorrendo em Limón nas últimas décadas, com a construção de um porto, o terminal de contêineres de Moín e um aeroporto internacional, aliado ao forte turismo da região, é preocupante, principalmente, por se tratar de um litoral bastante dinâmico. Apesar da grande importância para o país, este litoral caribenho é pouco estudado e as pesquisas relacionadas à dinâmica costeira e a poluição por resíduos sólidos ainda são escassas.

A metodologia de investigação consistiu na realização de dois trabalhos de campo (dezembro de 2017 e maio de 2019) para a coleta de amostras em 7 pontos distribuídos nas praias de: Cieneguita (1), Aeroporto (1), Bananito (1), Manzanillo (2) e Gandoca (2) (Figura 1A). A amostragem de sedimento superficial foi realizada na linha de maré alta de sizígia (1m^2 por 1cm de profundidade), adaptado a partir de Liebezeit e Dubaish (2012) e Carvalho e Baptista Neto (2016). Em laboratório, as amostras coletadas passaram por análises para a extração dos microplásticos, conforme proposta de Thompson *et al*. (2004) e Besley *et al*. (2017). A contagem e classificação dos mesmos foi realizada com base em Hanke *et al*. (2013), nas seguintes categorias: espuma plástica, fibras, filmes, fragmentos, pellets e isopor (Figura 1C' - I"). Foi analisado também a morfologia, a cor e o estado de conservação dos materiais.

O total de microplásticos nas praias estudadas no Caribe Sul da Costa Rica corresponde a 647 itens/m^2 (70,3 itens/kg^{-1}). Os resultados obtidos em dezembro de 2017 e maio de 2019 permitiram constatar uma grande variação espacial na concentração de microplásticos nas praias (Figura 1A' e A"). Em 2017 foram identificadas entre 3 e 48 partículas/m^2 nas praias, totalizando 136 itens/m^2 (32,3 itens/kg^{-1}); enquanto que, no monitoramento realizado em 2019, a quantidade de microplásticos em cada praia variou de 1 a 290 partículas/m^2, com um total de 511 itens/m^2 (106,4 itens/kg^{-1}). Esses diferentes padrões de acúmulo de microplásticos refletem os diferentes usos existentes ao longo do litoral, também observado em outras praias do mundo, como em Taiwan (KUNZ *et al*., 2016) e no litoral de Shandong, na China (ZHOU *et al*., 2018).

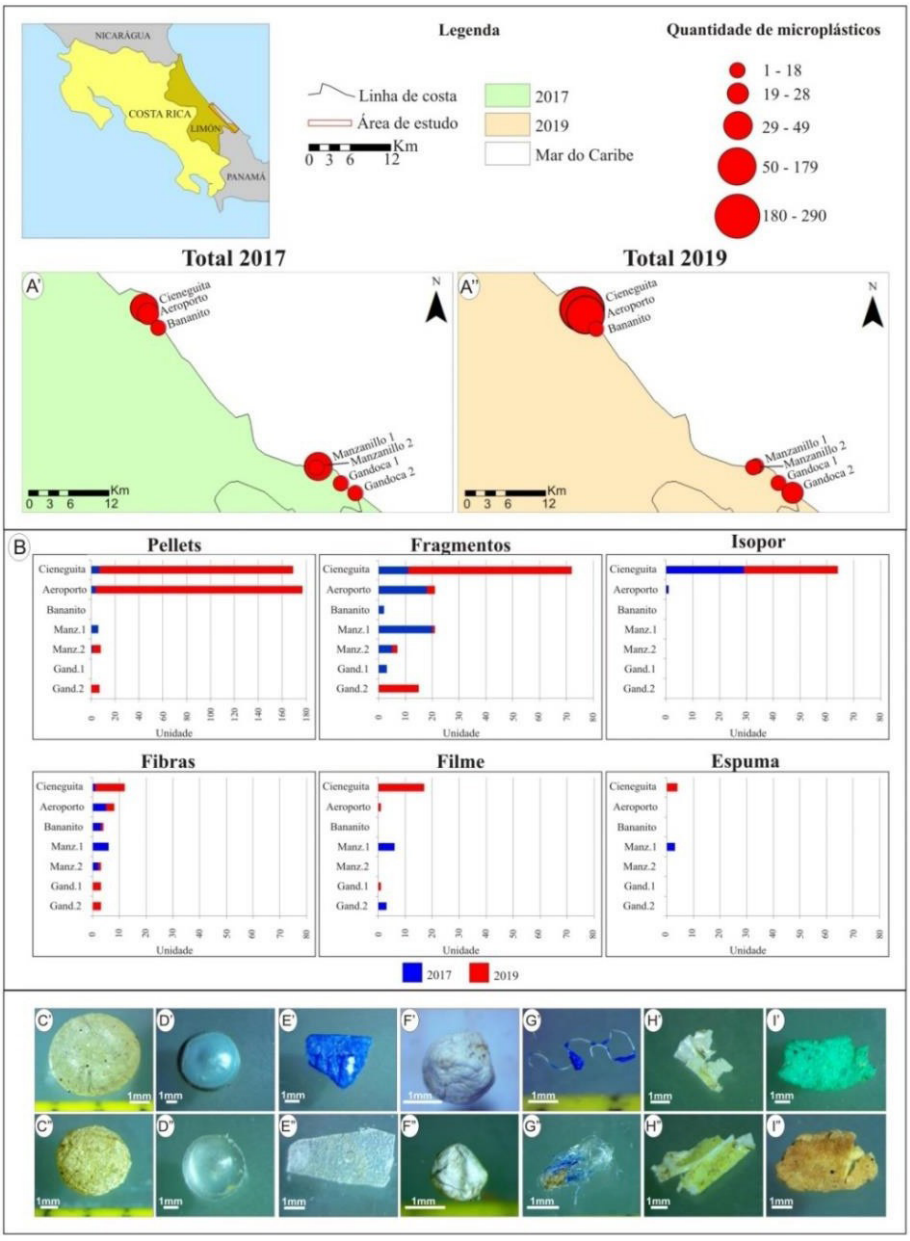


Figura 1. Microplásticos nas praias estudadas, em 2017 e 2019 (A); concentração por tipos de microplásticos (B); e, fotos dos microplásticos analisados (C' - I"). Fonte: Madureira (2020).

O setor noroeste de Limón representa a área mais urbanizada, com a presença de um porto e um aeroporto internacional; enquanto no setor sudeste predominam parques nacionais, áreas agrícolas e destinadas a atividades turísticas. A concentração de microplásticos verificada em 2019 foi 5,8 vezes maior quando comparada a 2017 (Figura 1A' e A"). Isto se deu, possivelmente, devido a uma forte chuva ocorrida 3 dias antes do monitoramento, que elevou o nível dos rios locais e o aporte de resíduos para o mar, com impacto direto nas praias de Cieneguita e Aeroporto. As diferenças temporais na poluição por microplásticos são comuns e refletem mudanças nas variáveis relacionadas à dinâmica urbana e ambiental, como também observado nas praias do litoral caribenho da Colômbia (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al*., 2020). Foram identificados todos os tipos de

microplásticos (Figura 1B, C' - I") nos sedimentos das praias estudadas; com destaque para pellets (367 itens) e fragmentos (141 unidades) (Figura 1B). A maioria dos materiais apresentaram tamanho entre 2 e 5mm; sendo os pellets observados nas formas disco (46%), esferoide (29%) e cilíndrico (20%); os fragmentos predominaram como angulares (73%) e sub-angulares (21%); os demais materiais apresentaram formato irregular (49%) e alongado (28%). As cores variaram bastante, com o predomínio de transparente (pellets e fibras), azul (fragmentos e filmes), branco (isopor) e marrom (espumas). A maior concentração de microplásticos no setor noroeste de Limón está relacionada à forte concentração de atividades industriais, portuária e aeroviária, num trecho costeiro marcado também pela violência e problemas ambientais. Segundo Wang *et al*. (2020), as maiores concentrações destes materiais tendem a ocorrer em praias próximas a trechos de grande densidade populacional, com alto nível de urbanização e zonas industriais, semelhante as características do setor noroeste de Limón. O comportamento dinâmico das praias, somado a proximidade com a área fonte, pode contribuir para o maior acúmulo de microplásticos neste setor. A menor ocorrência de microplásticos no setor sudeste pode estar relacionada à maior quantidade de áreas de preservação ambiental, menor existência de possíveis fontes e ao intenso processo erosivo que este setor vem sofrendo (BARRANTES *et al*., 2020). A contaminação das praias por microplástico é um problema ambiental emergente e seu impacto no litoral de Limón é notório. A continuidade de estudos dessa natureza é necessária e pode contribuir para a adoção de medidas que visem à redução da poluição, da diminuição dos possíveis impactos na biodiversidade local e na vida da população, que tem o turismo como importante fonte de renda.

REFERÊNCIAS

BARRANTES-CASTILLO, G., AROZARENA-LLOPIS, I., SANDOVAL-MURILLO, L. F., VALVERDE-CALDERÓN, J. F. Playas críticas por erosión costera en el caribe sur de Costa Rica, durante el periodo 2005-2016. Revista Geográfica de América Central, n. 64, v. 1. 2020.

BESLEY, A., VIJVER, M. G., BEHRENS, P., BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. Marine Pollution Bulletin, v. 114, p. 77-83. 2017.

CARVALHO, D. G., BAPTISTA NETO, J. A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay Southeast Brazil. Ocean & Coastal Management, Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ocecoaman. v. 128, p. 10-17. 2016.

HANKE, G., *et al*. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. EUR 26113. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2013. JRC83985

GARCÉS-ORDÓÑEZ, O., ESPINOSA, L. F., CARDOSO, R. P., CARDOZO, B. B. I., ANJOS, R. M. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. Environmental Pollution, v. 267, 115495. 2020.

KUNZ, A., WALTHER, B. A., LÖWEMARK, L., LEE, Y. C. Distribution and quantity of microplastic on sandy beaches along the northern coast of Taiwan. Marine Pollution Bulletin, v. 111, p. 126–135. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.022.

LIEBEZEIT, G., DUBAISH, F. Microplastics in beaches of the East Frisian Islands Spiekeroog and Kachelotplate. Bul. of Environ. Contamination and Toxicology, v. 89. p. 213–217. 2012.

MADUREIRA, E. A. L. Caracterização da poluição por microplásticos no litoral de Limón, Caribe Sul da Costa Rica, como subsídio à gestão costeira. 2020. 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, UERJ, São Gonçalo, 2020.

THOMPSON, R. C., OLSEN, Y., MITCHELL, R. P., DAVIS, A., ROWLAND, S. J., JOHN, A. W., MCGONIGLE, D., RUSSELL, A. E. Lost at Sea: where is all the plastic? Science, v 304. p. 838. 2004.

WANG, T., HU, M., SONG, L., YU, J., LIU, R., WANG, S., WANG, Z., SOKOLOVA, I. M., HUANG, W., WANG, Y. Coastal zone use influences the spatial distribution of microplastics in Hangzhou Bay, China. Environmental Pollution. 2020.

ZHOU, Q., ZHANG, H., FU, C., ZHOU, Y., DAI, Z., LI, Y., TU, C., LUO, Y. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. Geoderma, v. 322, p. 201–208. 2018.

OCUPAÇÃO DA ORLA DE PONTA NEGRA E EROSÃO: PERSPECTIVAS A PARTIR DA GESTÃO COSTEIRA

Vitor Alberto de Souza*, Marinez Eymael Scherer

*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, desouza.gerco@gmail.com

Palavras chave: Praia de Ponta Negra, gestão costeira, erosão, legislação.

O objetivo do presente trabalho é evidenciar o papel do setor de turismo e imobiliário como agentes de urbanização da orla de Ponta Negra, no município de Natal/RN, Brasil. Para isso, buscou-se avaliar a influência exercida por estes setores nas principais legislações que regram a ocupação urbana no local, como elas se desenvolveram nas últimas décadas e as implicações para a gestão dos processos erosivos no local. O resumo se estrutura de forma a apresentar um breve histórico da ocupação da orla de Ponta Negra, seguido por uma análise das legislações que regram o ordenamento e uso da orla local.

Segundo Moraes (2007), a intensificação da ocupação urbana na zona costeira no Brasil se deu a partir de meados da década de 1950, dado por dois principais vetores de aceleração. Por um lado, o aumento do parque industrial brasileiro no período pós-guerra, como é o caso de Cubatão (SP) e Camaçari/ Aratu (BA). Outro vetor determinante para entender o processo de ocupação na zona costeira brasileira é o turismo de sol e praia e sua influência na dinâmica do uso do solo nas cidades costeiras, presente no aumento de segundas residências e na instalação de infraestrutura de acomodação e serviços nos principais destinos turísticos (TOMASI, 2011).

O bairro de Ponta Negra, no município de Natal/RN, Brasil, caracterizava-se por ser uma colônia de pescadores até a década de 1940. Nesta época, havia um baixo adensamento populacional, com a formação de pequenos núcleos de habitação. Foi a partir da década de 1970, com a construção da Via Costeira, que ajudou a dinamizar o acesso ao Sul da cidade, que a urbanização do local que se sucedeu. É importante destacar que este empreendimento foi indutor da ampliação da rede hoteleira, de restaurantes e bares ao longo da orla e contribuiu para que Praia da Ponta Negra passasse a ser um destino turístico nacional (CUNHA, 1991).

Verifica-se que com a expansão e adensamento da ocupação do solo no local, o poder público passou a investir em serviços básicos de infraestrutura, enquanto o setor privado seguiu investindo na expansão da rede hoteleira e de serviços voltados para o setor turístico (MACIEL & LIMA, 2014). Este processo culmina no projeto de urbanização da orla, denominando “Orla de Ponta Negra”, implementado em 2000, com a construção de um calçadão de 4km de extensão e na substituição das antigas barracas de praia por quiosques de fibra de vidro (PINHEIRO, 2011).

Contudo, ao longo dos últimos anos, eventos de erosão vêm deteriorando a estrutura do calçadão. Estes eventos começaram a ser noticiados em 2010, tendo se intensificado a partir de 2012. A intensificação do processo de urbanização do bairro da Ponta Negra sobre os tabuleiros costeiros e a supressão da vegetação nativa podem ser apontados como os principais vetores de indução para este processo (CHACON, 2013). Ainda, Scudelari et al. (2016) atribuem os eventos de erosão na Praia da Ponta Negra à interrupção de fluxo sedimentar das dunas do Morro do Careca e à perda de sedimento causada pelo aumento do aporte de águas através dos canais de drenagem, além do lançamento de esgotos ilegais.

Os eventos de erosão e consequente deterioração de estruturas físicas na orla demandaram a intervenção do poder público local. Em 2012, com a destruição de aproximadamente 300 m do calçadão, a prefeitura optou pela colocação de *seabags*, para tentar conter os efeitos da erosão. Nesta obra, foram investidos um montante de 80 milhões de reais à época, provenientes do

Ministério do Turismo. No entanto, a iniciativa foi pouco eficaz, sendo parcialmente destruída em 2013 e acabou por intensificar o problema, levando, inclusive à perda da faixa de praia em alguns pontos. Por esse motivo, o Ministério Público do Rio Grande do Norte realizou uma

ação obrigando que a Prefeitura estudasse o problema, em busca de uma solução definitiva. Assim, o município optou pela alimentação praial artificial – ou "engordamento" da praia – aumentando a extensão da praia a partir da deposição de areia feita de forma mecânica. Contudo, essa solução está em processo de licenciamento ambiental desde 2013 e, até o momento, não foi implementada.

Dessa forma, compreende-se que a ocupação da orla, bem como as soluções adotadas na mitigação dos efeitos de processos erosivos, devem ser feitas de forma planejada e integrada, considerando as características dos ecossistemas e dos usos locais. Assim sendo, as legislações de ordenamento do território desempenham importante papel na gestão dos ambientes costeiros, podendo reduzir, ou mesmo intensificar, os impactos socioeconômicos causados pela erosão.

RESULTADOS

Dentre as principais legislações que regram o uso e ordenamento do solo na orla marítima da Praia de Ponta Negra, podemos destacar o Decreto Municipal 7.237/77, que instituiu o Parque das Dunas e declarou as dunas do município de Natal como áreas de utilidade pública para fins de expropriação. Este decreto foi responsável por estabelecer a Zona de Proteção Ambienta (ZPA) 02, que tem como limite a Praia de Ponta Negra. O decreto justifica a proteção do ecossistema de dunas alegando que "(...) a ocupação e o uso do respectivo solo, de modo não controlado, porão em risco o equilíbrio ecológico da região, ocasionando a migração das dunas e o comprometimento dos lençóis de água subterrânea" (Decreto Municipal 7.237/77).

No entanto, na Lei 7.538/79, que aprova o regulamento do Parque das Dunas, a exploração turística do local passa a ser um dos principais objetivos do parque (Art. 1o, inciso IV). Em seu Artigo 5o, ela estabelece algumas áreas como Áreas e Locais de Interesse Turístico, destinando estes locais à instalação de equipamentos turísticos ou serviços voltados ao atendimento deste setor. Assim, pode-se observar que, apesar de a criação do Parque das Dunas ter sido justificada a partir da necessidade da preservação do ecossistema de dunas, a legislação que o regulamenta acaba por demonstrar uma aliança do Estado com o setor turístico.

Outra legislação que evidencia esta aliança se apresenta na Lei 3.607/87, que institui o bairro da Praia de Ponta Negra como Zona Especial Turística (ZET). Esta lei limita o gabarito das construções para "até dois pavimentos ou 7,50 m (sete metros e meio) medidos em qualquer ponto do terreno". Ela também define uma área de 9 quadras que é definida como *area non edificandi*, O Plano Diretor do município (Lei Complementar nº 082, de 2007) reafirma a condição do bairro e adiciona, em seu artigo 21o, que a orla marítima da Praia da Ponta Negra se encontra em Área de Controle de Gabarito. Essas áreas são definidas como: "(...) aquelas que, mesmo passíveis de adensamento, visam proteger o valor cênico - paisagístico, assegurar condições de bem estar, garantir a qualidade de vida e o equilíbrio climático da cidade (...).". Portanto, as regras de ocupação do solo na orla buscam garantir a paisagem cênica, produto fundamental do turismo, permitindo apenas edificações de até dois andares.

Porém, ainda na época de elaboração do Plano Diretor, a Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte (FIERN) e o Sindicato da Indústria da Construção do Rio Grande do Norte (SINDUSCON) firmaram um documento a respeito, no qual entre outras considerações, protestavam contra as Áreas de Controle de Gabarito, uma vez que estas se localizam em bairros que proporcionavam, naquela ocasião, altos lucros ao setor imobiliário (LIMA, 2001). Esse movimento resultou na alteração da densidade básica residencial, passando de 180 habitantes/ha, para 350 hab/ha, implementada pela Lei Complementar nº 027/2000. Tal lei também propunha eliminar o controle de gabarito na orla marítima e na *area non edificandi*, mas a medida foi derrubada com a aprovação de emenda na Câmara Municipal, que votou por manter a regulamentação na área.

Segundo Ferreira & Silva (2007), a Região Metropolitana de Natal, mais especificamente os bairros da região sul – dentre eles Ponta Negra – passaram a receber intensos investimentos do setor da construção civil a partir dos anos 2000. Desta maneira, o setor imobiliário passou a ser o principal agente de transformação da paisagem na orla. Por esse motivo, o setor imobiliário

continuou a pressionar o poder público municipal no sentido de flexibilizar o regramento de uso e ocupação do solo, visto que desde meados do ano 2000 o bairro de Ponta Negra já apresentava o m^2 mais caro de Natal (MACIEL & LIMA, 2014). Essa dinâmica passou a operar uma reestruturação na paisagem da orla e do bairro adjacente, com a construção condomínios fechados, a verticalização em algumas áreas do bairro e no redirecionamento do setor de serviços para atender à crescente população.

Assim, percebe-se que a urbanização da orla da Praia de Ponta Negra foi predominantemente pautada por interesses do setor turístico e que, mais recentemente, vem ganhando notória influência do setor imobiliário. No entanto, desde a criação do Parque das Dunas e da implementação da Via Costeira, que deram início a este processo de urbanização, sabia-se que era necessário preservar as características ecológicas do local. Inclusive, foi usado como justificativa para a criação do Parque o fato de que a preservação deste ecossistema evitaria a migração das dunas – causando perda do estoque sedimentar – e o comprometimento das águas subterrâneas. No entanto, a ocupação do bairro de Ponta Negra se deu sobre os tabuleiros costeiros, essenciais para a manutenção do estoque sedimentar, e alterou a dinâmica dos canais de drenagem, apontadas como possíveis causas para os recentes eventos de erosão costeira. Dessa forma, a intensificação do processo de ocupação da orla através da verticalização advogada pelo setor imobiliário, tende a agravar as causas de erosão na praia, bem como das consequências da erosão, visto a proximidade destas construções com a orla.

Por fim, evidenciamos o fato de que o poder público local não apresenta medidas de planejamento para mitigação ou adaptação às causas da erosão costeira à médio e longo prazo, como inclusive foi imputado a apresentar pelo Ministério Público do Estado em 2013. Ao contrário, continua estimulando a ocupação da orla local e age para conter os efeitos destes eventos, despendendo grandes quantias em obras emergenciais e com baixa eficiência. Essa forma de gerir a orla traz implicações diretas para o patrimônio público do espaço da orla e impactos irreversíveis para os ecossistemas naturais. Traz ainda consequências negativas tanto para o setor turístico – com a perda da qualidade cênica, seu principal ativo – quanto para o setor imobiliário, com perdas de patrimoniais ainda imprevisíveis.

REFERÊNCIAS

CHACON, AF. Monitoramento da dinâmica costeira da praia de Ponta Negra. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica e Reestruturação do Território) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

CUNHA, GS. da. Natal: a expansão territorial urbana. Natal, UFRN, 1991.

FERREIRA, AL; SILVA, AF. Novas Dinâmicas Imobiliárias e Redefinição da Estrutura Territorial: o caso da área metropolitana de Natal/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 12, 2007, Belém. Anais eletrônicos... Belém: ANPUR, 2007. p.1-20.

LIMA, P. Natal século XX: Do urbanismo ao planejamento urbano. Natal: EDUFRN, 2001.

MACIEL AB, LIMA ZM. Uso e ocupação de Ponta Negra, Natal/RN: uma análise multi-temporal. Sociedade e Território. 2014 May 9;26(2):127-47.

MORAES, AC. Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. Annablume; 2007.

PINHEIRO, MV. Reprodução do capital e metamorfoses espaciais: um estudo da verticalização de Ponta Negra, Natal/RN. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Natal/RN, 2011.

SCUDELARI AC, NEVES CF, AMARO VE, SANTOS OF. Ponta Negra Beach, Natal, Brazil: A Roll and Rock Story. Journal of Coastal Research. 2016 Mar 3(75 (10075)):815-9.

OUTORGA DE USOS DE ÁGUA NA ZONA COSTEIRA SUL DO ESTADO DA PARAÍBA

Marie Eugénie Malzac*, Tarciso Cabral da Silva*

*Universidade Federal da Paraíba, Brasil, tarcisocabral@gmail.com

Palavras chave: gestão de recursos hídricos, gestão costeira, conflitos de uso da água

INTRODUÇÃO

Na zona costeira do estado da Paraíba Sul (ZC-Sul/PB), no Nordeste do Brasil, diversos conflitos pelo uso da água têm sido observados com repercussões nem sempre conhecidas na disponibilidade hídrica e na qualidade da água nas bacias costeiras dos rios Gramame, Abiaí e Goiana. Há, em decorrência dos usos variados da água nos rios da ZC-Sul/PB, impactos diversos destacando-se as alterações nas condições da vida aquática. Alguns exemplos dizem respeito à captação de água para agricultura irrigada em trechos sujeitos a variações de salinidade da água do rio, destruição e aterro de manguezais para ocupação urbana, construção de barragens para captação de água de abastecimento humano, despejos industriais a montante, entre outros (MALZAC & CABRAL DA SILVA, 2019).

Diversos autores têm relatado conflitos ambientais e de uso da água de natureza qualiquantitativa, em decorrência do alto decrescimento das áreas florestadas principalmente Mata Atlântica e seus subsistemas Manguezais na ZC-Sul/PB. Apontam este quadro como resultante do aumento da agricultura irrigada ou de sequeiro, e da urbanização entre outras atividades mais apropriadas para bacias hidrográficas onde não há influencia marinha (RIBEIRO et. al. 2015; MALZAC & CABRAL DA SILVA, 2019; BARROS et al. 2020).

Estão outorgados na ZC-Sul/PB captações variadas, para irrigação, aquicultura, abastecimento rural e urbano, agroindústrias e industrias, e lançamento de efluentes, muitas delas em ambiente onde ocorre alternância de água salgada-salobra, ou seja, com influências marinha e flúvio- marinha.

Nesse contexto, são apresentadas nesse resumo estatísticas descritivas e espacialização das outorgas de uso de água concedidas pelo Agencia Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA), até o primeiro semestre de 2021.

A ZC-Sul/PB, foi delimitada por Matos de Carvalho (1998) com base nos seus estudos da paisagem costeira. Abrange os municípios de Caaporã e Pitimbu, que estão a leste da rodovia BR101, e partes dos municípios de João Pessoa, Conde e Alhandra (Figura 1).

METODOLOGIA

A metodologia adotada constou de pesquisa efetuada no site da AESA onde se encontram identificadas as outorgas, suas caracteristicas como tipologias: uso, fonte hídrica (rio, lagoa, açude, poço), volume outrogado, entre outros, na ZC-Sul/PB. Foram feitas estatisticas descritivas simples e referentes à espacialização dos seus tipos de uso por fonte hídrica utilizando o Software ArcMap. Os mapas temáticos foram configurados através do aplicativo/ softwares ESRI ArcGIS Desktop 10.5.

RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se as estatisticas com as quantidades das outorgas por tipologia e fonte hídrica.

Tabela 1. Estatisticas com a quantidade das outorgas por tipologia e fonte hídrica.

Tipologias	Fonte Hídrica									
	Rio	%	Poço	%	Açude	%	Lagoa	%	Total	%
Abastecimento rural	3	1,28	19	8,56	0	0	0	0	22	4,52
Abastecimento urbano	1	0,43	112	50,45	1	4,17	2	33,33	116	23,82
Agroindústria	2	0,85	6	2,7	4	16,67	0	0	12	2,46
Aquicultura	10	4,26	0	0	1	4,17	0	0	11	2,26
Comercial	0	0	1	0,45	0	0	0	0	1	0,21
Industrial	5	2,13	68	30,63	0	0	0	0	73	14,99
Irrigação	206	87,66	16	7,21	18	75	4	66,67	244	50,1
Lançamento de efluentes	8	3,4	0	0	0	0	0	0	8	1,64
Total	235	100	222	100	24	100	6	100	487	100

Foram identificadas um total de 487 outorgas em vigor, sendo a irrigação a partir de captação em rios a que representou a grande maioria, com 206 outorgas, equivalente a 87,66%. A segunda maior freqeuncia foi as de aquicultura com 10 outorgas, representando 4,26% do total. As outorgas de lançamento de efluentes, no total de 8, representam 3,40%.

As outorgas para irrigação com captação em rios são distribuídas de maneira, aproximadamente, uniforme em toda ZC-Sul/PB, principalmente como resultado do desflorestamento da Mata Atlântica. As outorgas para abastecimento urbano em poços representam 112 outorgas, equivalentes 50,54% deste tipo de uso da água, comforme a proximidade dos centros urbanos, com grande ocorrencia nas proximidades do Oceano Atlântico, podendo possibilitar impactos quali-quantitativos nas águas subterrâneas, relacionados à intrusão salina.

Na Figura 1 está representada a distribuição espacial por tipologia de finalidade da outorgas concedidas pela AESA na ZC-Sul/PB. Pode ser observado no mapa a predominância das outorgas para irrigação em praticamente toda a área estudada e para abastecimento urbano com concentração na porção noroeste da ZC-Sul/PB.

CONCLUSÕES

As outorgas concedidas pela AESA na zona costeira Sul do estado da Paraíba têm revelado uma ocupação territorial em franco crescimento, com destaque para a agricultura.

A agricultura irrigada, implantada em consequência da destruição da Mata Atlântica, tem sido a principal atividade consumidora de água na ZC-Sul/PB.

Diversas captações de água, inclusive com obras de barramento nos rios, têm constituído ameaças a importantes ecossistemas costeiros, como os manguezais. Ademais, a implantação de poços pode possibilitar o aparecimento ou o aumento da intrusão salina nos aquíferos costeiros. É imprescindível destacar a necessidade de restrições para a implantação dessas estruturas em sítios suficientemente distantes de áreas onde há ocorrências de águas sob influência marinha. Assim, a indicação dessas estruturas para implantação em seções a montante, deve se limitar a áreas nas quais não haja indícios da ocorrência de ambiente flúviomarinho.

Este estudo, embora apresentado no contexto da ZC-Sul/PB, tenta contribuir como um exemplo de aplicação de metodologias que que visam preencher uma lacuna ainda pouco enfocada na literatura sobre usos da água na zona costeira e suas inadequações, haja vista as especificidades do ambiente costeiro.

Fica perceptível, à luz do quadro resumidamente mostrado na ZC-Sul/PB acerca dos usos da água, a importância da gestão integrada, principalmente entre os recursos hídricos de montante, destacando-se os de superfície, e os da zona costeira, levando-se em consideração um processo de interação mútua, com respeito às possíveis repercussões nos sistemas físicos, biológicos e socioeconômicos.

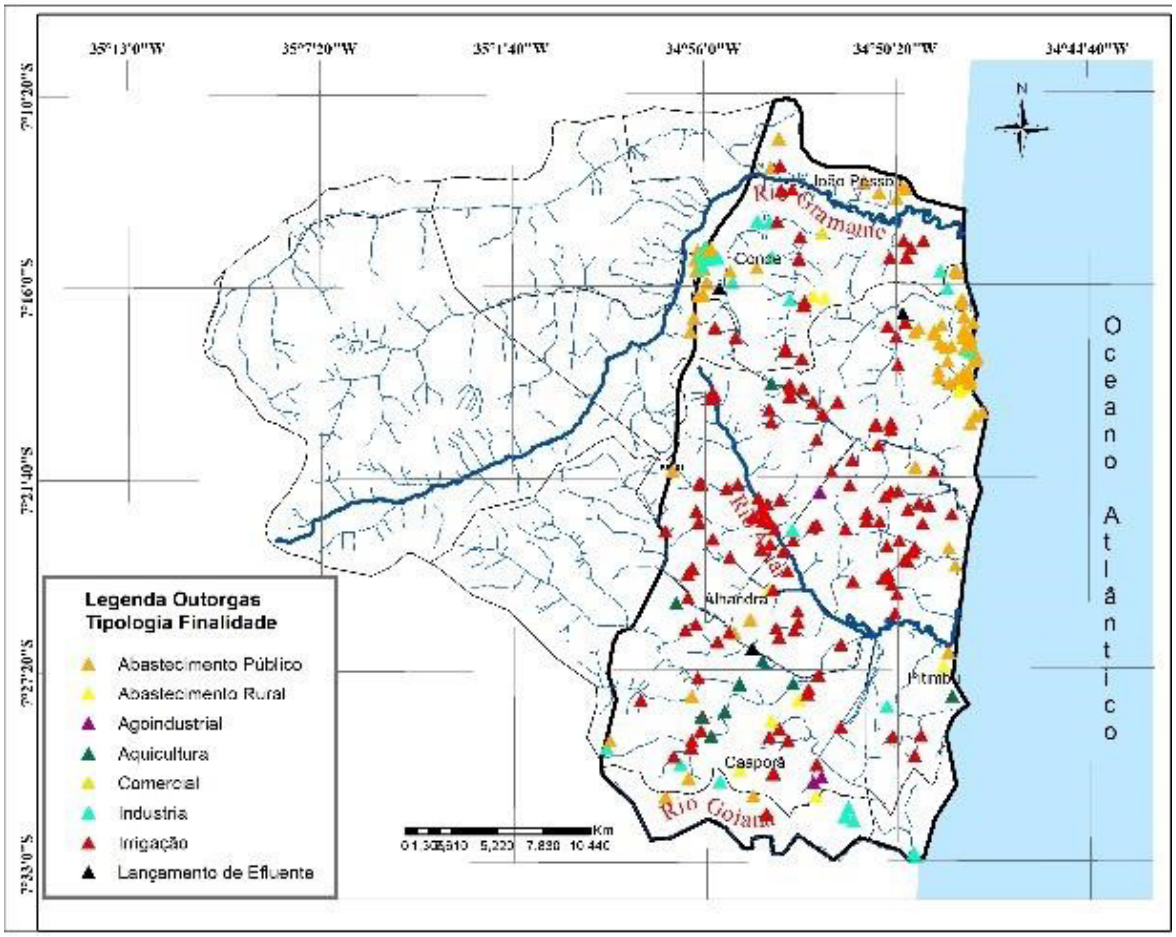


Figura 1. Distribuição por tipologia das outorgas de uso da água na ZC-Sul/PB .

REFERÊNCIAS

Barros, Maria Caroline Vitoriano; Leite, Jonathan Antunes Ponte Cavalcante; Malzac, Marie Eugénie; Cabral da Silva, Tarciso (2020). Brazilian Journal of Development, Mapeamento e Análise da Evolução Espaço Temporal (1988 – 2013) do Uso do Solo na Zona Costeira Sul do Estado Da Paraíba, Curitiba, v. 6, n. 5, p.31876-31886, may. 2020. ISSN 2525-8761. DOI: 10.34117/ bjdv6n5-585.

Malzac, Marie Eugénie. Avaliação da dinâmica espacial e temporal da vulnerabilidade ambiental da zona costeira sul do estado da Paraíba (2019). Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) Centro de Tecnologia/ PPGECAM / Campus I / Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: UFPB.

Malzac, Marie Eugénie; Cabral da Silva, Tarciso (2019). Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada 19(2):123-141 http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n260_Malzac.pdf | DOI: 10.5894/rgci-n260.

Matos de Carvalho, M. B (1998). Mutações na Paisagem do Litoral Paraibano. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. FAU/USP. Março, 1997, 175p.

Ribeiro, Márcia Maria Rios; Ribeiro, Maria A. de F. Mágero; Vieira, Z. M. Castro Lucena (2015). Comitê das bacias hidrográficas do litoral Sul da Paraíba – Brasil: uma possibilidade para a discussão e a resolução de conflitos? VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. In Anais do VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Aveiro, Portugal.

PRELIMINARY REPORT ON AN ARTISANAL FISHERY IN LUANDA BAY, NORTHERN ANGOLA

Silvana Faria[1, 2]*, Marisa Macuéria[2], Vânia Baptista[3], Benjamin Mosley[3], Maria Alexandra Teodósio[3]

** Laboratório ECOREACH, Centro de Ciências do Mar (CCMAR), Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal. silfaria_@hotmail.com*

[2] Instituto Nacional de Investigação Pesqueira e Marinha (INIPM), Rua Mortala Mohamed, Ilha de Luanda. Luanda, Angola. Email: marisa.macueria@gmail.com

[3] Centre for Marine and Environmental Research (CIMA), Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal. Email: vcbaptista@ualg.pt; bamosley@ualg.pt; mchichar@ualg.pt

Corresponding Author: Silvana Faria (silfaria_@hotmail.com)

Keywords: Artisanal fisheries, bivalves, fish, cephalopods, livelihood, Angola

ABSTRACT

The study is based on descriptive, quanti and qualitative research with 30 artisanal fishermen from Luanda Bay and aims to characterize the small-scale artisanal fishing activity in this ecosystem based on field data obtained by distributing self-reported and structured questionnaires to the two fishing communities (fishermen and shellfish harvesters): Luanda Island and Luanda Commercial Harbour. Luanda Bay, the second largest bay and one of the most important ecosystems of the Angolan coast, supports many human activities. This bay supports a range of marine biodiversity that serves as a means of livelihood and source of income for more than fifty small-scale artisanal fisheries and collectors of worms and bivalve molluscs. The results revealed that the two fishing communities used different vessel types during fishing activity. In the Luanda Island fishing community, the fishermen used rowboats ("Chata") and motorboats, and in the Commercial Port of Luanda fishing community, they used an adapted vessel made of Styrofoam boards. The main gears were line/hooks (34.1%), shovel (25.0%), seine (9,1%), gillnet (6.8%), trawl (4.5%) and traps (2.3%). According to the local fishing communities, *Pomadasys jubelini, Mugil cephalus, Dentex* spp., *Senilia senilis, Mactra glauca, Donax spp., Perna perna and Lucinella divaricata* were the predominant species. In relation to the earnings by fishing day, the Luanda Island community had a higher income (average: 14.4 ± 8.3 euros; maximum: 39.0 euros) than Luanda Commercial Harbour community (average: 8.4 ± 5.1 euros; maximum: 24.2 euros). Thus, the quality of life of the fishing communities seems to be highly depending on this activity.

INTRODUCTION

Small-scale artisanal coastal fisheries can provide up to 99% of the protein source to coastal households, provide over 80% of households' income and therefore play a key role in food security in developing countries (Barnes-Mauthe *et al*., 2013; McClanahan *et al*., 2013). Despite this, they are frequently undervalued by developing countries' national policies (Henson and Winnie, 2004; Hardman *et al*., 2013; Aloo *et al*., 2014). Further, artisanal fishers operate largely to earn cash but also for subsistence, both of which are poorly quantified (Obura 2001; Ochiewo, 2004; Cinner *et al*., 2009a). Consequently, their contribution to national income and livelihoods is poorly acknowledged.

In Angola, small-scale artisanal fisheries have played a critical role in the livelihood and

food security of coastal communities, particularly in the Luanda province, where, in recent decades, hundreds of unemployed youth and local fishermen have used Luanda Bay as a livelihood and source of income. Currently, the Angola coastline has about 102 artisanal fishing settlements, largely concentrated in the northern provinces, and the Angolan Institute for the Development of Artisanal Fisheries (IPA) estimates that approximately 35,000 artisanal fishermen and 6,600 artisanal fishing boats operate in its coastal waters (Duarte *et al.*, 2005).

The Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations has been collaborating the mundial level with the World Bank and WorldFish researchers to generate better global estimates of small-scale artisanal fishers independent of self-reported national fisheries statistics (World Bank, 2012; WorldFish, FAO & Duke University, 2018). However, despite redoubled efforts, there is still little specific information and data on the artisanal fisheries operating in the coastal region of Angola, as well as their contribution to the food and livelihoods of hundreds of coastal communities.

In this context, the current work aims to characterize the small-scale artisanal fishing activity in Luanda Bay, as a livelihood and source of income for its users. For this purpose, self-reported and structured questionnaires were distributed in two fishing communities of Luanda Bay, namely, Luanda Island and Luanda Commercial Harbour communities. Beyond the sociodemographic data, the questionnaire included data related to the fishing activity, such as the main species caught, fishing gears, seasons, and incomes.

METHODOLOGY

Study site

The study was conducted in Luanda Bay, located opposite the city of Luanda (capital), in northern Angola (Fig. 1), between latitude 8°45´2 and 8°48´ S and longitude 13°13´ and 13°17´ E.

Luanda Bay is the second largest coastal bay in Angola with an area of approximately 29 km^2 with an average depth of 3-6 m and is characterised by being a semi-enclosed body of saline water. This postcard of Luanda city is protected by Luanda Island, and contain in its area a commercial harbour, a refinery, a fuel station, cargo terminals, and a naval base that contribute to water pollution (Leitão, Santos & Boaventura, 2016; Baptista *et al*., 2021). Despite the multiple anthropogenic pressures that are threatening Luanda Bay (e.g., solid waste, domestic wastewater, and industrial effluents without treatment (Leitão *et al*., 2016), this ecosystem works as an area for growth, recruitment and feeding for many species of fish, crustaceans, bivalve molluscs, cephalopods, etc., as well as for livelihood and income for the local fishing communities (Cox, 2013).

Data collection

The study is based on descriptive research, with a qualitative approach although it includes quantitative elements, based on field data obtained by distributing self-reported and structured questionnaires to the fishing community of the Luanda Bay. The questionnaire included sociodemographic data and data related to the fishing activity, such as the main species caught, fishing gears, seasons, and incomes.

The 30 questionnaires were distributed in May 2021, to two fishing communities (fishermen and shellfishers) in Luanda Bay: Luanda Island and Luanda Commercial Harbour communities (Figure 1). Enumerators clarified any questions and helped respondents when needed, without interfering with the responses. Descriptive statistics were used to summarize the data.

Figure 1 – Location of the Luanda Bay (Luanda, Angola), the two fishing communities (Luanda Island and Luanda Commercial Harbour), and the main landing sites (Praia dos Pescadores, Luanda Commercial Harbour, Ministério do Interior and Floresta/Salga). Maps retrieved from Google Earth. (Source: own elaboration).

RESULTS AND DISCUSSION

Demographic characteristics of fishers

A total of 30 individuals (13 in Luanda Island and 17 in Luanda Commercial Harbour) answered the questionnaire. All of these were male (100.0%). Respondents' age ranged between 18 to >65 years old, with 13.3% of them ranging between 18 and 24 years old, 30.0% between the ages of 25 to 34 years old, 40.0% between 35 and 44 years old, 10.0% between 45 and 54 years old, and 6.7% with ≥65 years. Fishing is the major occupation of all the respondents. They are small-scale fishers.

In relation to the gender, the questionary revealed gender inequity in fishing activity of Luanda Bay, with all the respondents being male and when questioned about their perception of local fishing activity, all responded that, in Luanda Bay, fishing activity is performed exclusively by men. The women wait for the fishermen to return, to help sell the fish and bivalves in the market. In fact, the Assessment Report on Small Scale Fisheries in Africa (Cox, 2013) reported that African women are marginalised in the small-scale fishing sector, not only in fishing related activities but also in decision-making processes.

The number of fishing days per week was similar in the two communities, varying between four and seven in Luanda Island, and between three and seven in Luanda Commercial Harbour (Table 1). The number of fishing events per day was also similar in two communities, varying between one and two in Luanda Island, and between one and three in Luanda Commercial Harbour. The number of fishing events per day depended on the income generated by each event, at least until the fishermen reached the minimum necessary to support their families. The number of hours spent fishing per day was higher in Luanda Commercial Harbour community (4.8 ± 1.3; 1.0-7.5 hours) than in Luanda Island community (3.0 ± 1.0; 1.0-5.0 hours).

Table 1 – Characteristics of fishing activity in fishing communities of Luanda Bay (Luanda, Angola).

		Luanda Island	Luanda Commercial Harbour
Fishing days per week		5.3 ± 0.9 (4.0–7.0)	5.7 ± 1.2 (3.0–7.0)
Number of fishing events per day		1.4 ± 0.5 (1.0–2.0)	1.6 ± 0.6 (1.0–3.0)
Hours spent fishing per day		3.0 ± 1.0 (1.0–5.0)	4.8 ± 1.3 (1.0–7.5)
Earning (€) by fishing day	Fish	17.2 ± 8.6 (5.2–39.0)	6.6 ± 1.8 (4.2–10.9)
	Bivalves	-	5.5 ± 3.0 (4.2–14.4)
	Cephalopods	9.5 ± 3.6 (5.9–13.0)	-
	Crustaceans	-	9.1 ± 0.0 (9.1)

Source: own elaboration.

In relation to the earnings by fishing day, the Luanda Island community had the higher average (14.4 ± 8.3 euros) and maximum values (39.0 euros) than Luanda Commercial Harbour community (average: 8.4 ± 5.1 euros; maximum: 24.2 euros) (Table 1). Fish species represented the higher average values in the Luanda Island community (17.2 ± 8.6 euros), reaching the maximum value of 39.0 euros, followed by cephalopods with an average value of 9.5 (± 3.6) euros and a maximum of 13.0 euros. In the Luanda Commercial Harbour community, the crustaceans generated a higher average daily income (9.1 euros), followed by fish species (average: 6.6 ± 1.8 euros; maximum: 10.9 euros), and by bivalves (average: 5.5 ± 3.0 euros; maximum: 14.4 euros). In 2018 and 2019, the average monthly income per person in Angola was 20.09 euros (Faria, 2021), and the minimum wage in 2020 was 43.68 euros (Presidential Decree No. 13/19 of January 09 of Ministry of Fisheries, Angola, 2019). Thus, the quality of life of the fishing communities of Luanda Bay is highly depending on the fishing activity in the bay.

Fishing gears

The fishing activity in the two communities studied is generally characterized by small-scale artisanal fishing involving about 50–150 fishers using small and traditional boats (mostly rowboats and styrofoam boards), operate non-industrialized and traditional methods (Figure 2), such as passive gears and manually hauled, with low impact on the ecosystem, and provides livelihoods for local communities (Cox, 2013; Kittinger, 2013; Smith & Basurto, 2019).

In the Luanda Island community, the predominant vessel types were rowboats (called “Chata”; N = 8; Figure 3, Table 2) with the total length varied between 3.0 and 6.0 m, supporting a payload of 80.0-360.0 kg and 2 to 6 fishermen, and motorboats (N = 4) with total length varied between 3.0 and 4.0 m and support a payload of 240.0-360.0 kg and 4 and 6 crew members (Table 2). The trawl (4.5%), traps, seine, and line/hooks (2.3%) were used in motorboats, and seine (9,1%; Figure 3), gillnet (6.8%), trawl (4.5%; Figure 3), and traps (2.3%) were used by rowboats. The cast net was used without a support vessel (2.3%; Figure 3).

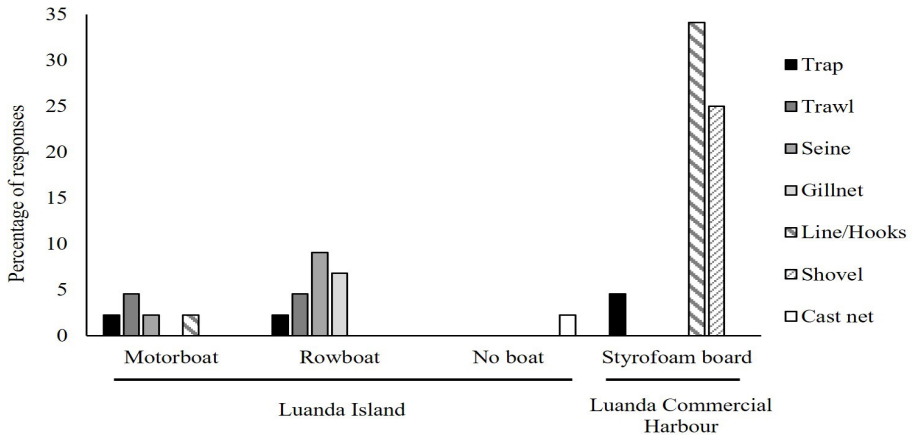
Figure 2 – Vessels and gears used by fishermen in fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour in Luanda Bay (Luanda, Angola): rowboat and trawl net (a, b), rowboat and seine (c), styrofoam board (d), line/hook (e, f), styrofoam board and line/hook (g), cast net (h).

Table 2 – Characteristics of vessels used by fishermen in fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour in Luanda Bay (Luanda, Angola).

Vessel type	Luanda Island				Luanda Commercial Harbour			
	Number	Total length (m)	Number of fishermen	Payload (kg)	Number	Total length (m)	Number of fishermen	Payload (kg)
Motorboat	4	3.5 ± 0.6 (3.0–4.0)	5.0 ± 1.2 (4.0–6.0)	320.0 ± 56.6 (240.0–360.0)	-	-	-	-
Rowboat	8	4.1 ± 0.8 (3.0–6.0)	3.6 ± 1.3 (2.0–6.0)	245.0 ± 101.3 (80.0–360.0)	-	-	-	-
Styrofoam board	-	-	-	-	17	1.6 ± 0.0 (1.6–1.7)	1.1 ± 0.3 (1.0–2.0)	28.2 ± 10.1 (20.0–40.0)

Source: own elaboration.

In the Luanda Commercial Harbour community, the respondents solely used an adapted vessel made of Styrofoam boards (N = 17; Figure 3, Table 2), with small length (1.6 and 1.7 m) supporting small payload (20.0–40.0 kg) and just one to two fishermen (Table 2). These rudimentary and adapted vessels are not described yet, and they are probably improvised by locals to provide some income for their families. Contrarily to the artisanal fishing on the coast of Africa, where it is estimated that for every person involved in artisanal fishing, four additional jobs are created, including fisher processors and fish traders (Cox, 2013), all the fishermen answered that they or some family members are responsible for processing and selling fish on land. The main gear used was line/hooks (34.1%; Figure 3), followed by shovel (25.0%) and traps (4.5%). This is in accordance with the small-scale artisanal fisheries' methods described for Angolan coast, that include handlines, gillnets, seine, traps, longline, beach seine and lift nets (Sowman & Cardoso, 2010; POPA, 2018).



Source: own elaboration.

Figure 3 – Fishing gears by vessel type used by fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour in Luanda Bay (Luanda, Angola).

Composition of species caught

The Table 3 (see Appendix A) shows the species caught in Luanda Bay. According to the respondents reported, the predominant species were *Pomadasys jubelini* (matona, N = 15; Figure 4g), *Senilia senilis* (mabanga, N = 10; Figure 4o), *Mactra glauca* (quingole, N = 10; Figure 4p), *Mugil cephalus* (mullet, N = 9; Figure 4j), *Donax* spp. (conquilha, N = 8), *Perna perna* (mexilhão, N = 8), *Lucinella divaricata* (ameijoinha, N = 6) and *Dentex* spp. (*Dentex canariensis* and *Dentex macrophthalmus*) (cachucho, N = 6; Figure 4m) (Table 4). The species most caught by line/hooks and with Styrofoam boards as support vessels were mainly *Pomadasys jubelini* (N = 11), Dentex spp. (N = 6) and *Mugil cephalus* (N = 5). *P. jubelini* was also caught by seine and gillnet (motorboat and rowboat) and *M. cephalus* by trawl and seine (motorboat and rowboat). Trawl and seine (motorboat and rowboat) were also used to catch *Sardinella spp.* (*Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis*, sardinelas; Figure 4c) and *Sarda sarda* (quimbumbo; Figure 4k). Cast net only captured one species, the *Oreochromis niloticus* (cacusso; Figure 4b). This species is one of the most exploited species in inland waters of Angola (POPA, 2018). Bivalve molluscs (*S. senilis*, *Donax spp., L. divaricata*, *M. glauca* and *P. perna*) and gastropods (*Perrona quinteni*, *Hexaplex rosarium* – búzios; and *Paratectonatica tigrine* – caracol) were caught by shovel, with Styrofoam boards as the support vessel. Cephalopods (*Sepia spp.* – choco; Figure 4q) were caught by trap, trawl, seine, and gillnet (motorboat and rowboat), and crustaceans (*Callinectes marginatus* – caranguejo; Figure 4r) were caught by trap and line/hooks (motorboat and rowboat). Target species varied according to fishing community, for example, *Sardinella spp.*, *S. sarda* and *Sepia spp.* were exclusively caught in the Luanda Island community,

and bivalves, gastropods, and a large number of fish species were only caught in the Luanda Commercial Harbour community.

Pomadasys jubelini was the species reported as having a greater commercial interest in both communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour (N = 15), followed by *Sardinella* spp. (N = 3), *Caranx hippos*, *O. niloticus*, *M. cephalus* and *S. sarda* (N = 1) in Luanda Island; and by *Dentex* spp. (N = 7), *Epinephelus* spp., *Eucinostomus melanopterus* (N = 2; Figure 4f), *Kaperangus microlepis* (Figure 4a), *Pomadasys perotaei* (Figure 4h), *Plectorhinchus mediterraneus* (Figure 4i) and *Pagrus auriga* (N = 1) in Luanda Commercial Harbour. In relation to bivalve species, *M. glauca* (N = 1) was the only reported species with major commercial interest in the Luanda Island community, having been the most reported species (N = 10) in the Luanda Commercial Harbour community, followed by *S. senilis* (N = 9), *Donax* spp., *P. perna* (N = 6) and *L. divaricata* (N = 4). Cephalopods (*Sepia* spp.) had the same commercial importance in the two communities (N = 5) and crustaceans (C. marginatus) were only commercially important in Luanda Commercial Harbour (N = 1) (Table 4).

Table 4: Species with high commercial importance in fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour, Luanda Bay (Luanda, Angola).

Family	Scientific name	Common name	Luanda Island	Luanda Commercial Harbour
Fish				
Acropomatidae	*Kaperangus microlepis*	Peixe-sabonete		1
Carangidae	*Caranx hippos*	Macoa	1	
Cichlidae	*Oreochromis niloticus*	Cacusso	1	
Clupeidae	*Sardinella* spp.	Sardinelas	3	
Gerreidae	*Eucinostomus melanopterus*	Mussosso		2
Haemulidae	*Pomadasys jubelini*	Matona	5	15
	Pomadasys perotaei	Roncador		1
	Plectorhinchus mediterraneus	Peixe-burro		1
Mugilidae	*Mugil cephalus*	Tainha	1	
Scombridae	*Sarda sarda*	Quimbumbo	1	
Serranidae	*Epinephelus* spp.	Garoupa		2
Sparidae	*Dentex spp.*	Cachucho		7
	Pagrus auriga	Pargo-rosa		1
Bivalves				
Arcidae	*Senilia senilis*	Mabanga		9
Donacidae	*Donax spp.*	Conquilha		6
Lucinidae	*Lucinella divaricate*	Ameijoinha		4
Mactridae	*Mactra glauca*	Quingole	1	10
Mytilidae	*Perna perna*	Mexilhão		6
Cephalopods				
Sepiidae	*Sepia* spp.	Choco	5	5
Crustaceans				
Portunidae	*Callinectes marginatus*	Caranguejo		1

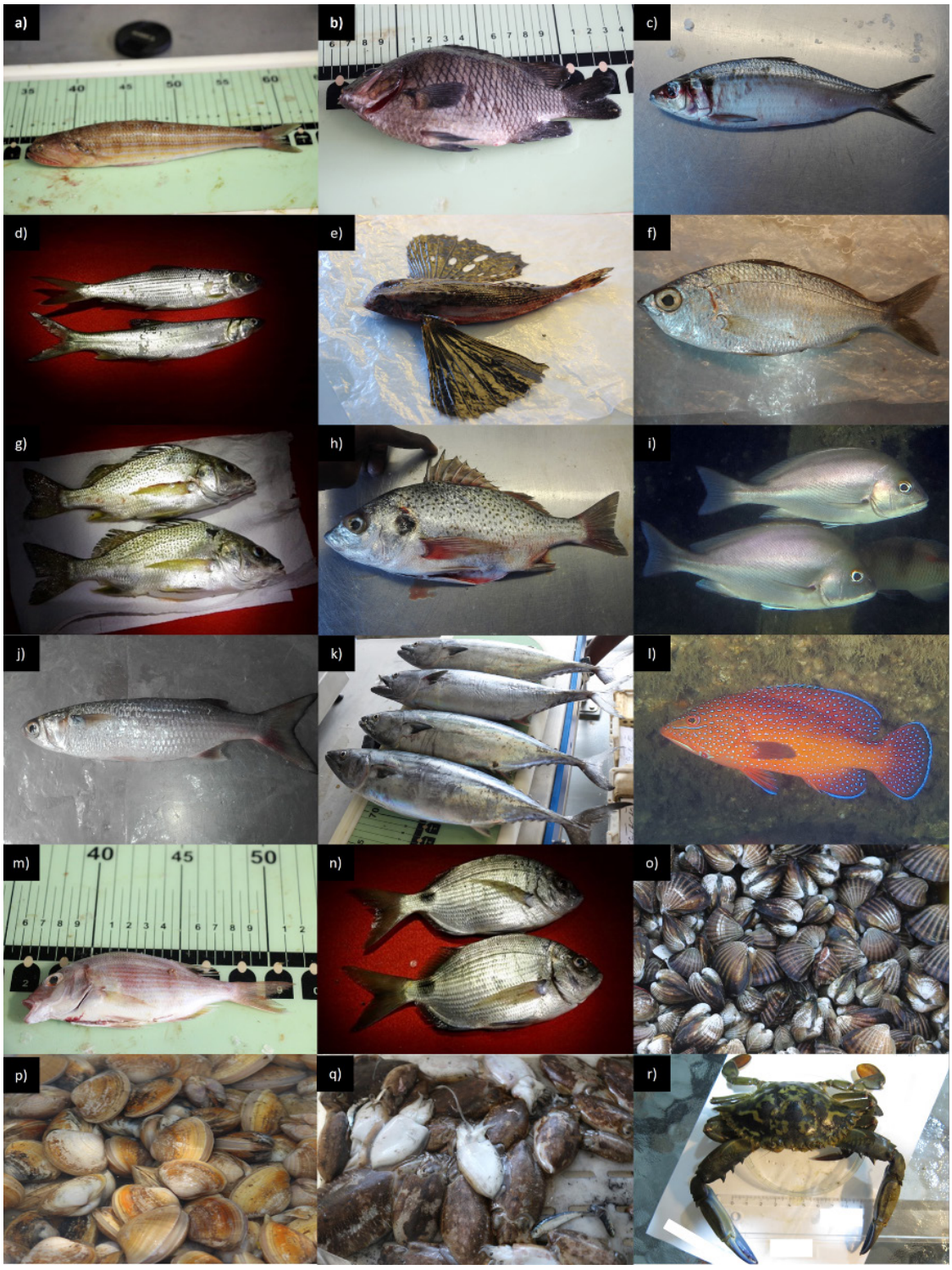


Figure 4 – Species caught in Luanda Bay (Luanda, Angola): *Kaperangus microlepis* (a), *Oreochromis niloticus* (b), *Sardinella maderensis* (c), *Elops lacerta* (d), *Parexocoetus brachypterus* (e), *Eucinostomus melanopterus* (f), *Pomadasys jubelini* (g), *Pomadasys perotaei* (h), *Plectorhinchus mediterraneus* (i), *Mugil cephalus* (j), *Sarda sarda* (k), *Cephalopholis taeniops* (l), *Dentex canariensis* (m), *Diplodus capensis* (n), *Senilia senilis* (o), *Mactra glauca* (p), *Sepia* spp. (q), and *Callinectes marginatus* (r).

Conclusion and recommendations

The present study revealed that the fishing activity in Luanda Bay varied between the fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour. Besides, the quality of life of the fishing communities of Luanda Bay seems to be highly depended on fishing activity in the bay. Despite the small sample size, this is the first study that characterizes the fishing activity and mollusc harvesting in Luanda Bay, describing fishing vessels, including an adapted vessel made of Styrofoam boards, fishing gears, as well as the main species caught. Further studies related to these activities in the Bay should be carried out, namely on the specification of the characteristics of fishing gears used in Luanda Bay, as well as referring to the fisheries assessment and biology of fishing resources. Catches must be controlled in the Bay so that solid data on landings can be obtained, and consequently resources can be managed properly. Thus, this study could be a starting point for further studies in the Luanda Bay.

Acknowledgment

This study is part of the Project LuandaWaterFront – “Luanda Bay Ecological Assessment: A waterfront based approach to reduce environmental risks and increase quality of life” (333191101) supported by Aga Khan Network for Development and the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT).

Appendix A. Supplementary data

REFERENCES

Aloo, P.A., Munga, C.N., Kimani, E.N., Ndegwa, S., 2014. A review of the status and potential of the coastal and marine fisheries resources in Kenya. Int. J. Mar. Sci. 4.

Baptista, V., Encarnação, J., Serrão, E. A., Wirtz, P., Pestana, L. B., Faria, S., & Teodósio, M. A. (2021). New Records of Fish Species from the Coast of Luanda, Angola. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 1-9. doi: 10.1007/s41208-021-00297-1

Barnes-Mauthe, M., Oleson, K.L., Zafindrasilivonona, B., 2013. The total economic value of small-scale fisheries with a characterization of post-landing trends: an application in Madagascar with global relevance. Fish. Res. 147, 175–185.

Cinner, J.E., Daw, T.M., McClanahan, T.R., 2009a. Socioeconomic factors that affect artisanal fishers’ readiness to exit a declining fishery. Conserv. Biol. 23 (1), 124–130.

Cox, J. (2013). Assessment report on small-scale fisheries in Africa. Masifundise Development Trust for Inter African Bureau for Animal Resources (AU-IBAR) of the African Union.

Duarte, A., Fielding, P., Sowman, M., & Bergh, M. (2005). Overview and analysis of socio- economic and fisheries information to promote the management of artisanal fisheries in the Benguela Current Large Marine Ecosystem (BCLME) region (Angola). Final Report no. LMR/AFSE/03/01/B, Environmental Evaluation Unit, University of Cape Town.

Faria, J. (2021). Monthly income per person in Angola from March 2018 to February 2019, by area (in Kwanzas). Accessed on 14 July 2021. Retrieved from https://www.statista.com/statistics/1134935/monthly-income-per-person-in-angola-by-area/

Hardman, E.R., Edwards, A.J., Raffin, J.S.J., 2013. The seine-net fishery of Rodrigues Island western Indian Ocean: is it sustainable or in terminal decline? Fish. Res. 139, 35–42.

Henson, S., Winnie, M., 2004. Kenyan exports of Nile perch: the impact of food safety standards on an export-oriented supply chain. In: World Bank Policy Research Working Paper 3349, June 2004.

Kittinger, J. N. (2013). Human dimensions of small-scale and traditional fisheries in the AsiaPacific Region. Pacific Science, 67(3), 315-25. doi: 10.2984/67.3.1.

Leitão, A., Santos, A. M., & Boaventura, R. A. (2016). Complexation of lead by organic matter in Luanda Bay, Angola. Environmental monitoring and assessment, 188(10), 1-17. doi: 10.1007/s10661-016-5557-z

McClanahan, T., Allison, E.H., Cinner, J.E., 2013. Managing fisheries for human and food security. Fish Fish. 16 (1), 78–103.

Obura, D.O., 2001. Participatory monitoring of shallow tropical marine fisheries by artisanal fishers in Diani, Kenya. Bull. Mar. Sci. 69, 777–792.

Ochiewo, J., 2004. Changing fisheries practices and their socioeconomic implications in South Coast Kenya. Ocean Coast. Manag. 47 (7-8), 389–408.

POPA (2018). Plano de Ordenamento de Pescas e Aquicultura (POPA) 2018-2022. Ministério das Pescas e do Mar, Governo de Angola.

Presidential Decree No. 13/19 of January 09 of Ministry of Fisheries, Angola (2019). Republic Diary: I Serie, No. 4. Retrieved from http://www.ucm.minfin.gov.ao/cs/groups/public/documents/document/zmlu/mdu3/~edisp/minfi n057170.pdf

Smith, H., & Basurto, X. (2019). Defining small-scale fisheries and examining the role of science in shaping perceptions of who and what counts: A systematic review. Frontiers in Marine Science, 6:236. doi: 10.3389/fmars.2019.00236.

Sowman, M., & Cardoso, P. (2010). Small-scale fisheries and food security strategies in countries in the Benguela Current Large Marine Ecosystem (BCLME) region: Angola, Namibia and South Africa. Marine Policy, 34(6), 1163-1170. doi: 10.1016/j.marpol.2010.03.016

World Bank (2012). Hidden harvest: The global contribution of capture fisheries. 66469-GLB. Washington, D.C.: The World Bank.

WorldFish, FAO, & Duke University (2018). Illuminating Hidden Harvests: The Contribution of Small-Scale Fisheries to Sustainable Development. WorldFish; Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Durham, NC: Duke University. Retrieved from https://www.worldfishcenter.org/content/illuminating-hidden-harvests-contribution-small-scalefisheries-sustainable-development

Appendix A. Supplementary data

Table 3 – Species caught in Luanda Bay (Luanda, Angola) by fishing communities of Luanda Island and Luanda Commercial Harbour, considering vessel and gear types.

Family	Scientific name	Common name	Vessel				Gear						
			Motorboat	Rowboat	Styrofoam board	No vessel	Trap	Trawl	Seine	Gillnet	Line/ Hooks	Shovel	Cast net
Fish													
Acropomatidae	*Kaperangus microlepis*	Peixe-sabonete			1						1		
Carangidae	*Caranx hippos*	Macoa			2						2		
Cichlidae	*Oreochromis niloticus*	Cacusso			1	1					1		1
Clupeidae	*Sardinella spp.*	Sardinelas	2	2				3	2				
Elopidae	*Elops lacerta*	Peixe-banana			4						4		
Exocoetidae	*Parexocoetus brachypterus*	Peixe-voador			1						1		
Gerreidae	*Eucinostomus melanopterus*	Mussosso			2						2		
Haemulidae	*Pomadasys incisus*	Mabolobolo			1						1		
	Pomadasys jubelini	Matona	1	3	11				1	3	11		
	Pomadasys perotaei	Roncador			2						2		
	Plectorhinchus mediterraneus	Peixe-burro			4						4		
Mugilidae	*Mugil cephalus*	Tainha	2	2	5			2	3		5		
Scombridae	*Sarda sarda*	Quimbumbo	1					1	1				
Serranidae	*Cephalopholis taeniops*	Garoupa-das-pedras			3						3		
	Epinephelus spp.	Garoupa			4						4		
Sparidae	*Dentex spp.*	Cachucho			6						6		
	Diplodus capensis	Mariquita			4						4		
	Pagrus spp.	Pargo			1						1		
	Pagrus auriga	Pargo-rosa			3						3		
Bivalves													
Arcidae	*Senilia senilis*	Mabanga			10							10	
Donacidae	*Donax spp.*	Conquilha			8							8	
Lucinidae	*Lucinella divaricata*	Ameijoinha			6							6	
Mactridae	*Mactra glauca*	Quingole			10							10	
Mytilidae	*Perna perna*	Mexilhão			8							8	
Cephalopods													
Sepiidae	*Sepia spp.*	Choco	3	2			2	3	2	1			
Crustaceans													
Portunidae	*Callinectes marginatus*	Caranguejo	1		3		3	1			1		
Gastropods													
Clavatulidae	*Perrona quinteni*	Búzios			1							1	
Muricidae	*Hexaplex rosarium*	Búzios			1							1	
Naticidae	*Paratectonatica tigrine*	Caracol			1							1	

Source: own elaboration.

PREVISÃO DE EVENTOS DE GALGAMENTO COSTEIRO E RISCOS ASSOCIADOS NA COSTA DA CAPARICA

A.M. Ferreira*, J.L. Garzon, C.J.E.M. Fortes, Ó. Ferreira, M.T. Reis

*DHA-NPE, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, aferreira@lnec.pt

Palavras chave: XBeach, Rede Bayesiana, Sistema de Previsão e Alerta, HIDRALERTA.

INTRODUÇÃO

A contínua expansão dos aglomerados costeiros e a subida do nível médio do mar conduzirão a um continuo aumento do risco de galgamentos costeiros, tanto em exposição e vulnerabilidade do território como em magnitude e frequência dos eventos de galgamento. A previsão em tempo útil destes eventos é uma ferramenta chave para a gestão e redução do risco e na adaptação às alterações climáticas. Usualmente, os sistemas de previsão utilizam modelos empíricos que fornecem uma resposta num curto espaço de tempo. No entanto, estes modelos têm uma resposta limitada havendo necessidade de se recorrer a sistemas mais complexos como é o caso da modelação numérica, mas que requerem muito tempo de computação. Para obter uma previsão em tempo útil, tem vindo a ser estudada a aplicação de redes Bayesianas (RB) nos sistemas de previsão de riscos costeiros (Poelhekke *et al*., 2016), com base na modelação prévia de tempestades sintéticas. Neste trabalho, apresenta-se a metodologia adotada no desenvolvimento de um sistema de previsão a galgamentos costeiros com base na utilização de RB e a aplicação ao caso de estudo do setor costeiro urbano da Costa da Caparica, em Portugal.

MÉTODO

O sistema de previsão adotado baseia-se em métodos probabilísticos através da aplicação de redes Bayesianas (Poelhekke *et al*., 2016). A RB parte da causa-efeito de experiências passadas para determinar a probabilidade condicional entre eles, a fim de prever eventos futuros. Devido à falta de registos sistémicos de eventos de galgamento costeiro e devido às alterações das condições de fronteira, tais como a subida do nível médio do mar, os eventos documentados são insuficientes para descreverem todos as condições de forçamento que possam ocorrer numa região, não sendo possível alimentar a RB apenas com experiências passadas. Assim, recorre-se à formulação de tempestades sintéticas (causa) por forma a descrever uma gama de tempestades características da zona em estudo, para as quais se determinou o galgamento (efeito), designadas por corridas de treino da RB. Para cada local de estudo é definida a topologia da rede atendendo às especificidades do troço costeiro. As corridas de treino são obtidas através da modelação numérica dos processos hidrodinâmicos recorrendo ao modelo XBeach 1D, modo não-hidrostático (Roelvink *et al*., 2009).

A zona de estudo é descrita através de perfis perpendiculares à linha de costa, considerados representativos, calculando-se o caudal médio de galgamento, q (l.s-1 por metro linear de desenvolvimento da estrutura costeira), nos pontos onde o perfil cruza um elemento vulnerável ao galgamento, designado por recetores (e.g., passeios pedonais, estradas, na frente de edifícios, entre outros). A avaliação do risco associado a cada evento de galgamento é feita através da comparação entre os resultados obtidos na modelação com os limites críticos adotados para cada elemento exposto. A determinação dos valores críticos teve por base as referências existentes na literatura confrontadas com os registos históricos de danos decorrentes de eventos extremos na área analisada.

REDE BAYESIANA APLICADA À COSTA DA CAPARICA

A Costa da Caparica situa-se na costa oeste de Portugal continental, imediatamente a sul da foz do rio Tejo (Figura 1). O troço em estudo corresponde ao sector urbano da vila da Costa da Caparica, entre o troço sul da praia de São João da Caparica até ao troço norte da Nova Praia. Este troço costeiro de ~2.7 km de comprimento longilitoral, com orientação predominantemente NNW-SSE, apresenta-se intervencionado com uma estrutura de proteção aderente acompanhada de um campo de esporões, criando um conjunto de seis células arenosas confinadas pelas estruturas rígidas. Encontrando-se sob elevada pressão antropogénica, pois compreende praias urbanas e periurbanas de uso intensivo com apoios de praia (bares e restaurantes) junto à linha de costa, acessíveis durante todo o ano. Tratando-se de uma zona de grande vulnerabilidade e exposição a eventos de galgamento e erosão.

Figura 1. Área de estudo da Costa da Caparica (destacado a azul), com indicação do nome das praias abrangidas.

Uma RB é composta hierarquicamente por classes, nodos (variáveis de interesse) e bins (intervalos de interesse).

Neste estudo definiram-se 4 classes (Figura 2): Condições de fronteira, que corresponde aos forçamentos oceanográfico, com os seguintes nodos: Hs (altura significativa, m), Tp (período de pico, s) e NM (nível do mar, m referente ao zero hidrográfico, ZH); Perigosidade, definida pelo caudal médio de galgamento; Riscos por recetor, integrando risco para: pedestres, veículos, edifícios, revestimento da estrutura de proteção e equipamentos urbanos, para os quais foram considerados 4 níveis de risco, a saber, verde, amarelo, laranja e vermelho, sendo o vermelho o risco máximo; e Localização: que corresponde à crista da estrutura, à localização dos edifícios (bares implantados na crista da estrutura), estradas e áreas de acesso no tardoz da estrutura de proteção aderente, por cada praia deste troço de costa. Para esta RB foram utilizadas 123 tempestades sintéticas, com forçamentos que variam nos seguintes intervalos: Hs = [2.50, 7.50] m; Tp = [9, 21] s; e NM = [2.75, 4.75] m ZH.

RESULTADOS PRELIMINARES

Para uma avaliação preliminar da RB, recorreu-se à simulação e comparação de resultados para duas tempestades históricas, representadas pelas suas condições de pico na zona de estudo, a tempestade Hércules (jan. 2014) caracterizada por: Hs=4.53 m; Tp=20 s; NM=4.13 m ZH, e a tempestade Emma (mar. 2018) caracterizada por: Hs=4.15 m; Tp=11 s; NM=4.30 m ZH. Recorrendo a esta RB, para a tempestade Hércules (Figura 2) obteve-se risco vermelho para pedestres na crista da estrutura, ou seja, no passeio marítimo e risco laranja a vermelho para os edifícios (bares/restaurantes) implantados na crista. No tardoz da estrutura os resultados são de risco laranja para veículos e vermelho para pedestres.

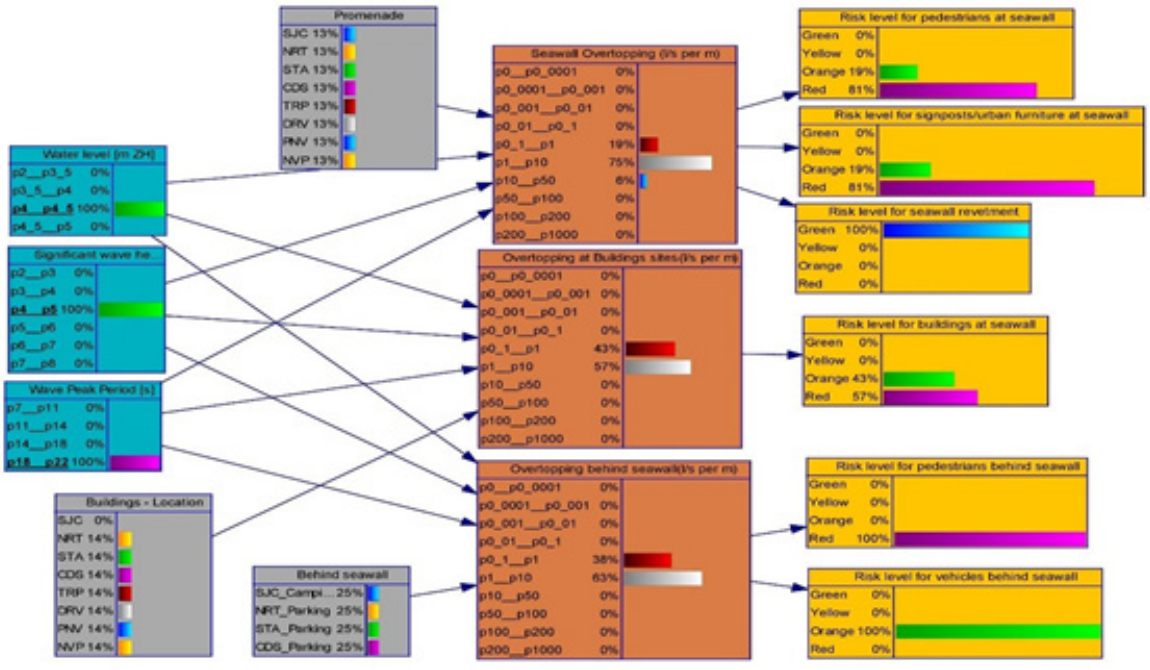


Figura 2. Arquitetura da rede Bayesiana definida para a Costa da Caparica (Azul – Condições de Fronteira; Cinzento – Localização; Laranja – Perigosidade; Amarelo: Risco) e exemplo de aplicação para a tempestade Hércules (2014).

Para a tempestade Emma obteve-se risco verde na generalidade, à exceção do risco para pedestres no passeio marítimo, com nível amarelo, com 75% de probabilidade de ocorrência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta RB encontra-se, ainda, em fase de validação e calibração. Os resultados preliminares obtidos indicam uma aproximação muito positiva entre previsões e observações no terreno das tempestades consideradas. Após calibração e validação, pretende-se que esta RB venha a integrar o sistema de previsão e alerta HIDRALERTA, em funcionamento, e assim ampliar os pontos de análise do sistema sem que represente uma sobrecarga computacional face à capacidade instalada atual ao introduzir a rede Bayesiana enquanto ferramenta de previsão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetos EW-Coast, (ALG-LISBOA-01-145-FEDER-028657), To-SEAlert (PTDC/EAM-OCE/31207/2017) e ao CIMA (UIDP/00350/2020), todos financiados pela FCT, IP.

REFERÊNCIAS

Poelhekke, L., Jäger, W.S., Van Dongeren, A., Plomaritis, T.A., McCall, R., Ferreira, Ó., 2016. Predicting coastal hazards for sandy coasts with a Bayesian Network. Coast. Eng. 118, 21– 34. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.08.011

Roelvink, D., Reniers, A., Van Dongeren, A., Van Thiel de Vries, J., McCall, R., Lescinski, J., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. Coast. Eng. 56, 1133– 1152. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.08.006

PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA FAIXA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL (COSMO): DA CONCEPÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO

Celso Aleixo Pinto*, Nuno Penacho, Bruno Pires

*Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Portugal, celso.pinto@apambiente.pt

Palavras chave: Dados de monitorização, gestão costeira, tomada de decisão

INTRODUÇÃO

A recolha, processamento e análise de dados de monitorização costeira precisos e sistemáticos é fundamental para o processo de tomada de decisão informada, baseada em evidências, das entidades gestoras da faixa costeira. Os dados de monitorização são frequentemente utilizados para suportar estudos estratégicos de planeamento/ordenamento costeiro, estimar tendências evolutivas da linha de costa, avaliar/compreender os impactos das intervenções de proteção/defesa já realizadas e futuras (*hard* ou *soft*), calibrar ou validar modelos físicos e numéricos, bem como para avaliar a resposta do sistema costeiro à subida do nível médio do mar e ao espectro mais alargado dos impactos das alterações climáticas. A APA, reconhecendo a importância da integração do conhecimento técnico-científico gerado pela monitorização no processo de gestão e decisão das zonas costeiras, iniciou em 2018 o Programa de MOnitorização da *Faixa COSteira de Portugal Continental (COSMO)*, cujos principais resultados e aspetos inerentes à sua conceção e implementação se sintetizam no presente trabalho.

TIPOLOGIAS DE MONITORIZAÇÃO E PRODUTOS GERADOS

A seleção dos segmentos costeiros, áreas, frequência temporal e tipologia dos trabalhos de monitorização, baseou-se no conhecimento mais atualizado sobre as tendências evolutivas e situações de risco para pessoas e bens na faixa costeira de Portugal Continental, tendo por base extensa informação interna, a literatura técnico-científica mais atualizada e a experiência adquirida com outros países em programas semelhantes (e.g. Holanda, Inglaterra, Dinamarca). Considerando estes pressupostos, foram consideradas cinco (5) tipologias de monitorização, com frequência espácio-temporal ajustada às diferentes técnicas de aquisição, ao conteúdo geomorfológico e aos objetivos específicos de gestão de cada área/local (Tabela 1 e Figura 1).

Os produtos gerados, disponibilizados publicamente de forma gratuita, (https://cosmo.apambiente.pt/), constam da Tabela 2.

A partir dos produtos podem ser extraídos uma série de indicadores de diagnóstico do estado da faixa costeira (e.g. Sutherland, 2010) (Tabela 2), que depois de analisados e comparados produzem resultados (podendo ser igualmente um indicador de diagnóstico), tais como o cálculo de balanços sedimentares, taxas de evolução da linha de costa e alterações morfológicas no perfil de praia e fundos próximos (i.e. batimetria).

RESULTADOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Os produtos gerados pelo Programa COSMO têm sido amplamente utilizados pela APA e utilizadores externos (450 registados) de Universidades, Empresas de Consultoria/Projeto, Laboratórios do Estado, Unidades de I & D e Administração Central e Local,

contabilizando-se até à data cerca de 40 000 acessos e 7200 *downloads* de dados. A Figura 2 ilustra exemplos dos outputs produzidos pela APA em termos de análise dos indicadores de diagnóstico do estado da faixa costeira.

O exemplo (a) da Figura 2 mostra a variabilidade morfológica do perfil de praia associada à alimentação artificial de praia realizada entre os -4 m (ZH) e -8 m (ZH), bem como o limite de remobilização sedimentar (i.e. profundidade de fecho), ≈ -9 m (ZH), observado para a escala temporal em análise. O exemplo (b) ilustra a variação da linha de costa a sul do esporão n.º 5 da Cova-Gala (concelho da Figueira da Foz) entre 2018 e 2021, com taxa de recuo médio anual de -5.5 m/ano ± 3.7 e recuo máximo de -42.5 m. Os exemplos (c) e (d), através da comparação dos LTH de 2018 e 2020 mostram as variações verticais e ganhos/perdas (*cut-fill*) no domínio emerso e imerso da praia (de Esmoriz ao Furadouro – concelho de Ovar) entre 2018 e 2020, tendo-se obtido um balanço sedimentar negativo de ≈ - 1 200 000 m^3, confirmando a situação de elevado défice sedimentar neste troço costeiro.

Tabela 1. Tipologia dos trabalhos, descrição sumária, metodologia e total de levantamentos realizados (07/2018 a 07/2021)

Tipologia demonitorização	Descrição	Metodologia	TotalLevant.
PerfilTotal	Perfiltransversaltopo-hidrográficocom ponto fixo emterraaté aos-20m(ZH)	GNSS/RTK(perfilemerso)+ FeixeSimples(perfilimerso)	112
PerfilEmerso	Perfiltransversaldepraiacomponto fixo emterraatéao-1 m(ZH)	GNSS/RTK	1488
LevantamentoIntegral-Praias (LIP)	Topografiaeimagem(orto)da praia emersaedunas	Fotogrametriaaérea–VANT/UAVcomRTK	60
LevantamentoIntegral-Arribas(LIA)	Topografia eimagem(orto)dearribas rochosasebrandas	Fotogrametriaaérea–VANT/UAVcomRTK	134
Levantamento Topo-hidrográfico(LTH)	Hidrografia dos fundos submarinos atéaos-10m(ZH)+ topografia terrestre	Hidrografia(Sondamultifeixe +feixesimples)+Topografia (GNSS/RTK+Fotogrametriaaérea–VANT/UAV)	57

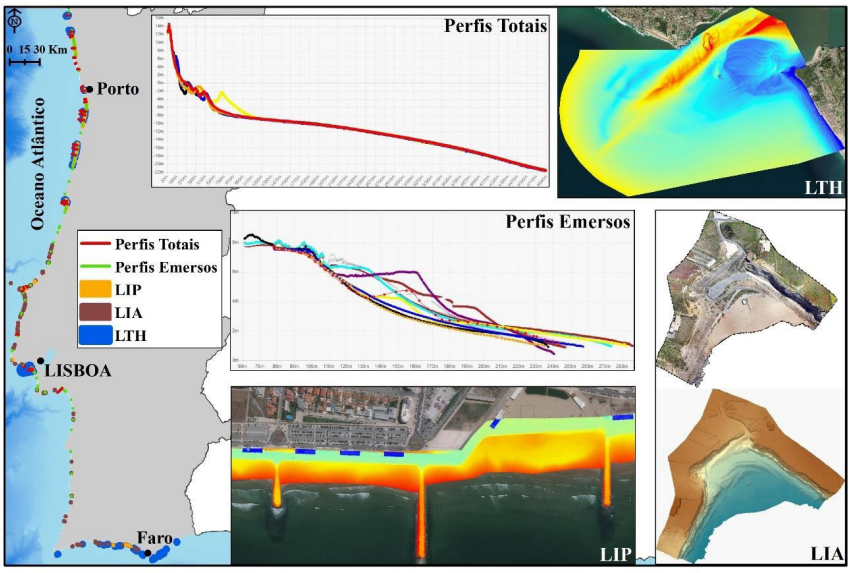


Figura 1. Localização por tipologia de monitorização no litoral de Portugal Continental e exemplos dos produtos gerados.

Tabela 2. Tipologia da monitorização, produtos gerados e indicadores de diagnósticos extraídos.

Tipol. de monitorização	Produtos	Indicadores de diagnósticos extraídos
Perfil Total	Perfil X, Y e pontos X, Y, Z	Volume, altura, largura,posição da linha de costa
Perfil Emerso	Perfil X, Y e pontos X, Y, Z	
LIP	Modelo Digital de Elevação e Orto	Volume, altura, largura, área, posição espacial da linha de costa
LIA	Modelo Digital de Elevação e Orto	Volume, altura, largura, área, posição espacial da crista da arriba
LTH	Modelo Digital de Elevação	Volume, altura, largura, área, posição espacial da linha de costa

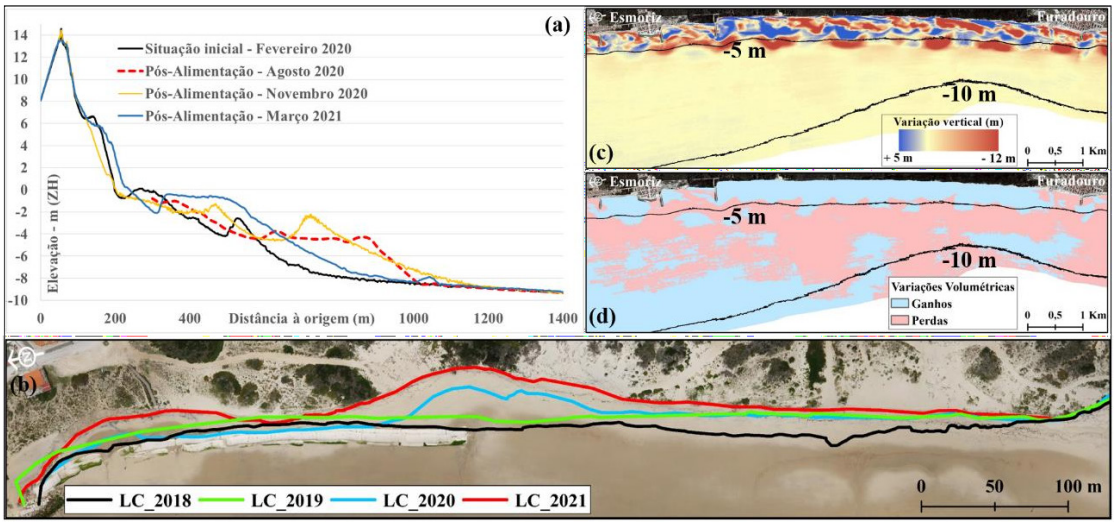


Figura 2. Exemplo de indicadores de diagnóstico do estado da faixa costeira obtidos no âmbito do Programa COSMO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Programa COSMO, cofinanciado pelo POSEUR, e com um custo total de aproximadamente 3 500 000 € ao longo de três anos, veio consolidar o conhecimento técnico-científico gerado pela monitorização costeira como mecanismo imprescindível para a interpretação integrada da evolução da zona costeira e como dimensão de suporte à decisão. O conhecimento e capacidade de previsão melhorada pela análise e interpretação dos dados da monitorização costeira pela comunidade técnico-científica nacional e APA tem permitido a esta concretizar vários projetos/estudos e intervenções no domínio da proteção/defesa costeira, impactes ambientais, gestão de riscos e análise custo-benefício. A continuidade futura do Programa COSMO é fundamental para continuar a assegurar o apoio à decisão pelas entidades gestoras da faixa costeira e à investigação aplicada nesta área do conhecimento. Neste contexto, a APA prepara um novo programa (designado COSMO 2.0), em linha com o anterior, mas devidamente ajustado e adaptado face à experiência acumulada e respetivo processo de aprendizagem, de modo a corrigir e melhorar alguns aspetos particulares, designadamente em termos de: otimização dos custos, reajuste e adaptação das áreas de monitorização, frequência temporal e técnicas de aquisição.

REFERÊNCIAS

Sutherland, J. 2010. Guideline on Beach Monitoring for Coastal Erosion. Deliverable 15. Project. Concepts and Science for Coastal Erosion Management (CONSCIENCE). DELTARES. 29p.

PROJETO BAÍA VIVA: GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA COMO SUPORTE AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Luiz Paulo de Freitas Assad[*1*2], Fabio Hochleitner[*2], Carina Stefoni Böck[*2], Raque Toste[*2], Ian Dragaud[*2], Rafael Vieira[*2], Corbiniano Silva[*2], Adriano Vasconcelos[*2], Douglas Nehme[*2], Alexandre Macedo Fernandes[*3], Luiz Landau[*2]

**1 Departamento de Meteorologia da UFRJ, lpaulo@lamce.coppe.ufrj.br, *2 Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia da COPPE / UFRJ, *3Faculdade de Oceanografia da UERJ*

Palavras-chave: Modelagem Ambiental, Aquisição de dados, Baía de Guanabara.

RESUMO

O projeto Baía Viva tem como foco o desenvolvimento e a implementação de uma plataforma digital operacional para o fornecimento de informações ambientais, sociais e econômicas na região da Baía de Guanabara (BG) e seu entorno. As informações diagnósticas e prognósticas geradas são oriundas de diferentes fontes, como: bases de dados históricos, plataformas de coletas de dados e modelos computacionais numéricos. As informações geradas e disponibilizadas permitem a análise integrada de parâmetros e variáveis oceanográficas, meteorológicas, ambientais, sociais e econômicas com o intuito de contribuir para o desenvolvimento e utilização sustentável da região da Baía de Guanabara e seu entorno. O projeto tem como base física o Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) situado no Parque Tecnológico da Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Além da divulgação dos dados e informações citadas, a plataforma digital também envolve atividades de extensão e de capacitação técnica e acadêmica em diferentes áreas de pesquisa como aquelas associadas à meteorologia e oceanografia. Tais atividades permitem o contínuo funcionamento, desenvolvimento e otimização da plataforma envolvendo profissionais e alunos de diferentes segmentos educacionais e de diferentes instituições de pesquisa e ensino do Estado do Rio de Janeiro. A plataforma digital é aberta ao público permitindo, tanto a visualização como a aquisição de informações relevantes para diferentes segmentos da sociedade que utilizem a região da BG e seu entorno. Dessa forma, pretende-se atender demandas em diferentes setores como: meio ambiente, mobilidade, saúde, lazer, educação e outros buscando alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas estabelecidos pela Agenda 2030 e especialmente aqueles diretamente associados à década dos Oceanos.

INTRODUÇÃO

A Baía de Guanabara (BG) é um dos ambientes marinhos costeiros mais importantes do Brasil do ponto de vista social, econômico, estratégico e político. Encontra-se inserida na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, onde há a maior concentração populacional costeira do Brasil, aproximadamente 10 milhões de habitantes somente na planície costeira da Baía de Guanabara, o que representa 80% da população do estado do Rio de Janeiro (Bergamo, 2006). Ao longo dos últimos 20 anos, o LAMCE vem desenvolvendo estudos e projetos de pesquisa na área de análise e modelagem ambiental na região da BG situada no Estado do Rio de Janeiro. Tais estudos envolvem uma diversidade de aplicações como: modelagem de dispersão de óleo no mar, suporte a construção de estruturas costeiras, investigação sobre a vulnerabilidade costeira a

processos de inundação costeira, suporte a práticas esportivas náuticas e outros. Todo o conhecimento adquirido pelo grupo de pesquisa foi compilado e utilizado de forma a desenvolver o projeto Plataforma de Observação Meteorológica e Oceanográfica da Baía de Guanabara também conhecido como Projeto Baía Viva (http://www.baiaviva.com.br). O projeto Baía Viva tem como foco o desenvolvimento e a implementação de uma plataforma digital operacional para o fornecimento de informações ambientais, sociais e econômicas na região da BG e seu entorno. As informações diagnósticas e prognósticas geradas são oriundas de diferentes fontes, como: bases de dados históricos, plataformas de coletas de dados e modelos computacionais numéricos.

MÉTODOS

Os métodos utilizados na plataforma desenvolvida consistem basicamente na implementação de modelos numéricos computacionais e na aquisição de dados ambientais locais e remotos. Os resultados gerados pelos modelos computacionais assim como os dados adquiridos por sensores locais e remotos são disponibilizados em uma plataforma digital desenvolvida para o projeto (Figura 1). Os modelos numéricos computacionais implementados fornecem prognósticos operacionais, para a região da BG, relativos à circulação marinha, ondas de gravidade superficial e dinâmica atmosférica. Maiores detalhes sobre os modelos numéricos utilizados e suas respectivas configurações podem ser obtidos em Rangel *et al*., (2019). Além dos modelos numéricos oceânicos e atmosférico citados a plataforma conta também com a implementação de um modelo de dispersão de óleo no mar que gera prognósticos para potenciais derramamentos de óleo em diferentes regiões do espelho d`água da BG. O modelo de dispersão de óleo é forçado considerando condições hidrodinâmicas e atmosféricas atualizadas diariamente pelos modelos numéricos atmosférico e oceânico implementados de forma operacional. Com relação aos dados ambientais adquiridos, a plataforma disponibiliza dados meteorológicos oriundos de estações meteorológicas distribuídas em alguns pontos no entorno da BG e imagens oriundas de sensores remotos referentes a propagação de sistemas convectivos sobre o estado do Rio de janeiro. Outras informações relativas a dados sociais e econômicos são também disponibilizadas na plataforma digital como índices de desenvolvimento humano, vulnerabilidade social e dados demográficos.

RESULTADOS

A plataforma digital encontra-se em regime operacional disponibilizando prognósticos operacionais diários relativos à circulação marinha superficial, ventos à 10 metros, temperatura do ar, cobertura de nuvens e precipitação com frequência horária. São disponibilizados diariamente prognósticos diários do campo de ondas relativos às variáveis altura significativa, período e direção de ondas com intervalo de 3 horas. Relativo ao modelo numérico de ondas também é gerado o prognóstico de potencial energético teórico de ondas para a BG e região de entorno, assim como é fornecida série temporal relativa a esse prognóstico. Além disso, é possível na plataforma acessar informações relativas a dados sociais, econômicos e ambientais na região de entorno da BG. Destaca-se o acesso a informações das estações meteorológicas e de imagens de sensoriamento remoto em tempo real. Outro resultado importante a ser destacado é o envolvimento de alunos de graduação e pós-graduação de diferentes cursos da UFRJ no desenvolvimento e implementação da plataforma digital. Além disso, o projeto conta com a participação de pesquisadores de ouras instituições de pesquisa e universidades do estado do Rio de Janeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto Baía Viva, através de sua plataforma digital e diferentes atividades de pesquisa e desenvolvimento encontra-se em operação fornecendo prognósticos oceanográficos e

meteorológicos e dados sociais e de outras naturezas tanto para a BG como para a área metropolitana do Rio de Janeiro. Como atividades futuras pode-se incluir a expansão da área de atuação do projeto para outras regiões do Estado do Rio de Janeiro. Acompanhado a essa expansão pretende-se ampliar o esforço observacional dos dados e informações ambientais, sociais e econômicas com destaque para a aquisição de dados meteorológicos e oceanográficos na região da BG. Nesse sentido, busca-se ampliar e fortalecer as parcerias existentes com instituições de pesquisa, universidades e projetos de pesquisa atuantes em diferentes áreas do conhecimento no Estado do Rio de janeiro. Outra atividade fundamental a ser incrementada diz respeito a análise integrada de dados oceanográficos, meteorológicos, ambientais, sociais, econômicos a fim de ampliar o suporte às demandas associadas aos ODS e especialmente aquelas demandas relacionadas à Década dos Oceanos.

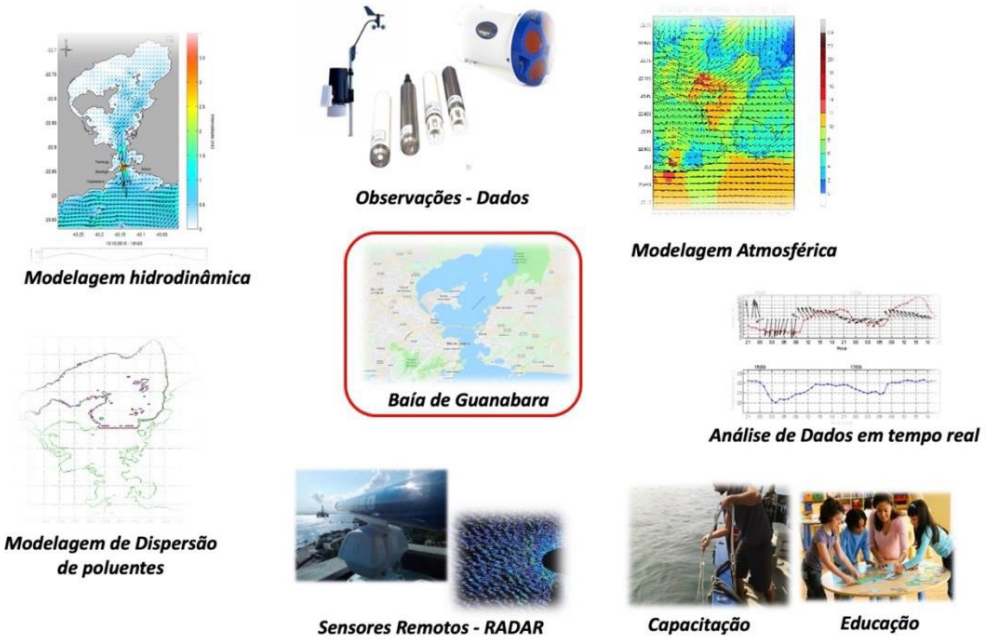


Figura 1. Desenho esquemático dos métodos de investigação utilizados de forma integrada para obtenção dos diagnósticos e prognósticos ambientais disponibilizados pela plataforma digital do Projeto Baía viva.

REFERÊNCIAS

Bergamo, A. L. 2006. 200p. Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações sazonais e Moduladas pela Maré. Tese (Doutorado em Oceanografia Física), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Rangel, Rafael Henrique Oliveira; de Freitas Assad, Luiz Paulo; PASSOS, ELISA NÓBREGA ; Souza, Caio ; Cossich, William ; Dragaud, Ian Cunha D¿Amato Viana ; TOSTE, RAQUEL ; Hochleitner, Fabio ; LANDAU, LUIZ . Marine and Atmospheric Forecast Computational System for Nautical Sports in Guanabara Bay (Brazil). Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, 2019, v. 11539, p. 215-228.

PROJETO BSAFE4SEA: DESENVOLVIMENTOS RECENTES

C.J.E.M. Fortes, M.G. Neves, A. Mendonça, R. Capitão, L.V. Pinheiro, R. Lemos, A.C. Zozimo, J.A. Santos, F. Soares, U. Andriolo, M.J. Henriques, M.T. Reis

*DHA-NPE,LaboratórioNacionaldeEngenhariaCivil,Portugal,jfortes@lnec.pt

Palavras chave: Bsafe4Sea, Dano, Modelação física, Modelação Numérica, Peniche, Ericeira.

RESUMO

O projeto BSafe4Sea visa desenvolver, testar e comprovar o conceito de previsão do comportamento estrutural de quebra-mares de talude, que constitui a base de um sistema inovador de apoio à decisão. A utilização de fotografias aéreas obtidas com veículos aéreos não tripulados (drone), de vídeo e de posicionamento via satélite (GNSS), juntamente com a avaliação probabilística do comportamento dos quebra-mares baseada em modelos físicos e numéricos, apoiarão o planeamento e a priorização de trabalhos de manutenção e reparação, aumentando a segurança, funcionalidade e resiliência destas obras. A urgência da implementação deste sistema é justificada, quer por os quebra-mares estarem sujeitos a condições de agitação marítima mais extremas devido às alterações climáticas, quer pela elevada relevância que estes sistemas assumem atualmente na operacionalidade das redes de transporte de mercadorias e passageiros.

O objetivo desta comunicação é descrever o projeto BSafe4Sea, nomeadamente os seus objetivos, as suas atividades e metodologias, e os principais resultados atingidos até ao momento.

1. INTRODUÇÃO

Os quebra-mares de taludes (QMT) são comummente usados para proteger os portos da agitação marítima incidente e, por serem especialmente adequados para regiões com regimes de agitação marítima mais severos, são os mais frequentes em Portugal. A grande vantagem dos QMT está associada à natureza progressiva do seu modo de falha principal, especialmente da falha do manto principal, o que permite a sua reparação. O caráter aleatório da agitação incidente, os efeitos das alterações climáticas, o alto investimento de capital na construção dos QMT e a sua importância para a proteção dos portos, justificam a monitorização regular do comportamento do QMT, de forma a identificar as necessidades de manutenção e reparação da estrutura, evitando maiores riscos e custos se nenhuma decisão ou ação for tomada a tempo.

Neste sentido, o projeto BSafe4Sea (http://bsafe4sea.lnec.pt) visa o desenvolvimento, a aplicação e o teste de metodologias de previsão do comportamento estrutural de QMT, que serão a base de um sistema inovador de apoio à decisão para o planeamento e priorização de trabalhos de manutenção/reparação, aumentando, assim, a segurança, funcionalidade e resiliência dos QMT.

A inovação deste projeto resulta de:

- Aplicação de métodos de monitorização de alta precisão de QMT, permitindo uma avaliação quantitativa do estado da estrutura. A prática comum em Portugal baseia-se na observação visual, originando apenas uma caracterização qualitativa do estado do QMT;
- Avaliação dos métodos de monitorização para definir os mais adequados, quer *in situ* (protótipo) quer em laboratório (modelo);

- Novos modelos para a evolução do dano do talude em quebra-mares com blocos artificiais (tetrápodes e cubos Antifer);
- Validação de um modelo numérico RANS, quer na modelação física das forças dinâmicas em superestruturas devido à ação da onda, quer na modelação em protótipo.
- Desenvolvimento de um sistema de previsão e alerta, testado e implementado para dois locais de teste: Peniche e Ericeira.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS

O projeto Bsafe4Sea está dividido em seis atividades principais. Descrevem-se, em seguida, os principais resultados obtidos até à data em cada uma das atividades.

Atividade 1 – Medições *in situ* de deslocamentos em QMT, para detetar alterações no talude e na superestrutura, usando técnicas fotogramétricas (Henriques *et al*., 2019) e, num bloco de betão da superestrutura, por métodos topográficos (nivelamento trigonométrico). Foram realizados levantamentos aéreos com *drone* no quebra-mar de Peniche (2019 e 2020), precedidos da marcação e coordenação de pontos de apoio. O processamento dos dados foi feito com geração de nuvens de pontos, de modelo numérico de superfície e de ortomosaico e de cálculo de altitudes dos pontos nivelados no bloco de betão da superestrutura. A comparação destes produtos permitiu avaliar as diferenças no talude e superestrutura entre os dois anos de observações, Figura 1a.

Atividade 2 – Medições da hidrodinâmica junto aos QMT, com a aplicação de técnicas de vídeo para monitorização e medição da celeridade da onda e do espraiamento, permitindo a obtenção de dados em tempo real, e a construção de longas séries de dados para apoiar a calibração e validação de modelos numéricos e fórmulas empíricas. Com esse propósito, foram instaladas na Ericeira e em Peniche câmaras IP que se encontram a adquirir imagens desde outubro de 2020, tendo sido iniciado o processamento e análise das imagens da Ericeira, Figura 1b;

Atividade 3 – Modelação Física, com realização de ensaios em modelo físico reduzido, para a determinação da resposta de secções típicas dos QMT a um conjunto de estados de agitação, incluindo cenários de alterações climáticas. Foram realizados ensaios de estabilidade, quer dos mantos de proteção quer da superestrutura, e de galgamentos para os dois quebra-mares de estudo (Santos *et al*., 2021). Os dados obtidos (elevação da superfície livre, espraiamento, galgamento e pressões na superestrutura) serão utilizados para a calibração e validação de modelos numéricos e fórmulas empíricas (atividades 4 e 5), Figura 1c. Iniciou-se o tratamento das imagens vídeo dos ensaios para análise dos movimentos dos blocos. A combinação entre a informação 3D de uma nuvem de pontos e a informação visual de uma imagem digital é um fator chave para estimar a localização espacial do centro geométrico dos blocos. A localização do ponto central de um bloco, em diferentes instantes, permite obter o seu deslocamento espacial. Foi desenvolvida uma metodologia que permite obter, com sucesso, deslocamentos em blocos de geometria cúbica, Figura 1c.

Atividade 4 – Modelação numérica da evolução de danos em taludes, para estabelecimento de fórmulas de previsão da evolução dos danos em mantos constituídos por blocos artificiais e estabelecimento de um procedimento para avaliar esse dano quando excede um determinado valor. A validação das fórmulas será efetuada com os dados obtidos nas atividades 1 a 3, sendo estas fórmulas incluídas no sistema de previsão e alerta (Atividade 6). Foi já aplicada a fórmula de Melby e Kobayashi para calcular o dano médio no período de 100 anos.

Atividade 5 – Modelação numérica da resposta da superestrutura, para o estabelecimento de fórmulas para a previsão da estabilidade da superestrutura. Os dados do modelo físico e do modelo numérico são usados para a escolha da fórmula (Pereira *et al*., 2021) a ser

incorporada no sistema de previsão e alerta. Os dados de pressão obtidos nos ensaios foram analisados e comparados com os resultados das fórmulas disponíveis na literatura para os dois quebra-mares em estudo. Está em curso a análise dos resultados do modelo IH2VOF, com a comparação com os resultados dos ensaios, para possibilitar a ampliação do leque de condições de agitação analisadas, Figura 1d.

Atividade 6 – Protótipo do sistema de previsão de danos, com o desenvolvimento de um sistema de previsão, alerta e decisão para a avaliação da segurança dos quebra-mares, para os portos de Peniche e da Ericeira. Serão incluídas as fórmulas desenvolvidas nas atividades 4 e 5 permitindo, com base nos estados de mar, estimar a evolução do dano do QMT e o comportamento da superestrutura ao longo de um determinado intervalo de tempo. A comparação dessas estimativas com limites predefinidos, permite identificar a necessidade de intervenções e a sua priorização. O protótipo para a Ericeira já está implementado, estando em curso a sua afinação, Figura 1e.

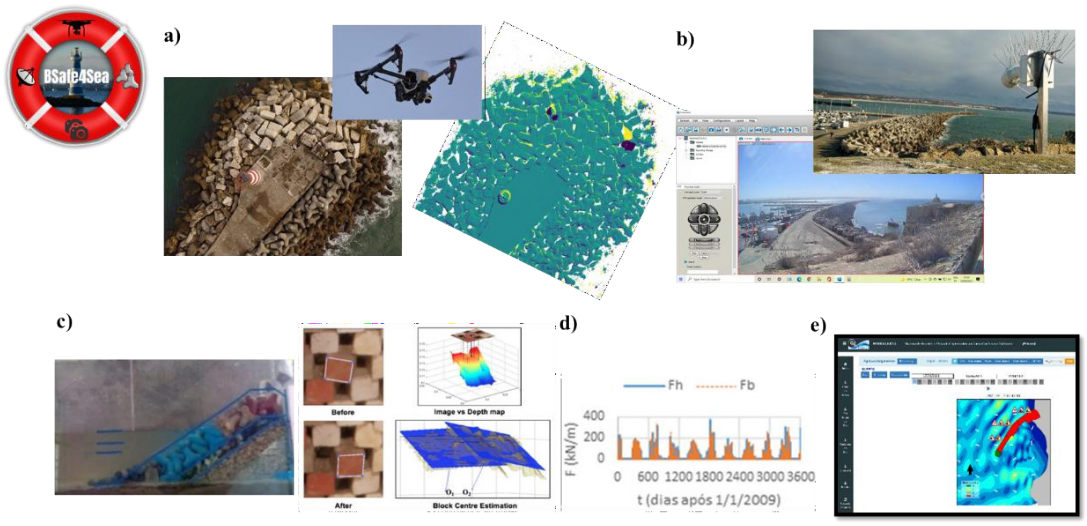


Figura 1. a) Act. 1 – Drone. imagem drone, deteção de alterações na cabeça do quebra-mar por comparação de modelos numéricos de superfície; b) Act. 2 – Câmara IP instalada no porto de Peniche e controlo e aquisição de imagem i; c) Act. 3 – Secção transversal do modelo físico e deteção de movimentos; d) Act. 5 - Forças na superestrutura medidas nos ensaios; e) Act. 6 – Página web com previsões e alertas de galgamentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto da FCT: BSAFE4SEA - Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

REFERÊNCIAS

Henriques, M.J.; Capitão, R.; Fortes, C.J.E.M., Silva, H.; Reis, M.T.L.G.V.; Lemos, R. (2019) Photo surveys with drones. The improvement of OSOM+, the systematic monitoring of maritime works. JISDM 2019.

Pereira, F.; Neves, M.G.; López-Gutiérrez, J.-S.; Esteban, M.D.; Negro, V. (2021) Comparison of Existing Equations for the Design of Crown Walls: Application to the Case Study of Ericeira Breakwater (Portugal). J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9(3), 285; https://doi.org/10.3390/jmse9030285

Santos, J.A., Lemos, R., Fortes, C.J.E.M., Neves, M.G., Pinheiro, L.V., Pinto, M., Sanches, C., Gueifão, J., Zózimo, A.C. (2021) - Modelação física da resposta à agitação incidente de um trecho do quebra-mar do porto da Ericeira. 15º Congresso da Água. Lisboa, 22 a 26 de março (online).

RADAR BIG – A SAÚDE AMBIENTAL DA BAÍA DE ILHA GRANDE, RJ

Mônica Dias Corrêa da Silva*, Marcos Bastos Pereira, Silvia Marie Ikemoto, Helen Norões Rolin, Luiz Eduardo de Souza Moraes, Tiago de Carvalho Franca Rocha, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

Doutoranda, em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ - Faculdade de Oceanografia, Brasil. monicadias42@gmail.com

Palavras chave: Serviços ecossistêmicos, Gestão ecossistêmica, Pressão ambiental

INTRODUÇÃO

O Projeto Gestão Integrada do Ecossistema da Baía de Ilha Grande - Projeto BIG é uma iniciativa do Governo do Estado do Rio de Janeiro, por meio da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), em parceria com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), com o financiamento do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF) e com a participação de diversos atores locais, incluindo as prefeituras de Angra dos Reis e Paraty. A Iniciativa BIG 2050 tem por objetivo promover a Gestão Integrada de Ecossistemas na Baía da Ilha Grande baseada em incentivo, induzindo o surgimento de soluções colaborativas tanto para o monitoramento quanto para a valorização ou recuperação dos bens ou serviços ecossistêmicos, visando à saúde ambiental da região. Dentre os principais objetivos da Iniciativa BIG 2050, destaca-se o estabelecimento de uma plataforma de monitoramento dos processos e serviços ecossistêmicos da Baía da Ilha Grande que permite identificar as maiores sensibilidades na saúde ambiental de seus ecossistemas. Esta frente de atuação da Iniciativa é denominada **Radar BIG 2050**.

O Radar BIG 2050 é uma plataforma de monitoramento de indicadores a longo prazo que permite avaliar a saúde ambiental da Baía da Ilha Grande desenvolvido pelo Fundo das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura FAO em parceria com o Instituto Estadual do Ambiente e ancorado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. O Radar é um dos mecanismos que compõem a Iniciativa BIG 2050 (www.big2050.org.br), que tem por objetivo promover a Gestão Integrada de Ecossistemas na Baía da Ilha Grande baseada em incentivo, induzindo o surgimento de soluções colaborativas tanto para o monitoramento quanto para a valorização ou recuperação dos bens ou serviços ecossistêmicos, visando à saúde ambiental da região.

METODOLOGIA

O Radar BIG é conceitualizado em três abordagens teóricas (Radar Big 2050, Documento Descritivo e Resultados do 1º Ciclo, 2016). Análise hierárquica de processos (Saaty, 1990), abordagem DPSIR - Drivers-Pressures-State-Impact-Response, cuja abordagem busca integrar as relações entre a sociedade e o meio ambiente em um modelo sistêmico de causa-efeito, de modo que: os desenvolvimentos (Drivers) sociais e econômicos exercem pressão (Pressure) sobre o meio ambiente e, como consequência, o estado do ambiente (State) sofre alterações, levando a impactos (Impact), para a saúde humana e os ecossistemas, que podem requerer uma resposta (Response) social capaz de agir sobre os drivers, as pressões, o estado ou sobre os impactos diretamente, e abordagem de Serviços Ecossistêmicos baseado no Millennium Ecosystem Assessment, 2003. A partir desta base conceitual, o Radar da BIG é estruturado contendo 11 níveis de avaliação que

geram notas de 0 a 1 para o estado de saúde ambiental da Baía de Ilha Grande - BIG. Saúde BIG é o nível mais elevado da estrutura, cuja "nota representará o status de Saúde da BIG como um todo em termos de qualidade de Serviços Ecossistêmicos. As notas dos indicadores de estado são classificadas em classes previamente estabelecias por especialistas em cada área de conhecimento e explicitadas em protocolos específicos para cada indicador. Todos os aspectos sobre integração dos dados obtidos e informações do Radar BIG 2050 estão materializados no protótipo denominado SISMO (Sistema de Monitoramento).

Foram utilizados no sistema 27 indicadores de qualidade ambiental (peixes recifais, bentos de substrato consolidado e inconsolidado, impossex em gastópodes e TBT, zooplâncton e fitoplâncton, microlixoplástico, clorofila e turbidez, metais pesados, poluentes orgânicos persistentes, hidrocarbonetos, peroxidação lipídica, pressão de CO2, demanda biológica de oxigênio e descarga de sedimentos e nutrientes). Os indicadores são obtidos através de dados primários, em campanhas amostrais na BIG, segundo protocolos próprios para cada indicador, e dados secundários, obtidos em plataformas digitais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois ciclos de avaliação foram finalizados com apontamentos de notas para os serviços ecossistêmicos da Baía de Ilha Grande. As notas dos indicadores ambientais foram enquadradas em uma escala de classificação de cores e notas, que vão da melhor performance ambiental (nota 1,0) até a pior performance ambiental (nota 0,0), seguindo como critérios para alertas ambientais, notas enquadradas nas duas classes mais inferiores do sistema (fig.1).

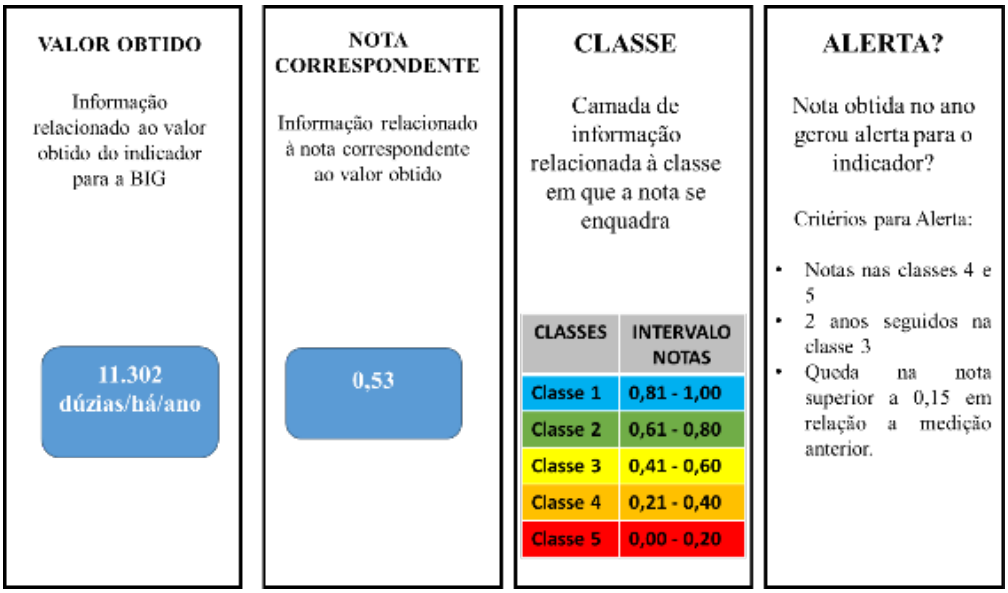


Figura 1. Classificação de notas para os indicadores com enquadramento em classes de qualidade ambiental.

No ano de 2017, foram utilizados apenas dados secundários para obtenção dos indicadores de qualidade ambiental resultando em uma nota final de 0,89 para o ambiente da Baía de Ilha grande. No ano de 2018, foram adicionados ao processo, os levantamentos primários, com amostragens em campo, para indicadores determinados, que resultaram em Alertas ambientais gerados pelos indicadores: Impossex em gastrópodes marinhos, saúde de corais nativos, pressão de CO_2 riqueza de peixes recifais e microlixoplástico, e nota final de 0,85 para o ambiente. O tributilestanho (TBT) foi empregado por muitos anos, em escala global, como principal biocida ativo em tintas anti-incrustantes. O uso do TBT é

descrito desde a década de 1960 com utilização insistentemente até 1990 (Castro & Fillmann, 2012; Fent, 2003, Godoi *et al*., 2003), sendo essa via apontada como a principal via de disponibilização do composto para o meio ambiente (Du *et al*., 2014; Godoi *et al*., 2003). Este composto é capaz de provocar alteração morfológica das estruturas sexuais em fêmeas de gastrópodes através de alterações endócrinas (impossex). Na Baía de Ilha Grande, dos 22 pontos de monitoramento em 2018, apenas um, localizado na Ilha do Pasto em Angra dos Reis, não apresentou ocorrência de gastrópodes com esta alteração morfológica sexual (Impossex). Foi observado porcentagem de 100% de ocorrência de impossex em 4 pontos de monitoramento (Ilha da Bexiga Paraty, Ilha do Araújo Paraty, Ponta de São Gonçalo Paraty e Próximo à Praia do Frade Angra dos Reis).

Quanto a saúde dos corais nativos, foi observado branqueamento dos corais da espécie *Mussismilia hispida* em todos os 22 pontos de monitoramento. O branqueamento de corais vem se mostrando uma grave consequência da ação do homem sobre os ecossistemas marinhos. Este grave evento é resultante da perda de algas simbiontes, chamadas zooxatelas. Com essa perda os corais sofrem despigmentação, carecem de alimentação e acabam por morrer (branqueamento). As principais causas apontadas na atualidade para o branqueamento de corais, são, o aquecimento global devido ao aumento significativo de gases lançados na atmosfera, principalmente gás carbônico (CO2) resultado da queima de combustíveis fósseis (Horta *et al*., 2016; Castro, 2016); e a acidificação dos oceanos, processo iniciado desde a primeira revolução industrial com a instalação acelerada das indústrias por todo o continente Europeu, elevando a emissão de CO2. Segundo Sodré *et al* (2016), quanto maior a quantidade de CO2 liberado, maior será absorção pelo oceano, provocando uma reação entre CO2 e água resultando na produção de ácido carbônico, levando como ocorrência a acidificação dos oceanos. As diferenças entre a pressão parcial de CO2 (pCO2) na superfície oceânica e na atmosfera é o que vai definir qual a atuação de uma determinada região oceânica quanto ao consumo de CO2, podendo ser uma fonte, quando o oceano está supersaturado de CO2 e o libera para a atmosfera, ou consumidor/sumidouro, quando a região está insaturada, absorvendo CO2 da atmosfera (Brandão, 2017). Na Baía de Ilha Grande, dos 22 pontos de monitoramento, apenas 3 pontos não registraram concentrações de CO2 maiores na água que no ar, indicando que a BIG funciona como uma fonte de CO_2 para atmosfera.

Outro alerta gerado para Baía de Ilha Grande, foi a concentração de microplástico disperso na coluna d'água. Microplásticos é um termo usado para agrupar uma gama de diferentes materiais sintéticos poliméricos de tamanho <5 mm. Esses materiais têm sido relatados por diversos estudos, em diferentes matrizes ambientais, a nível global e apresentam riscos físicos e químicos para os organismos na base da cadeia alimentar (Olivatto *et al*, 2018). A distribuição do microplático registrado ao longo das estações amostrais do presente estudo, revela uma ampla distribuição dos materiais, estando ausente somente em uma estação de coleta. As estações com maior abundância, surpreendentemente, estavam localizadas nas maiores distâncias da costa, demonstrando que os plásticos são facilmente carreados pelas correntes costeiras, além do fator que grande quantidade do microplástico encontrado estava relacionado com nylon presente em redes apetrechos de pesca. Foram encontrados números significativos de fragmentos de redes de pesca (em 6 dos 18 locais de amostragem) relacionados as atividades pesqueiras existente na área de estudo.

CONCLUSÃO

Nesta região, de extremo valor ambiental, é cada vez mais urgente, o desenvolvimento de estudos que visem integrar diversos setores e serviços ecossistêmicos, e que sejam capazes de apontar não só os problemas ambientais, como também sugerir alvos para atuação de melhorias ambientais. O presente estudo, se propõe, a formar uma rede de pesquisa integrada, para monitorar a região ao longo do tempo, apontando os setores do ambiente que mais precisam de atenção.

REFERENCIAS

BRANDÃO, D.B. Estimativa do fluxo de CO^2 no oceano atlântico utilizando dados de navios e satélite. Dissertação (mestrado) – *Universidade Federal do Ceará*, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2017.

CASTRO, C. B.; ZILBERBERG, C. *Recifes brasileiros, sua importância e conservação*. In:

ZILBERBERG, C. *et al*. Conhecendo os recifes Brasileiros rede de pesquisas Coral Vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 360 p. 2016.

HORTA, P. A.; SISSINI, M. N.; BERGSTROM, E.; FREIRE, V.; BASTOS, E.; MARTINS, G.; LUCENA, L. A.; MARTINS, C.; BARUFI, J. B.; RORIG, L.; RIUL, P.; GURGEL, C. F.

Papel das algas nos recifes e interferências antrópicas. In: ZILBERBERG, C. *et al*. Conhecendo os recifes Brasileiros rede de pesquisas Coral Vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 360 p. 2016.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. *Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno*. Rev. Virtual Quim. Vol 10, No. 6, p.1968-1989. 2018.

SAATY, T.L. "*How to make a decision: The analytic hierarchy process*". European Journal of Operational Research, Vol.48 No.1, pp.9-26. 1990. disponível em: http://www.scopus.com

SODRÉ, C. F. L., SILVA, Y. J. A.; MONTEIRO, I. P. *Acidificação dos Oceanos: fenômeno, consequências e necessidades de uma governança ambiental global*. Revista Cientifica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNB, v. 1, n. 4, 2016.

ROTEIRO DE RESILIÊNCIA AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO ECOSSISTÊMICA COSTEIRA.

Mônica Dias Corrêa da Silva[1], Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, Marcos Bastos Pereira

[1] *Doutoranda, em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ - Faculdade de Oceanografia, Brasil. monicadias42@gmail.com*

Palavras chave: resiliência ecológica, avaliação de resiliência, gestão ambiental

INTRODUÇÃO

No âmbito da ecologia, o termo resiliência, surgiu na década de 70, como contraponto ao paradigma da estabilidade ecológica (Holling, 1973), desenvolvendo-se nas décadas seguintes em um corpo teórico robusto, estabelecendo-se como paradigma central da ecologia de ecossistemas (O'Neill *et al*., 2010). A partir do trabalho de Holling (1973) os estudos sobre a dimensão ecológica da resiliência ganharam amplo espaço em perspectiva de duas faces principais: resistência e recuperação. Ao resistir, os sistemas ecológicos passam por distúrbios sem que suas estruturas sejam alteradas, ao se recuperar, assumem uma velocidade de retorno à estrutura original após o choque (Folke *et al*, 2005). A teoria da resiliência oferece a visão da sustentabilidade, e abraça a mudança como uma característica básica, da maneira como os sistemas funcionam e se desenvolvem, sendo especialmente apropriado em momentos em que as mudanças são uma característica proeminente (Prado *et al*, 2015).

Devido ao intenso uso ecossistêmico das zonas costeiras, programas de gestão ambiental, que sejam capazes de fomentar ações de avaliação e controle da saúde ambiental, bem como estimar a capacidade de suporte do ambiente aos usos e impactos gerados, são cada vez mais necessários, sendo a avaliação da resiliência ambiental local um dos primeiros passos na construção desses programas. Um roteiro de resiliência ecológica capaz de, diante de cenários de usos, prever o limite de usos dos sistemas ambientais pode ser uma ferramenta de gestão ambiental eficaz e replicável a outras zonas costeiras.

O presente estudo tem por objetivo fornecer recursos teóricos para construção de um roteiro de avaliação de resiliência ambiental a ser adotado como subsidio aos processos de gestão e remediação ambiental e ser utilizado como referência para outras regiões costeiras.

METODOLOGIA

Como primeiro passo para construção do roteiro de avaliação de resiliência ambiental foram realizadas pesquisas bibliográficas nas bases Google acadêmico, Science direct, Scielo, Scopus e Periódico Capes. Foram utilizados os descritores: resiliência ambiental, resiliência, avaliação de resiliência, gestão ecossistêmica, gestão ambiental, resiliência de zonas costeiras, visando o levantamento teórico sobre o tema resiliência ambiental e trabalhos que dessem suporte a elaboração de um roteiro de avaliação da resiliência ambiental e aplicação do mesmo a zonas costeiras. A leitura do material levantado seguiu um esquema de avaliação crítica de leitura inicial dos resumos, verificando a adequação dos mesmos ao presente estudo. Foram destacados estudos que fornecessem recursos teóricos para a construção do roteiro de resiliência ambiental para zonas costeiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um roteiro para avaliação da resiliência ambiental foi construído baseado no método proposto pela Resilience Alliance (www.resalliance.org) e no trabalho de Buschbacher *et al*, 2016, que desenvolveu uma metodologia de avaliação de resiliência, baseada no manual anual de Avaliação da Resiliência para Profissionais (Resilience Alliance, 2007).

Esta metodologia leva em consideração, e adota como passos fundamentais para a abordagem de resiliência, os conceitos de questões-chave e limites do sistema, a história do sistema, e usa a história como base para a definição dos principais causadores de mudança e interações entre diferentes escalas. O trabalho proposto por Buschbacher *et al*. (2016), propõe uma aplicação do roteiro de resiliência para analisar a dinâmica de sistemas socioecológicos complexos na região noroeste do Mato Grosso na Amazônia brasileira. Entretanto, seu embasamento teórico permitiu o desenvolvimento do presente roteiro. Os resultados propostos para o presente estudo, apontam para seis passos fundamentais na concepção de um roteiro de avaliação de resiliência ecológica. Os passos propostos por Buschbacher *et al*. (2016) e Resilience Alliance (2007) foram adequados a realidade ambiental das zonas costeira, e, de maneira a apontar e caracterizar, não só o desenvolvimento histórico local, como também a condição da biodiversidade ao longo do tempo.

Foram definidas seis etapas/passos na abordagem de resiliência de áreas costeiras:

1. Definição de uma questão central; que deve retratar a temática que se pretende abordar na pesquisa. A temática deve ser calar, executável e pertinente. No presente estudo esta questão está centrada em como manter uma sustentabilidade dos ecossistemas das zonas costeiras diante do crescente papel das forçantes de impacto;

2. Definição dos limites a serem adotados, histórico e geográfico. O estabelecimento de limites é determinante para o andamento do estudo. Os limites devem ser estabelecidos, de maneira a definir o campo de atuação da pesquisa. No roteiro de resiliência é vital a determinação de limites históricos e geográficos. O limite histórico é definido como o período de tempo em que a avaliação de desenvolvimento local deve estar focada, e o limite geográfico como a abrangência espacial na qual os levantamentos devem ser limitados.

3. Caracterização histórica. Focada no desenvolvimento local, através da criação de uma matriz de tempo, que acompanhe e destaque pontos principais nos usos crescentes dos ecossistemas, como crescimento populacional, ocupação da linha de costa, crescimento industrial, turismo, pesca, impactos ambientais e criação de unidades de conservação. O levantamento e caracterização das fontes de poluição, bem como, dos eventos que levaram ao comprometimento do ambiente é determinante para esta etapa.

4. Caracterização Ambiental. Aponta a qualidade ambiental da região com levantamento de indicadores primários e secundários de biodiversidade e parâmetros ambientais.

Estas duas últimas etapas compõe a questão “resiliência do que? Contra que? onde segundo Carpenter *et al*, 2001, um conjunto de “atributos” são escolhidos para caracterizar o sistema. No presente roteiro de avaliação de resiliência ambiental, os atributos (resiliência do que?) estão focados nas questões que caracterizam a qualidade ambiental, como a biodiversidade e os parâmetros abióticos, e as questões de causas (contra que?) nas forçantes de pressão ambiental do sistema, que devem ser focadas nas fontes potencialmente poluidoras.

5. Criação de cenários de crescimento e desenvolvimento futuro.

Enquanto as etapas 1 a 4 da avaliação de resiliência visam caracterizar o sistema e entender suas dinâmicas históricas e atuais, as etapas seguintes são destinadas a orientar ações de gestão. Essa fase tem início com a análise de cenários, baseados em matrizes de impactos, gerando hipóteses de realidades futuras de uso da região costeira em estudo, em situações crescentes de impactos ambientais, avaliando como seriam as

mudanças no sistema abordado. Esta análise deve ser pautada nas prováveis causas de mudança (drivers) no futuro e consistirá em modelar cenários ambientais possíveis, desde a estabilidade ecossistêmica até a destruição total dos ecossistemas. A elaboração dos cenários para o presente roteiro, baseada em Cavalcante & Leite (2016), deve englobar a definição da classificação dos impactos através da construção da planilha de aspectos e impactos, a classificação e importância dos impactos, a quantificação dos impactos através da construção de Matrizes de interação e a Identificação dos pontos prioritários para tomadas de ações, baseados nos impactos x alertas x fontes de pressão.

6. Proposição de estratégias

Com base nos conhecimentos adquiridos, sobre as pressões ecossistêmicas, e avaliação de cenários futuros, a última etapa dentro da abordagem de resiliência ecológica, deve ser uma discussão de como promover um cenário ambiental desejável. Esta discussão deve ser capaz de realizar, apontamentos de estratégias de enfrentamento, com respostas a curto prazo dos problemas levantados, e estratégias adaptativas com respostas a longo prazo, identificando e apontando assim os passos para mover o sistema para uma direção percebida como positiva.

CONCLUSÃO

Este artigo propõe um roteiro para avaliação de resiliência para zonas costeiras, com uma estrutura que prevê o uso de indicadores de caráter social, econômico e ambiental que irão contribuir para a construção de cenários como forma de gerar hipóteses de realidades futuras em situações crescentes de impactos ambientais. Estes cenários irão apontar e contribuir na gestão dos diversos usos e conflitos dos serviços ecossistêmicos da região.

REFERÊNCIAS

BUSCHBACHER, R., ATHAYDE, S., BARTELS, W., & MELLO, R. Avaliação da Resiliência como ferramenta para entender a fronteira amazônica como um sistema socioecológico. *Sustentabilidade em Debate*, 7(2): 36-52. 2016.

CAVALCANTE, L.G., LEITE, A.O.S. Aplicação da Matriz de Leopold como ferramenta de avaliação dos aspectos e impactos ambientais em uma fábrica de botijões. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 111124, jun. 2016.

CARPENTER, S.R, WALKER B., ANDERIES, J.M., & ABEL, N. From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems*, (4): 765–81. 2001

FOLKE, C., HAHN, T., OLSSON, P., & NORBERG, J. Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environmental Resources*, 30:441-473. 2005.

HOLLING, C.S. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 4, p. 1–23. 1973.

PRADO, D.S., SEIXAS, C.S., & BERKES, F. Looking back andlooking forward: exploring livelihood change and resiliencebuilding in a Brazilian coastal community. *Ocean and Coastal Management*, 113:29-37, de http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.018. 2015.

RESILIENCE ALLIANCE. *Assessing and Managing Resilience in Social-ecological Systems: a Practitioners Workbook*, vol. 1 version 10, de http:// www.resalliance.org/index.php/resilience_ assessment.2007.

SUBIDA DO NÍVEL DO MAR E DIREITO INTERNACIONAL

Paulo Canelas de Castro

Faculdade de Direito, Universidade de Macau, Macau (China); Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra (Portugal) pcanelas@umac.mo

Palavras-chave: comunidade internacional; cooperação internacional; condição de Estado; Direito Internacional; Direito do mar; estados costeiros; estados insulares; linhas de base; mudanças climáticas; paradigmas; proteção das pessoas; subida do nível do mar

INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas classifica as mudanças climáticas como o problema da hora contemporânea, chegando a definir a era corrente como a era das mudanças climáticas. Mas esse deve também ser o tempo de definição da resposta a estas mudanças climáticas e a algumas das suas mais poderosas manifestações ou consequências. A subida do nível do mar é um dos efeitos mais alarmantes das mudanças climáticas. A escala do fenómeno não tem precedentes, devendo por isso também atrair rapidamente atenção global e suscitar prioridade na ação de resposta. Dados de medições de satélite indicam um aumento global acelerado do nível do mar de 7,5 centímetros (cm) de 1993 a 2017. Tal equivaleria aproximadamente a uma subida de 30 cm no decurso do século. Mas, de acordo com o último Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), esta subida do nível do mar tende a acelerar e a acentuar-se. Uma subida do nível do mar desta grandeza tem necessariamente um enorme impacto no conjunto da comunidade internacional. De acordo com trabalho, também recente, da Comissão de Direito Internacional da ONU, mais de 70 Estados, o que constitui um terço dos Estados da comunidade internacional, serão diretamente afetados pela subida do nível do mar. Parece por isso inegável que o problema não pode deixar de ser equacionado, e de forma urgente, do ponto de vista do Direito Internacional, que é o Direito com que a comunidade internacional responde aos problemas da governação global, definindo os comportamentos que entende imporem-se perante esses problemas. Em particular, esta questão e as suas implicações no direito internacional são de importância crítica para os estados costeiros de baixa altitude e para pequenos estados insulares. A subida do nível do mar expõe essas áreas a riscos de inundação parcial ou total. As áreas costeiras e os pequenos Estados insulares estão na linha de frente das mudanças climáticas e são particularmente vulneráveis ao impacto adverso da subida do nível do mar.

IMPLICAÇÕES DO AUMENTO DO NÍVEL DO MAR E DIREITO INTERNACIONAL

O atual regime do Direito Internacional para o mar prevê que a geografia costeira e as linhas de base determinam os limites externos das zonas marítimas dos estados, bem como as fronteiras marítimas entre os estados. Contudo este regime foi concebido tendo em vista condições geográficas estáveis. É um regime jurídico adaptado às circunstâncias geográficas do tempo em que foi adotado. Porém, 0 reconhecimento atual da alarmante subida do nível do mar envolve a perceção de que esta subida põe em causa o bem-estar dos estados e das populações que neles residem. À medida que o fenómeno das mudanças climáticas se agrava e aumenta também rapidamente o nível do mar, importa também introduzir alterações, por vezes fundamentais, no direito internacional que lida com a questão. O problema tem sido sobretudo objeto de uma deliberação normativa com propósito criador em duas altas instâncias internacionais: a Comissão de Direito Internacional da ONU e a vetusta Associação de Direito Internacional. Ambas abordam a questão da necessidade de resposta normativa apropriada à gravidade do fenómeno em três momentos temáticos: (A.) Direito do mar, (B.) a condição de Estado, e (C.) a proteção das pessoas afetadas pela subida do nível do mar.

1. DIREITO DO MAR

A subida do nível do mar terá certamente sérias consequências no Direito do mar. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS, na sigla conhecida, em língua inglesa) desempenha um papel crucial na determinação das zonas marítimas dos estados costeiros. O limite que é usado para medir as várias zonas marítimas destes estados é designado de linha de base. É a partir das linhas de base que diferentes zonas marítimas são definidas e que os limites externos das fronteiras marítimas são determinados. A referência à linha de base também é fundamental para a delimitação das fronteiras marítimas entre os estados. No entanto, a subida crescente do nível do mar traz consigo incertezas a uma matéria que, pela sensibilidade de que se reveste, as não deveria conhecer. Com a subida do nível do mar espera-se que as linhas de base de muitos Estados se desloquem gradualmente em direção à terra, com repercussão também nos limites externos das zonas marítimas. A admitir-se tal movimento, pode estar em causa toda a estrutura das zonas marítimas como a conhecemos no atual direito do mar. Verifica-se que a UNCLOS foi formulada levando em consideração a geografia costeira do tempo em que foi negociada e adotada. Mas, assim como esta, ela não traz remédio adequado às possíveis consequências da subida do nível do mar; o Direito do Mar atual antes se revela incapaz de lidar com as mudanças substanciais na geografia costeira causadas pelo fenómeno da subida do nível do mar. Para proteger os Estados costeiros e os seus direitos relativamente ao mar antes se torna necessária uma reformulação do regime jurídico internacional que o adapte à evolução da dinâmica das condições geográficas.

2. CONDIÇÃO DE ESTADO

O impacto da subida do nível do mar sobre os Estados dá origem a questões fundamentais sobre a condição do próprio sujeito perene do direito internacional, o Estado. Os critérios de definição do Estado, de acordo com o direito internacional, incluem: (a) uma população permanente; (b) um território definido; (c) governo; e (d) capacidade para estabelecer relações com outros Estados. Embora o problema da criação de um Estado seja um tema fortemente enraizado no direito internacional, é menos claro como hoje se dá a extinção de um Estado e que efeitos esta teria. Alguns especialistas sustentam que a extinção de Estados se verifica de acordo com os mesmos critérios a que se olha na determinação da sua existência. De acordo com esta perspetiva, a subida do nível do mar pode ter o efeito de pôr em causa a condição de Estado no quadro do direito internacional. Seguramente que, a hipótese mais radical, da inundação total de um estado tornaria o território inabitável, redundando na eliminação da população, que se veria forçada a migrar. O que significaria que esse estado não mais conseguiria preencher os critérios de estadualidade. Uma tal hipótese, mas também outras mais moderadas, levantam uma miríade de questões cuja solução parece ter que se buscar na noção de bem das gerações futuras.

3. PROTEÇÃO DE PESSOAS AFETADAS PELA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

Várias outras discussões respeitam à proteção das pessoas que, muito provavelmente, virão a ser diretamente afetadas pela subida do nível do mar. Em particular, é provável que a subida do nível do mar resulte na deslocação de grandes massas da população, prejudicando a sua subsistência e eliminando os seus meios de sobrevivência. O dever dos Estados de prestar assistência na proteção dos direitos humanos terá que ser reexaminado em função dos danos que sofrem as pessoas diretamente afetadas pela subida do nível do mar. Não é claro que os estados possam tomar providências para ajudar a sua população a permanecer *in situ*. Além disso, há ambiguidade em relação à evacuação, relocalização e migração de pessoas causada pelos efeitos adversos da subida do nível do mar. Importa com certeza recorrer aos princípios do Direito Internacional Humanitário e robustecer as normas que os aplicam, porventura através da adoção de um protocolo claro para proteger Estados e pessoas diretamente afetados por este fenómeno.

CONCLUSÕES

A subida do nível do mar e a maré de problemas que cria impõem um reexame dos paradigmas atuais do direito internacional. O primeiro passo para conter os efeitos negativos da subida do nível do mar seria fazer com que do direito internacional passassem a constar obrigações para conter o próprio fenómeno. A comunidade internacional deve unir-se e impor medidas rigorosas para cumprir as metas estabelecidas pelos acordos ambientais internacionais, para desacelerar ou reverter a subida do nível do mar. As principais ações possíveis poderiam incluir o fortalecimento da cooperação internacional entre os Estados e a obrigação internacional de estender a ajuda para proteger as pessoas diretamente afetadas pela subida do nível do mar. Além disso, é necessário reformular o Direito do mar para atender às mudanças na dinâmica da geografia costeira. Os direitos dos Estados costeiros relativamente às suas zonas marítimas e a própria condição dos Estados costeiros devem ser acautelados a todo o custo, não obstante os impactos das mudanças climáticas. Tem sido este o sentido do labor da reflexão normativa criativa da Comissão de Direito Internacional da ONU e da vetusta Associação de Direito Internacional, com o que têm contribuído para consciencializar a comunidade internacional das preocupações crescentes com o fenómeno da subida do nível do mar e para o inscrever como tema prioritário da agenda da governação global. Assim têm também contribuído para que se alcance a desejável resposta normativa adequada e a base da tão necessária ação global, de Estados e outros atores internacionais, de resposta a este fenómeno também de importância global.

REFERÊNCIAS

B. Burson, W. Kälin, J. McAdam, S. Weerasinghe, “The Duty to Move People Out of the Harm’s Way in the Context of Climate Change and Disasters”, Refugee Survey Quarterly, Vol 37, No. 4, December 2018, pp. 379-407. R. Dowd, J. McAdam, “International Cooperation and Responsibility-Sharing to Protect Refugees: What, Why, and How?”, International and Comparative Law Quarterly, Vol 66, No 4, October 2017, pp. 863-892. D. Freestone, C. Schofield, “Republic of Marshall Islands 2016 Maritime Zone Declaration Act: Drawing “Lines in the Sea””, The International Journal of Marine and Coastal Law, Vol 31, No 4, 2016, pp. 732-758 D. Freestone, D. Vidas, A. Torres Camprubi, “Sea Level Rise and Impacts on Maritime Zones and Limits: The Work of the ILA Committee on International Law and Sea Level Rise”, The Korean Journal of International and Comparative Law, Vol 5, No 1, 2017, pp. 5-35. D. Freestone, “The Role of the International Climate Change Regime in Global Ocean Governance”, In D. Attard (ed), The IMLI Treatise on Global Ocean Governance, D. Ong, D. Kritsiotis (eds), Volume I: UN and Global Ocean Governance. Oxford, Oxford University Press, 2018, pp. 149-164. J. McAdam, “The Emerging New Zealand Jurisprudence on Climate Change, Disasters and Displacement”, Migration Studies, Vol. 3, No. 1, 2015, pp. 131-142. J. McAdam, “Climate Change-Related Displacement of Persons”, In C. Carlane, K. R. Gray, R. Tarasofsky (eds.), Oxford Handbook of International Climate Change Law, Oxford University Press, 2016, pp. 519–542. D. Vidas, “Sea Level Rise and International Law: At the Convergence of Two Epochs”, Climate Law, Vol 4, Nos 1- 2, 2014, pp. 7084. D. Vidas, “Mare liberum: das Seevölkerrecht im Spiegel menschlicher Geschichte”, In J. Renn, B. Scherer (eds), Das Anthropozän: Zum Stand der Dinge. Berlin, Matthes & Seitz, 2015, pp. 88-116. D. Vidas, J. Zalasiewicz, M. Williams, “What is the Anthropocene - and Why Is It Relevant for International Law?”, Yearbook of International Environmental Law, Vol 25, No 1, 2015, pp. 3-23. D. Vidas, “International Law and the Convergence of Two Epochs: Sea-Level Rise and the Law of the Sea for the Anthropocene”, In H.N. Scheiber, C. Esposito, J. Kraska, M.-S. Kwon (eds), Ocean Law and Policy: 20 Years under UNCLOS. Leiden/Boston, Brill Nijhoff, 2016, pp. 101-123. D. Vidas, “The Law of the Sea for a New Epoch?”, In S. Hessler (ed), Tidalectics: Imagining an Oceanic Worldview through Art and Science. Cambridge (USA), MIT Press, 2018, pp. 125-134. D. Vidas, D. Freestone, J. McAdam (eds), International Law and Sea Level Rise, Leiden/Boston, Brill, 2019. International Law Association, Report of the Session at the 77th Conference, Johannesburg, 7–11 August 2016, Committee on International Law and Sea Level Rise, In The International Law Association: Final Report of the Seventy-Seventh Conference, Johannesburg, 2016. London, International Law Association, 2016, pp. 876-883. International Law Association, Report of the Intersessional Meeting Committee on International Law and Sea Level Rise, Lopud, Croatia, 15–16 September 2017, 18 pp.. International Law Association, Report of the Open Session, 78th Biennial Conference of the International Law Association Committee on International Law and Sea Level Rise, Sydney, Australia, 22 August 2018, 11 pp.

TOURISM AND COMMUNITY DEVELOPMENT: AN APPROACH TO SUSTAINABILITYIN THE COASTAL ZONEOF LAUTEM, TIMOR-LESTE

Feliciano Quintas do Céu[1]*, Zélia Breda[1], Filomena Cardoso Martins[2]

* [1] *DepartmentofEconomics,Management,IndustrialEngineeringandTourism(DEGEIT)University ofAveiro, Portugal*

[2] *DepartmentofEnvironmentand Planning,(DAO) UniversityofAveiro,Portugal (felicianoqceu@ua.pt)*

Key words: Tourism, community development, sustainability, coastal zone, Lautem municipality, Timor-Leste.

INTRODUCTION

Coastal zones are defined as ecological territories where marine and terrestrial species interact (Martins, 1998), as well as potential areas for the development of local community livelihoods and a gateway for economic performance. The interaction between land and sea is intended as a rich source for the development of economic sectors like fisheries, agriculture, livestock, transportation, commerce, and a place for health improvement through sports and recreation. The coastal potential is seen in Timor-Leste as the gate for the economic growth since coastal areas are an attraction for tourists who seek the "sun-sea-sand" experience. The authenticity of the attraction creates various types of tourism in the coastal zone. Currently, the type of tourism adopted by the Timor-Leste is the Community Base Eco-Tourism (CBET). This type of tourism is considered as a mirror to aware the community, increase knowledge, and change the mentality towards understanding tourism importance through stakeholder involvement. It also provides opportunities for communities to improve their creativity to participate in the tourism industry on the coastal that is increasingly innovative and competitiveness (Brandão *et al*., 2019). With the competitiveness in the tourism sector also diversifies skills and efficient human resources, supported by facilities and infrastructures, to encourages the community to take responsibility for the conservation (Neumann *et al*., 2017), for sustainability in the coastal area.

However, Wollnik (2011) added that the composition of Timorese skills about the human capital investment has been started but still lacks the quality and quantity of skills needed. Therefore, the presence of tourism in coastal zones plays an important role as an approach to elevate the capacities and to empower communities (Aref *et al*., 2010). That involves and puts the community as an important factor in the context of the sustainable development paradigm, as an opportunity to mobilize all community potential and dynamics in the creation and maintenance of various tourism business activities that can help in reducing poverty and the unemployment rate. The Lautem municipality is mostly surrounded by coastal areas, which are authentic and have great potential for terrestrial and marine tourism destinations, in the framework of the Rio Agenda 21 principles. However, the law enforcement, in terms of spatial planning, regulations, and environmental protection (Stone & Nyaupane, 2016) turns the environment in coastal zones into emergent and concerning areas for integrated coastal management. Hence, this study aims to know the role of stakeholders in the sustainability of coastal zones through tourism and community development as a mechanism to raise coastal community awareness (Echevarría *et al*., 2013).

This study applied a qualitative methodology approach that was carried out from November 2019 until March 2020 in the Lautem municipality before Covid-19. Semi- structured and depth interviews through snowball sampling techniques were applied to 41 respondents, who were composed of representatives from the central, district, and sub-district

Government, NGOs, and the local community. The interviews were conducted face-to-face with a participant in the field and was recorded using the national language, Tetum, with the stakeholders and the local language, Fata-Luku, with the local community. All the data was transcribed, translated into English, and imported into Nvivo QSR 12 plus to organize and analyze it with grounded theory (Creswell, 2003). Observation and documentation were also applied to validate the data. The information collected dealt with participants' background, tourism in the context of Lautem municipality, the role of stakeholders for community development, and concerns about sustainability in the coastal zone.

The result shows that, the differences in community education, the background of community history in coastal areas, and forcing community in the era of Indonesian occupation have framed the community to settle and create various activities in the coastal zone. However, these should be regulated and certified by the government, especially regarding the environment and leasing agreements for land and property. Due to coastal issues, the government has conducted various environmental awareness initiatives, including socializing on environmental regulations, zero-plastic policies, and "green schools." But, judging from the benefits, the national non-government organization (NGOs) sees that the regulations and program will be effective when the community has its own source of income. Therefore, with a structural approach from the government, NGOs, cooperate with local leaders to empower the local communities, in terms of knowledge construction, and provided facilities, to help the community in order to able face their own problems and create community-based ecotourism to prevent the risk and contribute to sustainability. The community knowledge constructed by stakeholders is capacity building in terms of, conservation, waste management, tourism services, local gastronomy innovation, creativity, finance, purchasing, and business controlling. To improve the community initiative, the government and NGOs also provided facilities and granted micro-credit with low-interest rates to communities running their business activity in the coastal zone.

Considering that the income earned by the community is still low and detrimental to the surrounding environment, the government has begun implementing some programs tailored specifically for the coastal zone, focusing primarily on conservation with the local wisdom approach of "*Tara-Bandu*" and plowing free farmland for the community. The programs implemented after providing guidance and training for conservation, fishing management, and how to use the land appropriately, along with boats, fishing gear, and plowing free farmland for the community, significantly improved community initiatives and changed community attitudes toward intensification. Thus, after using the conservation approach of local wisdom, the community informed that there are changes in the environment, such as flora and fauna in the land and under the water are growing well. Furthermore, the community also applies their awareness through the environmentally friendly like, (1) cleaning the surrounding, disposing of the garbage in its place, the yard control from the beach dust during drought season. (2) segregation of waste like use organic waste for fertilizer, and inorganic waste for recycling. (3) prevented wildfires and reforestation to reduce global warming and climate changes.

The environmental progress in the sea, coastal, forest, and mountain sites created nice scenery and harmony promoting tourism activity. The community benefited from that and created various economic activities, especially regarding community accommodation, restaurants, fishing, household businesses (kiosks), agriculture, and weaving. The community felt that the income they received was sustainable. Since their businesses had been running for 15-19 years, and some of them are trying to expand to other places, the number of rooms and the volume of products increased, as well as the employment opportunities. Like in Katy Guest House & Restaurant in Com village, which employed 4 people from the community, the Walu-Sere tourism business cooperative in Tutuala village, which employed 67 people from four villages, namely Cai-Loro, Veru, I-horu, and Pitileti. Another side, horticulture business that use semi-modern technology in Lautem was relatively recent but also employed 4 young men from the Lautem sub-district. Through the presence of tourism, the community can access the local and national market, which

employs family members and ensures seasonal employment for the community to improve the social aspect. Since it helps coastal communities improve the welfare of their families, children can have access to education, people can meet their basic needs, build new houses, buy new boats, and feel solidarity with relatives and neighbors who get joy and grief. Furthermore, through the presence of tourists, the community promotes Fata-Luku culture, such as the traditional dance *Sikire-Vaure*, presenting traditional cloth, traditional houses, local food, and ritual places to tourists. The types of approaches used and the relation between the various sectors have influenced sustainability in the coastal zone. There are some countries that generally use technology to improve their coastal sustainability, but in the context of developing countries, cultural contribution and community empowerment are necessary to aid develop sustainability, and influence visitors' awareness in the coastal zone (Rangel *et al*., 2015).

It can conclude that the stakeholders from government, non-government organizations' collaboration with local leaders to develop the local community from top-down and bottom-up, its sustainability has been embedded according to the Lautem condition. Because of the radical approach put into practice by the stakeholders, the coastal community has begun various activities and changed its behavior from unproductive to productive. The community also sensed this social innovation, that was supporting technology and local wisdom, which can teach the community to understand better how tourism is today and the future. Therefore, policies were taken by stakeholders to empower the community towards the implementation of sustainable practices that can contribute to integrated management coastal zone (IMCZ), and to the development of sustainable coastal tourism in the Lautem municipality, despite the welfare disparities in societies.

REFERENCES

Aref, [1]fariborz, Gill, S., & Aref, [3]farshid. (2010). Tourism Development in Local Communities: As a Community Development Approach. *Journal of American Science*.

Brandão, F., Breda, Z., & Costa, C. (2019). Innovation and internationalization as development strategies for coastal tourism destinations: The role of organizational networks. *Journal of Hospitality and Tourism Management*. https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2019.10.004

Creswell, J. W. (2003). Research design Qualitative quantitative and mixed methods approaches. *Research Design Qualitative Quantitative and Mixed Methods Approaches*.

Echevarría, L., Gómez, A., Piriz, C., Quintas, C., Tejera, R., & Conde, D. (2013). Capacity building for local coastal managers: a participatory approach for Integrated Coastal and Marine Zones Management in Uruguay. *Revista de Gestão Costeira Integrada*.

Martins, F. M. (1998). Políticas de planeamento, ordenamento e gestão costeira: Contributo para uma discussão metodológica [*Planning, zoning and coastal management policies: Contribution to a methodological discussion*] (PhD thesis). Aveiro.

Neumann, B., Ott, K., & Kenchington, R. (2017). Strong sustainability in coastal areas: a conceptual interpretation of SDG 14. *Sustainability Science*.

Rangel, M. O., Pita, C. B., Gonçalves, J. M. S., Oliveira, F., Costa, C., & Erzini, K. (2015). Eco-touristic snorkelling routes at Marinha beach (Algarve): Environmental education and human impacts. *Marine Policy*. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.05.017

Stone, M. T., & Nyaupane, G. P. (2016). Protected areas, tourism and community livelihoods linkages: a comprehensive analysis approach. *Journal of Sustainable Tourism*. https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1072207

Wollnik, C. (2011). *Sustainable destination management in Timor-Leste*. Philipps-University of Marburg.

VARIABILIDADE DA LINHA COSTEIRA DE MACROMARÉS DA AMAZÔNIA INDUZIDA PELOS ÍNDICES CLIMÁTICOS TROPICAIS

Juliana de Sá Guerreiro[1], Maâmar El-Robrini[2], Everaldo Barreiros de Souza[3]

[1] *Universidade Federal do Pará -UFPA; Instituto de Geociências-IGEOG; Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais- Juliana de Sá Guerreiro, julianaguerreiro_@hotmail.com*

[2] *Universidade Federal do Pará- UFPA – Instituto de Geociências -IGEOG*

[3] *Universidade Federal do Pará- UFPA – Instituto de Geociências -IGEOG*

Palavras-chave: Zona Costeira Amazônica; índices climáticos; erosão costeira.

INTRODUÇÃO

Na Zona Costeira Amazônica de macromarés (ZCA), os índices climáticos tropicais, El Niño-Oscilação Sul -ENOS e o Modo Meridional do Atlântico- AMM, são os modos dominantes de variabilidade climática interanual (SOUZA *et al*., 2000) que levam a mudanças consideráveis nas forçantes meteoceanográficas, tendo um impacto significativo na Linha Costeira (LC).

No entanto, como as LCs respondem a estas mudanças ainda é pouco conhecido, principalmente em áreas remotas da ZCA. Aqui, utilizamos 35 anos de imagens *Landsat* para mapear a variabilidade das LCs e identificar indicadores de erosão e acreção em quatro praias da ZCA. Mitigar os riscos relacionados à (erosão costeira) depende da compreensão dos impulsionadores '*drivers*' da variabilidade da LC.

MÉTODOS

As condições do clima de ondas, as médias mensais da altura significativa de onda (Hs), da direção (Wdir) e do período médio da onda (Tz), e das condições dos ventos (Wsp e Wdir) foram obtidas da base de dados do Era- Interim. As médias mensais da temperatura superficial do mar (TSM) foram adquiridas pelo conjunto de dados do *National Oceanic and Atmospheric Administration* -NOAA, chamado de *Optimum Interpolation Sea Surface Temperature* -OISST. As médias mensais de precipitação foram obtidas das estimativas do *Tropical Rainfall Measuring Mission* -TRMM. O índice oceânico Niño-ONI é a anomalia média da TSM na região entre 5 ° S e 5 ° N, de 170 ° W a 120 ° W (TRENBERTH, 2019). A anomalia da TSM tropical no Pacífico é chamada de evento ENOS se a média de cinco meses consecutivos do ONI exceder +0.5°C para ENOS-El Niño (fase positiva) ou -0.5°C para ENOS- La Niña (fase negativa). O índice do AMM foi obtido pela diferença entre a média de TSM do Atlântico Tropical Norte-ATN (30N – 200 N) e Atlântico Tropical Sul- ATS (30N – 100 S) nas longitudes -80W - 0 E, removendo a climatologia média mensal (SERVAIN, 1991). As anomalias de TSM positivas no ATN e negativas no ATS são denominadas de fase positiva do AMM e anomalias de TSM negativas no ATN e positivas no ATS são denominadas de fase negativa do AMM. Os dados meteoceanográficos foram compostos durante as diferentes fases do ENSO e do AMM no decorrer dos últimos 35 anos (1985-2020). A análise multi-temporal das LCs das praias do Atalaia, Marieta, Princesa e Ajuruteua, (EL-ROBRINI *et al*, 2018), foi realizada através de um kit de ferramentas, chamado Coastsat (VOS *et al*., 2019) que possui um código aberto escrito em *Python* (https://github.com/kvos/CoastSat), o qual permite que os usuários obtenham séries temporais da posição da costa em qualquer área do mundo com

mais de 30 anos de imagens de satélite disponíveis publicamente. Estas LCs, por serem dominadas por macromarés, foram corrigidas pela altura de marés e pela declividade da face praial no momento de passagem do satélite na área e foram também selecionadas apenas imagens capturadas nos estágios de maré alta.

RESULTADOS

De uma forma geral, a análise dos compósitos mostrou que durante a fase positiva do ENOS- El Niño e durante a fase positiva do AMM, há uma intensificação dos ventos alísios que favorecem o deslocamento da posição da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT para Norte, inibindo a formação de chuvas e causando assim um período de estiagem na ZCA, estes ventos mais fortes favorecem a acreção de sedimentos na LC. Na outra mão, durante a fase negativa do ENOS- La Niña e durante a fase negativa do AMM, ocorrem ventos mais fracos, modulando a posição da ZCIT para sul, favorecendo a formação de chuvas na ZCA, trazendo ondas maiores e com períodos mais longos, causando assim a erosão na LC.

Os resultados mostraram que há um aumento de 0.1 m na altura significativa de onda e uma rotação de 60 no sentido anti-horário da direção média das ondas durante os eventos de La Niña e AMM negativo. Foi evidenciado uma erosão significativa nas LCs durante estes períodos, onde a altura de ondas elevadas e um ataque mais transversal a LC (ondas incidentes 670 de ENE em praias orientadas NW-SE) causam erosão significativa da LC. Já o contrário ocorre durante os eventos de El Niño e AMM positiva, onde há uma diminuição de 0.1 m na altura significativa de onda e uma rotação de 60 no sentido horário da direção média da onda, onde o ataque de ondas paralelas a LC (incidentes de 740, de ENE em praias orientadas NW-SE) favorece a acreção da LC.

A análise de correlação cruzada foi realizada entre a variabilidade das linhas costeiras e as diferentes fases do ENOS e AMM. Os resultados mostraram um controle bimodal na mudança da linha costeira governado pelas diferentes fases dos índices climáticos. Exemplos destes resultados são os eventos de ENOS positivos- El Niño historicamente forte em 1997-98 de acreção na ordem de ~10m e erosão de amplitude semelhante imediatamente após a La Niña extrema de 1998-1999 de ~10m. Já durante ao eventos AMM positivo em 2009, foi observado uma acreção de ~12m e AMM negativo em 2005-06, com erosão na ordem de ~10m. As fases descritas aqui são um avanço significativo em nossa compreensão de como ZCA responderá a futuras mudanças climáticas previstas embora a correlação cruzada indique um *lag*/atraso variando de 2 meses a +/- 1 ano devido a resposta da linha costeira as anomalias de TSM no Atlântico.

REFERÊNCIAS

EL-ROBRINI *et al*. Panorama da Erosão Costeira no Brasil. Capítulo Pará. In: *Panorama da Erosão Costeira no Brasil*. v.2, 2018, p. 478–545.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *Journal of Geophysical Research*, v. 96, n. C8, 1991. DOI: 10.1029/91jc01046.

SOUZA, Everaldo B. De; KAYANO, Mary T.; TOTA, Julio; PEZZI, Luciano. On the influences of the El nino, La Nina and Atlantic Dipole Pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazonica*, v. 30, p. 305–318, 2000.

TRENBERTH, Kevin E. El Niño southern oscillation (ENSO). In: *Encyclopedia of Ocean Sciences*: Elsevier, 2019. p. 420–432. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.04082-3.

VOS, Kilian; SPLINTER, Kristen D.; HARLEY, Mitchell D.; SIMMONS, Joshua A.; TURNER, Ian L. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, v. 122, 2019. DOI: 10.1016/j.envsoft.2019.104528.

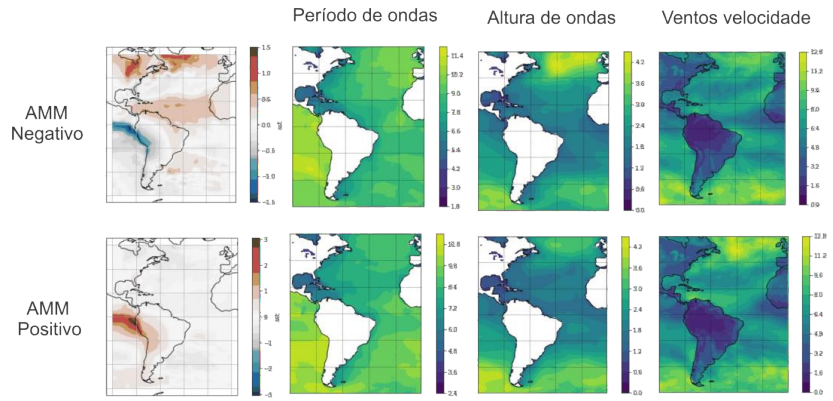


Figura 1. Compósitos dos processos meteoceanográficos durante o Modo Meridional do Atlântico-AMM.

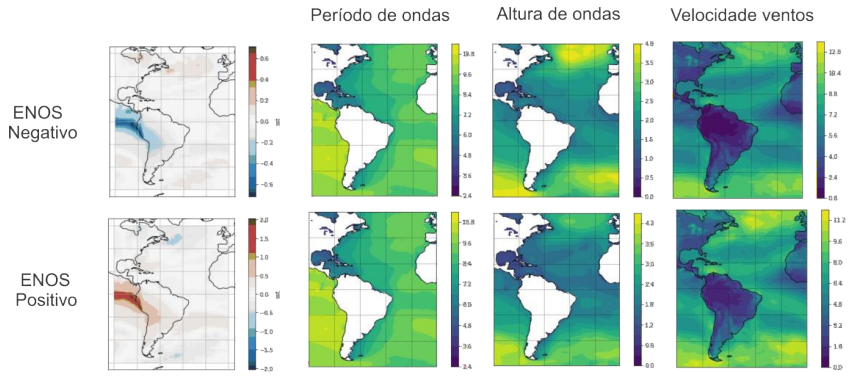


Figura 2. Compósitos dos processos meteoceanográficos durante o El Niño- Oscilação Sul- ENOS.

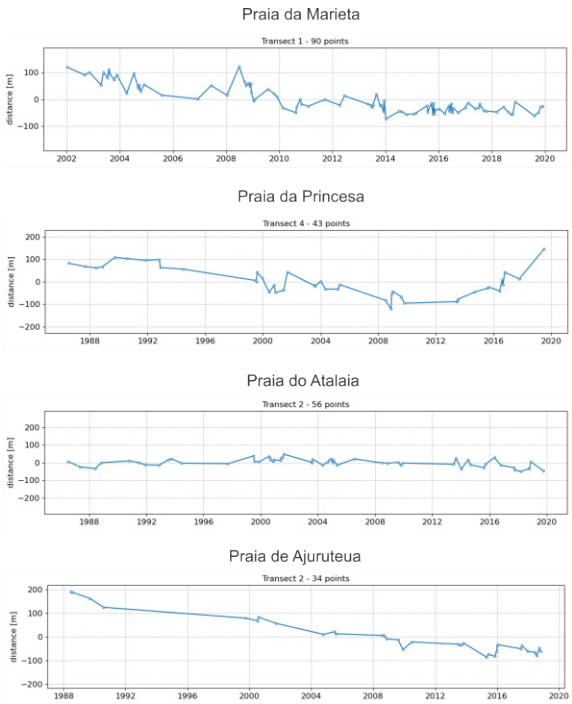


Figura 3. Distância da baseline (0) corrigidos pelas marés nas quatro praias de macromarés da Zona Costeira Amazônica.

INTERVENÇÕES COSTEIRAS: AVALIAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO, SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO PARA REDUÇÃO DOS RISCOS COSTEIROS NA VAGUEIRA

Rita Pombo*, Peter Roebeling, Carlos Coelho

*RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal, ritanovo@ua.pt

Palavras chave: uso do solo, valor do território, proteção costeira, viabilidade económica.

INTRODUÇÃO

A praia da Vagueira, tal como diversas zonas costeiras em Portugal, tem sofrido o recuo da linha de costa com o consequente aumento dos riscos de erosão e galgamento/inundação (ver Figura 1). Neste sentido, pretendeu-se avaliar o custo-benefício de uma solução específica de intervenção que idealiza a implantação de um quebra-mar destacado (QMD) em frente ao aglomerado urbano da praia da Vagueira. Para tal, discutiram-se 4 opções de configuração do QMD, previamente selecionadas de um conjunto mais vasto, após apreciação do desempenho quanto ao galgamento, à dinâmica sedimentar e à evolução morfológica adjacente. As opções selecionadas variam o comprimento da estrutura (c) e a distância à linha de costa (d), numa combinação de 4 cenários designados c300d400 (melhor solução técnica), c350d400 (segunda melhor solução) e c200d200 e c350d580 (que constituem 2 opções extremas quanto à dimensão da obra e afastamento à linha de costa e que representam, respetivamente, o menor e maior custo de construção).

a) Situação em regime de agitação normal

b) Situação durante evento de galgamento

Figura 1. Risco de inundação na praia da Vagueira (imagens fornecidas pela Câmara Municipal de Vagos).

METODOLOGIA

A abordagem considerada seguiu a metodologia definida em Roebeling *et al*. (2015) e é constituída por 6 etapas conforme se descreve de seguida. Na primeira fase fez-se a contextualização do caso de estudo e a identificação e classificação de elementos em risco de erosão e inundação costeira, conjugando-os em classes uniformes de uso e ocupação do solo, tendo por base a carta COS2018 (DGT, 2020). No segundo passo, determinou-se a exposição de cada classe aos fenómenos de erosão e inundação, com recurso a ferramentas de processamento de informação geográfica. Para tal, determinaram-se as áreas potencialmente erodíveis e inundáveis por comparação da posição da linha de

costa inicial (no ano zero da simulação) com a posição das linhas de costa ao longo dos 20 anos da simulação. As projeções foram realizadas no modelo numérico LTC (Coelho, 2005), previamente calibrado com dados históricos. Na terceira etapa, procedeu-se à determinação do valor das classes de uso e ocupação do solo expostas aos fenómenos de erosão e inundação na área de interesse, considerando valores locais, quando disponíveis, e estratégias de transferência de valor de ecossistemas, nos restantes casos. De seguida, no sentido de avaliar o retorno económico associado à mitigação dos fenómenos de erosão e inundação nas classes de risco, determinaram-se os benefícios, essencialmente resultantes em áreas ganhas ou não perdidas e não inundadas. A quinta etapa, que foi realizada em paralelo com as anteriores, consistiu na determinação dos custos associados à construção da estrutura de defesa costeira, onde se incluem os custos do investimento inicial e os custos recorrentes de manutenção. Por fim, na sexta etapa, os resultados obtidos foram integrados na análise custo-benefício que concluiu sobre a efetiva viabilidade de cada cenário, em função dos pressupostos assumidos e do âmbito considerado. Complementarmente, foi efetuada uma análise de sensibilidade às variáveis económicas para determinar a sua preponderância no resultado final. Esta metodologia teve sempre por base a avaliação do impacto da obra por comparação com o cenário de referência (sem QMD), que determina a situação de não intervir.

RESULTADOS

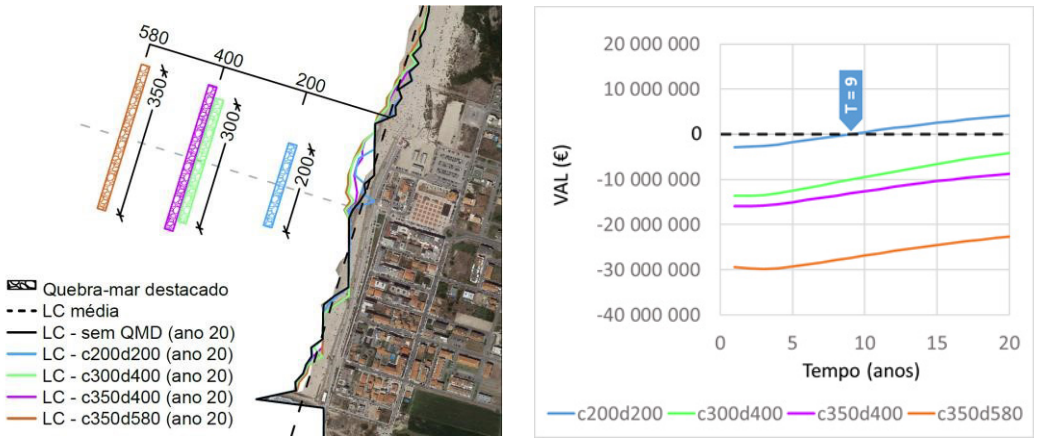
Os resultados obtidos demonstram que a construção do quebra-mar destacado poderá constituir um impacto positivo na zona urbana da praia da Vagueira, com relevantes benefícios económicos, tanto no que se refere à mitigação dos efeitos da erosão costeira como dos decorrentes de eventos de inundação. Conforme se observa na Figura 2a, o QMD promove a formação de um saliente a barlamar do seu eixo transversal de simetria que se traduz na extensão da área balnear, por efeito da retenção e acreção de sedimentos na zona de sombra da estrutura costeira. Com efeito, verifica-se a redução da área inundável na rede viária existente no tardoz da obra longitudinal aderente da Vagueira e nos estabelecimentos de restauração mais próximos, que foram alvo de eventos de galgamento no passado. Apesar disso, como a obra por si só não introduz sedimentos na deriva litoral, o défice sedimentário pré-existente propaga-se para as áreas vizinhas a sotamar, afetando em particular a área edificada junto à zona onde a linha de costa sofre o maior recuo.

Comparando as soluções alternativas, verifica-se que o cenário c350d580 representa o maior benefício quanto à redução da erosão costeira (cerca de 895 000 €/ano durante os últimos 10 anos de projeção) e o cenário c200d200 representa o benefício mais baixo (cerca de 275 000€/ano no mesmo período). Quanto à mitigação do fenómeno de inundação, verifica-se que o cenário mais eficiente (c350d400) tem o maior período de retorno de eventos de galgamento, estimado em

7.6 anos, representando um benefício máximo de 328 314 € no ano 15 da simulação. Globalmente, o cenário c350d580 (de maior comprimento e afastamento à linha de costa) representa os maiores benefícios totais ao contrário do cenário c200d200 que representa os benefícios mais baixos. No entanto, pelo facto dos custos serem proporcionais ao comprimento e profundidade de implantação da obra, verifica-se que o cenário mais eficaz é também o mais caro (c350d580, 28.9 M€) e o cenário com menores custos (c200d200, 2.8 M€) é o que tem menor impacto; os cenários intermédios (c=300 e c=350) têm custos totais estimados em 13.4 M€ e 15.6 M€. Deste modo, concluiu-se que o cenário c200d200 seria o único economicamente viável, face aos pressupostos assumidos e ao âmbito considerado, representando retorno económico a partir do ano 9 da simulação. Os restantes 3 cenários não seriam economicamente viáveis por não atingirem o ponto de equilíbrio durante os 20 anos do horizonte temporal da projeção (ver Figura 2b).

Complementarmente, procedeu-se à análise de sensibilidade onde se estabeleceram 4 modelos de análise com majoração e minoração dos custos (o 1º método de estimativa

orçamental com base na comparação com obras semelhantes conduziu aos valores máximos e o 2º método de estimativa orçamental com base na dimensão da obra e no custo unitário dos materiais permitiu determinar os valores mínimos) e dos benefícios (considerados +50 % e -50 % face aos valores previamente estimados). Neste caso, verificou-se que se simultaneamente os custos fossem maiores e os benefícios menores, nenhum cenário seria viável. Pelo oposto, com custos mínimos e benefícios máximos, todos os cenários seriam viáveis a partir do 6º ano das projeções.



a) Localização de soluções de obra alternativas e evolução da posição da linha de costa (LC) para cada cenário.

b) Avaliação da viabilidade económica das soluções de obra alternativas através do valor atual líquido (VAL).

Figura 2. Implantação de um quebra-mar destacado para mitigação dos riscos de erosão e inundação na praia da Vagueira.

CONCLUSÕES

O quebra-mar destacado demonstra ser uma opção eficiente na mitigação localizada do risco de erosão e inundação, e é economicamente viável para determinada configuração e local de implantação. Especificamente, o cenário c200d200 representa uma solução com viabilidade económica mas com benefícios reduzidos e o cenário c300d400 constitui uma solução alternativa potencialmente viável com custos maiores mas também benefícios mais acentuados.

AGRADECIMENTOS

Os resultados decorrem de Programa coordenado pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (referência POSEUR-02-1809-FC-000039).

REFERÊNCIAS

COELHO, C., 2005 – *Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 405 pp.

DGT, 2020 – *Carta de uso e Ocupação do Solo para 2018*. Direção-Geral do Território, acessível em: https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018

ROEBELING, P.; ROCHA, J.; COELHO, C.; ALVES, F.; VIZINHO, A., 2015 – *Cost-benefit analysis of coastal erosion adaptation pathways along the Barra-Vagueira coastal stretch*. Report prepared in the context of the project BASE "Bottom-Up Climate Adaptation Strategies for a Sustainable Europe", Depart. of Civil Engineering, University of Aveiro, Portugal, 19 pp.

ANÁLISE DE SOLUÇÕES DE CONCEÇÃO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO: EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

Francisco Sancho*, Rita Pombo, Soraia Teixeira Canelas, Carlos Coelho

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, fsancho@lnec.pt

Palavras chave: proteção costeira, modelo 1-linha, erosão, acreção, saliente.

INTRODUÇÃO

O "Estudo de caracterização e viabilidade de um quebramar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira", efetuado pelo consórcio LNEC-UAveiro-IST para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) incluiu a modelação numérica da evolução da linha de costa. Neste trabalho apresentam-se os principais resultados dessa modelação, que recorreu aos modelos numéricos de evolução da linha de costa, do tipo "1-linha", LITMOD e LTC.

O modelo LITMOD (Vicente e Clímaco, 2003) é um modelo numérico unidimensional em que a evolução da costa é representada pelas variações de posição da linha de água, as quais são calculadas, em cada célula em que se divide o trecho de praia, a partir das diferenças de caudal sólido que nela penetra e a abandona num curto intervalo de tempo, admitindo-se que o perfil transversal no seu avanço ou recuo se desloca paralelamente a si próprio, sem alteração de forma. Este modelo tem a possibilidade de modelar quebramares destacados submersos (QMDs). Para tal, o modelo inclui a ação das ondas refratadas, difratadas e transmitidas sobre o QMD, este último fenómeno exigindo a introdução de um coeficiente de transmissão. O cálculo do Kt foi realizado com três fórmulas empíricas e a partir de resultados do modelo numérico DREAMS (Canelas et al., 2020), que entra em conta com os efeitos de refração, difração e rebentação de ondas (através da limitação da altura de onda sobre a estrutura em função do bordo livre).

Relativamente ao modelo LTC (Coelho, 2005), o mesmo, tal como o anterior, foi elaborado para praias arenosas e considera que o transporte sedimentar longitudinal e as condições de fronteira nos extremos da grelha modelada são as principais causas de alteração na zona costeira. Difere do LITMOD na representação da linha de costa, em que o LTC admite um ajuste do perfil ativo com as zonas adjacentes, pelo que a posição daquela linha depende também da batimetria e da topografia em cada perfil transversal.

A área de estudo comum e de modelação matemática estende-se, a norte, desde o molhe sul da Barra de Aveiro até à Praia do Areão, a sul, numa extensão de 12 km. Por conveniência das condições de fronteira, no modelo LITMOD o domínio de cálculo estende-se mais para sul, até à Praia de Mira. Ambos os modelos utilizam informação da posição da linha de costa extraídas de ortofotomapas de 1995, 2005, 2008, 2014 e 2018, no trecho S. Jacinto – Praia do Areão. No caso do modelo LTC utilizou-se informação batimétrica obtida no âmbito do programa COSMO, de julho de 2018. Ambos os modelos utilizam ainda informação sedimentológica obtida de campanhas in situ.

Neste resumo comparam-se os resultados obtidos com estes dois modelos numéricos, traduzidos por diferentes descritores da evolução da linha de costa, para diferentes configurações do quebramar destacado submerso.

METODOLOGIA

Calibraram-se e validaram-se os resultados dos modelos, para as séries de agitação marítima 1995-2008 e 2008-2018, respetivamente, garantindo que as taxas de evolução da linha de costa seguem uma evolução semelhante às medições e projeções existentes.

De seguida, obtiveram-se projeções da evolução da linha de costa para um período de 20 anos, entre 2018 e 2038. Estas fizeram uso, no caso do LITMOD, da repetição da série de agitação marítima ocorrida de 1998 a 2018 e, no caso do modelo LTC, de uma série de 20 anos composta pela duplicação dos 10 anos individuais cuja taxa de transporte anual mais se aproximava do valor médio de 1.1 Mm^3/ano (Oliveira *et al*., 2020).

As simulações de evolução futura foram realizadas para um cenário de evolução da linha de costa com a presente configuração e com alimentação artificial anual num caudal da ordem de 200x103 m^3, resultantes da reposição de dragados de manutenção da Barra do Porto de Aveiro no sistema costeiro. Além desse cenário, considerou-se a construção de 10 tipologias de QMD, com as distâncias à linha de costa e comprimentos longitudinais identificados na Tabela 1. Em todos estes cenários, a crista do QMD fica 1.83 m abaixo do nível médio do mar, correspondente a 0.5 m abaixo do nível médio da baixa-mar de marés vivas.

Tabela 1 – Nomenclatura e cenários de teste de evolução da linha de costa para as diferentes configurações do QMD.

		***Lqm*(m)**			
		200	250	300	350
***Ld*(m)**	200	B.c200d200	–	–	–
	300	B.c200d300	B.c250d300	B.c300d300	–
	400	–	B.c250d400	B.c300d400	B.c350d400
	500	–	–	B.c300d500	B.c350d500
	580	–	–	–	B.c350d580

Os resultados das posições da linha de costa ao fim de 20 anos e dos caudais sólidos longitudinais médios em algumas secções foram sintetizados e traduzidos nos seguintes parâmetros para a comparação de alternativas. No caso do LITMOD: (i) comprimento de praia com largura superior a 35 m, na frente da Vagueira, à cota do NMPM (+3,05 m ZH); (ii) máxima acreção na zona protegida pelo QMD; (iii) comprimento do saliente na zona protegida pelo QMD, determinado pela distância longitudinal em que o saliente tem largura superior a 20% do valor da acreção máxima; (iv) erosão máxima na Praia do Labrego; (v) erosão máxima a sul do esporão do Labrego (até à Praia do Areão); (vi) caudal sólido médio anual que transpõe a secção do esporão da Vagueira. No caso do LTC os parâmetros foram: (vii) área de praia ganha no trecho em frente à Vagueira; (viii) área de praia perdida no mesmo trecho; (ix) balanço entre a área ganha e perdida naquele trecho; (x) extensão praia com largura superior a 35 m, na frente da Vagueira.

RESULTADOS

Apesar das semelhanças teóricas dos dois modelos e do procedimento de calibração com dados iguais, observaram-se neste exercício algumas diferenças nos resultados obtidos dos dois modelos. Tendo em conta que o objetivo do trabalho consistia, primariamente, em comparar as diferentes conceções de dimensão e posição do QMD, de forma a selecionar a que teria um maior impacto positivo no crescimento da praia (formação de um saliente) e minimizando os impactes negativos (erosão) nas zonas circundantes, optou-se ordenar o desempenho de cada solução em função dos resultados para os seis parâmetros acima identificados obtidos pelo modelo LITMOD, e para os quatro parâmetros resultantes das simulações do LTC. Seguidamente, ordenou-se o desempenho de cada solução, tendo sido atribuída para cada critério uma pontuação de 1 a 11 de acordo com a ordenação relativa dessa solução face às outras. Assim, ao melhor desempenho é atribuído 1 ponto e ao pior (incluindo a solução sem QMD) são atribuídos 11 pontos. O somatório de todas as classificações permite identificar a solução (ou soluções) que têm melhor desempenho global (menor pontuação). Estes resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Ordenação de cenários designados pelo comprimento “c” e distância à linha de costa “d”, expressos em metros,de acordocomos resultadosdosmodelosLITMODeLTC,para10 parâmetrosdeavaliação.

	LITMOD: acreção máxima	LTC: ganho de área	LITMOD: erosão máx. no Labrego	LITMOD: erosão máx. a Sul	LTC: área perdida	LITMOD: comprimento do saliente	LITMOD: comp. de praia com Wb>35 m	LTC: comp. de praia com Wb>35 m	LTC: balanço de áreas ganhas e perdidas	LITMOD: caudal de transposição	Somatório critérios
c350d580	9	1	2	5	11	2	10	1	1	5	47
c300d400	5	2	7	7	7	5	4	3	2	6	48
c300d500	10	5	3	4	4	7	9	4	4	4	54
c350d500	6	3	4	8	10	3	3	5	5	7	54
c350d400	3	6	8	11	6	1	1	2	6	11	55
c300d300	2	4	10	10	5	4	2	9	3	10	59
c200d300	7	8	6	3	3	10	7	6	7	3	60
c250d400	8	7	5	2	9	9	8	7	8	2	65
c200d200	1	10	11	6	2	8	5	10	9	8	70
SemQMD	11	11	1	1	1	11	11	11	11	1	70
c250d300	4	9	9	9	8	6	6	8	10	9	78

Em termos absolutos, a melhor configuração é c350d580, ou seja, a do QMD com maior comprimento e mais afastado da linha de costa. No entanto, nota-se alguma divergência de pontuações nos critérios do LITMOD e LTC, para esta solução. Globalmente, as soluções classificadas do 2º ao 5º lugar, nomeadamente, c300d400, c300d500, c350d500 e c350d400, são mais equilibradas no respeitante aos resultados dos dois modelos e de satisfação dos critérios.

REFERÊNCIAS

Canelas, S. T., Sancho, F., Pinheiro, L., Trigo-Teixeira, A., 2020. O efeito do coeficiente detransmissãonamodelaçãoalongo-termodaevoluçãodalinhadecosta.Atasdas6.asJornadasdeEngenharia Hidrográfica / 1.as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia, Lisboa, 3 a 5 denovembrode 2020, pp. 235-238

Coelho, C., 2005. Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesacosteira.Tese de doutoramento, Universidade deAveiro, 405pp.

Oliveira*etal*.,2020.Estudodecaracterizaçãoeviabilidadedeum quebra-mardestacadomultifuncionalemfrenteàPraiadaVagueira-(T1)Estudosemmodelomatemático:Alternativasdequebra-mardestacadoparaproteçãocontragalgamentoseerosãocosteira–Relatório8.LNEC-Proc.0604/121/21221.RelatórioConjunto231/2020–DHA/NEC.

Vicente,C.M.,Clímaco,M.,2003.EvoluçãodeLinhasdeCostas.DesenvolvimentoeAplicaçãodeUmModelo Numérico. ICT/ITH-42, LNEC, Lisboa.

AGRADECIMENTO

Os resultados decorrem de Programa coordenado pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (referência POSEUR-02-1809-FC-000039).

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DAS MICROALGAS *PAVLOVA* SP., *ISOCHRYSIS GALBANA* (PARKE, 1949) E *CHAETOCEROS MUELLERI* (LEMMERMANN, 1989) EM CULTIVO SEMICONTÍNUO

João Vitor Neres Mafra*, Julia Pamphile, Thayna Lye Viegas Freitas, Mônica Dias Corrêa da Silva, Marcos Bastos Pereira

** Faculdade de Oceanografia – UERJ, Brasil, joaomafragm@gmail.com*

Palavras chave: aquacultura, microalga, biotecnologia

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A partir de avanços nos estudos em biotecnologia, a produção de microalgas visando alimentação de unidades aquícolas se mostra muito expressiva atualmente. Dentre esses, a maricultura de moluscos é aquela em que há maior consumo do volume produzido de microalgas no mundo segundo a FAO (2012). Em território brasileiro, a Baía de Ilha Grande, região situada em Angra dos Reis – RJ, apresenta alta frequência de atividades de maricultura, que se fazem relevantes há mais de 20 anos e exibem a produção da vieira *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) como uma das principais de toda região.

Observações pretéritas a respeito da maricultura de *Nodipecten nodosus* indicam que uma maior diversidade de itens alimentares está associada a um melhor desenvolvimento do organismo. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é analisar o desempenho do cultivo de microalgas das espécies *Pavlova* sp., *Isochrysis galbana* (Parke, 1949) e *Chaetoceros muelleri* (Lemmermann, 1989) visando a alimentação da vieira *Nodipecten nodosus*, cultivada para atender à futura produção do biofármaco antimetastático realizada pelo Instituto de Bioquímica médica da UFRJ. Estas espécies foram escolhidas por apresentaram tecnologia de produção conhecida associada à alimentação da espécie de vieira utilizada. *Pavlova* sp. e *Isocrhysis* sp., possuem alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosa-hexaenoico), além de seu tamanho e formato facilitar a ingestão pelo molusco, assim como *Chaetoceros muelleri*, escolhida pelo seu perfil de ácidos graxos, tamanho apropriado e estruturas que oferecem pouca resistência para ingestão.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de reprodução e cultivo de organismos marinhos UERJ/UFRJ localizado na enseada do Bananal, Ilha Grande, Angra dos Reis – RJ. A aquisição das cepas das três espécies se deu a partir do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). As cepas foram introduzidas a tubos de ensaio de 10mL contendo meio com água do mar a 35ppm enriquecido com meio de cultura Conway, e mantidas por um fotoperíodo de 24-0 para entrarem em um sistema de cultivo fechado semicontínuo. Assim, após o período de aclimatação e duplicação (10 a 15 dias), houve a primeira diluição das amostras, as quais foram repicadas para erlenmeyers de 200mL, e realocadas para frascos com aeração filtrada constante: erlenmeyers de 500mL após 4 dias; até que, após outros 4 dias de duplicação, fossem transferidas para erlenmeyers de 2L, e inoculadas nas bolsas de cultivo final de 100L após 7 dias. Estes eram enriquecidos com meio de cultura a cada 4 dias e tiveram concentrações de CO2 injetadas para regulação do pH.

A quantificação de células, os cálculos das taxas de produção, e as medidas de temperatura e pH de cada saco de 100L se deram diariamente por 10 dias consecutivos. A contagem e a estimação da densidade celular (DCM) foi realizada em câmara de Neubauer, e seu erro foi estimado pelo cálculo da equação: erro da contagem (%) = $\frac{2}{\sqrt{unidades\ contadas}}$ × (100%). A taxa de crescimento (K) foi dada por: $log_2(DCM_{máx} - DCM_i) = K(t - t_i)$; e tempo de duplicação por: $t_d = \frac{1}{K}$ (OHSE, *et al*.,2008). Os cálculos, assim como os gráficos gerados a partir do DCM e da temperatura, foram realizados no software Python 3.8. Além disso, temperatura (em ºC) de cada amostra de cultivo foi estimada a partir de um termômetro digital de infravermelho enquanto a salinidade foi verificada por um refratômetro manual, e o pH com medidor digital (ALFAKIT).

RESULTADOSE DISCUSSÃO

As três espécies de microalgas se encontraram em intervalos de temperaturas variáveis (entre 22±1ºC e 18±1ºC), influenciadas por alterações do meio externo (mesmo com a utilização de refrigeradores para aclimatação do laboratório), e pH variando entre 7,5 (valores do início da produção) a 8 (últimos dias de análise). O estudo se encontra nas fases preliminares de desenvolvimento e, até o momento, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri* e *Pavlova* sp. apresentaram ao final de 10 dias, 300 x 10⁴ cels/mL, 195 x 10⁴ cels/mL e 210 x 10⁴ cels/mL respectivamente. As taxas de crescimento máximas (*divisões*. dia^{-1}) e o tempo de duplicações (em horas) foram de aproximadamente 1,19 e 20h para *Isochrysis galbana*, 1,04 e 22h para *Chaetoceros muelleri*, e 1,07 e 23h para *Pavlova* sp. Tal fato pode ser atrelado ao comportamento demonstrado por estas microalgas durante o cultivo, onde *Isochrysis galbana* exibiu maior velocidade de crescimento, seguido de *Pavlova* sp., enquanto *Chaetoceros muelleri* apresentou resposta da velocidade de produção menor (fig.1).

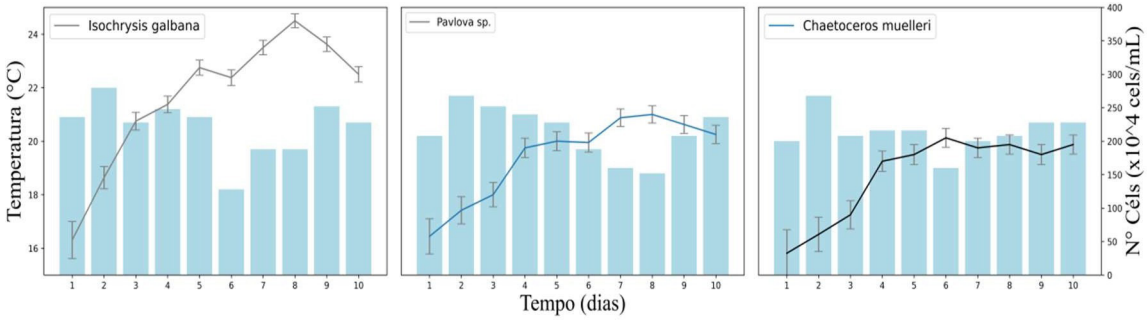


Figura 1. Curvas de densidade celular de cada espécie ao decorrer de 10 dias de cultivo em bolsas de100Learelaçãocomsuastemperaturas(histograma).

Dado o fator da temperatura, é notória a diferença encontrada para produção das três espécies no sexto dia de cultivo (no qual se iniciou uma queda nas temperaturas das três amostras). Tal fato entra em concordância com os dados trabalhados por ABU-REZQ *et al*. (1999) para *I. galbana*, que denota boas taxas de crescimento para temperaturas mais elevadas. E por CARVALHO (2003) para *Pavlova* sp que identificou taxas de produção constantes associadas a temperaturas variáveis. Do mesmo modo, *C. muelleri* apresentou taxas constantes de crescimento visto que mantém até 66% de sua produção máxima entre 20°C e 35°C, indicando uma larga faixa de tolerância a variação de temperatura (Minggat & Roseli & Tanaka, 2021).

Além disso, os resultados demonstraram que mesmo em um estágio inicial de desenvolvimento, a produção foi significativa, visto que as densidades de células obtidas

exibiram uma boa taxa de crescimento para cultivos com foco na alimentação da vieira *Nodipecten nodosus* como encontrado em CARVALHO (2013). E em BARROS *et al*. (2014), *Chaetoceros muelleri*, a microalga menos produtiva nesta pesquisa, obteve taxas de crescimento expressivas quando comparadas à mesma condição de salinidade. O ocorrido pode estar atrelado à utilização do meio Conway nas amostras e não do meio Guillard F/2, já que as microalgas foram mantidas nas mesmas condições físicas. Em contraponto, as microalgas *I. galbana* e *Pavlova lutheri* no trabalho de CUNHA (2019) exibiram níveis acima do triplo da produtividade para condições físico-químicas (pH, temperatura e salinidade) próximas quando inoculadas no meio Guillard F/2 para condições de sistema estático (com as maiores taxas de produção) e próximas do dobro em sistema de batelada com meio Conway.

Portanto, é possível concluir que até a presenta data, a utilização do meio Conway acarretou em resultados satisfatórios de crescimento das três espécies, visto que as microalgas obtiveram um bom desenvolvimento. Mas ainda é oportuno dizer que mudanças estruturais ainda podem ocorrer no laboratório com foco na melhoria de produção de cada espécie de alga, e, mesmo em fase inicial, o cultivo de microalgas no Laboratório de Aquicultura tem potencial para alcançar taxas de produção superiores com adequações do sistema de produção. A próxima etapa do cultivo é referente à implementação do método de produção em maiores volumes a fim de aumentar a produção com foco na alimentação da vieira *Nodipecten nodosus*.

REFERÊNCIAS

ABU-REZQ, T.S., Al-MUSALLAM, L., Al-SHIMMARI, J. *et al*. Optimum production conditions for different high-quality marine algae. Hydrobiologia 403, 97–107 (1999).

BARROS, M.U.G., DA CRUZ COELHO, A.A., DA SILVA, J.W.A., BEZERRA, J.H.C., MOREIRA, R.T., FARIAS, W.R.L., *et al*. Lipid content of marine microalgae Chaetoceros muelleri. Lemmermann (Bacillariophyceae) grown at different salinities. Biotemas. 27:1–8, 2014.

CARVALHO, Y. B. M., FERREIRA, J. F., DA SILVA, F. C., & BERCHT, M. Factors influencing larval settlement of the Atlantic lion's paw scallop, Nodipecten nodosus. Journal of Shellfish Research, 32(3), 719-723, 2013.

CUNHA, G.M.D. & MELO, C.M.R. *Efeito do percentual de colheita das microalgas Isochrysis aff. galbana e Pavlova lutheri em sistema semicontínuo*. Dissertação (mestrado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, p. 56. 2019.

FAO. Fisheries and Aquaculture Department, Statistics and Information Service. FishStatJ: universal software for fishery statistical time series. Copyright 2014.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, E., ACOSTA-SALMÓN, H., RANGEL-DÁVALOS, C. Ingestion and digestion of 10 species of microalgae by winged pearl oyster Pteria sterna (Gould, 1851) larvae. Aquaculture 230: 417–423, 2004.

MINGGAT, E., ROSELI, W., TANAKA, Y. Nutrient Absorption and Biomass Production by the Marine Diatom Chaetoceros muelleri: Effects of Temperature, Salinity, Photoperiod, and Light Intensity. Journal of Ecological Engineering, 2021.

OHSE, S.; DERNER, R. B.; OZÓRIO, R. A.; BRAGA, M. V. C.; CUNHA, P.; LAMARCA, C. P.; SANTOS, M. E.Crescimento de microalgas em sistema autotrófico estacionário. Revista Biotemas, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 7-18, 2008.

AVALIAÇÃO DO RECURSO ENERGÉTICO DAS ONDAS E DO POTENCIAL PARA O SEU APROVEITAMENTO NO QUEBRAMAR NORTE DO PORTO DE LEIXÕES

Calheiros-Cabral, T.*, Ramos, V., Giannini, G., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F.

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465, Portugal*
Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, 4450-208, Portugal, tcabral@fe.up.pt

Palavras chave: quebramares, alterações climáticas, energia renovável marinha, energia das ondas.

INTRODUÇÃO

Os efeitos adversos das alterações climáticas têm-se intensificado nos últimos anos, com a subida do nível médio do mar e a intensificação de eventos extremos, o que tem levado à cada vez mais premente necessidade de alteração das estruturas de defesa costeira, como os quebramares, de forma a conseguirem responder às mais elevadas solicitações e cumprir o seu objetivo de proteção. Por outro lado, o compromisso de sustentabilidade assumido pelas nações desenvolvidas levou à procura de novas formas de produção de energia limpa e renovável. A energia das ondas surge como uma fonte inesgotável, previsível e segura cujo aproveitamento poderá suprir uma fatia considerável do consumo de eletricidade mundial. A integração de conversores de energia das ondas (CEO) em quebramares portuários surge como uma forma de explorar as sinergias existentes entre a melhoria das infraestruturas de proteção portuária e a produção de energia elétrica renovável, e tem vindo a ser investigada com crescente interesse, existindo mesmo casos práticos reais, como o sistema coluna-de-água oscilante instalado no porto de Mutriku, País Basco, Espanha, ou o protótipo OBREC no porto de Nápoles, Itália. A costa norte portuguesa apresenta um regime de agitação marítima muito energético, que constitui um local de eleição para a construção de CEOs. No entanto, o tipo de CEO e o seu dimensionamento requerem um conhecimento aprofundado das condições de agitação marítima existentes no local de forma a otimizar a sua produção, aliado à caracterização precisa do potencial de produção energética. O presente artigo apresenta as principais conclusões do trabalho desenvolvido no projeto PORTOS e as perspetivas para o estudo que vai avaliar o potencial para a instalação de um conversor de energia das ondas no norte de Portugal, tendo como caso de estudo o Porto de Leixões, Portugal.

METODOLOGIA

O procedimento seguido para avaliar o potencial do caso de estudo do Porto de Leixões para a instalação de um CEO seguiu as seguintes fases: primeiramente, foi feita uma análise do trabalho científico previamente desenvolvido para o Porto de Leixões sobre a energia das ondas. Nomeadamente, foi capitalizado o trabalho de avaliação do estado da arte das tecnologias de conversão da energia das ondas realizado no projeto SE@ PORTS, em que se caracteriza as tecnologias conhecidas e se apresenta ainda um conceito inovador baseado na hibridização de duas tecnologias. De seguida, foi feita uma aprofundada caracterização multiparamétrica do caso de estudo, o Porto de Leixões, incluindo as suas infraestruturas e contexto socioeconómico, e as políticas e enquadramento legal para a exploração de energia renovável marinha (ERM) no local [1]. Seguiu-se a modelação avançada e de alta-resolução dos recursos, nomeadamente da energia das ondas, utilizando o modelo espectral SWAN [2] com a grelha não-estruturada apresentada na Figura 1, propagando 43 800 estados do mar obtidos da bóia ondógrafo existente ao largo do Porto de Leixões, num local em que a profundidade de água é 83 m.

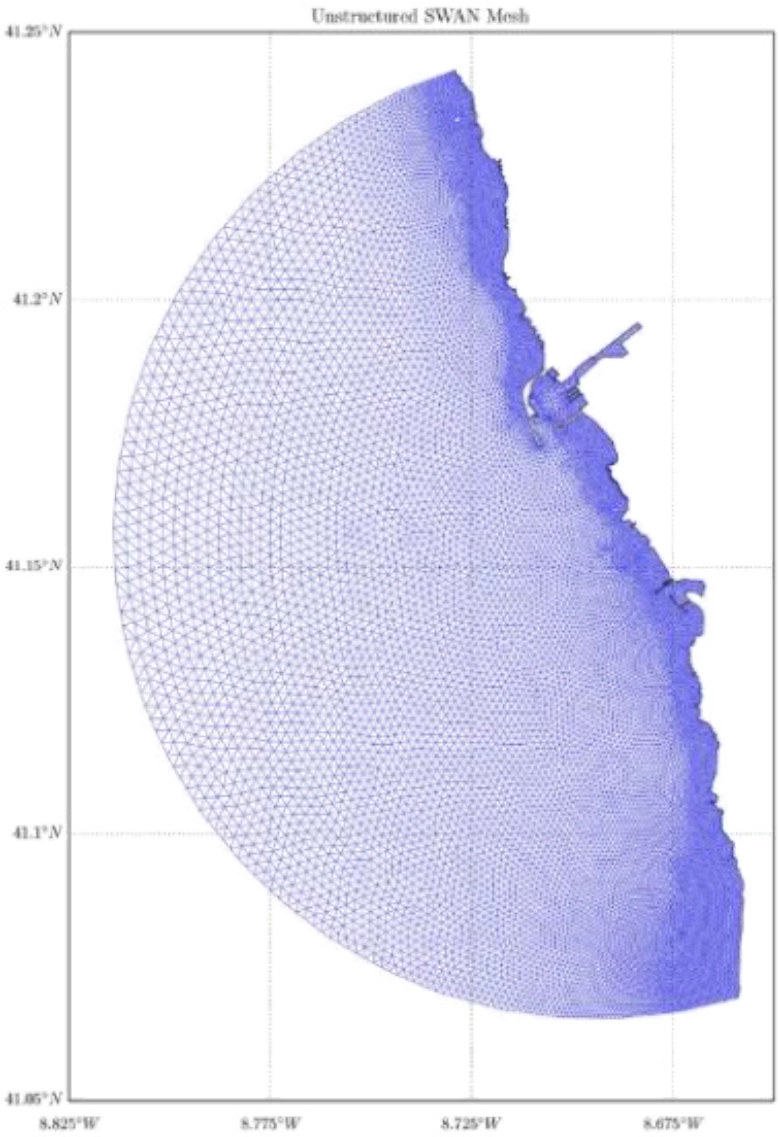


Figura 1. Vista geral da grelha não-estruturada do domínio computacional.

Baseado nos resultados da propagação dos estados do mar utilizando o modelo SWAN, foi calculado o potencial de produção energética de diferentes dispositivos de aproveitamento de energia das ondas combinando a matriz do recurso existente em vários locais com a matriz de produção dos dispositivos. Uma análise custo-eficaz de seleção da tecnologia e do local foi feita baseada na comparação dos valores do custo normalizado de produção de energia.

RESULTADOS

O trabalho de caracterização do Porto de Leixões, juntamente com a descrição das políticas de exploração da energia das ondas existentes e o trabalho de capitalização realizado permitiu determinar que a melhor área para a exploração da energia das ondas no Porto de Leixões é a secção ilustrada a verde na Figura 2a, que inclui também a extensão de 300 m planeada para o quebramar Norte. A Figura 2b apresenta matriz de potência omnidirecional anual num ponto localizado em frente da futura extensão, a uma profundidade de 18.7 m.

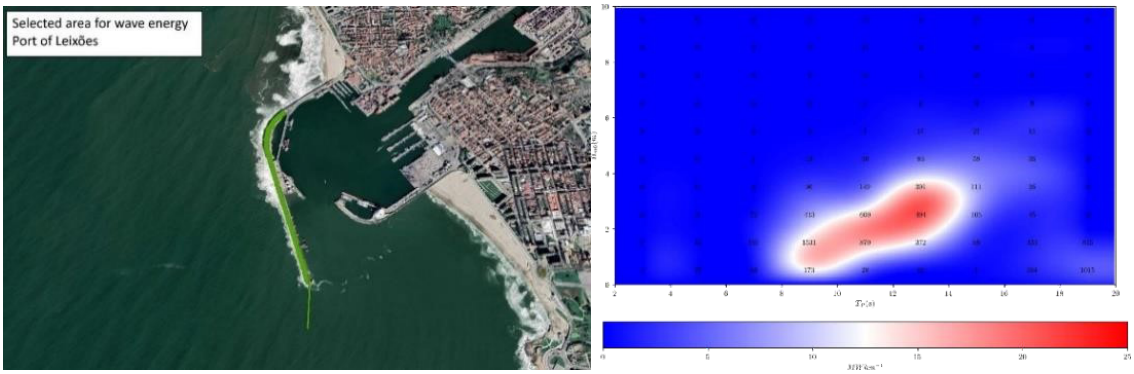


Figura 2. Área selecionada para a instalação de conversores de energia das ondas no Porto de Leixões.

O cálculo do custo de energia normalizado aliado a uma análise SWOT das diferentes tecnologias e locais permitiu concluir que o local potencialmente mais rentável para a instalação de um conversor de energia das ondas seria na futura extensão do quebramar Norte do Porto de Leixões, sendo as tecnologias de coluna-de-água oscilante e dispositivo por galgamento as mais indicadas. Assim, foi selecionado o dispositivo híbrido que combina as duas tecnologias [3-6] para a instalação na futura extensão do quebramar.

O dispositivo será estudado em modelo físico à escala reduzida de 1:40 no tanque de ondas da Secção de Hidráulica e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Nesse trabalho experimental será estudada a produção de energia elétrica do dispositivo e o seu impacto na funcionalidade e estabilidade do quebramar, serão medidas as pressões de impacto na estrutura do dispositivo e as pressões nas camadas internas do quebramar, e será utilizado um Laser scanner para fazer um levantamento 3D de alta resolução da estrutura de forma a avaliar os deslocamentos dos blocos do manto resistente e da risberma e a monitorizar as alterações na batimetria em frente à estrutura.

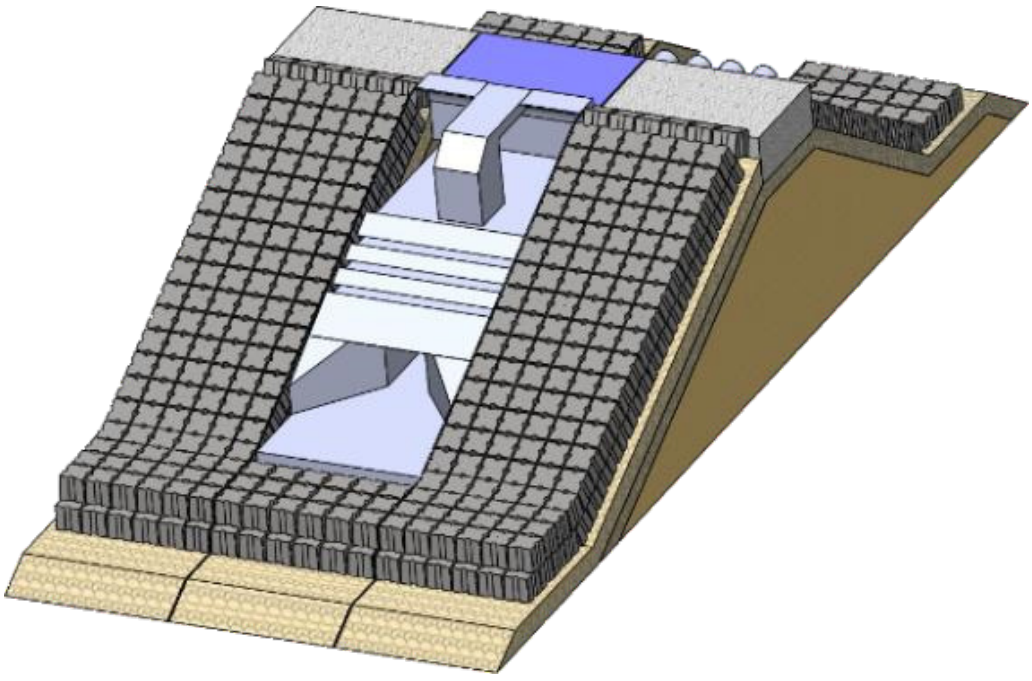


Figura 3. Modelo 3D do dispositivo integrado numa secção do quebramar de taludes.

CONCLUSÕES

O trabalho realizado permitiu concluir que existe um grande potencial para o aproveitamento da energia das ondas na costa Norte de Portugal. Tendo por base o caso de estudo do Porto de Leixões, Portugal, foi determinado o recurso energético no local utilizando um modelo espectral avançado de alta resolução, que permitiu selecionar quais os melhores locais para a extração da energia das ondas e que tecnologias utilizar. A produção energética foi estimada com base na matriz de recurso e nas matrizes de potência dos dispositivos selecionados. No entanto, o estudo em modelo físico do dispositivo híbrido selecionado permitirá avaliar de forma precisa a real produção energética deste, assim como aferir o seu impacto na estrutura portuária em que se insere, permitindo fazer uma avaliação do interesse económico-social da integração do CEO no prolongamento do quebramar Norte do Porto de Leixões.

REFERÊNCIAS

1. Ramos, V., *et al*., *Legal framework of marine renewable energy: A review for the Atlantic region of Europe.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. 137: p. 110608.

2. Booij, N., R. Ris, and L. Holthuijsen, *A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model Description and Validation.* Journal of Geophysical Research: Oceans, 1999. 104(C4): p. 7649-7666.

3. Calheiros-Cabral, T., *et al*., *Performance Assessment of a Hybrid Wave Energy Converter Integrated into a Harbor Breakwater.* Energies, 2020. 13(1): p. 236.

4. Calheiros-Cabral, T., *et al*., *Evaluation of the annual electricity production of a hybrid breakwaterintegrated wave energy converter.* Energy, 2020. 213: p. 118845.

5. Clemente, D., *et al*., *Hydraulic and Structural Assessment of a Rubble-Mound Breakwater with a Hybrid Wave Energy Converter.* Journal of Marine Science and Engineering, 2021. 9(9): p. 922.

6. Rosa-Santos, P., *et al*., *Experimental Study of a Hybrid Wave Energy Converter Integrated in a Harbor Breakwater.* Journal of Marine Science and Engineering, 2019. 7(2): p. 33.

COAST4US: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA COAST AO LITORAL PORTUGUÊS

Pedro Narra*, André Cardoso, André Monteiro, Bruno Rocha, Carlos Coelho, Catarina Lemos, Márcia Lima, Rita Pombo

*R5m Marine Solutions, Portugal, pedronarra@r5engineers.com

Palavras chave: custo-benefício; obra defesa costeira; gestão zonas costeiras; Aveiro; Figueira da Foz; Costa de Caparica.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, os povos têm vindo a fixar-se nas zonas litorais, pelas oportunidades que oferecem, quer ao nível económico, quer ao nível de bem estar e lazer. No entanto, o litoral também se encontra exposto a graves perigos. A erosão afirma-se como um dos principais riscos associados a zonas costeiras. Este fenómeno pode causar elevados prejuízos, com particular incidência nas frentes urbanas, e potenciar consequências derivadas de fenómenos adjacentes, como cheias e galgamentos. É, portanto, essencial o aprofundamento do estudo de estratégias de previsão, prevenção e mitigação deste fenómeno.

O COAST (*Coast Optimization Assessment Tool*) é uma ferramenta de análise integrada de custo-benefício de intervenções costeiras. Esta ferramenta, desenvolvida no âmbito do trabalho de Lima (2018), tem a capacidade de avaliar a posição da linha de costa a médio-longo termo, e permitir a análise de cenários hipotéticos de intervenção na zona costeira, calculando o custo-benefício para cada cenário testado, por comparação com o cenário de não-intervenção. A ferramenta é composta por 3 módulos, que se integram entre si: módulo de evolução da linha de costa (Coelho, 2005; Lima, 2018); o módulo de pré-dimensionamento de obras de defesa costeira XD-COAST (Lima, 2011); e por último, o módulo de análise de custo-benefício.

METODOLOGIA

Lima (2018) aplicou a ferramenta COAST a um caso de estudo hipotético, permitindo comprovar a versatilidade e potencialidades da ferramenta. O projeto COAST4US – Aplicação da ferramenta COAST ao litoral português – pretende contribuir para a viabilização da aplicação desta ferramenta em situações reais, contribuindo para uma mitigação mais eficiente do fenómeno de erosão costeira, e dotando as entidades responsáveis pela gestão das zonas costeiras de mais e melhor informação aquando da tomada de decisão.

O projeto propõe a aplicação do COAST a três trechos de elevado risco à erosão costeira no litoral oeste português. Os locais de estudo (Figura 1) são os trechos localizados entre: São Jacinto e Gafanha da Boa Hora (Municípios de Aveiro, Ílhavo e Vagos); Cabo Mondego e Praia da Cova Gala (Município da Figueira da Foz); Cova do Vapor e Cornélia (Município de Almada).

As tarefas preconizadas para a execução do projeto são: (1) gestão de projeto; (2) caracterização física da área de estudo; (3) caracterização socioeconómica da área de estudo; (4) custos das intervenções de defesa costeira; (5) definição de possíveis cenários de intervenção; (6) modelação dos cenários de intervenção; (7) viabilidade económica das intervenções; (8) estratégia de gestão do litoral oeste português; (9) disseminação do projeto.

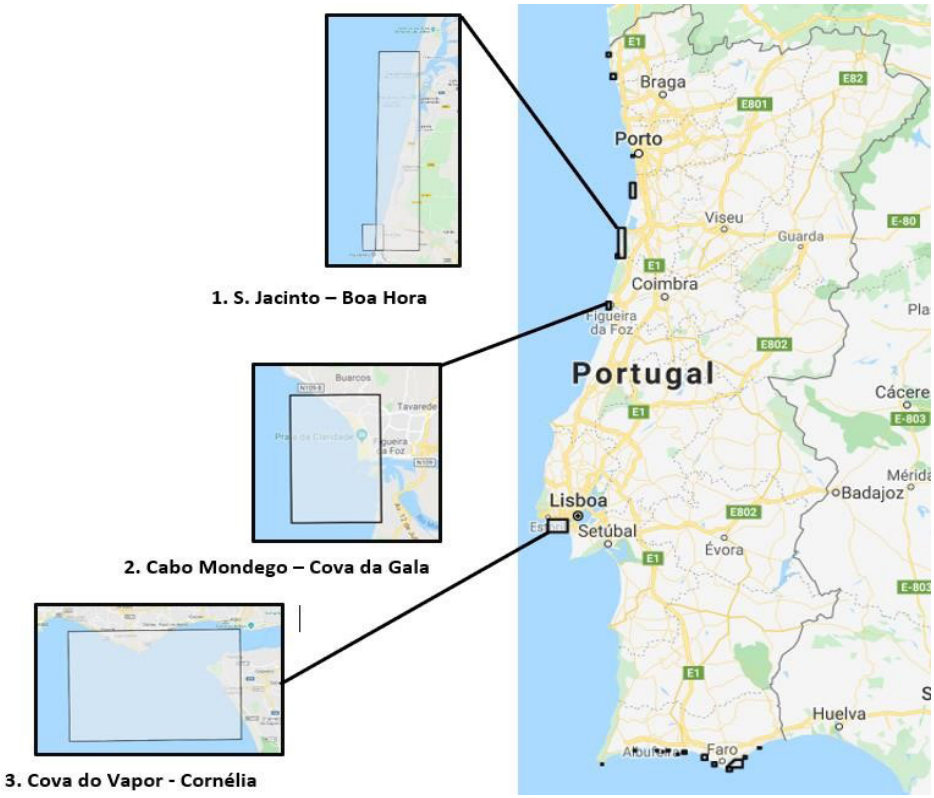


Figura 1. Casos de estudo da proposta COAST4US, identificados com a colaboração da Agência Portuguesa do Ambiente.

As tarefas (1), (8) e (9) dizem respeito à gestão, disseminação e coordenação do projeto, e estão a cargo da R5e Consulting Engineers. Nestas tarefas, a aquisição de informação essencial à execução do projeto é particularmente relevante, proveniente das entidades gestoras do litoral, stakeholders envolvidos e população em geral. As atividades (2), (5) e (6), tratam da caracterização física dos locais de estudo e da modelação de possíveis cenários de intervenção a par das estratégias nacionais/municipais de planeamento do litoral. Estas atividades pretendem testar e discutir o desempenho técnico de cenários alternativos de intervenção nos 3 trechos de estudo, através da projeção da evolução da linha de costa e consequente aplicação da ferramenta COAST. Finalmente, as atividades (3), (4) e (7) focam-se na avaliação de custos e benefícios das intervenções preconizadas, bem como na sua viabilidade. Nestas tarefas procede-se à recolha e tratamento de informação socioeconómica para aferir os benefícios que determinadas soluções trarão aos locais de estudo, bem como a orçamentação dos custos da própria intervenção. A Figura 2 identifica os responsáveis e mostra a interligação entre as diferentes tarefas.

RESULTADOS

À altura da escrita deste resumo, estão em execução as atividades (1), (2), (3) e (9). A caracterização dos locais de estudo está a ser executada com recurso aos dados fornecidos pelo programa COSMO (2021), bem como informação adicional presente na literatura. No campo da caracterização socioeconómica, foram realizadas diversas reuniões com as entidades responsáveis pela gestão local e nacional das zonas costeiras, nomeadamente, as câmaras municipais de cada local de estudo e a Agência Portuguesa do Ambiente, assim como a apresentação pública do projeto, com o objetivo de colaboração e partilha de informação que permita uma avaliação fidedigna do valor associado aos territórios em estudo.

Num futuro próximo, espera-se que a informação recolhida e analisada permita a definição dos cenários de teste, contando com a contínua colaboração das entidades responsáveis pela gestão das zonas costeiras, para que os cenários vão de encontro a planos previamente estabelecidos, permitindo um maior grau de certeza aquando da sua concretização.

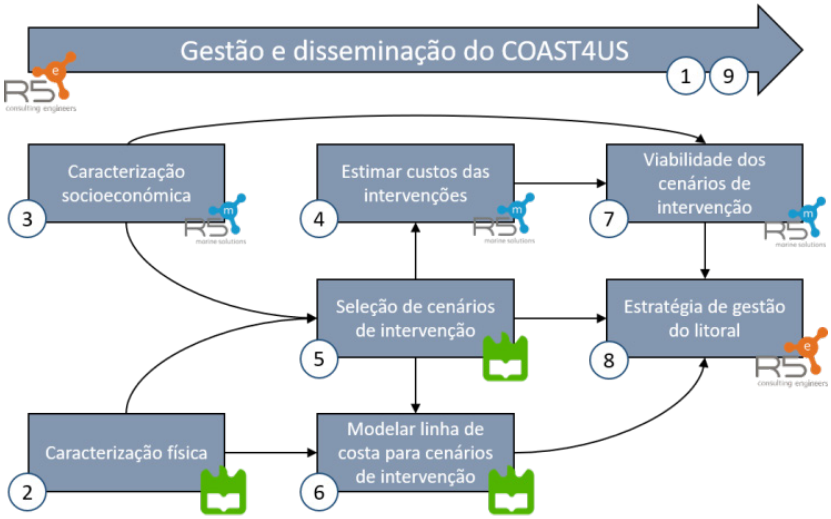


Figura 2. Atividades do projeto COAST4US.

CONCLUSÕES

Pretende-se que o projeto COAST4US culmine na produção de um relatório para a gestão do litoral português, e que valide e estabeleça o COAST como uma ferramenta de referência no plano nacional e internacional no que toca a análises de viabilidade e custo-benefício de intervenções costeiras.

AGRADECIMENTOS

O projeto COAST4US é financiado pelos EEA Grants, no âmbito do programa Crescimento Azul, operado pela Direção Geral de Política do Mar. O projeto tem como promotor a empresa R5 Consulting Engineers (R5e), e parceiros a R5m Marine Solutions (R5m) e a Universidade de Aveiro (UA).

REFERÊNCIAS

Coelho, C. (2005). Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 404 pp.

COSMO (2021). https://cosmo.apambiente.pt/. Visitado em 9/7/2021

Lima, M. (2011). Programação de Métodos de Pré-Dimensionamento de Obras Costeiras. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 131 p.

Lima, M. (2018). Ferramenta numérica de análise do impacto de intervenções de defesa costeira na evolução da linha de costa: custos e benefícios. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 294 p.

INTERCEPTAÇÃO E COLETA DE LIXO FLUTUANTE COM SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: PROJETO ORLA SEM LIXO

Diego Luiz Fonseca*, Susana Vinzon

*UFRJ, Brasil, diegoluiz@poli.ufrj.br

Palavras chave: lixo flutuante, barreiras de deriva, circularidade.

INTRODUÇÃO

O lixo flutuante é uma problemática ambiental com proporções globais, na agenda internacional e com inúmeras iniciativas para seu combate. A gênese do problema está concentrada em ausências ou deficiências no gerenciamento de resíduos sólidos em terra, problema de difícil e longa estruturação, pois envolve políticas públicas, aspectos econômicos, sociais e culturais.

A Baía de Guanabara é um dos mais importantes corpos hídricos do Brasil, cuja região hidrográfica abriga mais de 10 milhões de habitantes, extensas áreas urbanas, atividade industrial, rotas de transporte aquaviário, praias, áreas turísticas e diferentes habitats de importantes espécies. Apesar disso, estima-se um aporte diário de cerca de 90 toneladas de resíduos sólidos, sobretudo através dos corpos hídricos que nela deságuam (Palermo et al., 2016), em maioria plásticos, que totalizam de 52 a 83% dos itens encontrados nas praias no entorno (Bernardino and Franz, 2016).

As operações de interceptação de lixo flutuante englobam fundamentalmente a colocação de barreiras flutuantes em diversos rios tributários. Tais estruturas ganharam destaque para as competições olímpicas de 2016, contando com um total de 17 (Bernardino and Franz, 2016), algumas ainda em uso. Contudo, apresentam diversos entraves à operação, destacando-se: custos de manutenção, dificuldade para a coleta dos resíduos e seu escape, frequentes rompimentos e a fragilidade do material construtivo (Bernardino and Franz, 2016). No âmbito do projeto olímpico, avaliava-se em R$350,00/tonelada o custo da coleta por barreiras (Palermo et al., 2016).

Além de onerosos e não cobrirem todos os tributários, os projetos são desprovidos de circularidade e integração com as comunidades locais, com o lixo enviado para aterros sanitários. É frequente a passagem dos resíduos pelos flutuadores, sobretudo em épocas de chuva, como é comum acontecer com várias estruturas desse tipo em seções fluviais (Carleton and Nielsen, 1990). Somado a isso, as barreiras bloqueiam o trânsito de embarcações e as operações de coleta realizadas às margens dos corpos hídricos geram áreas de grande degradação ambiental.

Urge, pois, a necessidade de um novo modelo de gerenciamento do lixo flutuante. Neste sentido, o presente trabalho busca apresentar o recém-criado projeto Orla sem Lixo, que pretende testar soluções integradas para gerenciamento do lixo flutuante. A metodologia apresenta uma visão geral do projeto e a seção de resultados traz uma avaliação geral da literatura sobre barreiras para interceptação de lixo flutuante, bem como indicações mais objetivas do que se propõe com o projeto Orla sem Lixo no que tange à engenharia da interceptação e coleta do lixo flutuante.

METODOLOGIA

O projeto Orla sem Lixo teve início em setembro de 2021 e suas premissas são que o lixo flutuante deve ser interceptado, coletado, transportado e reciclado, em um processo que seja facilmente replicável, dialogue e envolva a comunidade local, seja efetivo e de

baixo custo, transformando resíduos sólidos em recursos e garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental do processo.

A área piloto escolhida localiza-se no principal campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão, porção oeste da Baía de Guanabara. Especificamente, trabalhar-se-á na Enseada de Bom Jesus, ao sul da ilha, e no mangue em sua proximidade, ambos degradados com o aporte constante de lixo flutuante, como observado na Figura 1. Tal situação impede seu uso em geral, restringindo o desenvolvimento biótico e os serviços ecossistêmicos nestes locais.

Figura 1: Exemplos de acúmulo de lixo trazido pela água até a área piloto, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ.

Dessa forma, propõe-se desenvolver um projeto no contexto de soluções baseadas na natureza, filosofia em que os processos naturais são compreendidos e utilizados como parte integrante das soluções propostas, com soluções adaptativas e benefícios múltiplos. O Orla sem Lixo se organiza em torno de três frentes principais e integradas (subprojetos): Engenharia da interceptação e coleta do lixo flutuante; Análise ambiental & tecnologia social; e Reciclagem química.

Pretende-se implementar barreiras eficientes e de baixo custo, adaptadas às condições locais do ambiente costeiro (salinidade, profundidade, ventos, ondas e correntes) e de volume e características dos resíduos sólidos flutuantes. Para o projeto da unidade coletora e o transporte do lixo até a unidade de beneficiamento, será realizado um projeto de economia solidária, baseado numa parceria com as comunidades de pesca do entorno da Ilha do Fundão. O projeto objetiva também a análise integrada dos impactos socioambientais da recuperação, comparando a saúde do ecossistema e seus usos reais e potenciais antes e depois das ações de recuperação ambiental. No que concerne à destinação do lixo coletado, o projeto realizará sua reciclagem química por técnica de pirólise, já dispondo de planta piloto. Tal tecnologia permite a transformação dos resíduos em produtos com valor agregado, gerando renda para o projeto de economia solidária.

RESULTADOS

As medições (caracterização ambiental e do lixo flutuante) estão previstas para serem iniciadas em outubro/2021, possibilitando elencar na sequência as primeiras alternativas de projeto de barreiras. A literatura aponta para o uso de flutuadores revestidos com materiais plásticos para aumento da durabilidade e dotados de uma malha submersa de 50 a 60 cm de profundidade, de modo a reter os resíduos em subsuperfície (Carleton and Nielsen, 1990; Jung *et al*., 2010; Schmaltz *et al*., 2020), haja visto que a concentração dos macroplásticos decresce com a profundidade (Kooi *et al*., 2016). Algumas soluções usam telas metálicas ou redes de plâncton como cortinas abaixo dos flutuadores (Schmaltz *et al*., 2020). Contudo, tais estruturas não são adaptadas ao ambiente estuarino, que favorece

sua rápida colmatação e desgaste. Alguns projetos apontam para uso de placas mais elevadas com flutuadores em ambos os lados (Jung *et al*., 2010), ao passo que outros projetam diretamente flutuadores cilíndricos de maiores diâmetros (Carleton and Nielsen, 1990), de modo a evitar o galgamento dos resíduos. A instalação de amplas barreiras que apenas retivessem o lixo facilitaria sua sedimentação e galgamento e o rompimento das estruturas, além de dificultar a coleta, considerando a extensão e maior profundidade do ambiente costeiro. O Orla sem Lixo pretende avaliar combinações de barreiras de deriva para a condução dos resíduos até unidades de coleta na água. O emprego de barreiras de deriva acopladas possibilita também o planejamento de aberturas e trânsito de pequenas embarcações.

Respeitando os princípios de soluções baseadas na natureza, as estruturas precisam resistir às forçantes ambientais e também se aproveitarem delas para a correta interceptação dos resíduos. Dessa forma, pretende-se que a instalação das barreiras seja apoiada por estudos de modelagem hidrodinâmica, auxiliando na compreensão dos pontos preferenciais de chegada do lixo e a localização e alinhamento ótimos das barreiras. Outra inovação será o emprego de materiais geossintéticos para a malha submersa, garantindo resistência às estruturas, diminuindo a sua colmatação. Para definição do tamanho ótimo dos flutuadores, malha submersa, entre outros, o projeto instalará amostrador de resíduos no local, com amostragem em diversas profundidades.

Ao final, pretende-se ter um roteiro metodológico robusto para instalação de barreiras flutuantes em ambientes costeiros, incluindo a modelagem numérica, amostragem, projeto das barreiras de interceptação e unidades de coleta e avaliações de seu funcionamento e efetividade.

CONCLUSÕES

Ao buscar implementar soluções efetivas e de baixo custo, o Orla sem Lixo busca propor um modelo viável para ser replicado em outros locais, possibilitando ampliar a área de abrangência de tais ações, trazendo ganhos ambientais, econômicos e sociais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas 140233/2020-2 e PQ31029/2015-0 concedidas ao primeiro e segundo autores, respectivamente, e à empresa Huesker pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

Bernardino, D., Franz, B., 2016. Lixo flutuante na Baía de Guanabara: passado, presente e perspectivas para o futuro. Desenvolv. e Meio Ambient. 38, 231–252.

Carleton, M.G., Nielsen, J.S., 1990. A study of trash and trash interception devices. Water Sci. Technol. 22, 287–290.

Franz, B., Hartz, A.L., 2014. Distribuição de Lixo Marinho na Orla da Baía de Guanabra no Município do Rio de Janeiro, Congresso Brasileiro de Oceanografia. Associação Brasileira de Oceanografia, Itajaí, pp. 283–284.

Jung, R.T., Sung, H.G., Chun, T.B., Keel, S.I., 2010. Practical engineering approaches and infrastructure to address the problem of marine debris in Korea. Mar. Pollut. Bull. 60, 1523–1532.

Kooi, M., Reisser, J., Slat, B., Ferrari, F.F., Schmid, M.S., Cunsolo, S., Brambini, R., Noble, K., Sirks, L.A., Linders, T.E.W., Schoeneich-Argent, R.I., Koelmans, A.A., 2016. The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean. Sci. Rep. 6, 1–

Palermo, V.P., Carvalho, G.V., da Cruz, L.M.M., Boechat, A.C.R., Miranda, T.C., 2016. Plano de Gestão e Supervisão dos Ecobarcos na Baía de Guanabara: Estratégia de Contenção dos Resíduos Sólidos Flutuantes para os Jogos Olímpicos RIO 2016, in: Congresso Brasileiro de Oceanografia. Associação Brasileira de Oceanografia, Salvador, p. 595.

Schmaltz, E., Melvin, E.C., Diana, Z., Gunady, E.F., Rittschof, D., Somarelli, J.A., Virdin, J., Dunphy-Daly, M.M., 2020. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. Environ. Int. 144.

MANUAL DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À EROSÃO COSTEIRA E AOS EFEITOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Márcia Lima*, Carlos Coelho, Marco Marto, Filipe Alves

** RISCO & Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, marcia.lima@ua.pt*

Palavras chave: INCCA; Ovar; workshops participativos; bases de dados; impactos; custos.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto INCCA (Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes), que tem por objetivo promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas (AAC) e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo. A adaptação e mitigação deve considerar as dimensões social, ambiental, económica e de engenharia, para ajudar os órgãos de decisão a conceber planos de ação para implementação de estratégias de AAC sustentáveis e duradouras. Este trabalho espelha o resultado de uma forte componente participativa do projeto, que envolve as populações locais e *stakeholders* (entidades da administração central, regional e do poder local com responsabilidades na gestão do litoral, instituições do ensino superior, LNEC, proteção civil, etc.) através da realização de *workshops* de forma a desenvolver um modelo participativo e económico, reduzindo a vulnerabilidade dos territórios costeiros e aumentando a resiliência das comunidades locais. O litoral do concelho de Ovar foi identificado como sendo uma das zonas de Portugal com maior vulnerabilidade e risco costeiro (Coelho *et al*., 2015). Para além da sua riqueza ecológica, da elevada concentração populacional e da qualidade das praias, este território distingue-se pela forte fragilidade geológica, que aliada a uma agitação marítima de rumos muitos abertos e elevada energia resulta num dos processos erosivos mais intensos da orla costeira europeia. Por este motivo, o litoral de Ovar constitui o caso de estudo do projeto INCCA, sendo que, é neste concelho que são realizados os momentos participativos. Os *workshops* participativos têm o intuito de envolver os *stakeholders* nas diferentes fases do processo de construção da estratégia municipal, promover o debate e a discussão multidisciplinar e multissectorial, e, acima de tudo, contribuir para uma nova cultura de democracia participativa sobre o futuro da gestão costeira em Ovar.

Este trabalho apresenta uma componente do projeto INCCA (http://incca.web.ua.pt/), cujo objetivo inicial corresponde ao desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas. Esta compilação, identificação e caracterização de medidas é um processo dinâmico, com o envolvimento das comunidades locais e *stakeholders*. Para cada medida de mitigação, identificaram-se e discutiram-se impactos ambientais, económicos e sociais (positivos e negativos) e os custos associados à implentação das medidas.

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

O principal objetivo do presente trabalho consiste na identificação e caracterização de estratégias de mitigação e adaptação à erosão costeira e aos efeitos das alterações climáticas, culminando no desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação, de aplicação transversal a todas as zonas costeiras sedimentares. O manual conta com 53 medidas, caracterizadas em 3 bases de dados: Base de Dados #1 - Medidas de Mitigação e Adaptação; Base de Dados #2 - Impactos de Medidas de Mitigação e

Adaptação; e Base de Dados #3 - Custos Diretos de Medidas de Mitigação e Adaptação. Importa referir que, estas medidas constituem uma base que se pretende de uso geral, mas que está sujeita a reavaliação e melhoria no que diz respeito aos seus conteúdos. Desta forma, os resultados deste manual contemplam a visão da população local através da realização de workshops, de forma a desenvolver um modelo participativo e económico, beneficiando dos contributos dos diferentes peritos e *stakeholders* envolvidos na temática da erosão costeira.

A principal divisão lógica das medidas é o seu impacto ao nível das causas ou das consequências do problema chave aqui identificado: erosão costeira por efeito de um generalizado défice sedimentar. Neste âmbito, são consideradas ações ao nível das causas, todas as medidas que visam agir diretamente no balanço sedimentar no sistema costeiro, seja pela redução do défice, pela adição de sedimentos, ou por intervenção nos fluxos e distribuição de sedimentos. Por outro lado, são consideradas ações ao nível das consequências, todas as medidas que visam reduzir os impactos causados pela erosão costeira, sejam estes em sistemas naturais ou humanos. Dentro destes dois grandes grupos, as medidas foram subagrupadas, consoante o âmbito da sua função (ex: redução do défice sedimentar no sistema costeiro; regularização do fluxo de sedimentos no sistema costeiro; alimentação artificial de sedimentos no sistema costeiro; proteção com estruturas costeiras; acomodação; relocalização e/ou retirada).

RESULTADOS

Com base na recolha bibliográfica e nos resultados e dados recolhidos no 1º *workshop* participativo (composto por 3 sessões de trabalho, 27/11/2020, 04/12/2020 e 14/05/2021,), foram desenvolvidas 3 bases de dados (exemplo na Figura 1).

A Base de Dados #1 visa apresentar a compilação e caracterização das 53 medidas de mitigação e adaptação da erosão costeira em costas sedimentares, identificadas no âmbito do projeto INCCA. A informação disponibilizada para cada uma das fichas é semelhante, de forma a que possam ser facilmente consultadas e comparadas entre si, critério que se mantém constante nas restantes bases de dados. É feita uma breve descrição da medida, de forma a permitir aos utilizadores o seu conhecimento genérico e na zona central de cada uma das fichas procede-se à identificação dos respetivos impactos, distinguindo-se as componentes ambiental, económica e social.

A caracterização dos impactos está patente na Base de Dados #2, que tem por objetivo a descrição do impacto e a sua caracterização métrica com valores (ou intervalos de valores). A listagem de impactos está dividida em impactos positivos e negativos que caracterizam a medida, ao nível ambiental, económico e social, totalizando, à data, um total de 160 impactos (24 ambientais positivos, 27 ambientais negativos, 22 económicos positivos, 28 económicos negativos, 25 sociais positivos e 34 sociais negativos).

A Base de Dados #3 visa apresentar toda a informação recolhida relativamente a custos diretos que caracterizam as medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e alterações climáticas identificadas na Base de Dados #1, nomeadamente, custos de implementação, custos de manutenção e custos de operação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho pretendem promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas e à mitigação da erosão costeira em perspectivas de curto, médio e longo-prazo, num âmbito social, ambiental, económico e de engenharia da adaptação, dando voz e envolvendo as populações locais com a sua participação em workshops na elaboração de estratégias a seguir. O manual aqui apresentado reflete o desenvolvimento da primeira fase do projeto INCCA que teve por objetivo o desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas, acessível

ao público e passível de atualização ao longo do tempo. Nesta primeira fase foram já realizados três momentos participativos, que ajudaram na priorização e caracterização das medidas de mitigação e adaptação e respetivos impactos e custos, e que, pelo *feedback* positivo dos participantes, reforçam a utilidade pública destes momentos. A participação pública representa um passo importante rumo a uma governança mais transparente, equilibrada e enraizada ao nıvel da gesť ão costeira, condição fundamental para a educação e sensibilização das populações locais. O envolvimento e informação da população visa uma melhor aceitação das medidas implementadas, e uma ação planeada mais eficaz, efetiva e benéfica para todos, no curto e no longo prazo. O manual de medidas de mitigação e adaptação já construído e em permanente atualização pode ser consultado e comentado em http://incca.web.ua.pt/.

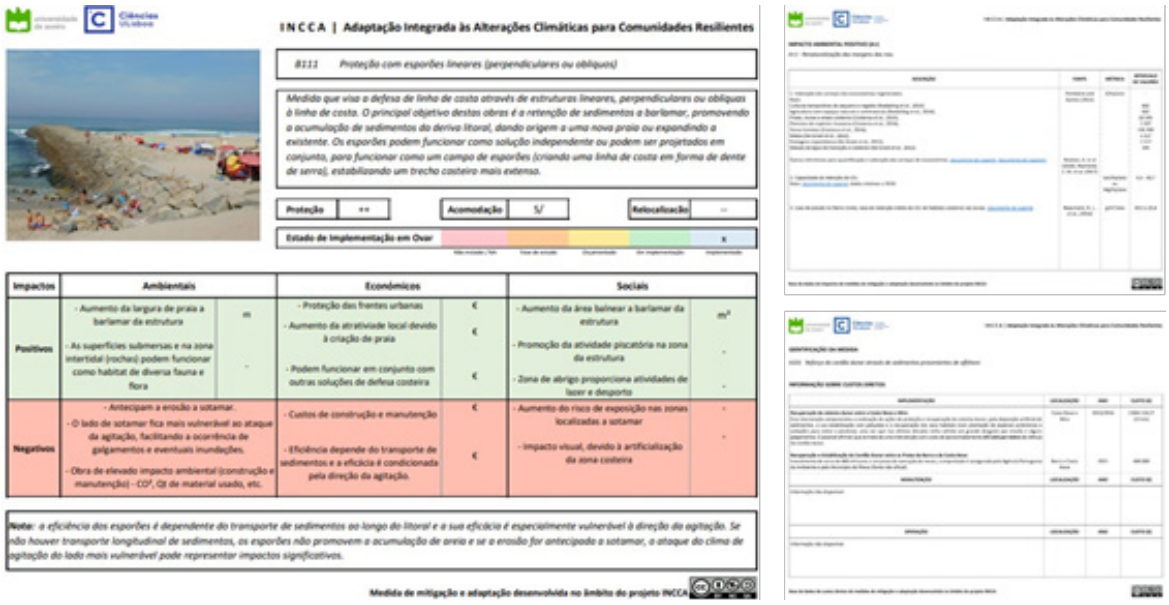


Fig. 1. Exemplo de ficha individual, à esquerda (Base de Dados #1). Exemplo de ficha individual de impacto, em cima, à direita (Base de Dados #2). Exemplo de ficha individual de custos, em baixo, à direita (Base de Dados #3).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, INCCA - POCI-01-0145-FEDER-030842, suportado pelos orçamentos do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, na sua componente FEDER, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, na sua componente de Orçamento de Estado.

REFERÊNCIAS

Coelho, C., Pereira, C., Costa, S., Lima, M. (2015). Seção III, Capítulo III: A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções de Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal, pp. 331-367.

PROCESSOS LITORÂNEOS EM PRAIAS E OUTROS AMBIENTES COSTEIROS: MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO

X Congresso sobre Planeamento e
Gestão das Zonas Costeiras dos Países
de Expressão Portuguesa
Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

ANÁLISE MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA DE ENSEADA (*POCKET BEACH*): PRAIA VERMELHA (URCA, RIO DE JANEIRO, SE BRASIL)

Julyana Marapodi Grisolia[1], Breylla Campos Carvalho[1], Josefa Varela Guerra[1] *

*1 Departamento de Oceanografia Geológica (FAOC, UERJ, Brasil), *josefa@uerj.br*

Palavras chave: monitoramento praial, praias encaixadas, processos praiais, promontórios rochosos.

INTRODUÇÃO

Praias são ambientes dinâmicos influenciados pelas condições meteo-oceanográficas, orientação da costa, geologia local e impacto antrópico que, em conjunto, afetam a seleção dos sedimentos, formato da praia, alteração da linha de costa e erosão ou acreção. A praia Vermelha, que se localiza próximo à entrada da baía da Guanabara, tem ~280 m de comprimento, orientação N-S, e é uma praia encaixada entre promontórios (Fig. 1A), classificada como praia semi-abrigada por Silva *et al*. (2016). Esta característica de confinamento define o comprimento e a hidrodinâmica da praia devido à difração das ondas (Fellowes *et al*., 2019) e as classificações morfodinâmicas clássicas não se aplicam integralmente. Como o principal regulador da morfodinâmica é a geologia local, a análise geométrica, a partir da praia em planta (Fig. 1B), é considerada uma metodologia mais adequada (Bowman *et al*., 2009; Loureiro *et al*., 2012; Fellowes *et al*., 2019).

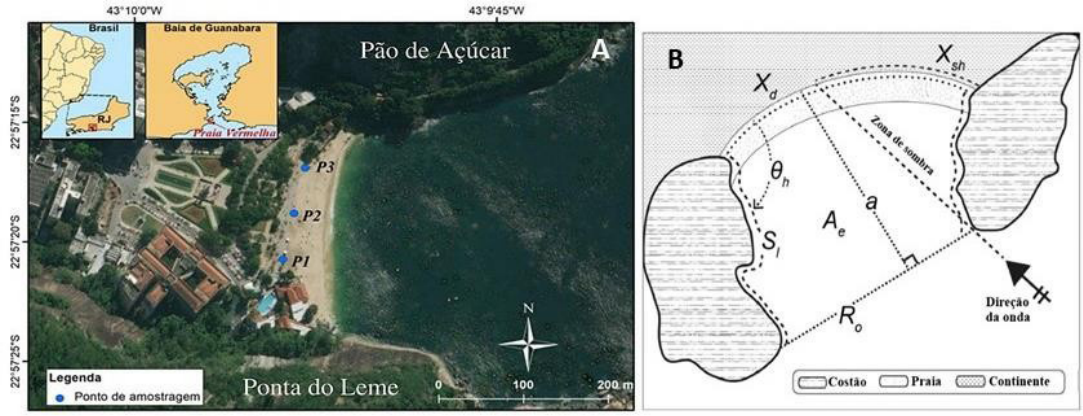


Figura 1 – A) Localização da praia Vermelha; B) Esquema de praia em planta (modificado de Fellowes *et al*., 2019). Xd (S2): comprimento da praia; Xsh: zona de sombra; Ro: distância entre costões; a: parâmetro de endentação, corresponde à distância entre a região mais reentrante da praia e R0, formando ângulo reto; S1: comprimento da praia somado ao perímetro dos costões; θh: ângulo da praia com o costão. Grau de endentação = a/R0.

METODOLOGIA

Entre outubro/2016 e dezembro/2018 foram realizadas 10 campanhas amostrais. Em três pontos (P1, P2; P3; Fig. 1A) foram coletadas amostras de sedimentos na face de praia (*beachface*) e levantados perfis topográficos com Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) com sinal diferencial da Atlas *Hemisphere*. Avaliou-se a estabilidade da linha de costa através da análise de imagens de satélite (2005-2019) disponibilizadas pelo programa Google Earth Pro. A linha de costa foi definida na Linha de Contato Água-

Solo (LCAS). Após o georreferenciamento das imagens foi utilizada a ferramenta DSAS (*Digital Shoreline Analysis Statistics*; Thieler *et al*., 2017) para determinação do Envelope da Variação da Linha de Costa (SCE), a diferença entre a posição da linha de costa na imagem mais antiga e na mais recente (NSM) e a taxa de variação da posição da linha de costa (LRR). Finalmente, a praia Vermelha foi classificada segundo os critérios propostos por Bowman *et al*. (2009) e Fellowes *et al*. (2019), que se baseiam em medidas da praia em planta (Hsu & Evans, 1989), a partir das quais determina-se a relação entre extensão, curvatura e orientação da praia, e o alinhamento dos promontórios (Fig. 1B). O grau de endentação compara o comprimento da praia considerando os promontórios (Sl) e a distância entre eles (Ro): quanto maior o grau de endentação, maior a diferença entre Sl e Ro (Bowman *et al*., 2009). O parâmetro gama ($\gamma_e = a/\sqrt{A_e}$; Fellowes *et al*., 2019) expressa a razão entre o parâmetro de endentação ($\mathbf{a}$) e a área do embaiamento (Ae), e indica o impacto da curvatura na geometria da praia em planta. A partir dos parâmetros da praia em planta são calculados: a) **Índice de endentação** (a/Ro; Hsu & Evans, 1989); b) **Índice de embaiamento** (S1/Ro; Bowman *et al*., 2009); c) **Índice de preenchimento do embaiamento** (S2/S1; Bowman *et al*., 2009).

RESULTADOS

Todas as amostras de sedimentos foram classificadas como areia grossa, muito bem selecionadas a bem selecionadas; não houve variação da granulometria durante o período amostral. No ponto P1 a largura média foi de 53m diminuindo em direção ao ponto P3 (36m). A declividade da praia aumenta de P1 (4,2º) para P3 (9,5º). Não ocorreram variações significativas nos perfis e o volume médio diminui de P1 (120m^3) para P3 (58m^3). Em termos absolutos, o perfil P1 apresentou os maiores valores de Variação do Envelope Praial. Todos os setores apresentaram valores negativos da Taxa de Variação da Linha de Costa. A uma taxa de até -0,2 m/ano, a variação total de 3m na largura da praia corresponde a um estado de estabilidade, valores < -0,2 m/ano são considerados erosivos e > 0 m/ano considerados progradantes. O setor P1 foi classificado como estável (exceto no extremo sul), o setor P2 como erosivo, mesma situação da área central do setor P3. Em relação à variação da largura da praia, observaram-se os seguintes valores médios: setor P1=-5,1m; setor P2= -3,4m; setor P3= -9,66m. A praia Vermelha apresenta endentação expressiva e comprimento S1 maior que a distância Ro. Em geral, essa geometria indica um limitado transporte litorâneo de sedimentos ou nenhum transporte (Bryan *et al*., 2013), em parte porque, segundo Short & Masselink (1999) o alto grau de endentação reduz a altura da onda na arrebentação ($H_b = \sqrt{(H^2_0)(S_0/S_1)}$). Considerando os principais parâmetros de Bowman *et al*. (2009; Tabela 1) a praia Vermelha seria um ambiente com moderada endentação. Quanto ao índice de preenchimento do embaiamento (S2/S1) a praia Vermelha seria moderadamente endentada a endentada tanto para Bowman *et al*. (2009) quanto para Fellowes *et al*. (2019). Segundo o parâmetro gama (Fellowes *et al*., 2019) a praia Vermelha se encontra na classe 3 (endentada).

Tabela 1 – Classificação da praia Vermelha segundo os parâmetros propostos por Bowman et al. (2009) e Fellowes et al. (2019).

	a/R_0	S_1/R_0	S_2/S_1	γ_e
Praia Vermelha	0,6	2,1	0,08	1,09
Bowman *et al*. (2009)	Moderadamente endentada	Moderadamente endentada a endentada	Altamente endentada	X
Fellowes *et al*. (2019)		Moderadamente endentada a endentada	Altamente endentada	Endentada

CONCLUSÕES

Não foi possível definir apenas um tipo de classificação da praia Vermelha quanto ao grau de endentação segundo os índices propostos por Bowman *et al*. (2009) e Fellowes *et al*. (2019). Embora as classificações quanto às razões S1/Ro e S2/S1 tenham sido idênticas segundo os dois sistemas de classificação, a primeira aponta para uma praia com moderado grau de endentação enquanto o segundo sugere uma praia altamente endentada. Os resultados mostram que os modelos de classificação de praias de enseada requerem um maior número de parâmetros para que sua aplicação seja adequada a diferentes cenários geomorfológicos e oceanográficos.

REFERÊNCIAS

Bowman, D., Rosas, V., Pranzini, E. 2014. Pocket beaches of Elba Island (Italy) - Planview geometry, depth of closure and sediment dispersal. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 138: 37–46.

Bryan, K. R., Foster, R., & MacDonald, I. 2013. Beach rotation at two adjacent headland-enclosed beaches. Journal of Coastal Research, Sp. Issue 65, 2095–2100.

Fellowes, T. E., Vila-Concejo, A., Gallop, S. L. 2019. Morphometric classification of swell- dominated embayed beaches. Marine Geology, 411: 78–87.

Hsu, J. R. C., Evans, C. 1989. Parabolic bay shapes and applications. Proceedings - Institute of Civil Engineers. Part 2. Research and Theory, 87(c), 557–570.

Loureiro, C., Ferreira, Ó., Cooper, J. A. G. 2012. Geologically constrained morphological variability and boundary effects on embayed beaches. Marine Geology, 329-331: 1–15.

Short, A. D., Masselink, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: Short, A. D. (Eds.), Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. Wiley, Chichester, pp. 230□250.

Silva, M. A. M., Silva, A. L. C., Santos, C. L. dos, Silvestre, C. P., Antonio, R. V. M., Cunha, A.

B. C., Gralato, J. C. A., Souza, R. D. de. 2016. Praias da Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, 17 (2): 205-225.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA LINHA COSTEIRA NOS ÚLTIMOS 48 ANOS (1972-2020) E PROJEÇÃO EVOLUTIVA PARA OS ANOS DE 2030 E 2040 NA COSTA OESTE DA FOZ DO RIO PARÁ (AMAZÔNIA OCIDENTAL BRASIL)

Rafael Alexandre Alves Menezes*, Maâmar El-Robrini, Diandra Karina Martins Guimarães

*Universidade Federal do Pará, Brasil, rafa.menezes1996@gmail.com

Palavras chave: Ilha do Marajó, Geoprocessamento, DSAS v5.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto por meio de tecnologias de detecção da Linha de Costa (LC) é frequentemente usado para fornecer informações sobre a morfologia da Zonas Costeira (ZC). (França and Souza Filho, 2003; Luijendijk et al., 2018; Mahapatra et al., 2014; Mentaschi et al., 2018; Muskananfola et al., 2020; Orlando et al., 2019). Para a avaliação e quantificação das taxas de erosão e acresção o *Digital Shoreline Analysis* (DSAS) do software *ArcGis*, auxilia para determinar as variações ocorridas na LC (Conti and Rodrigues, 2011; Farias and Maia, 2010; Galvez et al., 2020; Himmelstoss et al., 2018; Mahapatra et al., 2014; Ranieri and El-Robrini, 2015; Santos et al., 2021). A partir dessa vertente teórica exposta, esta composição tem como intuito analisar: a) a dinâmica da LC do município insular de Soure (ilha de Marajó) ao longo de 48 anos e b) projetar a mudança da LC para os anos de 2030 e 2040, agregando em seu desenvolvimento, o fornecimento de suporte técnico e teórico para a década dos oceanos, emparelhando-se com a ODS 17, prevista pela ONU.

METODOLOGIA

Para atingir esses objetivos, faz-se usufruto da aquisição de 6 imagens de uma série temporal do satélite: Landsat 1 (MSS) de 1972 e 1994 (bandas 7,6,5 e 5,4,3, respectivamente), Landsat 5 (TM) de 1985, 2004, 2009 (bandas 5,4,3), com resolução espacial de 30m, e Landsat 8 (OLI) de 2020 (bandas 6,5,4,8), com resolução espacial de 15 m após a fusão da banda 8 (pancromática), sendo obtidas no sítio da USGS (United States Geological Survey), todas já georreferenciadas, onde foi possível calcular os erros geométricos lineares (9,4m) e areolares (284,1m) e de técnicas de geoprocessamento para: a) delimitação da LC: onde foi criada a partir de métodos semi-automáticos combinados com métodos manuais e compilando as bandas de infravermelho próximo/curto e de comprimento de onda visível dos sensores Landsat foram utilizadas para atribuir o critério das superfícies da terra e da água ao longo da ZC, ou seja, utilizando a técnica do *índice de diferença normalizada da água (NDWI)*; b) DSAS versão 5.0 (v5.0), sendo utilizados para compor a análise da LC através dessa ferramenta o: NSM, EPR e LRR, para obtenção de taxas erosivas e de sedimentação ao longo dos 48 anos; c) e utilizando o DSAS, a versão v5 traz o *Filtro de Kalman*, na qual foi utilizado para calcular a estimativa futura na LC para os anos de 2030 e 2040, onde, de forma inicial é estimada a partir do intervalo de confiança e erro padrão da regressão linear previamente calculada pelo DSAS (LCI e LSE). Na previsão, a incerteza na previsão continuará crescendo a cada ano até que outra observação seja assimilada. Quando os dados da LC são bem representados por um ajuste linear, a previsão baseada no *Filtro de Kalman* se parece com uma regressão linear linha extrapolada para o futuro. É importante ressaltar que a prospecção futura da LC é apenas a partir de modelagem estatística, não considerando alterações e/ou tendência meteoceanográficas.

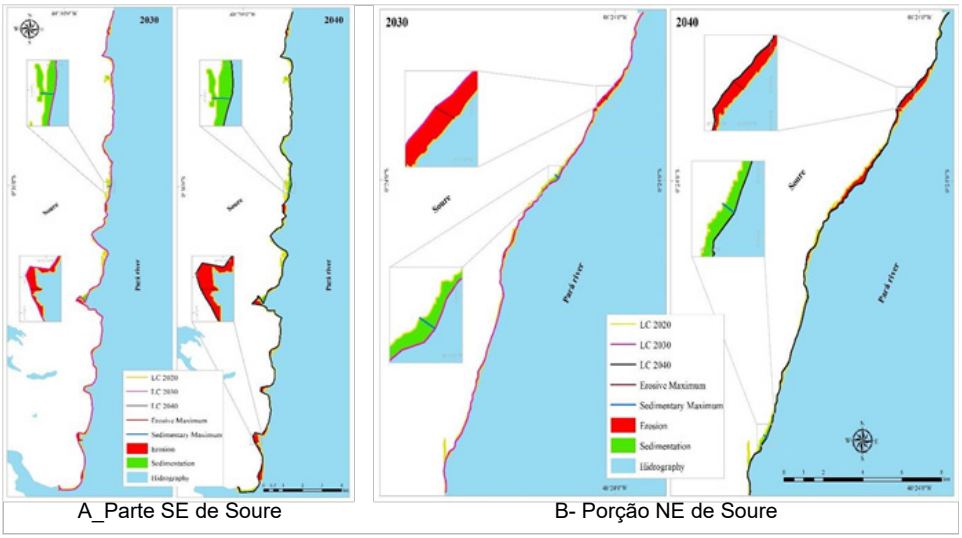
RESULTADOS

A variabilidade multitemporal da LC, compõe um parâmetro escalar-temporal tangente a um médio período (1972-2020) na ZC do município de Soure (~50 km) (tabela XXX). Após a aplicação da ferramenta DSAS V5, 282 transectos foram obtidos para medir as mudanças da linha costeira. A erosão foi observada em 160 transectos, enquanto a acreção foi detectada em 122 transectos. Desta forma, a foz do rio Pará, entre 1972 e 2020, a LC sofreu retrogradação de 57% e aumentou 43%. Os resultados mostraram que a distância máxima de erosão foi de -1247,46 m, enquanto a distância máxima de acreção foi de 1012,72 m, e foram observados na margem SE da costa de Soure. Os resultados mostram algumas regiões com taxas máximas de erosão, em particular a costa SE (-29,41 m/ano). Ao Norte: para o ano de 2030 avaliação da LC será de 219.17 m ± 21.92 m/ano de avanço em direção a parte externa do continente, já erosão apresentará para esse ano em questão cerca de 212.37 m ± 21.24 m/ano. Em contraste ao ano de 2040 e seguindo o explicitado, o avanço da LC estimado que será de 196.53 m ± 9.83 m/ano e o recuo será de 316.98 m ± 15.85 m/na. Para o Sudeste: Para o ano de 2030 o avanço máximo da LC será de 176.15 m ± 17.61 m/ano, enquanto o recuo da LC será de 193.98 m ± 19.40 m/ ano. Já para 20 anos posteriores a tendência de avanço da LC estimada em uma máxima positiva de 230.23 m ± 11.51 m/ano, enquanto a máxima negativa que representa a erosão da LC será de 314.05 m ±15.70 m/ano (figura 1).

CONCLUSÕES

Por fim, conclui-se que a margem oeste da foz do rio Pará, onde localiza-se o município de Soure e partir dos dados obtidos, está passando por um processo sedimentar, porém, ao adentrar no estuário, este cenário configura-se em uma tendência erosiva, mas com predomínio sedimentar em algumas áreas. Ao relatar esta perspectiva, a condição para os anos de 2030 e 2040 é de continuação dessa tendência. Os dados obtidos servirão como suporte para o planejamento previsto como teor técnico e teórico para condição da década dos oceanos para o ano 2030, pois a área de estudo é de importância mundial, haja vista que, faz parte do maior cinturão contínuo de manguezais presente no mundo e pela importância da preservação amazônica.

FIGURAS E TABELAS



A_Parte SE de Soure B- Porção NE de Soure

Figura 1. – Mapas das Linhas de Costas necessários para obtenção das taxas estatísticas: EPR, LRR, NSM e Filtro de Kalman, no Oeste da foz do rio Pará, do município de Soure, Ilha do Marajó-PA. Fonte: Próprio autor.

REFERÊNCIAS

Conti, L.A., Rodrigues, M., 2011. Variação da linha de costa na região da Ilha dos Guarás – PA através de análise de série temporal de imagens de satélites. Rev. Bras. Geogr. Física 4, 922–937.

Farias, E.G.G. de, Maia, L.P., 2010. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. Rev.

Gestão Costeira Integr. 10, 521–544. https://doi.org/10.5894/rgci224

França, C.F. de, Souza Filho, P.W.M. e, 2003. Análise Das Mudanças Morfológicas Costeiras De Médio Período Na Margem Leste Da Ilha De Marajó (Pa) Em Imagem Landsat. Rev.

Bras. Geociências 33, 127–136. https://doi.org/10.25249/0375-7536.200333s2127136

Galvez, D.S., Papenmeier, S., Hass, H.C., Bartholomae, A., Fofonova, V., Wiltshire, K.H., 2020. Detecting shifts of submarine sediment boundaries using side-scan mosaics and GIS analyses. Mar. Geol. 430, 106343. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106343

Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Farris, A.S., 2018. Digital Shoreline Analysis System (versão 5.0); Um ArcGIS © extensão para o cálculo alteração na linha costeira: lançamento do software U.S [WWW Document]. Geol. Surv. URL https://code.usgs.gov/cch /dsas (accessed 5.20.20).

Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., Aarninkhof, S., 2018. The State of the World's Beaches. Sci. Rep. 8, 6641. https://doi.org/10.1038/s41598-01824630-6

Mahapatra, M., Ratheesh, R., Rajawat, A.S., 2014. Shoreline Change Analysis along the Coast of South Gujarat, India, Using Digital Shoreline Analysis System. J. Indian Soc. Remote Sens. 42, 869–876. https://doi.org/10.1007/s12524-013-0334-8

Mentaschi, L., Vousdoukas, M.I., Pekel, J.-F., Voukouvalas, E., Feyen, L., 2018. Global longterm observations of coastal erosion and accretion. Sci. Rep. 8, 12876. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w

Muskananfola, M.R., Supriharyono, Febrianto, S., 2020. Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System. Reg. Stud. Mar. Sci. 34, 101060. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101060

Orlando, L., Ortega, L., Defeo, O., 2019. Multi-decadal variability in sandy beach area and the role of climate forcing. Estuar. Coast. Shelf Sci. 218, 197–203. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.015

Ranieri, L.A., El-Robrini, M., 2015. Evolution of the salinópolis shoreline, Northeastern of Pará, Brazil. Pesqui. em Geociencias 42, 207–226. https://doi.org/10.22456/18079806.78121

Santos, C.A.G., Nascimento, T.V.M. do, Mishra, M., Silva, R.M. da, 2021. Analysis of long- and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil. Sci. Total Environ. 769, 144889. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144889

ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE PRAIAS ENTRE SANTA CRUZ CABRÁLIA E PORTO SEGURO – BA, BRASIL

Gabriela Nunes Rebouças Leal*, Juliana Pereira de Quadros, Tatiana Pinheiro Dadalto, Elfany Reis do Nascimento Lopes

*Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil, gabrielanunesleal@gmail.com

Palavras chave: zona costeira, gestão costeira, costa do descobrimento.

INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ambientes dinâmicos e sensíveis, influenciadas por processos oceanográficos, atmosféricos e continentais. Dados apontam que cerca de 40% da população mundial vive a 100 km da costa, e mais de 60% das cidades com mais 5 milhões de habitantes são costeiras (Firth et al., 2016) , sendo que no Brasil, a ocupação litorânea representa 26,6% da população total do país (IBGE, 2011).

Como consequência, erosão e degradação ambiental ao longo do litoral tem se tornado mais frequentes. Em 2006, 26% do litoral baiano já se encontrava em processo erosivo (Muehe et al., 2006). A extensão das praias de Coroa Vermelha (Santa Cruz Cabrália – BA) à Ponta Grande (Porto Seguro – BA), por exemplo, são locais com recorrentes eventos erosivos, inclusive com desmoronamento de partes da BR-367, principal via de acesso entre os municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália. Essas praias estão em um dos destinos turísticos mais visitados dos Brasil, a extensão praial também conta com presença de recifes costeiros, trechos de faixa de areia reduzido, brejos, restingas, residências além de grandes empreendimentos como barracas de praia e hotéis ao longo da orla, fatores que geram uma pressão sobre o ambiente.

Com o aumento da demanda do uso da zona costeira, torna-se cada vez mais necessário estudos sobre a dinâmica desses ambientes, visto que, para promover um gerenciamento costeiro eficaz é preciso atrelar setores ambientais, econômicos e sociais (Silva, 2008). Desta forma, esse trabalho pretende realizar uma caracterização da morfodinâmica das praias da Planície Costeira de Coroa Vermelha, Coroa Vermelha, Mutá e a Ponta Grande e, assim, gerar dados que contribuirão para estudos mais robustos na região, que possam contribuir para ações de planejamento e gestão da costa.

METODOLOGIA

Foram selecionados 08 (oito) pontos entre as praias de Coroa Vermelha a Ponta Grande para o levantamento mensal de perfis topográficos, com balizas de Emery, entre novembro de 2018 a outubro de 2019 (fig 1.). Durante amostragem foram coletados dados oceanográficos, como altura da onda (Hb) e período (T). Os perfis de praia foram plotados no software Origin 7.0. Foram calculadas as médias, desvios-padrão referentes aos dados de altura, período de onda e largura da face praial, por ponto.

A declividade da face (tanβ) foi calculada através da fórmula do arco tangente:

$$\mathrm{Tan}\beta = \frac{Catetooposto}{catetoadjacente} \longrightarrow \mathrm{Tan}\beta = \tan^{-1}\left[\frac{(Cmr - Cinícioface)}{(Dmr - Dinícioface)}\right]$$

onde, *Cmr* corresponde a cota acumulada até o máximo recuo, *Cinícioface* é a cota até o início da face praial, *Dmr* significa a distância acumulada até o máximo recuo, e *Dinícioface* a distância até o início da face praial.

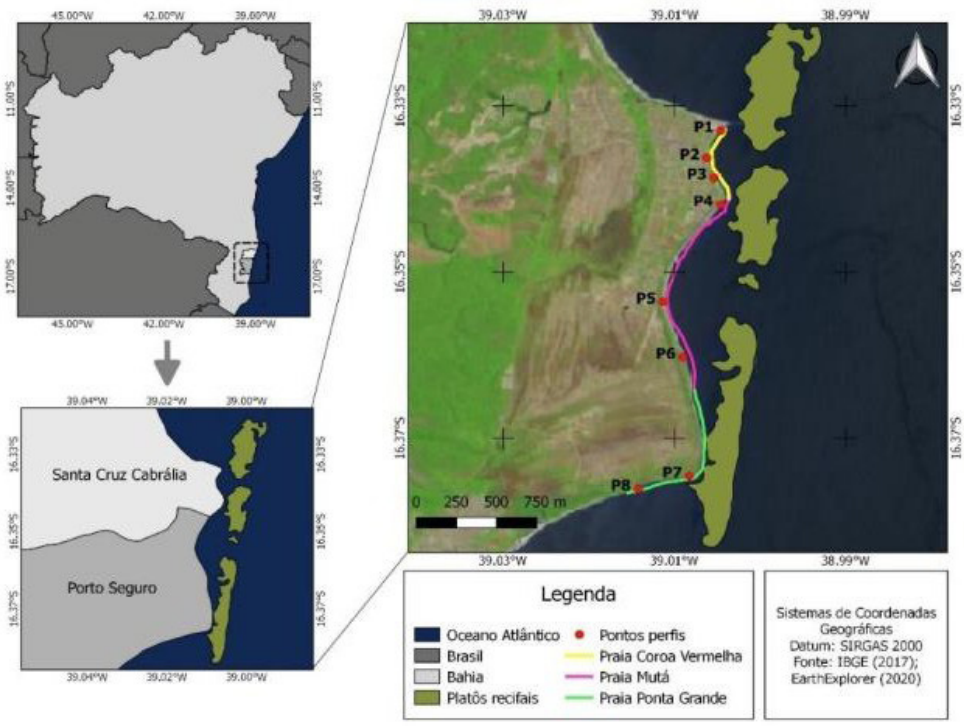


Figura 1. Mapa da área de estudo.

O volume sedimentar foi obtido baseado do método utilizado por Oliveira Filho *et al*. (2020) que, por sua vez, utilizou-se do princípio de Birkemeier (1984), por meio de uma integral definida da área do perfil, multiplicada por 1 m. Com os dados de volume sedimentar, calculou- se o balanço sedimentar.

RESULTADOS

Os resultados mostraram que os pontos com maiores médias de altura de onda foram os P2 e P5 com cerca de 0,70m +/- 0,2 e 0,69m +/- 0,3, respectivamente, enquanto o P1 registrou a menor média com 0,15m +/- 0,1 (Tab. 1). Já o período os valores médios variaram de 5,95s +/- 0,45 no P4 e 14s +/-6 no P6 (Tab. 1).

Quanto aos perfis, os pontos de maiores variações topográficas foram P2, P3 e P8, os demais (P1, P4, P5, P6 e P7) tiveram uma configuração mais estável ao longo do ano (fig. 2). O P7 apresentou a maior média de largura de face praial (70,61 m), enquanto o P2 foi a menor com 19,23m (Tab. 1). Essas praias tem como característica recuo acentuado da maré em período de sizígia, o que ocasiona uma variação significativa da extensão. O ponto com maior declividade foi o P2 com 7,82° e o menos inclinado foi o P6 com 2,06° (Tab. 1).

A presença dos recifes de corais se torna uma barreira de proteção contra ações das ondas na costa, entretanto a depender da orientação da praia os recifes proporcionam apenas uma semi- proteção, como é possível observar no P7 e P8 (fig. 1). Essas praias tem sua orientação voltada para o quadrante sudoeste e sul, respectivamente, onde os recifes já não protegem, com isso, elas ficam expostas para ondas do quadrante sul, típicas de tempo ruim. Esse fator pode ser observado no balanço sedimentar de ambos os pontos de estudo, que foram negativos (P7 -5,88 m³/m, P8 - 6,84 m³/m). A ação das ondas nesse trecho da costa, gera efeitos erosivos na BR-367. Silva *et al*. (2007) em seu estudo sobre os efeitos erosivos na Costa do Descobrimento já destacava essa praia com alta sensibilidade a eventos de erosão e consequentemente potenciais danos econômicos, e

chamava atenção para a elaboração de um planejamento de manejo de gestão litorânea, levando em consideração a ocupação do dessa região, sua importância para setor turístico, lazer e recreação.

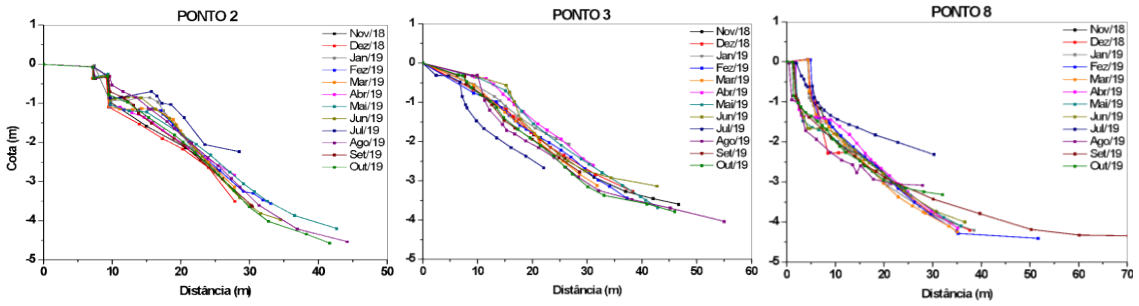


Figura 2. Perfis de praia com maiores variações topográficas: P2, P3, P8.

Tabela 1. Parâmetros morfológicos e oceanográficos relativos aos pontos estudados, valores médios e seus respectivos desviospadrões

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hb(m)	0,15 (0,1)	0,70 (0,2)	0,35 (0,2)	0,47 (0,3)	0,69 (0,3)	0,48 (0)	0,33 (0,3)	0,46 (0,3)
Período(s)	9,65 (2,76)	9,87 (2,78)	8,78 (2,10)	5,95 (0,45)	7,92 (2,06)	14,00 (6,00)	10,48 (6,11)	9,06 (2,06)
Larguraface (m)	21,40 (8,39)	19,23 (8,34)	17,42 (6,21)	31,77 (16,18)	20,58 (7,03)	70,61 (26,53)	23,79 (9,71)	28,06 (10,88)
Declividade(°)	5,78 (1,05)	7,82 (1,78)	5,65 (0,82)	4,78 (1,84)	7,59 (1,35)	2,06 (0,59)	3,80 (1,35)	5,17 (1,24)
Balança sedimentar (m^3/m)	0,52	3,25	-1,22	0,93	2,78	3,07	-5,88	-6,84

CONCLUSÃO

O trecho praial estudado possui uma formação ambiental peculiar e complexa devido a presença de recifes de arenito, brejos, elevada ocupação urbana do pós-praia e exploração turística, a qual requer esforços de setores públicos, privados e sociais para um planejamento e gerenciamento ambiental sustentável. Dessa forma, estudos de caracterização ambiental são de fundamental importância para subsidiar o desenvolvimento de políticas públicas de monitoramento ambiental e gestão costeira. No caso de Porto Seguro e região, os processos erosivos já afetam áreas como a Ponta Grande (P7 e P8). Tais transtornos podem se agravar cada vez mais, especialmente a longo prazo, com cenário de mudanças climáticas.

O desafio da gestão costeira pode ser complexo, já que envolve territórios e usos múltiplos da terra que estão atrelados a setores da esfera federal, estadual e Municipal. Entretanto é necessário que o conhecimento sobre a dinâmica ambiental seja fomentado, tenham continuidade e se aprofundem projeções de vulnerabilidade costeira, previsões da evolução da linha de costa, dentre outros, a fim de ter o manejo mais adequado do litoral.

REFERÊNCIAS

FIRTH, L. B.; KNIGHTS, A. M.; THOMPSON, R. C.; MIESZKOWSKA, N.; BRIDGER, D.; EVANS, A.; MOORE, P. J.; O'CONNOR, N. E.; SHEEHAN, E. V.; HAWKINS, S. J. Ocean sprawl: challenges and opportunities for biodiversity management in a changing world. In: DALE, A. C.; SMITH, I. P.; HUGHES, R. N.; HUGHES, D. J. (Eds.). *Oceanography and Marine Biology*: An Annual Review. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 193–269.

MUEHE, D. C. E. H. *et al*. Erosão e progradação do litoral brasileiro. *Brasília: Ministério do Meio Ambiente*, v. 1, p. 475, 2006.

SILVA, I. R.; BITENCOURT, A. C. D. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, S. B. D. M. E. Potencial de danos econômicos face à erosão costeira, relativo às Praias da Costa do Descobrimento–Litoral Sul do estado da Bahia. *Pesquisas em Geociências*, v. 34, n. 1, p. 35-44, 2007.

SILVA, I. R. Subsídios para a gestão ambiental das praias da Costa do Descobrimento, litoral Sul do estado da Bahia, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 8, n. 2, p. 47-60, 2008.

AVANÇOS RECENTES EM EROSÕES LOCALIZADAS EM ESTRUTURAS MARINHAS

Tiago Fazeres-Ferradosa*, Francisco Taveira-Pinto, Paulo Rosa-Santos

*Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Portugal. *E-mail: tferradosa@fe.up.pt*

Palavras chave: Estruturas Marinhas, Erosões Localizadas, Proteção de Fundações, Interação solo-estrutura-fluído.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento do sector das energias renováveis marinhas, nomeadamente, no que respeita à energia eólica *offshore*, entre outras tecnologias em claro desenvolvimento, como a energia das ondas ou das correntes de maré (Taveira-Pinto *et al.*, 2020), têm motivado a necessidade de aprofundar os conhecimentos relativos à temática das erosões localizadas, que tende a interferir com a estabilidade estrutural, devido à influência nos modos de vibração da fundação e superestrutura. A necessidade de dimensionar proteções de enrocamento pode representar um acréscimo de custos relevante para os projetos desta natureza. O custo das fundações de turbinas eólicas *offshore* apresenta valores da ordem dos 30% do investimento de capital inicial, pelo que se torna importante otimizar o seu dimensionamento e a sua proteção. Recentemente, a necessidade de acoplar dispositivos móveis em fundações semelhantes, como por exemplo os conversores de energia das ondas, contribuiu para a importância desta problemática. Tendo em vista a necessidade de entender melhor o respetivo fenómeno de erosões localizadas e de otimizar o dimensionamento de fundações em ambiente costeiro e *offshore* desenvolveram-se os projetos "ORACLE – Sistema de análise de risco e otimização de fundações offshore, para adaptação às alterações climáticas e extensão do período de vida útil" e "POSEIDON – Previsão de Dano e Dimensionamento de Proteções contra erosões localizadas em Fundações Complexas para Energias Renováveis Marinhas". Este trabalho providencia uma breve resenha dos avanços mais recentes e dos resultados obtidos e esperados em ambos os projetos.

METODOLOGIA

Os projetos ORACLE e POSEIDON combinam a aplicação de modelação física e numérica com o objetivo de otimizar os custos e a resistência ao dano de proteções em enrocamento de estruturas marinhas. Em 2018, o projeto ORACLE deu início a conjunto significativo de ensaios a escala geométrica reduzida (1:50), respeitando o critério de semelhança de *Froude*. Em parceria com outros projetos do grupo de Estruturas Hidráulicas e Energia do Mar (FEUP | CIIMAR), como o projeto PROTEUS (Fazeres-Ferradosa *et al.*, 2020), tornou-se possível uma análise comparativa dos resultados dos modelos à escala referida com os de outros modelos de maiores dimensões, nomeadamente à escala 1:16.67 e 1:8.33. Os ensaios incluíram diversos testes com estruturas do tipo monopilar simples (Figura 1). Os trabalhos de modelação física permitiram ainda a análise do dano em proteções do tipo estático, em que a dimensão e peso das unidades do manto de enrocamento são determinados em função da sua tensão crítica de arrastamento, e do tipo dinâmico, em que essas variáveis de dimensionamento podem ser otimizadas, dado que é permitida a ocorrência de movimento. No entanto, o referido movimento que ocorre no manto, tem de respeitar um nível controlado de dano, em particular os que se encontram definidos em De Vos *et al.* (2012).

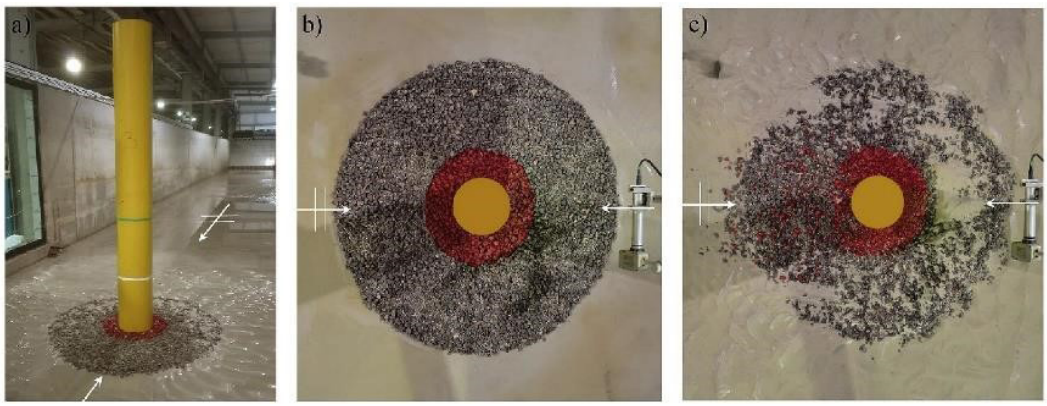


Figura 1. a) Modelo de monopilar simples com proteção de enrocamento, escala 1:16.67 e Dp=30 cm, Fast Flow Facilities (HR Wallingford), b) proteção vista de cima antes do ensaio, c) vista de cima da proteção com acumulação de dano causada por ondas irregulares sobrepostas a correntes com sentido oposto. Fonte: Fazeres-Ferradosa *et al*. (2020).

Recentemente, e conforme identificado em Fazeres-Ferradosa *et al.* (2021), o estudo das erosões localizadas apenas em estruturas do tipo monopilar não dá resposta à abrangente necessidade que a indústria de energia renovável marinha tem no que respeita a fundações com geometria mais complexa. Alguns destes exemplos passam pela necessidade de estudar o fenómeno e o dimensionamento de proteções para conversores de energia das ondas e energia eólica que possam estar fundados, por exemplo, em quebramares, em estruturas do tipo *jacket* ou outras (Figura 2).

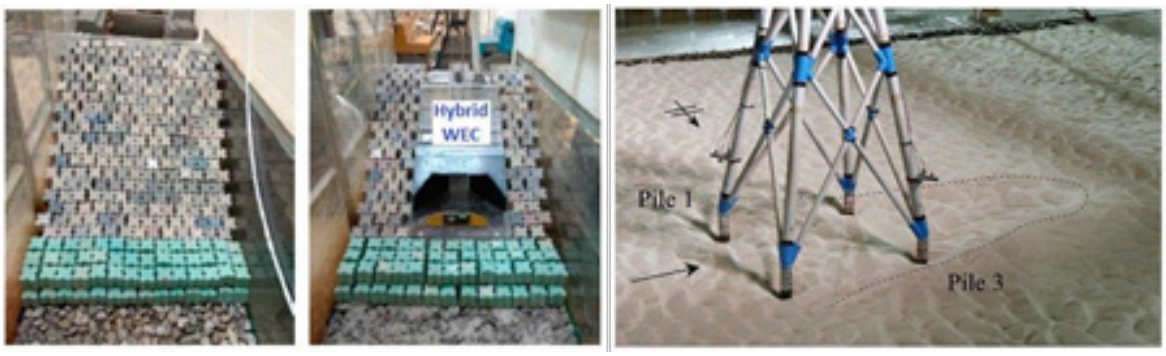


Figura 2. a) Modelo 2D de quebramar sem conversor de energia das ondas, b) Modelo 2D de quebramar com conversor de energia das ondas, c) Teste de erosão em fundação do tipo jacket. Fontes: Fazeres-Ferradosa *et al*. (2021) e Welzel *et al*. (2019).

Nesse contexto, o projeto de I&D POSEIDON, iniciado no segundo semestre de 2021, estuda o comportamento das erosões em termos de volume e profundidade junto de diversos tipos de fundação em ambientes *offshore* e costeiro, propondo um dimensionamento otimizado de proteções que possam ser simultaneamente mais baratas e eficazes.

RESULTADOS

Os primeiros resultados do projeto POSEIDON são esperados para o primeiro trimestre de 2022, e incluem contribuições ao nível da modelação numérica. Procura dar-se continuidade a alguns dos avanços mais emblemáticos do projeto ORACLE. Entre eles, destaca-se a metodologia de cálculo e avaliação do parâmetro de danos descrita em Fazeres-Ferradosa *et al.* (2020) que permite a criação da função distribuição acumulada de dano no manto de enrocamento de proteções em monopilares (e.g., Figura 3). O POSEIDON procura estender esta metodologia a fundações complexas e redefinir os

limites de dano para monopilares, uma vez que o ORACLE demonstrou que estes estão desajustados em determinadas situações, nomeadamente, nos casos em que as ondas e as correntes se opõem. A presente metodologia tem permitido a otimização das equações utilizadas para o dimensionamento de proteções dinâmicas e estáticas, uma das principais lacunas da literatura identificada em Fazeres-Ferradosa *et al.* (2019).

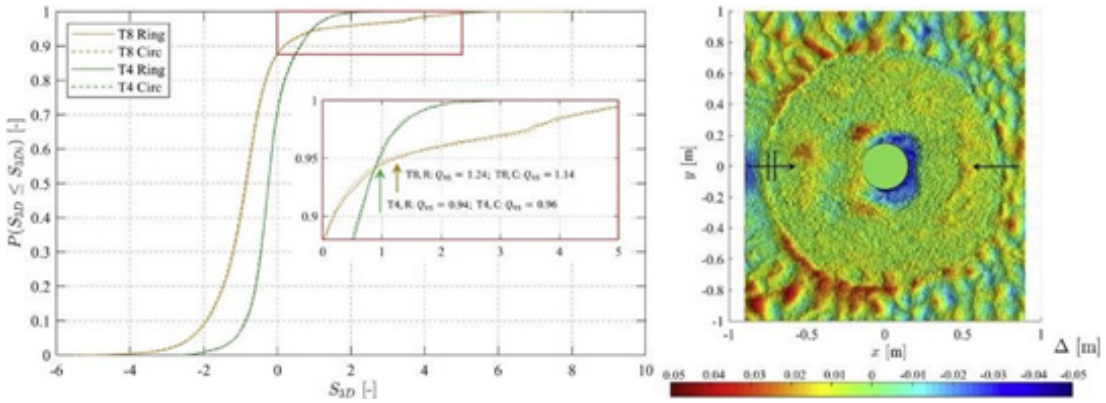


Figura 3. Esquerda: Exemplo de distribuição acumulada do dano em 2 proteções diferentes. Direita: modelo digital do terreno em proteção com erosão junto de monopilar para o T8 da figura à esquerda (Fazeres-Ferradosa *et al*., 2020).

CONCLUSÃO

O ORACLE e o POSEIDON perfilam-se como dois projetos com contribuições recentes ao nível do dimensionamento de proteções de enrocamento para erosões localizadas, em diversos tipos de estruturas marinhas. Esta temática continua a ser relevante para a otimização de custos e de melhoria da competitividade dos investimentos em energia renovável marinha. Os avanços mais recentes nesta matéria têm colmatado algumas das lacunas existentes em ambientes costeiros e *offshore*, manifestando potencial de aplicação nuotras áreas de complexidade igualmente relevante, tais como, a inclusão de conversores em estruturas como quebramares, entre outras.

REFERÊNCIAS

De Vos, L., De Rouck, J., Troch, P., Frigaard, P. 2012. Empirical design of scour protections around monopile foundations. Part 2: Dynamic approach. Coastal Engineering, 60 (1), pp. 286-298, DOI: 10.1016/j.coastaleng.2011.11.001

Fazeres-Ferradosa, T., Welzel, M., Schendel, A., Baelus, L., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F. 2020. Extended characterization of damage in rubble mound scour protections. Coastal Engineering, 158, 103671, DOI: 10.1016/j.coastaleng.2020.103671

Fazeres-Ferradosa, T., Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Chambel, J. 2019. A review of reliability analysis of offshore scour protections. Proc. of the Institution of Civil Engineers: Maritime Engineering, 172 (3), pp. 104-117, DOI: 10.1680/jmaen.2019.11

Fazeres-Ferradosa, T., Chambel, J., Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Taveira Pinto, F.V.C., Giannini, G., Haerens, P. 2021. Scour protections for offshore foundations of marine energy harvesting technologies: A review. Journal of Marine Science and Engineering, 9 (3), art. no. 297, DOI: 10.3390/jmse9030297

Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Fazeres-Ferradosa, T., 2020. Marine renewable energy. Renewable Energy, 150, pp. 1160-1164, DOI: 10.1016/j.renene.2019.10.014

Welzel, M., Schendel, A., Schlurmann, T., Hildebrandt, A. 2019. Volume-based assessment of erosion patterns around a hydrodynamic transparent offshore structure. Energies, 12 (16), art. no. 3089, DOI: 10.3390/en12163089

EFEITO DA VARIABILIDADE MORFOLÓGICA NO DESEMPENHO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO

Filipa S.B.F. Oliveira*

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, foliveira@lnec.pt

Palavras chave: correntes litorais, dinâmica sedimentar, proteção costeira.

INTRODUÇÃO

O presente estudo é uma das componentes do "Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira", efetuado pelo LNEC-UAveiro-IST para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). O objetivo que presidiu esta componente foi estimar o efeito da elevada variabilidade morfológica observada na zona de estudo (Figura 1) na evolução induzida pelo quebra-mar destacado (QMD) na zona envolvente. Especificamente, teve-se em vista estimar e comparar o impacte do QMD nas duas topo-batimetrias, obtidas no âmbito do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental COSMO, implementado pela APA (https://cosmo.apambiente.pt), que evidenciassem as maiores diferenças de fundo. Para avaliar este impacte recorreu-se ao modelo numérico de morfodinâmica Delft3D, validado com dados de hidrodinâmica e topo-batimetria medidos numa campanha de campo efetuada no âmbito do presente estudo.

A elevada variabilidade morfológica é de extrema importância uma vez que pode induzir uma elevada variabilidade das correntes de circulação e desta forma colocar em causa a segurança de banhistas e da própria estrutura. Por outro lado, também pode colocar em causa a estabilidade da linha de costa entre o QMD e defesa aderente da frente marítima da Vagueira e assim, no limite, comprometer a proteção contra galgamentos e erosão costeira.

METODOLOGIA

A intensa dinâmica sedimentar observada na frente marítima da Vagueira resulta da incidência de um regime de agitação marítima multidirecional de elevada energia sobre a praia, que inclui a estrutura de defesa longitudinal aderente e o esporão da Vagueira. Os levantamentos COSMO de julho de 2018, junho de 2019 e junho de 2020 foram comparados entre datas consecutivas para calcular a evolução morfológica anual na frente marítima e zona adjacente à praia. Os resultados evidenciaram uma elevada variação morfológica acima da elevação -8 m ZH (8 m abaixo do zero hidrográfico), na zona onde se pretende implementar o QMD. Observaram-se maiores diferenças topo-batimétricas entre julho de 2018 e junho de 2019 (Figura 1) do que entre junho de 2019 e junho de 2020. Assim, definiram-se como condições de fundo de teste os levantamentos de julho de 2018 e de junho de 2019.

Como condições de hidrodinâmica, atuantes durante 30 dias, consideraram-se: a onda mediana, com altura significativa, Hs=1,6 m, período de pico, Tp=10,9 s, e direção média, Dir=295ºN, na fronteira mar do domínio de cálculo; e o nível do mar constante, igual ao nível médio do mar atual na praia da Vagueira, +2,17 m ZH.

Como condições de sedimentologia, consideraram-se o diâmetro mediano dos sedimentos do fundo, D50=0,2 mm, por ser o valor de referência à profundidade de implantação do QMD, com base nos resultados da análise granulométrica de amostras superficiais efetuada no âmbito do presente estudo; e o peso específico dos sedimentos igual a 2,65 kg/m^3.

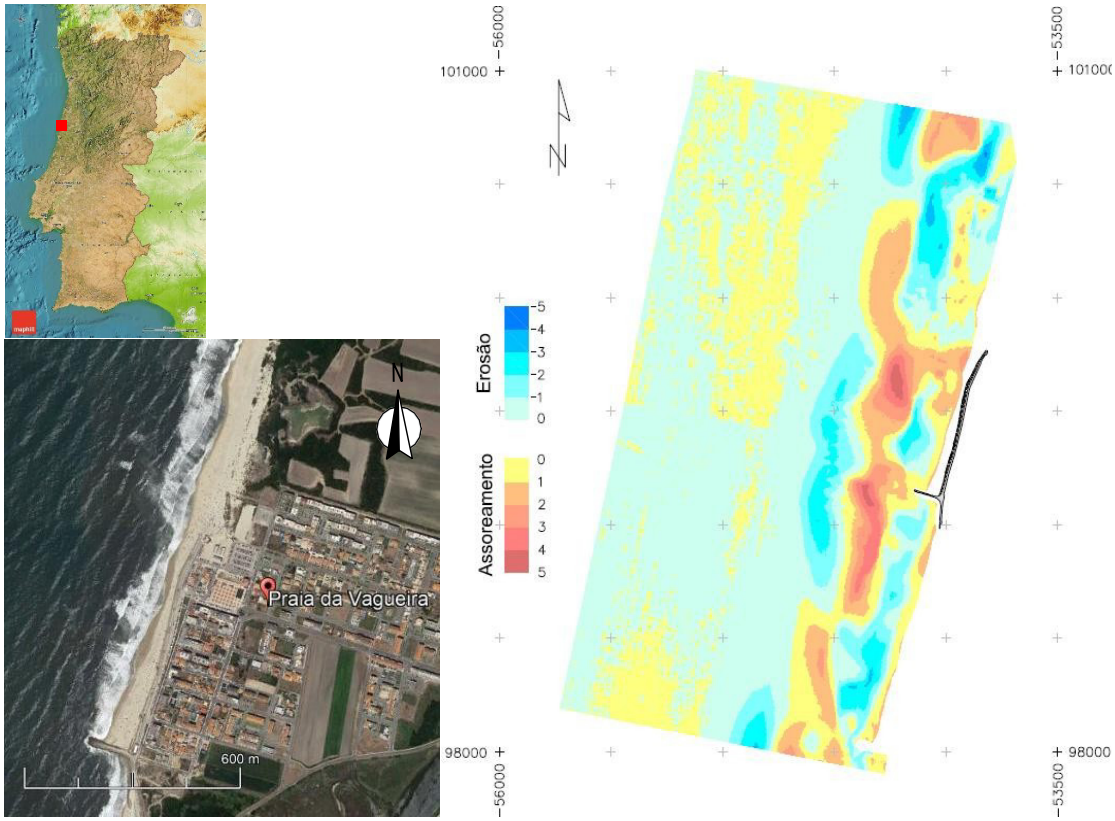


Figura 1. Localização da zona de estudo, Praia da Vagueira, Portugal, à esquerda (© Maphill e Google Earth); e variação morfológica da frente marítima e zona adjacente à Praia da Vagueira entre julho de 2018 e junho de 2019, à direita.

Considerou-se o QMD com forma linear; largura do coroamento, B=10 m; bordo livre, Rc, 0,5 m abaixo do nível de baixa-mar de águas vivas média (BMAV=+0,84 m ZH), isto é, à cota h_c=+0,34 m ZH; inclinação dos taludes de barlamar e sotamar, respetivamente, βb=1:10 e βs=1:2; distância entre o eixo transversal do QMD e o esporão Sul, L_g=460 m; orientação do eixo longitudinal do QMD relativamente à linha de costa, ϕ=0º; comprimento do QMD, L_{qm}=300 m; e distância à linha de costa, L_d=400 m.

Validou-se o modelo Delft3D com medições de ondas e batimetria efetuadas numa campanha de campo realizada em 14-15/out/2019, durante dois ciclos de maré. Também se concluiu que ocorreram variações da elevação do fundo na zona ativa da praia entre junho/2019 e outubro/2019, no prazo aproximado de três meses.

RESULTADOS

Os resultados mostraram o seguinte:

I. Na ausência de QMD, a onda mediana causa assoreamento da zona entre o QMD e a linha de costa sobre ambas as topo-batimetrias, de julho/2018 e junho/2019. No entanto, este assoreamento é aproximadamente simétrico relativamente ao eixo transversal do QMD no primeiro caso, enquanto no segundo caso o centro de gravidade do assoreamento encontra-se mais a sul, entre o eixo transversal do QMD e o esporão da Vagueira.

II. Sobre ambas as topo-batimetrias, de julho/2018 e de junho/2019, o QMD favorece a formação de correntes de circulação e de gradientes de fundo, com potencial formação de canais em ambas as direções, transversal e longitudinal, na zona adjacente (Figura 2).

III. Tal como no caso da topo-batimetria de julho/2018, no caso da topo-batimetria de junho/2019 o QMD promove a formação de um saliente. Os focos do assoreamento mantêm as mesmas características de localização verificadas na ausência de QMD, no entanto, a extensão da zona de assoreamento diminui.

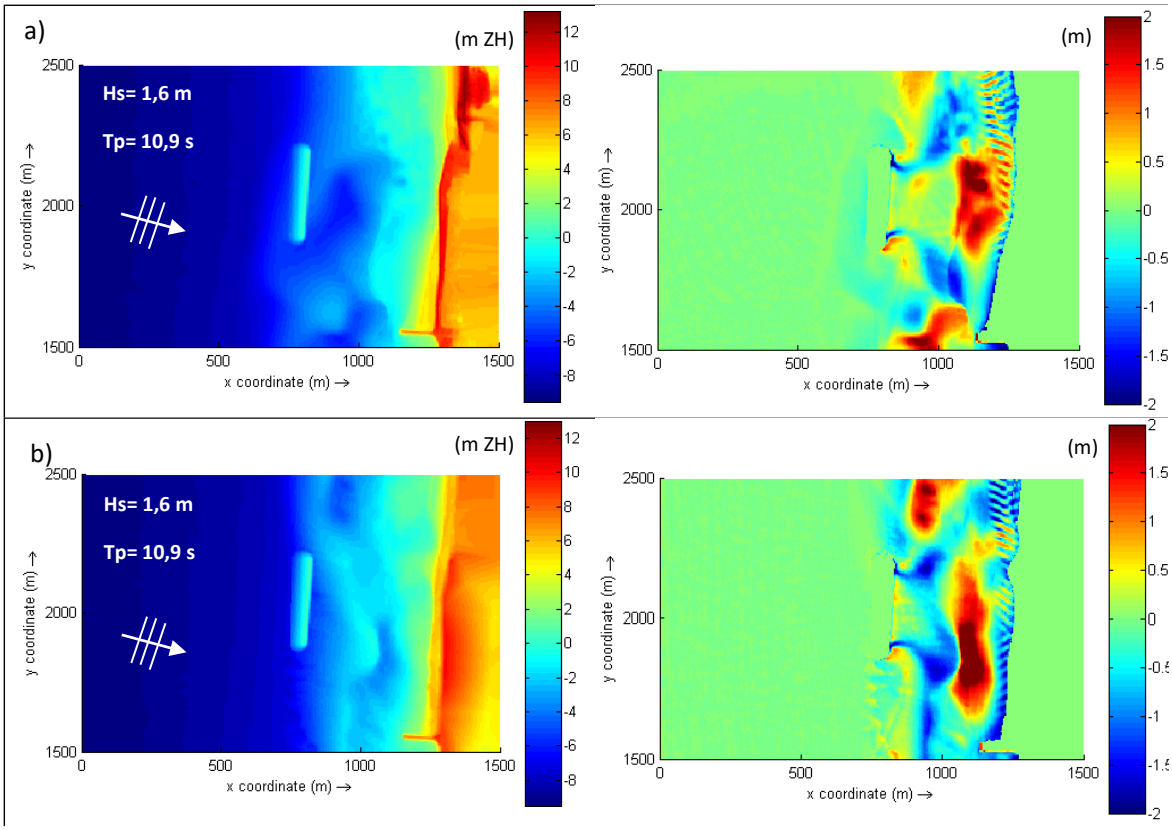


Figura 2. Evolução morfológica com QMD simulada sob ação da onda mediana e nível médio do mar: a) topo-batimetria inicial COSMO 2018 (esquerda) e erosão/acumulação (-/+) após 30 dias (direita); b) topo-batimetria inicial COSMO 2019 (esquerda) e erosão/acumulação (-/+) após 30 dias (direita).

CONCLUSÕES

Em síntese, verifica-se que dada a elevada variabilidade morfológica observada na zona de estudo, a implementação do QMD favorece a geração de elevados gradientes de fundo, incluindo a geração de novos canais devidos às correntes divergentes, assim como a sua mobilidade, e constrange a formação de um saliente estável que permita a permanência do aumento da largura de praia.

AGRADECIMENTO

Os resultados decorrem de Programa coordenado pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (referência POSEUR-02-1809-FC-000039).

EFEITO DOS PROCESSOS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS NO DESEMPENHO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS

Margarida Ferreira*, Carlos Coelho, Paulo Alves Silva

*RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal, margarida.ferreira@ua.pt

Palavras chave: modelação numérica, processos costeiros, alimentações artificiais.

INTRODUÇÃO

A modelação numérica constitui uma ferramenta importante para auxiliar o processo de tomada de decisão e a definição de políticas para a gestão do litoral. Vários modelos numéricos têm sido desenvolvidos para simular a evolução da morfologia do litoral. Os modelos que descrevem com detalhe os processos hidro-morfodinâmicos, devido aos esforços computacionais requeridos e à quantidade de dados necessários para a sua calibração, são mais adequados para fazer previsões de curto ou médio-prazo, numa zona costeira limitada (Burchart *et al*., 2007). Os modelos simplificados permitem prever a evolução das zonas costeiras a longo prazo, mas geralmente devido à complexidade dos processos físicos que descrevem a evolução da morfologia costeira, não simulam simultaneamente os processos longitudinais e transversais (Larson *et al*., 2016).

O presente estudo tem como objetivo apresentar contributos para melhorar a capacidade de modelação numérica da evolução dos perfis transversais de praia numa perspetiva de médio-prazo. Para tal, propõe-se um método que incorpora no modelo numérico CS-Model (Larson *et al*., 2016), que simula os processos transversais de evolução dos perfis de praia, os efeitos da subida do nível médio da água do mar e dos gradientes de transporte sólido longitudinal de sedimentos (SCR, *shoreline change rate*), recorrendo a resultados de simulação da evolução da linha de costa.

METODOLOGIA

O método proposto utiliza o esquema de perfil transversal de praia representado pelo CS-Model (Figura 1), onde se podem incluir alimentações artificiais de sedimentos e os efeitos da subida do nível médio do mar (SLR). Os efeitos dos gradientes de transporte sólido longitudinal de sedimentos (SCR) são incluídos na evolução do perfil transversal de praia através das taxas de variação da posição da linha de costa fornecidas pelo modelo numérico de evolução da linha de costa LTC - *Long Term Configuration* (Coelho, 2005).

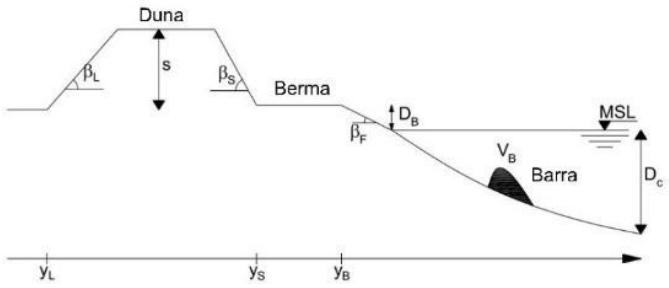


Figura 1. Esquema do perfil transversal de praia utilizado pelo CS-Model (adaptado de Marinho, 2018).

Para incorporar os resultados do LTC no CS-Model e processar automaticamente o método, foi desenvolvido um código que tem por base uma estrutura cíclica composta por 5 passos principais (Figura 2): i) leitura do ficheiro Input.txt, com dados iniciais do CS-Model; ii) execução do CS-Model para obter a morfologia do perfil ao fim de determinado tempo (definido pelo utilizador e designado como NDT); iii) leitura do ficheiro Output.txt, gerado pelo CS-Model; iv) variação dos parâmetros chave que caracterizam a morfologia do perfil, de forma a simular-se o efeito dos processos longitudinais, resultantes do LTC; v) utilização dos parâmetros atualizados, para reescrever o novo ficheiro Input.txt.

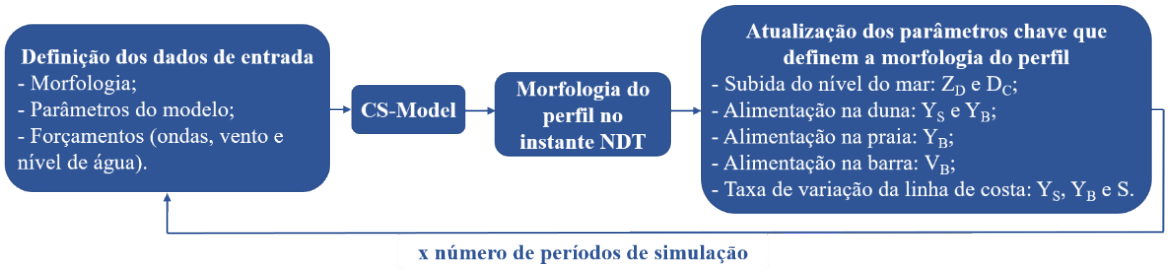


Figura 2. Estrutura principal do processo de incorporação dos efeitos longitudinais e em planta no CS-Model.

O método foi aplicado para modelar a evolução de dois perfis de praia localizados na região de Aveiro (Costa Nova e Vagueira), a 20 anos. Na Tabela 1 sintetizam-se os cenários avaliados: nos cenários A, foram considerados os processos transversais do CS-Model (CS), que incluem também o SLR e cenários de alimentação artificial (AA) em diferentes locais do perfil transversal; nos cenários B, as simulações do CS-Model foram combinadas com os resultados provenientes da modelação da evolução da linha de costa, considerando-se o efeito dos gradientes de transporte sólido de sedimentos (SCR) em cada perfil e em cada instante da simulação.

Tabela 1. Cenários avaliados

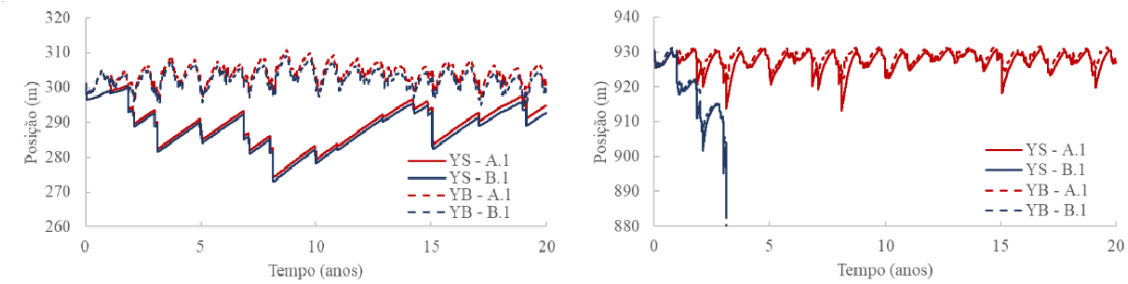
Cenário	Descrição	Cenário	Descrição
A.1	CS+SLR	B.1	A.1+SCR
A.2	CS+ SLR+AAduna	B.2	A.2+SCR
A.3	CS+ SLR+AApraia	B.3	A.3+SCR
A.4	CS+ SLR+AAbarra	B.4	A.4+SCR

Nas simulações em que foram consideradas as alimentações artificiais, as intervenções foram realizadas anualmente, com volume de 500 000 m³ (294 m³/m), variando-se o local de deposição no perfil (duna, praia e barra). Os efeitos do aumento do nível do mar foram representados por uma taxa de elevação de 6 mm/ano, aplicada da mesma forma no CS-Model e no LTC.

RESULTADOS

Na aplicação do CS-Model aos Cenários A, verificou-se que no perfil da Costa Nova a deposição de sedimentos na barra submersa ou na praia promove ganhos de largura de berma, enquanto que a deposição dos sedimentos na duna contribui para aumentar o respetivo volume da duna. No perfil da Vagueira, para qualquer dos esquemas de alimentação, a deposição dos sedimentos reflete-se sobretudo no aumento do volume da duna. Nos Cenários B, a introdução dos efeitos da SCR tem impactos distintos na evolução dos perfis de praia. Para o perfil da Costa Nova observam-se resultados de evolução similares, quer se considere ou não o efeito da SCR (Figura 3a). Na Vagueira, a inclusão das SCR resulta na destruição da duna ao quarto ano de simulação (Figura 3b).

Esta diferença na evolução dos dois perfis é atribuída à magnitude das SCR obtida no LTC, que no perfil da Vagueira são superiores às obtidas para o perfil da Costa Nova. Os efeitos da SCR refletem-se também no desempenho das alimentações artificiais, reduzindo o impacto positivo que provocam, por comparação com os ganhos obtidos nos cenários em que apenas foram considerados os efeitos transversais. Contudo, para o perfil da Vagueira, a realização das intervenções de alimentação artificial evita a destruição da duna.



a) Costa Nova b) Vagueira

Figura 3. Evolução da posição do pé da duna (Ys) e berma (Yb) em função das SCR, para os cenários A.1 e B.1

CONCLUSÕES

O estudo apresentado teve como objetivo discutir a incorporação do efeito dos processos longitudinais na simulação da evolução dos perfis transversais de praia, em cenários de subida do nível do mar e de alimentações artificiais de sedimentos. Foi proposto um método simplificado que associa os resultados da evolução da linha de costa à simulação do comportamento dos perfis transversais, constituindo um primeiro avanço na tentativa de combinar os processos longitudinais e transversais no mesmo modelo numérico de projeções a médio-prazo. Genericamente, os resultados obtidos mostram que as alimentações artificiais de sedimentos permitem aumentar a largura da berma de praia e/ou aumentar o volume da duna e mitigar os impactos negativos da erosão costeira associados às SCR.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi realizado no âmbito do projeto “Sandtrack - Alimentação artificial das praias: uma metodologia integrada de suporte à gestão litoral”, POCI-01-0145-FEDER-031779, financiado através do programa FEDER, através do programa COMPETE2020-POCI e fundos nacionais (OE), através do programa FCT/MCTES. Agradece-se à FCT pelo apoio financeiro ao RISCO (FCT/UIDB/ECI/04450/2020) e CESAM (UID/AMB/50017/2019).

REFERÊNCIAS

Burcharth, H., Hawkins, S., Zanuttigh, B., Lamberti, E. (2007). Environmental Design Guidelines for Low Crested Coastal Structures. Oxford, GB. Elsevier Science, 448 p.

Coelho, C. (2005). Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 404 p.

Larson, M., Palalane, J., Fredriksson, C., Hanson, H. (2016). Simulating cross-shore material exchange at decadal scale. Theory and model component validation. Coast. Eng. J., 116, 57-66 pp.

Marinho, B. (2018). Artificial Nourishments as a Coastal Defense Solution: Monitoring and Modelling Approaches. Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

EROSÃO COSTEIRA NA BAIA FORMOSA, ESTADO DO RIO DE JANEIRO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE IMAGENS DE MÉDIA E ALTA RESOLUÇÃO

Willian Cruz Gouvea Junior [1,2], Daniel Fernandes[2,3], João Wagner de Alencar Castro[1,2,3]

1 Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Geologia/IGEO, Brasil; williangouveajr@gmail.com.

2 Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - LAGECOST, Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil; fernandes.geol@gmail.com.

3 Universidade Federal do Rio de Janeiro - Programa de Pósgraduação em Geologia, Brasil; castro@mn.ufrj.br.

Palavras-chave: Erosão e Acreção de Sedimentos, Sensoriamento Remoto, Vulnerabilidade Costeira.

INTRODUÇÃO

O arco praial da Enseada da Baia Formosa, Região dos Lagos Fluminense - Estado do Rio de Janeiro, encontra-se em processo de recuo de linha de praia (erosão costeira) decorrente da ação de ondas de tempestade e da ocupação urbana da orla costeira nos últimos 40 anos. Os impactos causados pelos eventos de tempestade neste segmento de litoral, resultaram em diversas intervenções de engenharia nas praias das Tartarugas e Abricó, município de Rio das Ostras, afetando a estabilidade da faixa de pós-praia (CASTRO; FERNANDES; DIAS, 2011; FERNANDES & CASTRO, 2020). Objetiva-se identificar áreas de maior suscetibilidade à erosão ou acreção de sedimentos nesse segmento litorâneo, através de análise comparativa entre imagens de alta e moderada resolução espacial. Utilizou-se a ferramenta DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) desenvolvido pelo USGS (United States Geological Survey), visando obter taxas de variações de linha de praia no intervalo de 44 anos.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos constaram de duas etapas de trabalho, envolvendo sensoriamento remoto: (1) imagens de resolução espacial moderada; (2) imagens de alta resolução espacial. As imagens de resolução espacial moderada de 30,0 m foram obtidas através de sensores dos satélites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM +) e Landsat 8 (OLI), referentes aos anos de 1986, 1999, 2013 e 2020. As imagens de alta resolução espacial, foram obtidas através dos sensores WPM do satélite CBERS 04A, com resolução espacial de 2,0 m, banda pancromática, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais - INPE. Utilizou-se também um conjunto de fotografias aéreas do projeto FAB - 1976, pertencentes ao acervo do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro - DRM, com pixels reamostrados de 1,0 m. O mosaico ortorretificado foi fornecido pelo IBGE (2005) com resolução espacial de 1,0 m.

A metodologia empregada consistiu na seleção de imagens, pré-processamento de imagens digitais, processamento digital das imagens (PDI), georreferenciamento, delimitação da posição da linha de costa e utilização da ferramenta DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), visando determinar as taxas de erosão e acreção de sedimentos no arco praial estudado. Foram executadas técnicas de correções radiométricas e atmosféricas na etapa de PDI, através do *software* ENVI 5.3, pelas ferramentas *Radiometric Calibration* e FLAASH *Atmospheric Correction*. Posteriormente, realizou-se a álgebra de bandas com finalidade de obter o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI). O método desenvolvido tem

como intuito realçar o contraste entre corpos da água e a superfície terrestre, definindo como:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

Sendo *Green* e NIR as bandas verdes e infravermelho próximo, respectivamente. Em seguida, foi realizado composição de bandas coloridas R(3)-G(2)-B(1) das imagens do sensor WPM do satélite CBERS 04A, e posteriormente a fusão com banda pancromática de alta resolução espacial, através da técnica *Gram-Schmidt Sharpening*. O georreferenciamento foi realizado nas fotografias aéreas do projeto FAB-1976, através de um polinômio de 3ª ordem, envolvendo 100 pontos de referência com a imagem base, obtendo-se assim, o RMSE (*Root Mean Square Error*) máximo de 1,0 m. Utilizou-se como base imagens de alta resolução do satélite CBERS 04A com sistema de coordenadas de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 24-Sul e o *Datum* WGS-1984.

As taxas de variação de linha de praia foram calculadas através da ferramenta DSAS no *software* ArcGIS 10.6.1, pelo método LRR (*Linear Regression Rate*). O critério utilizado para delimitação da posição da linha de praia foi o limite molhado/seco da interface oceano-continente. A precisão da marcação da linha de praia está relacionada ao menor RMSE e a melhor resolução espacial das imagens utilizadas, como também, as condições marítimas similares aos dias e horários de aquisição dos dados pelo satélite. Foram selecionados como marcadores fixos a Rodovia Amaral Peixoto e a Avenida José Bento Ribeiro Dantas, objetivando construir 357 transectos com espaçamento regular de 100 m. Nessa etapa de trabalho utilizou-se a ferramenta DSAS para delimitação da linha de base e da linha de praia através das imagens FAB-1976, IBGE 2005 e CBERS 04A de 2020. Para o grupo de imagens de resolução moderada, a delimitação da linha de praia foi realizada através das imagens dos satélites Landsat 5 (1986), Landsat 7 (1999) e Landsat 8 (2013 e 2020).

RESULTADOS

Resultados obtidos através da Figura 1, apontam processos de erosão/acreção ao longo do litoral da enseada da Baia Formosa. Tanto no segmento norte, próximo ao promontório de Rio das Ostras, como no segmento sul, correspondente a praia do Manguinhos em Armação dos Búzios, as taxas de variação de linha de praia sugerem tendência claramente erosiva. Realça-se registros erosivos acelerados nas praias das Tartarugas e do Abricó, município de Rio das Ostras com recuo de linha de praia de aproximadamente 50 m no intervalo de 44 anos conforme imagens de alta resolução espacial. Nas imagens de resolução moderada, os dados são ainda mais alarmantes, obtendo-se recuo de aproximadamente 60 m no intervalo de 34 anos.

No trecho central, entre as desembocaduras dos rios São João e Una, registra-se tendência da acreção de sedimentos e expansão da faixa de praia, especialmente entre as praias Rasa, no município de Armação dos Búzios, e Unamar, no município de Cabo Frio. Nesse segmento de litoral, a taxa de acreção foi estimada em 1,2 m/ano, para período compreendido entre 1976 e 2020 nas imagens alta resolução espacial. Em contraste a estes dados, as imagens de resolução moderada apontam pelo DSAS recuo da linha de costa expressivo em aproximadamente -2,0 m/ano na praia de Unamar. Entretanto, a acreção de sedimentos na região da foz do rio São João corroboram-se aos dados obtidos nas imagens de alta resolução espacial, com taxa de 1,4 m/ano.

CONCLUSÃO

As diferentes taxas de variação da linha de costa, indicam padrões distintos no transporte e deposição de sedimentos nos dois grupos de imagens ao longo da área estudada. Em geral, taxas negativas foram observadas nos extremos norte e sul da área de estudo, conforme as duas metodologias utilizadas. No segmento central, próximo à praia de Unamar, verificou-se tendência à progradação de acordo com as imagens de alta resolução e recuo

expressivo da linha de costa na resolução moderada. Tal fato, relaciona-se principalmente as incertezas, associadas à posição da linha de praia nas imagens de resolução moderada de 30,0 m, em comparação as imagens de alta resolução espacial entre 1,0 e 2,0 m. A interface molhado/seco é facilmente reconhecida após as técnicas de processamento nas imagens de alta resolução, enquanto, a álgebra de bandas NDWI fornece visualização satisfatória em resolução moderada das imagens do satélite Landsat. Através dessa pesquisa ficou claro que as imagens de resolução moderada devem ser utilizadas com ressalvas em estudos relacionados a erosão costeira. Portanto, o presente trabalho torna-se uma ferramenta de apoio à implementação de programas e monitoramento de erosão costeira, tanto pelo poder público como pela iniciativa privada.

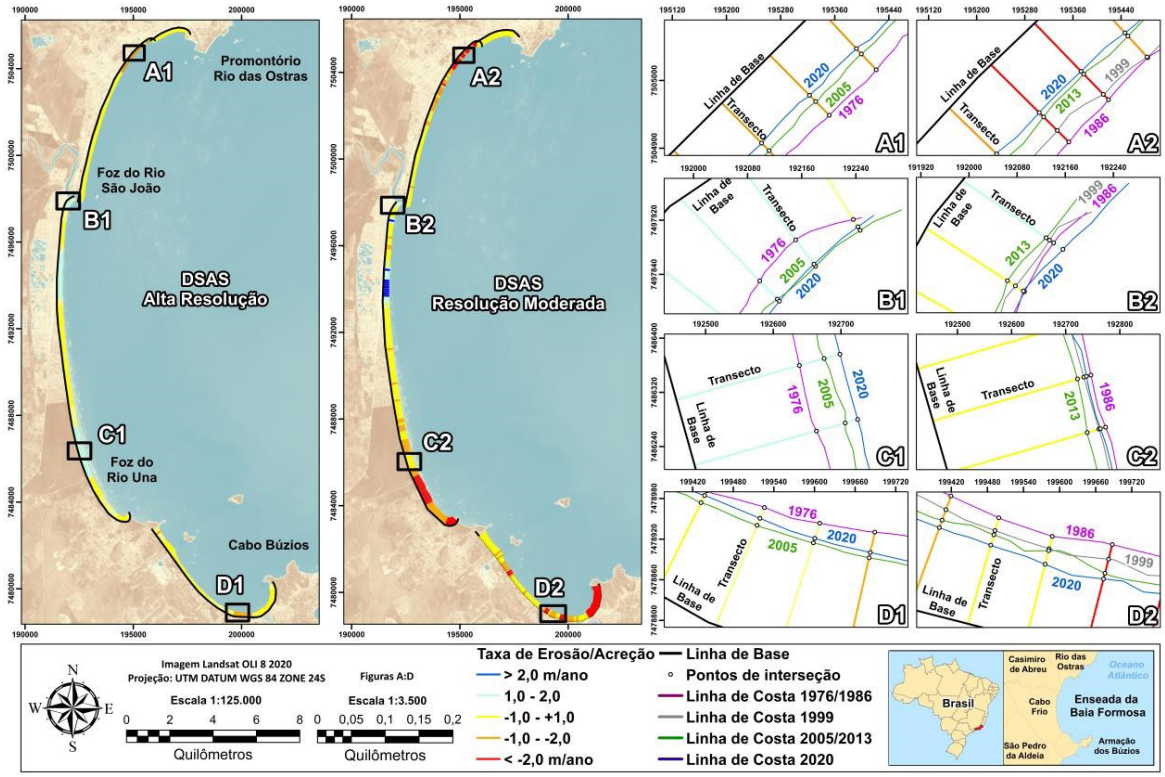


Figura 1. Resultados obtidos através do método DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Praia das Tartarugas em (A1) e (A2); (B1) e (B2) Foz do rio São João; (C1) e (C2) Praia de Unamar; (D1) e (D2) Praia do Manguinhos.

REFERÊNCIAS

1. CASTRO, J. W. A.; FERNANDES; D.; DIAS, F. Monitoramento do Processo de Erosão Costeira na Praia das Tartarugas, Rio das Ostras - Estado do Rio de Janeiro / Brasil: Aplicação de Metodologia Quantitativa. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 11, n. 3, p. 356-368, 2011. DOI: 10.5894/rgci276

2. FERNANDES, D.; CASTRO, J. W. A. Transporte de Sedimentos Induzido por Ondas no Segmento Norte da Enseada da Baia Formosa, Rio das Ostras, Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 21, n. 4, p. 783-795, 2020. DOI: dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1900.

ESTUDO DA MORFODINÂMICA NA PRAIA DE PIRATININGA, RIO DE JANEIRO, BRASIL ATRAVÉS DO SMC-BRASIL

Cláudio Guedes Sarmento Silva*, Alessandro Mendonça Filippo, Marcia Carolina de Oliveira Costa

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FAOC, Brasil, cgsarmentosilva@gmail.com

Palavras chave: Piratininga, morfodinâmica, SMC-Brasil.

A praia de Piratininga, localizada na região oceânica de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro (Brasil) é uma das principais áreas de turismo, lazer e interesse econômico da cidade. É limitada pela geologia local composta por costões rochosos que culminam em barreiras físicas em ambos os extremos, e possui uma extensão de 2,5 Km no sentido Leste-Oeste. Desde a construção de um "calçadão" na orla em meados da década de 90 até os dias atuais, a praia sofre constantemente com problemas de erosão e desabamento de alguns trechos das estruturas construídas. Diversas reformas e manutenções foram feitas pela prefeitura com o intuito de solucionar o problema. Porém, nenhuma obteve sucesso, ocasionando sérios riscos a todos que transitam pelo local. Dessa forma, esse estudo tem como principal objetivo descrever a dinâmica local desta praia, visando avaliar sua influência nas características morfológicas encontradas na região. A metodologia empregada se deu através do software Sistema de Modelagem Costeira (SMC - Brasil). Este conta com quatro modelos diferentes, o modelo de evolução do perfil transversal de praia (PETRA), modelo de propagação de ondas (OLUCA), modelo de correntes causadas pela arrebentação das ondas em praias (COPLA) e o modelo referente a erosão e sedimentação (EROS). Além de possuir uma base de dados de reanálise (IH-DATA) com uma série temporal de 60 anos incluindo dados de batimetria, ondas, nível do mar e cenário de mudanças climáticas. Também conta com o IH-DYNAMICS que é responsável pela transferência do mar aberto para pontos próximos à costa e na zona de arrebentação de ondas, fluxo de energia, transporte longitudinal de sedimentos e avaliação da cota de inundação da costa (González *et al*., 2007). O primeiro passo foi delimitar a área de trabalho da região dentro do software. Logo após foi realizado o processamento da batimetria de detalhe. Posteriormente, foram criadas duas malhas para abranger todas as direções de ondas em relação ao ponto de origem (DOW) atrás das Ilhas, com o intuito de acrescentar a interferência das mesmas nas ondulações, e foram selecionados 100 casos de propagação de onda com as maiores dissimilaridades. Logo após, a praia foi dividida em 3 perfis perpendiculares à faixa de areia, como é ilustrado na figura 1, com um D50 de 0,25mm (Silva *et al*., 2009). Nestes perfis foram realizados cálculos que foram tratados pela ferramenta IH-AMEVA presente no próprio software. Os resultados originados desse estudo se referem primeiramente a climatologia de ondas incluída numa série temporal desde 1949 até 2008, que mostram ondas de S e SSO mais intensas caracterizando eventos de tempestade e ondas de SE e SSE menos intensas, relacionadas a condições de tempo bom. Vale destacar o regime de eventos extremos apresentando ondas em torno de 4 metros de altura com período de retorno de 2 anos, ondas de 4.5 metros com retorno de 10 anos e ondas superiores a 5 metros com retorno próximo de 50 anos. Além do fluxo médio anual (1949-2008) de energia das ondas, em que o perfil 3 (2280 J/m s) se mostrou mais intenso em comparação aos perfis 1 (1218 J/m s) e 2 (1317 J/m s). Também foram extraídos os dados de maré astronômica e meteorológica com uma variação média de -0.80 metros até 0.80 metros, e -0.60 metros até 0.80 metros, respectivamente. Na tabela 1 é exposto os dados do *run-up*, cota de inundação, profundidade de quebra e distância de arrebentação (zona de surfe). Já a figura 2 expõe o transporte de sedimentos através da equação de CERC de 1984 (USACE, 1984). Com base nos resultados presentes nesse estudo, foi possível concluir que há uma tendência de divergência no transporte

de sedimentos da praia, o qual é predominantemente influenciado pela corrente de deriva do sentido leste para oeste, uma vez que o transporte resultante é positivo em todos os perfis. O valor da soma do transporte médio anual de sedimentos dos perfis 1 e 2 é de 756108 m^3, correspondendo apenas a 67% do valor estimado para o perfil 3 (1125985 m^3), essa grande diferença é explicada pela existência de uma barreira física a oeste do perfil 3, mencionada na introdução. Dessa forma, mesmo com a ocorrência de uma maior saída dos sedimentos do que a chegada nesse perfil, essa barreira mantém os sedimentos aprisionados, gerando um alargamento da faixa de areia. De acordo com os dados em períodos sazonais, a praia é afetada por eventos de tempestade nos meses de outono e inverno implicando em um processo destrutivo, já na primavera e no verão as condições de tempo bom são predominantes, influenciando em um processo construtivo. Vale destacar que a praia é dominada por ondas, uma vez que as pequenas variações de maré não geram grandes influências. Apesar do lado oeste possuir uma energia hidrodinâmica mais alta, o lado leste é mais afetado, pois não recebe grandes quantidades de sedimento para alimentação da sua faixa de areia, ficando mais exposto aos eventos de tempestade e consequentemente mais suscetível a problemas nas estruturas do calçadão. Desse modo, observa-se uma maior tendência erosiva nos setores mais a leste da praia. Com base nessas conclusões, é possível traçar estratégias futuras para a mitigação dos problemas levantados, que serão abordadas nas próximas etapas deste trabalho.

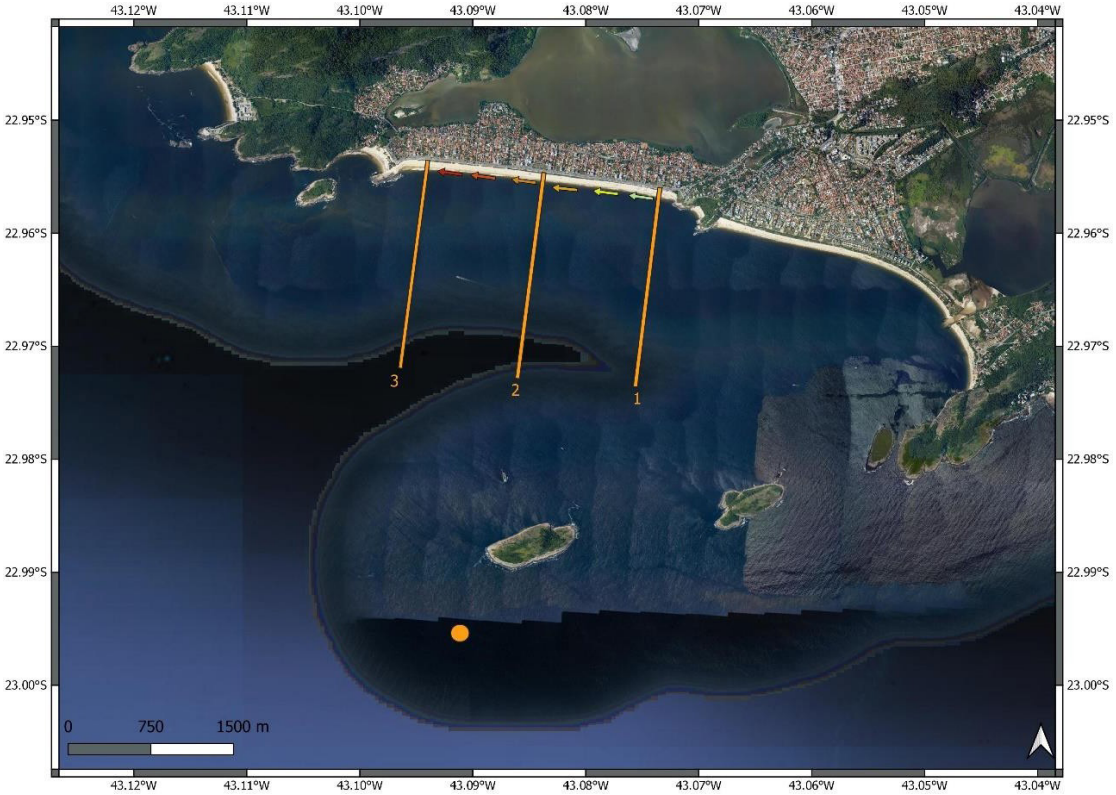


Figura 1 – Representação dos três perfis de praia, com as setas correspondentes a direção do transporte de sedimentos, em que as cores representam a intensidade das taxas de transporte (cores mais claras equivalem a valores menores e cores mais escuras equivalem a valores maiores). O ponto marcado em amarelo representa o ponto DOW (origem da propagação das ondas) em uma profundidade de 25,5 metros. Fonte: Google Earth (07/01/2020).

Tabela 1 – Run-up, cota de inundação (CI), profundidade média de quebra das ondas e distância média de arrebentação das ondas nos perfis de praia (zona de surfe) (1949-2008).

Perfis	*Run-up (metros)*	CI (metros)	Profundidade média de quebra (metros)	Distância média de arrebentação (metros)
1	0,0 até 2,4	-0,5 até 3,0	2,53	57,29
2	0,0 até 2,4	-0,6 até 3,0	2,31	52,64
3	0,0 até 2,5	-0,7 até 3,4	3,04	69,10

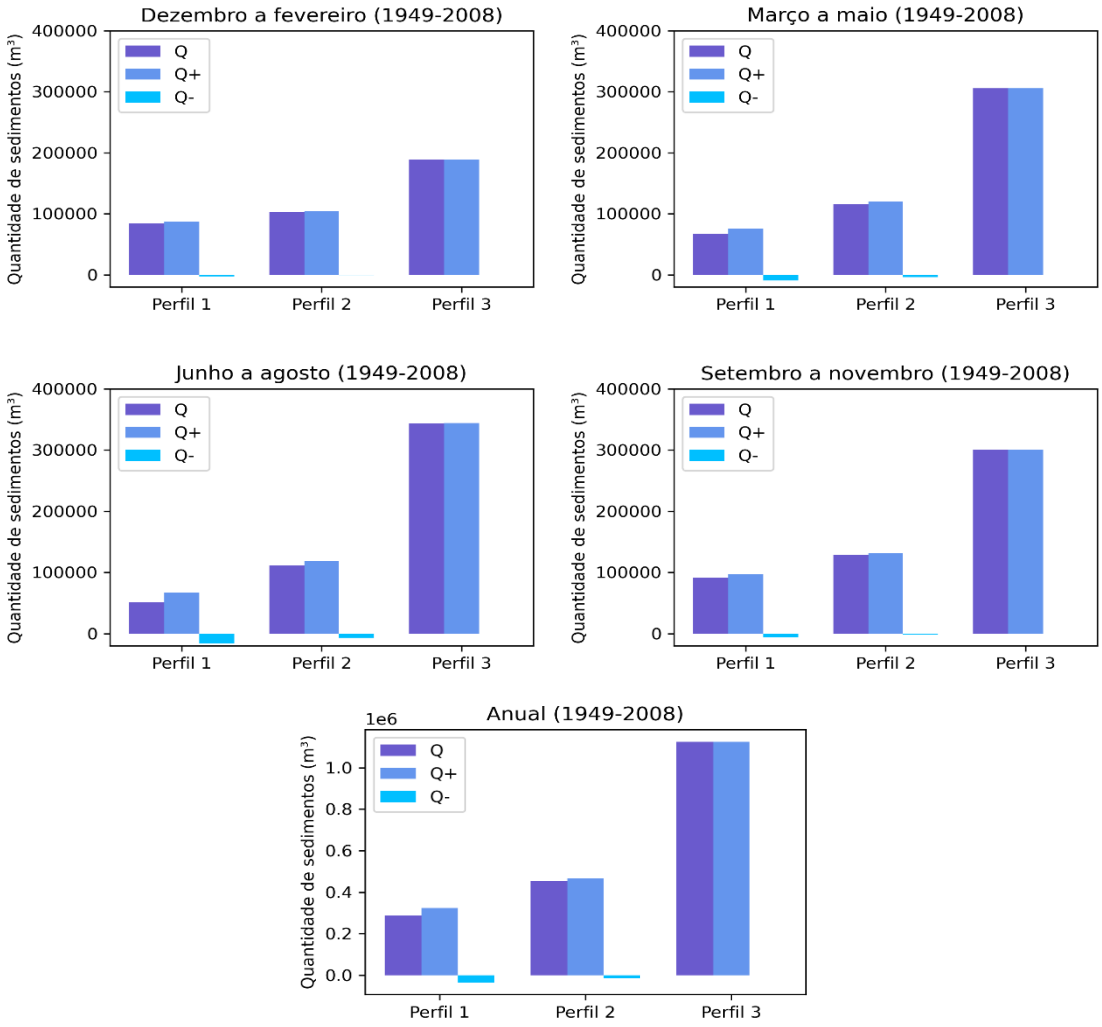


Figura 2 – Transporte médio de sedimentos. No qual “Q+” corresponde ao transporte movido para Oeste, “Q-“ corresponde ao transporte movido para Leste, e “Q” é o transporte resultante.

REFERÊNCIAS

GONZÁLEZ, M., MEDINA, R., GONZALEZ-ONDINA, J., OSORIO, A., MÉNDEZ, F.J.,

GARCÍA, E. An integrated coastal modeling system for analyzing beach processes and beach restoration projects, SMC. Geosci. 33, p. 916–931, 2007.

SILVA, A. L. C.; SILVA. M. A. M.; SANTOS. C. L. Morfodinâmica e a estabilidade da praia de Piratininga, Niterói (RJ). Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 4, p. 685-694, 2009.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Shore Protection Manual. Engineer Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Washington. D.C., 1984.

EVOLUÇÃO RECENTE DA ARRIBA DA BAFUREIRA (CASCAIS, PORTUGAL) E CLIMA DE AGITAÇÃO MARITIMA REGIONAL

Luís Pedro Almeida*, Catarina Marques Cecilio*, Cintia Bonanad*, João Andrade*, Caio Fonteles*, Laura Aguilera*, Paula Salge*, Tiago Garcia*, Lara Sá**

* *CoLAB +ATLANTIC, Portugal, pedro.almeida@colabatlantic.com*

** *Camara Municipal de Cascais, Portugal, lara.sa@cm-cascais.pt*

Palavras chave: arriba, erosão, agitação marítima, Bafureira.

INTRODUÇÃO

Arribas podem ser definidas como uma forma de vertente costeira, abrupta ou com declive forte, talhada em rochas, pela ação dos agentes marinhos (ondas e correntes), ou pela ação conjunta de agentes morfogénicos marinhos, continentais e biológicos. Durante periodos de inverno maritimo, o impacto directo das ondas na base/face da arriba durante tempestades, pode resultar na formação de instabilidades na estrutura da arriba e provocar importantes movimentos de massa. Situações de instabilidade de caráter evolutivo acentuado têm sido identificadas nas arribas rochosas da praia da Bafureira (Cascais, Portugal), e por esse motivo o Plano nacional de Ação Litoral XXI identificou como “Elevada” a prioridade de intervenção para a estabilização da arriba da Bafureira (APA, 2017). De acordo com Taborda *et al*. (2010), entre 1942 e 2008 de um total de 67 movimentos de massa nas arribas do concelho de Cascais, 64% ocorreram entre as praias das Avencas e Bafureira, contudo a relação entre estes movimentos de massa e o clima de agitação maritima não foi até á data investigada. O objetivo do presente trabalho é caracterizar a evolução morfológica da arriba da Bafureira para um período recente (entre 1999 e 2021), incluindo a quantificação das áreas horizontais da crista perdidas e as taxas de erosão, assim como relacionar essa morfodinâmica com o clima de ondas da região.

METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho é a arriba da Bafureira com aproximadamente 200 m de extensão e uma altura de cerca de 8 m, e localizada no concelho de Cascais, entre a praia de São Pedro do Estoril e a praia das Avencas (Figura 1). As rochas sedimentares que afloram na arriba da Praia da Bafureira estão datadas do Cretácico Inferior, são de natureza variada e as suas características reflectem as condições de deposição e os paleoclimas, que contribuiram para a sua génese. Nesta área geográfica afloram arenitos, argilitos, margas e calcários. Afloram também rochas vulcânicas basálticas, em filões verticais, que intersectam as rochas sedimentares. Neste local existiu alguma deformação das rochas ocorrida após a sua génese, revelada pela disposição das camadas sedimentares inclinadas em monoclinal e pelas falhas que as cortam e as deslocam colocando lado a lado estratos de idades diferentes. No setor poente o contacto entre a praia e o sopé da arriba está protegido por um muro costeiro, enquanto que no extremo nascente a face da arriba foi intervencionada com betão projetado. Ao longo de toda a extensão é possível observar na base a presença de blocos e fragmentos da arriba, resultantes de vários eventos de erosão, e no setor a nascente verifica-se a presença de uma cavidade na base da arriba de importante dimensão

A crista da arriba da Bafureira foi digitalizada manualmente através de um conjunto de 15 ortofotomapas, permitindo uma cobertura temporal de 22 anos, entre 1999 e 2021. Através deste conjunto de dados vetoriais (cristas da arriba) foi possível quantificar os

deslocamentos horizontais da crista (e consequentemente as taxas destes deslocamentos, em m/ano) e a superfície horizontal da arriba perdida (em m^2). Para tal utilizou-se o software Digital Shoreline Analysis System (DSAS – Thieler *et al*., 2009), que permite determinar um conjunto de parâmetros estatísticos ao longo de um número pré-definido de transectos perpendiculares á crista da arriba.

Figura 1. Localização da área de estudo, Praia da Bafureira, Cascais – Portugal, e modelo didital de terreno 3D com a indicação de algumas caracteristicas do local.

Os dados de agitação maritima de reanálise WAVERYS (WAVeReanalYSis - Law-Chune *et al*., 2021), foram utilizados neste trabalho para caracterizar a variabilidade temporal da agitação maritima entre 1993 e 2019. A série-temporal utilizada neste trabalho foi extraída de um ponto localizado em águas profundas ao largo da costa de Cascais (38°39.523'N, 9° 41.185'W, profundidade ~492 m), e os parâmetros utilizados incluíram altura significativa (*Hs*), período de pico (*Tp*) e direção (q), com uma frequência temporal de 3 horas. Para cada período de inverno marítimo (definido entre Outubro e Março) foi determinado o fluxo de energia da onda integrado (de acordo com a equação: $P = ((\rho\, g^2\, Hs^2\, Tp) / 64\, \pi)$, onde ρ é a densidade da água e *g* a gravidade).

RESULTADOS

Através da comparação entre a posição da crista da arriba digitalizada para o ano de 1999 e o ano de 2021 foi possível determinar que, ao longo dos 41 transectos, ocorreu um recuo médio horizontal de 2.4 m (Figura 2A). Contudo, este recuo não foi uniforme ao longo de toda a extensão da arriba e os resultados mostram que existe uma importante variabilidade espacial. Os setores expostos ao quadrante sul correspondem aos locais onde os maiores valores de recuo foram observados, com o máximo observado de 5.5 m (transecto 31, Figura 2A), enquanto que os setores expostos ao quadrante sudoeste foram os que apresentaram menores magnitudes de recuo. Importante salientar que uma boa parte das áreas que apresentaram reduzida erosão ou estão sob proteção de um muro costeiro, no sopé da arriba (transectos 2-11, Figura 2A), ou foram intervencionados com betão projetado (transectos 39-41, Figura 2A). A análise de toda a série temporal permitiu determinar que em média a arriba da Bafureira apresenta uma taxa de recuo de 11 cm/ano, contudo, nos setores onde a erosão é mais acentuada este valor pode chegar aos 26 cm/ano (Figura 2A). No total, entre 1999 e 2021 a arriba da Bafureira perdeu 457 m^2, e os resultados mostram que os maiores valores de área erodida (valores superiores a 80 m^2) ocorreram entre 2000 e 2005 (período entre medições de 5 anos) e 2013 e 2015 (Figura 2B). A comparação da área erodida com o fluxo de energia da onda integrado por inverno marítimo permite identificar uma relação positiva (aumento do fluxo de energia é correspondido por aumento de área erodida) com a resposta da arriba a mostrar um aparente desfasamento temporal (Figura 2B). É interessante verificar que o inverno de

2013/2014, identificado com um pico no fluxo de energia, foi um inverno particularmente energético (e.g. tempestade Hercules), com diversos impactos registados ao longo de todo o litoral português, e teve também uma importante consequência na arriba da Bafureira, que perdeu uma área 93.9 m^2.

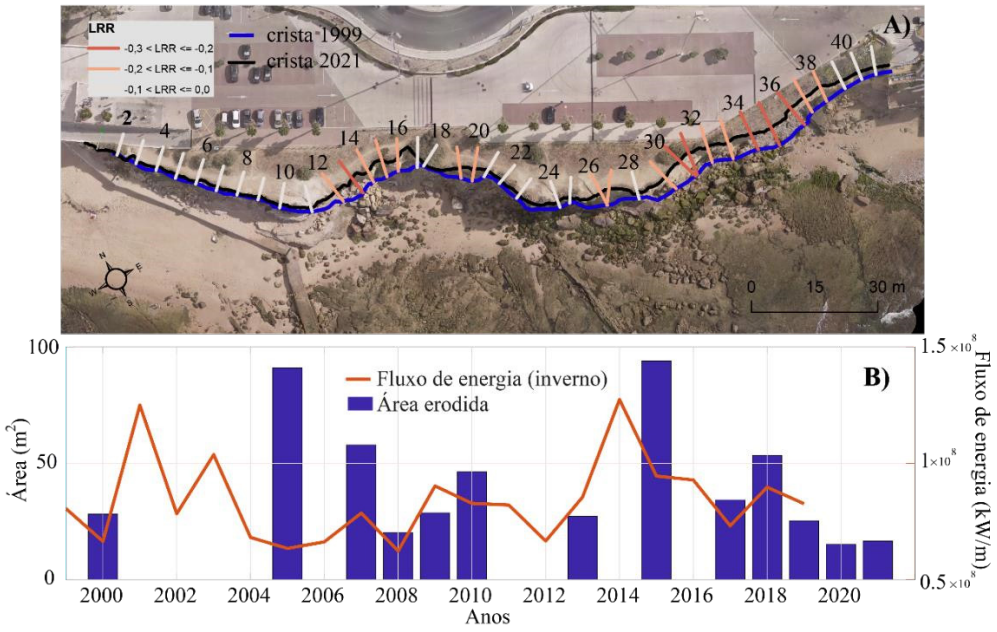


Figura 2. (A) Ortofotomapa da arriba da Bafureira em 2021. As linhas brancas, laranjas e vermelhas (LRR) representam os transectos para o cálculo da taxa de recuo da arriba. As linhas azul e vermelha representam a posição da crista em 1999 e 2021, respectivamente. (B) Variação da área erodida da arriba e fluxo de energia integrado por inverno marítimo.

CONCLUSÕES

Durante os últimos 22 anos (entre 1999 e 2021) a arriba da Bafureira perdeu uma área horizontal de 457 m^2, e um recuo médio da crista de 2.4 m com máximos a atingirem os 5.5 m. A arriba apresenta uma importante variabilidade espacial na resposta morfológica, com as regiões mais expostas ao quadrante sul a apresentarem taxas de recuo na ordem dos 26 cm/ano enquanto que a taxa média de recuo é de 11 cm/ano. O resultados preliminares obtidos mostram uma relação positiva entre o fluxo de energia da onda integrado por inverno maritimo e as áreas erodidas da arriba. Futuro trabalho irá aprofundar esta relação entre agitação maritima e evolução da arriba.

REFERÊNCIAS

Law-Chune, S., Aouf, L., Dalphinet, A. *et al*. (2021) WAVERYS: a CMEMS global wave reanalysis during the altimetry period. Ocean Dynamics 71, 357–378 . https://doi.org/10.1007/s10236-020-01433-w.

Taborda, R., Andrade, C., Marques, F., Freitas, M. C., Rodrigues, R., Antunes, C., & Pólvora, C. (2010). Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas–Sector Zonas Costeiras. *PECAC, Cascais,* 48.

Thieler ER, Himmelstoss EA, Zichichi JL, Ergul A. 2009. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 - An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change. Open-File Report. US Geological Survey Report No. 2008-1278.

INFLUÊNCIA DOS ARENITOS (BEACH ROCKS) NA DINÂMICA DA PRAIA DE JACONÉ (RJ, BRASIL)

Marianna da Costa Castro[1], Gustavo Melo[2], Josefa Varela Guerra[3], Marcos Nícolas Gallo[4]

[1] *Faculdadade de Oceanografia/ UERJ, Brasil, castromariannac@gmail.com*

[2] *LDSC/ Programa de Engenharia Oceânica/ COPPE/ UFRJ, Brasil, gustavoocn@oceanica.ufrj.br*

[3] *Faculdade de Oceanografia/ UERJ, Brasil, josie.guerra@gmail.com*

[4] *LDSC/ Programa de Engenharia Oceânica/ COPPE/ UFRJ, Brasil, marcosgallo@oceanica.ufrj.br*

Palavras chave: arenitos de praia, dinâmica praial, praia de Jaconé.

INTRODUÇÃO

A praia de Jaconé, no Estado do Rio de Janeiro, de orientação leste-oeste, regime de micromaré e conformação retilínea e extensa, apresenta ampla exposição à incidência de ondas de tempestade provenientes do quadrante sul e sudoeste. Esta configuração a torna suscetível aos eventos extremos, resultando em grandes mudanças na largura e morfologia da praia, sendo classificada como especialmente vulnerável (Muehe, 2011; Pinto *et al*, 2015). Pinto *et al* (2015) observaram uma forte dinâmica na porção oeste de Jaconé, devido à intensa energia local das ondas de tempestade e à presença do costão rochoso, no extremo oeste da praia, que gera a convergência das ondas intensificando sua energia. Na região entre-marés são encontrados arenitos de praia (*beachrocks*), descritos como depósitos sedimentares cimentados pela precipitação, em geral carbonática e, nesse caso, são considerados como patrimônio geológico devido a sua importância histórica, arqueológica e geológica (Mansur *et al.,* 2011). São importantes na manutenção do perfil da praia, pois impedem a erosão costeira onde se encontram (Mansur, Ramos e Furukawa, 2012). Devido tais complexidades, é de vital importância para o planejamento da zona costeira que se faça a análise do comportamento morfológico no ambiente praial, o que depende do entendimento dos processos geomorfológicos e hidrodinâmicos atuantes (Pais-Barbosa et al, 2010). O presente trabalho objetivou avaliar a influência dos arenitos de praia na dinâmica praial da porção oeste da praia de Jaconé (RJ).

METODOLOGIA

Foram utilizados dados de ondas, perfis topobatimétricos e sedimentos superficiais fornecidos pelo Projeto “Caracterização da Meteorologia e do Clima de Ondas na Bacia de Santos”, coordenado pela PETROBRÁS/ CENPES, além de uma análise das imagens históricas disponíveis no Google Earth referentes ao mesmo período dos dados *in situ* (2018). Os dados de onda foram adquiridos a cada 1 (uma) hora do dia 25 de Janeiro de 2018 até o dia 09 de Fevereiro de 2019, através de um fundeio à 24 m de profundidade e analisados com base nos parâmetros de altura significativa, período de pico da onda e direção média para o período de pico. Foram definidos 11 (onze) alinhamentos perpendiculares à linha de costa na porção oeste da praia de Jaconé, a intervalos de 200 m e analisados até uma distância de 300 m (em torno da profundidade de -10 m). Nestes alinhamentos foram coletadas amostras de sedimentos superficiais em diferentes subambientes, da porção da praia referente ao supramaré até a cota - 10 m (594 amostras) e analisadas segundo o método estatístico de Suguio (1973) e Folk (1974).

Para complementar utilizou-se de 7 (sete) imagens para identificar a variação da posição da linha de costa, pela interface areia seca-molhada (Muehe & Klumb-Oliveira, 2014), e analisar a morfologia e feições possíveis de serem observadas, correlacionando com

o clima de ondas incidentes em um período de até uma semana antes e dividindo a área de estudo em setor 1 (sem arenitos) e setor 2 (com arenitos). A identificação do posicionamento dos arenitos foi realizada através das imagens aéras. Segundo Ignarra (1989), na área de estudo estas feições se apresentam em blocos, às vezes basculados e muito fragmentados.

Figura 1: Posicionamento dos arenitos de praia identificados e dos perfis topobatimétricos. Setor 1 à oeste (esquerda) representando os primeiros alinhamentos e setor 2 à leste (direita).

RESULTADOS

Em geral, o clima de ondas em 2018 mostrou que 78,8% das observações de altura significativa ficaram abaixo de 1 m, os períodos indicaram a influência e predomínio de marulhos, com maiores frequencias de 10 a 12 s (54%) e predomínio de direção do quadrante sul (69,3%), seguido de sudeste (28,6%) e, por último, de sudoeste (0,4%). Devido à proximidade entre os setores analisados, a maior diferença observada nas imagens aéreas foi a respeito das cúspides que, quando presentes, apresentaram tamanhos diferentes de um para o outro. No setor sem arenitos, as cúspides tiveram tamanhos mais regulares entre si e foram vistas com maior frequência nas imagens. Enquanto que no setor com arenitos tais feições não se fizeram tão presentes e, em alguns casos, variaram em tamanho entre si ao longo do setor; por exemplo, na imagem de 23/ março (sob condição de swell) no setor 1 apresentaram em torno de 50 metros de largura e no setor 2 variaram de 62 m a 83 m. Essa variação pode ser explicada pelo fato de que o tamanho delas tem relação direta com a condição energética incidente e devido à presença dos arenitos que atenuam o impacto das ondas na praia, modificando estas feições. Apresentam forte influência na variação morfológica e dinâmica observadas ao longo dos 2 km analisados, em geral, a porção mais oeste (sem arenitos, perfis 1 e 2) apresentou uma maior dinâmica ao longo do ano, a porção mais central (com arenitos, perfis 6, 7 e 8) registrou menores variações e a porção mais a leste (com arenitos menos expressivos e em maior profundidade, perfis 10 e 11) voltou a registrar uma maior variação espaço-temporal. Em relação ao posicionamento da linha de costa pelas imagens aéreas, o perfil 1 variou de 34 m a 68 m, o perfil 7 variou de 25 a 44 e o perfil 11 variou de 32 m a 65 m. Em relação aos perfis topobatimétricos, a largura da porção emersa variou em 33 m nas extremidades e em 20 m na porção central, enquanto que o posicionamento da linha de costa variou em torno de 13 m nas extremidades e 4 m na porção central. Essa diferença de resultados se dá devido à presença de escarpa (em torno de 2 m de altura) na face praial. Sua presença é refletida também nos sedimentos da praia que resultaram em diminuição do tamanho nos perfis em direção a leste (variando de areia grossa e muito

grossa onde não há arenito para areia média onde há arenito) e, em geral, em uma menor variação temporal na porção à retaguarda dos arenitos. Isso porque atuam como uma barreira paralela permitindo a acumulação de sedimentos mais finos nesse trecho (Pinto, 2015).

CONCLUSÕES

A praia de Jaconé apresentou uma elevada dinâmica praial devido à incidência de ondas geradas por tempestade ao longo de todo o ano e com uma sazonalidade bem marcada tanto no clima de ondas quanto na configuração dos perfis praiais e na posição da linha de costa. Sua morfologia varia de acordo com a presença e ausência dos arenitos de praia, ou seja, nas porções mais a oeste onde não há evidências destas feições, a praia é mais suscetível ao impacto das ondas com maior variação morfológica ao longo do ano analisado. Enquanto que nas porções mais a leste, por haver arenitos de praias, foram registradas menores variações morfológicas ao longo do tempo e também de posicionamento da linha de costa. Essa variação lateral também foi observada no tamanho dos sedimentos com tendência de diminuição em direção à leste na parte emersa. Devido a sua enorme influência na dinâmica morfológica e sedimentar da praia, fica aqui a sugestão de um mapeamento minucioso a respeito de todo o posicionamento dos arenitos de praia em Jaconé, com auxílio de mergulhadores, visto que, por se apresentarem de forma descontínua, seu reconhecimento através dos perfis praiais ficou de difícil identificação e através de imagens aéreas ficou limitado. Estudos a respeito desta feição sedimentar detêm de enorme importância tanto científica quanto econômica.

AGRACEDIMENTOS

A Petrobras, pelo suporte financeiro e fomento a esta pesquisa, através do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) “Caracterização da Meteorologia e do Clima de Ondas na Bacia de Santos” – Processo 2018/00067-1. Os autores agradecem à seção de Sistemas Submarinos/Oceanografia da Petrobras S.A. pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLK, R. L. *Petrology of the Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publishing Company. 1974.

MANSUR, K. L. *et al.* Beachrock de Jaconé, Maricá e Saquarema-RJ: Importância para a História da Ciência e para o Conhecimento Geológico. *Brazilian Journal of Geology*, v. 41, n. 2, p. 290-303, 2011.

IGNARRA, S. M. N. Arenitos de Praia de Itaipuaçu e Jaconé – RJ: Origem, Idade Distribuição e Influência no Fluxo de Sedimentos. Instituto de Geociências, UFRJ. Programa de PósGraduação em Geografia, 1989.

MANSUR, K.L.; RAMOS, R.R.C. & FURUKAWA, G.G. Beachrock de Jaconé, RJ - Uma pedra no caminho de Darwin. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.* 19p. 2012.

MUEHE, D. Erosão Costeira - Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada - *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 11, n. 3, p. 315-325, 2011.

MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L. Deslocamento da Linha de Costa Versus Mobilidade Praial. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 2, 2014.

PAIS-BARBOSA, J.; VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F.; Análise de formas e padrões costeiros como indicadores de erosão na zona costeira noroeste de Portugal. *Associação Portuguesa de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 2, 2010.

PINTO, V. C. S. *et al.* Ambiente Praial e a Influência do Arenito de Praia na Distribuição dos Sedimentos em Jaconé (Maricá, RJ). *XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Teresina, v. 1, p. 1618-1625, 2015.

SUGUIO, K. *Introdução a sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher. 1973.

MORFODINÂMICA DO SISTEMA PRAIA-DUNA EM UMA PRAIA OCEÂNICA DE MACRO MARÉ

Brunno Jansen Franco*, Valléria Vieira Pereira, Luís Eduardo S. Costa, Leonardo Gonçalves de Lima

*Programa de Pós-Graduação em Oceanografia , Universidade Do Estado Do Rio de Janeiro, Brasil, franco.brunno@posgraduacao.uerj.br

Palavras chave: Linha de Costa, Dunas, Cobertura Vegetal.

INTRODUÇÃO

A morfodinâmica costeira é, segundo Wright e Thom (1977), o ajuste mútuo da topografia e dinâmica dos fluidos, envolvendo transporte de sedimento. Praias e dunas costeiras estão entre os mais dinâmicos ambientes costeiros (SHERMAN; BAUER, 1993). Os depósitos dunares são formados a partir da correlação entre três elementos: vento, areia e vegetação (CORDAZZO; SEELIGER, 1988). A modificação do relevo das dunas pode ser ocasionada tanto por processos naturais quanto por processos antrópicos (SEELIGER, 2003). Segundo disposto na Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988 que estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) do Brasil, temos que o PNGC deverá prever o zoneamento de usos e atividades da zona costeira e dar prioridade à conservação e proteção das dunas, entre outros bens. A partir disso, o presente estudo objetivo entender o comportamento em curta escala do sistema praia-duna da praia do Calhau, localizada em São Luís no estado do Maranhão, sob um regime de macro-maré.

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em 3 etapas levando em consideração 3 características da praia: (i) Levantamento morfológico das praias, (ii) variação de área dunar vegetada e (iii) variação da linha de costa. A área de estudos contém cerca de 16 dunas monitoradas e 3 transectos para monitoramento do perfil praial realizado em condições de baixamar em julho, setembro, outubro e dezembro de 2017. A perfilagem topográfica (Birkemeier, 1981), foi utilizado um nível topográfico da marca CST Berger 32X acoplado a um tripé e uma régua de alcance máximo de cinco metros, as distâncias horizontais foram obtidas em intervalos de 5 metros para setores planos e intervalos alternados para os setores com variações morfológicas. Para detectar a variação de área dunar vegetada, as mesmas foram mapeadas, por um único operador, com imagens adquiridas do Google Earth Pro nos anos de 2009 e 2017, durante estação chuvosa. A variação da LC foi determinada a partir do pacote CoastSat disponível em python (Vos *et al*., 2019). A LC foi mapeada utilizando imagens de satélite Sentinel 2, com resolução de 10 m, em que foram escolhidas imagens em condições de maré semelhante (Maré Cheia), entre 2016 e 2020 com um total de 10 imagens analisadas.

RESULTADOS

Foi possível determinar que dentre os 3 perfis, o Perfil 3 é o que apresenta maior estabilidade nas variações altimétricas e é o perfil que apresenta uma maior altura de duna frontal, com aproximadamente 12 m. O Perfil 1 e o Perfil 2 apresentam as maiores movimentações do pacote sedimentar e, consequentemente, menores alturas de duna com cerca de, 6 e 7 metros, respectivamente. O Perfil 2 apresenta o máximo erosivo onde é possível perceber a ausência de períodos de erosão da morfologia praial, apresentando um máximo de

acreção entre os meses de setembro e outubro chegando a 280,63 m³/m. No Perfil 3 observou-se uma menor erosão entre os meses de julho e setembro, seguida de acreção atingindo cerca de 39,41 m³/m entre os meses de setembro e outubro, e logo em seguida uma erosão na ordem de 11,81 m³/m entre os meses de outubro e dezembro. Nota-se, ainda em dezembro, um recuo da base da duna e a presença de bancos arenosos na face praial, que pode estar relacionada à perda de sedimentos dunar, retrabalhados ao longo da praia.

Foram mapeadas 16 dunas frontais, das quais somente 5 apresentaram aumento da área. As dunas que apresentaram acréscimo de área vegetada são a 2, 3, 4, 5 e 11. As demais dunas apresentam redução de área vegetada e isso não está associado somente à hidrodinâmica local, mas também a atividades antrópicas, que corrobora com a retirada de sedimentos seja por pisoteio da área vegetada ou por obras costeiras na LC. Para a variação da LC na escala curta analisada, foi possível encontrar uma estabilidade em todo o setor observado. Entre os anos analisados destacam-se os anos de 2018 e 2019, que apresentaram uma variação em direção ao continente, isto pode estar relacionado à dinâmica do ambiente ou, também, às limitações do método associados à resolução da imagem e variação da maré.

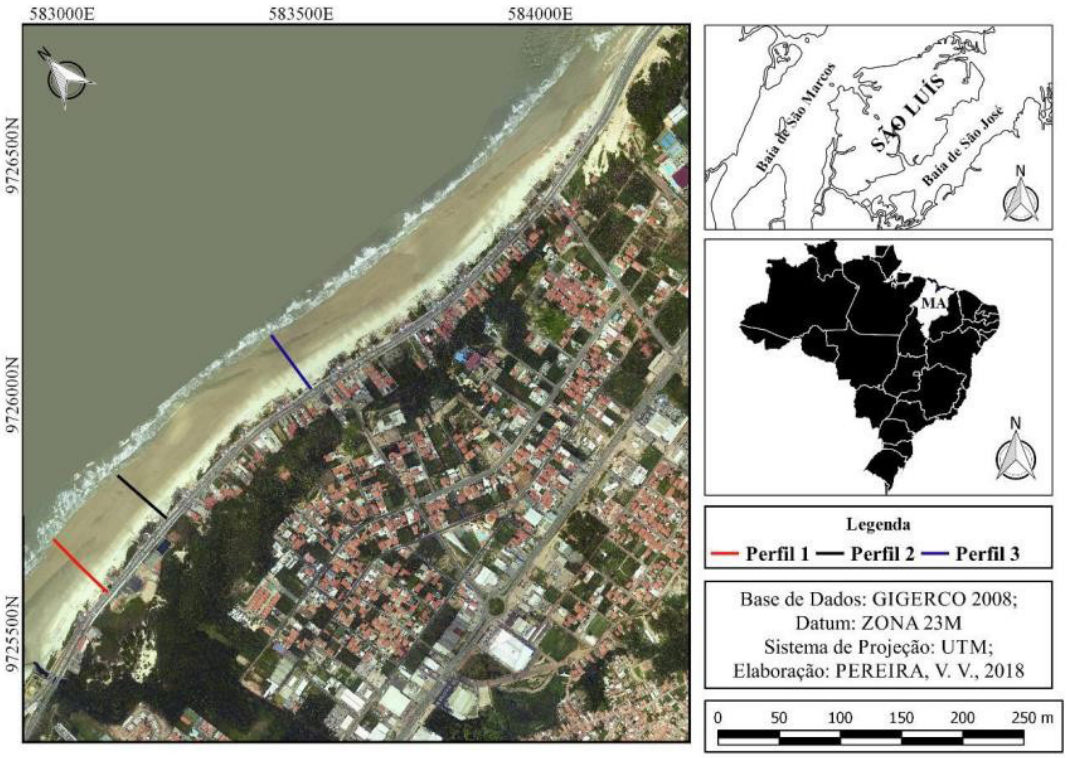


Figura 1: Mapa de localização dos perfis topográficos 1, 2 e 3 em uma área da praia do Calhau.

CONCLUSÃO

O comportamento morfodinâmico do sistema praia-duna da Praia do Calhau apresentou maior estabilidade nas regiões onde há presença de dunas bem desenvolvidas, servindo como estoque para eventos de alta energia. As dunas sofrem mudança da morfologia impulsionadas por fatores naturais e/ou antrópicos. A face marinha da duna é a que sofre maiores alterações na morfologia estudada e se encontra com ausência ou escassez de vegetação. As variações da linha de costa apresentaram pequenas variações tanto em direção ao continente quanto em direção ao oceano. A dinâmica de movimentação dos

sistemas de banco e calha na face praial assim como a remobilização de sedimentos dunares em eventos de maiores energias podem estar controlando a variabilidade da linha de costa. Por fim, o estudo de curto termo da dinâmica morfológica do sistema praia duna mostrou a importância dos sistemas dunares para do calhau. fornece sedimento para a praia alimentando-a e evitando que pontos de erosão mais acentuados ou, também, àslimitações do método associados à resolução da imagem e variação da maré. No entanto, o monitoramento da praia do Calhau se faz necessário, com métodos de maior precisão, devido ao caráter dinâmico e a estabilização de áreas de dunas, que demandam tempo para serem atingidas e estão relacionadas com uma ampla gama de variáveis ambientais.

REFERÊNCIAS

BIRKEMEIER, William A. Fast, Accurance Two-Person Beach Surveys. National Technical Information Service, Virginia, v. 285, p.6-15, ago. 1981.

BRASIL. Lei 7.661, de 16 de maio de 1988, Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, Brasília, DF. Mai, 1988

CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. Phenological and Biogeographical Aspects of Coastal Dune Plant Communities in Southern Brazil. Vegetatio, v. 75, n. 3, p. 169-173, 1988.

SEELIGER, U. Response of Southern Brazilian Coastal Foredunes to Natural and Human- Induced Disturbance. Journal of Coastal Research, p. 51-55, 2003.

SHERMAN, D. J.; BAUER, B. O. Coastal Geomorphology Through the Looking Glass. In: Geomorphology: The Research Frontier and Beyond. p. 225-249. 1993.

Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A., Turner, I. L. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. Environmental Modelling & Software, 122, 2019. 104528.

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G.. Coastal Depositional Landforms. Progress In Physical Geography: Earth and Environment, [s.l.], v. 1, n. 3, p.412-459. SAGE Publications, 1977.

RELAÇÃO ENTRE A FORMA DO PERFIL DE FALÉSIA MARINHA E A LITOLOGIA DO MATERIAL SEDIMENTAR, ESTUDO DE CASO NO LITORAL SUL DO ES

Pedro Henrique Nascimento Brandão*, Jacqueline Albino

*Ufes, Brasil, pedrobrandao.geo@gmail.com

Palavras chave: costa de falésias, processos de encosta, vant.

INTRODUÇÃO

As falésias costeiras ocorrem em cerca de 80% das linhas de costa pelo mundo (Emery e Kuhn,1982) e estão em frequente erosão em locais habitados (Walkden and Hall, 2005), tornandose um significativo problema no recuo da linha de costa ao longo de vários trechos ao redor do mundo (Lee, 2008). No Brasil as falésias distribuem-se do sudeste ao norte, ocorrendo sob a forma de falésias ativas ou inativas, e associadas a terraços de abrasão marinho, representadas pela Formação Barreiras (Albino *et al*., 2006). Segundo Sunamura (1992), o recuo das falésias costeiras é resultante do balanço entre a ação dos fatores erosivos marinhos e subaéreos. Os fatores marinhos atuantes na erosão são a combinação da ação das ondas, marés, correntes e eventos extremos, os quais podem ser mensurados através da magnitude da intensidade das ondas ao sopé das falésias (Emery e Kuhn, 1982; Sunamura, 1992). Os processos subaéreos são representados pela caracterização do meio físico e do material que compõe a falésia, e perfazem grande parte das informações inerentes a evolução das falésias costeiras e suas dinâmicas naturais associadas (Sunamura, 1992). Segundo Emery e Kuhn (1982) o perfil morfológico das falésias pode imprimir a relação entre o processo erosivo atuante e a resistência litológica através da forma de curvatura, estudo útil para estimar a estabilidade de construção civis como ferrovias e rodovias que estão nos arredores das falésias costeiras. Desta forma, no presente trabalho são avaliadas as características geológicas e morfológicas por descrições em campo e por métodos laboratoriais sedimentológicos das falésias. A partir deste enfoque, o trabalho tem como objetivo geral apresentar como a resistência do material litológico das falésias, presentes no litoral sul do Espírito Santo, influencia na determinação da morfologia e dos processos erosivos subaéreos atuantes.

METODOLOGIA

As falésias costeiras de Maimbá estão inseridas no arco praial de Meaípe-Maimbá, que possui cerca de 6km de extensão, e é delimitado pelo Terminal Portuário de Ubu, ao sul, e um promontório cristalino, ao norte (Eguchi e Albino, 2018). Está inserido no trecho onde há a intercalação de costões rochosos, de origem ígnea e metamórfica, com tabuleiros costeiros da Fm Barreiras. A área de estudo compreende 03 afloramentos, divididos em três setores: sul, representado pela Falésia F-01, central representado pela Falésia F-02, e norte, representada pela Falésia F-03. A análise geológica deu-se em campo com descrições envolvendo arranjo arquitetônico das falésias, distribuição, espessura das camadas, e apresentação da coloração das fácies. Visto que o perfil é apresentado verticalmente, o posicionamento exato das amostras coletadas nas fácies é representado de forma pontual ao longo do perfil. Desta forma, de posse do croqui e dos dados de laboratório, foram confeccionados os perfis em meio digital através do software AUTOCAD 2021. A morfologia das Falésias foi descrita através de observações e anotações em campo e após, com auxílio de imagens de alta resolução do terreno. Foram descritas as dimensões, forma, orientação, declividade e curvatura em perfil das falésias costeiras.

O imageamento foi realizado por Veículo aéreo não tripulado – VANT modelo *Phanton* 3 *Advenced*, através do método de sobreposição de fotos. Para o plano de voo utilizou-se o *software pix4d capture*, que possui comando automático de caminhamento do VANT, tornando o levantamento mais fácil e preciso. Para o processamento das imagens foi o *Agisoft Metashape*, e posteriormente o *software* QGIS 3.16 para importação dos arquivos de imagens e confecção dos layouts.

RESULTADOS

O presente trabalho permitiu correlacionar as faciologias (Figura 1 A, B e C) com os processos de encosta, contribuindo diretamente para o estudo morfológico de costas formadas por falésias (Sunamura, 1992). O perfil morfológico de falésias costeiras proposto por Kuhn e Emery (1982) e os modelos de relação entre erosão subaérea e marinha de Sunamura (1992; 2015) mostraram ser válidos para embasar o presente trabalho, possibilitando relacionar características do material litológico das falésias com sua forma e processos erosivos (Sunamura, 1992). A fácies basal enriquecida em caolinita mostrou comportamento mais resistente, formando uma saliência no perfil morfológico das falésias (Emery e Kuhn, 1982). As litologias com maiores teores de caolinita mostraram ter menor vulnerabilidade erosiva quando comparada com as demais camadas, associados pelo menor espaço entre grãos. O setor sul da área de estudo (Figura 2A) apresenta o perfil morfológico côncavo, com declividades que variam entre 45º e 70º, e faixa de areia de 30-50m, proporcionando erosão subaérea maior que marinha. A falésia que representa o setor central (Figura 2B) possui o menor perfil morfológico da área de estudo, faixa de areia de 15-20m, declividade entre 45º e 90º e perfil variando entre os formatos côncavo, retilíneo e convexo indicando erosão subaérea igual a marinha (Emery e Kuhn, 1982. O setor norte (Figura 2C) possui maior risco à erosão costeira, com a falésia de maior altura, maior declividade, variando entre 60º e 90º, perfil retilíneo e convexo indicando erosão marinha muito maior que a subaérea (Emery e Kuhn, 1982), e faixa de pequena espessura, 15-20m, proporcionando o ataque direto das ondas na falésia (Albino *et al*. 2016; Eguchi, 2018). O estudo evidenciou a relação da resistência litológica e forma na erosão costeira em praias dominadas por ondas e formadas por falésias sedimentares, sendo agravado por construções civis inadequadas ao seu entorno.

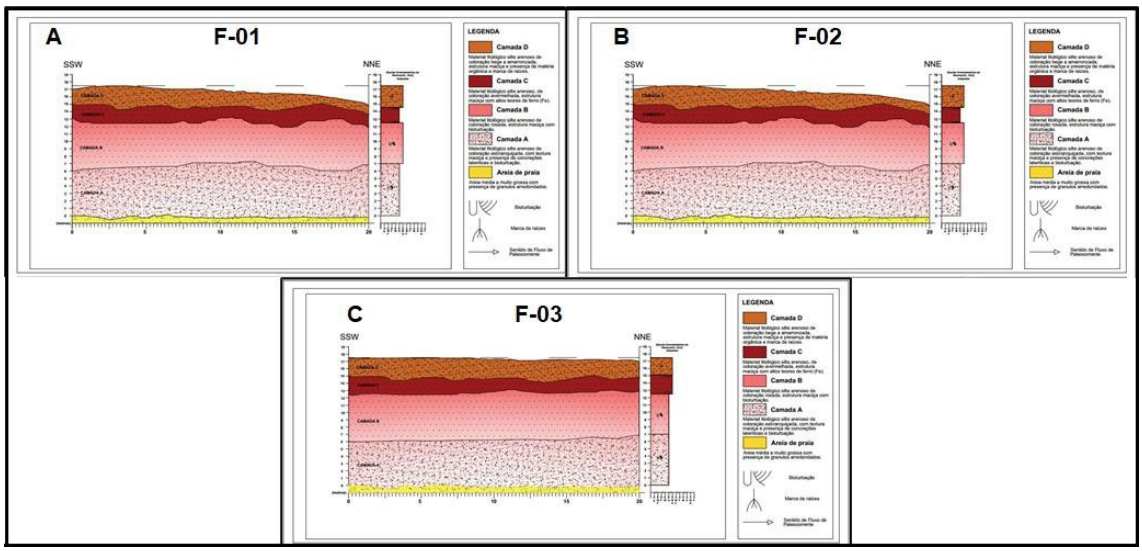


Figura 1. A) Perfil litológico setor sul; B) Perfil litológico setor central; C) Perfil litológico setor norte.

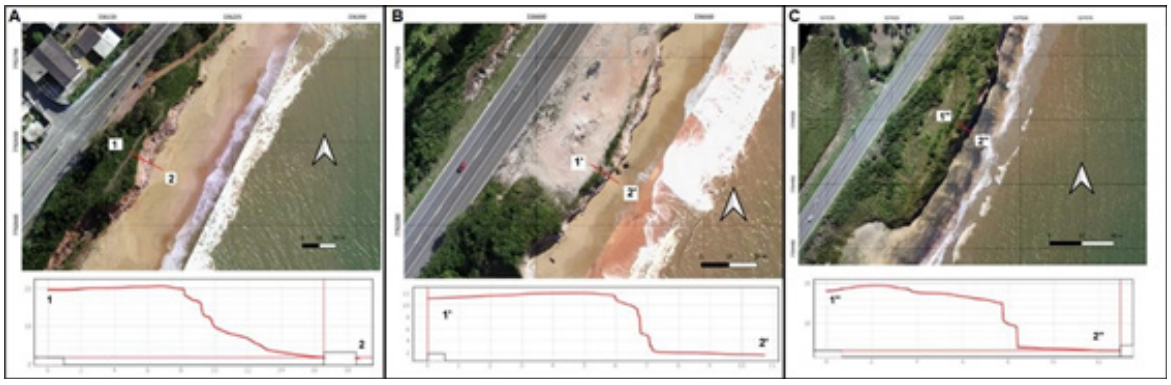


Figura 2. A) Perfil morfológico da F-01; B) Perfil morfológico da F-02; C) Perfil morfológico da F-03.

CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou compreender a interação entre a forma dos perfis das falésias costeiras e as diferentes fácies litológicas. O estudo da resistência do material litológico foi considerado um fator determinante para identificação da forma e da morfodinâmica dos processos erosivos subaéreos e marinhos das falésias costeiras, permitindo estabelecer a relação dos processos erosivos atuantes em praias dominadas por ondas e perfis com diferentes resistências litológicas. Foi possível discutir as diferentes taxas de resistência do material das camadas ao longo do perfil da falésia costeira, indicando a resistência litológica como importante fator nos estudos morfológicos em costas formadas por falésias. A análise feita neste trabalho possibilitou compreender a interação entre a forma dos perfis das falésias costeiras em Maimbá-ES através do levantamento de campo, utilização de imagens de alta resolução de VANT e ensaios laboratoriais, permitindo caracterizar o ciclo morfodinâmico das falésias costeiras.

REFERÊNCIAS

ALBINO, J., GIRARDI, G., DO NASCIMENTO, K.A. Espírito Santo IN MUEHE, D. Org. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Ministério do Meio Ambiente. 2006.

ALBINO, J., JIMÉNEZ, J. A., OLIVEIRA, T. C. A. Planform and mobility in the MeaípeMaimbá embayed beach on the South East of Brazil. Geomorphology. p.110-112. 2016.

EGUCHI, B. M. M.; ALBINO, J. Bluff Retreat Induced by Wave Action on a Tropical Beach, In Espírito Santo, Brazil. Brazilian Journal of Geophysics, v. 36, n. 4, p. 569-580, 2018.

EMERY, K.O.; KUHN, G.G. Sea cliffs: Their processes, profiles and classification. Geological Society of America Bulletin, 93. 1982. p. 644-654.

LEE, E. M. Coastal cliff behaviour: Observations on the relationship between beach levels and recession rates. Geomorphology, v. 101, n. 4, p. 558-571, 2008.

SUNAMURA, T. Geomorphology Of Rocky Coasts. Wiley, England, 302p. 1992.

SUNAMURA, T. Rockycoast processes: with special reference to the recession of soft rock cliffs. Proceedings of the Japan Academy, No.91. 2015. p. 481-500.

WALKDEN, M.J.A., HALL, J.W., 2005. A predictive mesoscale model of the erosion and profile development of soft rock shores. Coastal Engineering 52, 535–563.

REMOBILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS EM PRESENÇA DE BANCOS TRANSVERSAIS NA MARGEM NORTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (SE, BRASIL)

C. L. S. Gomes[1], J. V. Guerra[1], M. N. Gallo[2]

[1] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, carol_lyra@yahoo.com.br;josefa@uerj.br;*

[2] *Universidade Federal do Rio de Janeiro,Brasil, marcosgallo@oceanica.ufrj.br.*

Palavras chave: correntes, formas de fundo, transporte de sedimentos, Sedtrans05.

INTRODUÇÃO

A morfologia de ambientes costeiros não é estável pois responde no tempo e espaço às variações do movimento dos sedimentos, que é um problema complexo e está associado à geração e migração de formas de leito, como marcas onduladas e dunas (LI; AMOS, 1998; VAN RIJN, 2007). A restinga da Marambaia apresenta uma série de feições de fundo localizadas entre a linha de costa e ~2 m de profundidade (GOMES, 2020; Figura 1). Dentre estas estão os bancos transversais que são caracterizados por sua orientação perpendicular ou oblíqua em relação à costa (SHEPARD,1952), e tendem a ser separados por calhas e conectados à costa (MUJAL-COLILLES *et al*., 2019). Neste contexto, o presente estudo visa analisar as condições propícias para a remobilização de sedimentos de fundo na região em diferentes condições hidrodinâmicas e a possível influência dos bancos transversais neste processo.

METODOLOGIA

A restinga da Marambaia, com cerca de 40 km de extensão, localiza-se no estado do Rio de Janeiro (SE do Brasil) e separa a baía de Sepetiba do oceano Atlântico (Figura 1). São observados na margem interna da restinga, sobre um terraço de ~2m de profundidade, dois grupos de bancos com orientações distintas (Figura 1; GOMES, 2020). O primeiro grupo, de orientação NE-SO (~8 bancos/km) estende-se por ~23 km ao longo da restinga, com distância transversal à costa de até 680 m; são compostos por areias médias nas cristas e cavas. O segundo grupo, de orientação NO-SE (~2 bancos/km), estende-se por □9 km no setor oeste da restinga, com distância transversal à costa de até 875 m. Os dois grupos de bancos migram para oeste com taxas de até 18 m/ano (GOMES, 2020). Neste trabalho foram reanalisadas séries temporais de dados hidrodinâmicos (intensidade e direção das correntes) provenientes de cinco fundeios com duração de 25 horas (Figura 1; Tabela 1). O programa SEDTRANS05 (NEUMEIER *et al*., 2008) foi utilizado para determinação das velocidades de cisalhamento junto ao fundo, do parâmetro crítico de Shields ($Ø_{cr}$) e dos limiares críticos para remobilização de sedimentos (segundo YALIN, 1963). O modelo emprega a teoria da camada limite de fundo de Grant & Madsen (1986) para estimar as tensões cisalhantes médias. No total foram processados 50 casos (10 / estação) considerando frações arenosas presentes nos bancos (-1Ø a 4Ø). Em cada estação e para cada classe granulométrica dois casos foram considerados: 1) leito com feições de fundo (H, altura e Δx, comprimento dos bancos); 2) leito sem feições de fundo. Nas estações S1 e Q1 foram utilizados os dados de H (1m) e Δx (170m) dos bancos NO-SE, e nas estações S2, S3 e Q2 a H (30 cm) e Δx (30 m) dos bancos NE-SO, já que nestes setores estão ausentes bancos de orientação NO-SE.

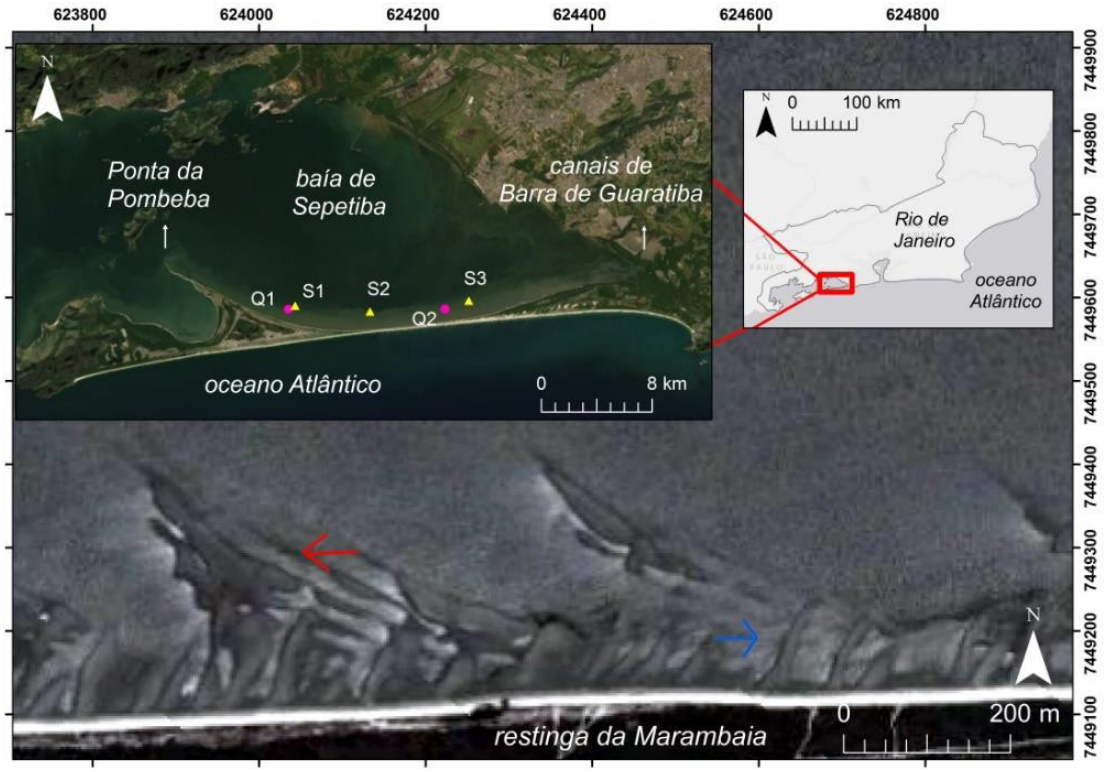


Figura 1. Localização da área de estudo. A seta vermelha indica um banco de orientação NO-SE e a seta azul um banco de orientação NE-SO. Os círculos cor de rosa representam os fundeios realizados sob condições de quadratura (Q1 e Q2) e os triângulos amarelos, os fundeios realizados sob condições de sizígia (S1, S2 e S3). Apenas a estação Q1 ficou posicionada sobre os bancos (cava de um banco de orientação NO-SE); as demais estações foram posicionadas a cerca de 400 m de distância dos bancos de orientação NE-SO. Fonte da imagem: Google Earth Pro (31/08/2012).

Tabela 1. Dados referentes às estações de fundeio reanalisadas no presente estudo. Localização na Figura 1.

Fundeio	Data	Condição de maré	Equipamento	Distância ao fundo da medição (m)	Referência
S1	04/12/2013 a 05/12/2013	Sizígia	Aquadopp Deep Water-2MHz	1,44	Carvalho (2014)
S2			ADCP RDI 600 kHz	~1	
S3			*Aquadopp High Resolution* 2MHz	0,31	
Q1	24/07/2019 a 25/07/2019	Quadratura	*Aquadopp High Resolution* 1MHz	0,71	Gomes (2020)
Q2			*Aquadopp High Resolution* 2MHz	0,37	

RESULTADOS

Na ausência de bancos, a velocidade de cisalhamento máxima no período de sizígia foi de 0,018m/s (S1), enquanto na quadratura não ultrapassou 0,0083m/s (Q1). Em contrapartida, ao se considerar a presença dos bancos, as velocidades de cisalhamento junto ao fundo alcançaram 0,025m/s (+39%) e 0,015 m/s (+81%), respectivamente durante a sizígia e a quadratura. A presença dos bancos, devido ao aumento significativo da rugosidade do fundo, leva ao aumento das velocidades de cisalhamento, conforme

reportado por inúmeros pesquisadores (p. ex. DYER, 1980; LI; AMOS, 1998), induzindo a remobilização de sedimentos. No presente trabalho, sob condições de quadratura não haveria remobilização de sedimentos sem a presença dos bancos, enquanto sua presença criaria as condições para remobilização de até areias médias, que em média perfazem 59,8% dos sedimentos dos bancos. Durante as condições de sizígia, sem os bancos também ocorreria remobilização de até areias médias, enquanto que com a presença dos bancos apenas não seriam remobilizadas areias muito grossas.

CONCLUSÃO

Os resultados preliminares apresentados evidenciam a importância da incorporação das características das formas de fundo aos modelos de transporte de sedimentos devido à sua significativa influência sobre as tensões cisalhantes exercidas sobre o fundo. Na área de estudo tratam-se de formas ativas, que migram para oeste a uma velocidade média de 13 m/ano (GOMES, 2020). Os próximos passos deste trabalho incluem a estimativa das taxas de transporte de sedimentos sob as mesmas condições amostrais, incluindo a investigação dos padrões de transporte sob condições de maré enchente e vazante.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, B. C. Aplicação de múltiplas ferramentas no estudo do transporte de sedimentos na margem interna da restinga da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ). 138 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia. 2014.

DYER, K. R. Velocity profiles over a rippled bed and the threshold of movement of sand. Estuarine and Costal Marine Science, v. 10, p. 181 – 199, 1980.

GOMES, C. L. S. Investigação das características sedimentológicas, morfológicas e dinâmicas de bancos transversais (tipo “*finger bars*”) na margem norte da restinga da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ). 170 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia. 2020.

LI, M.Z., AMOS, C.L. Predicting ripple geometry and bed roughness under combined waves and currents in a continental shelf environment. Continental Shelf Research 18, 941–970. 1998.

MADSEN, O.S., GRANT, W.D. Sediment transport in the coastal environment. MIT, Department of Civil Engineering, Report No. 209, 105pp. 1976.

MUJAL-COLILLES, A.; GRIFOLL, M.; FALQUÉS, A. Rhythmic morphology in a microtidal low-energy beach. Geomorphology, v. 334, p. 151-164, 2019.

SHEPARD, F. P. Revised nomenclature for depositional coastal features. American Association of Petroleum Geologists. v. 36. p. 1902 – 1912, 1952.

VAN RIJN, L. C. Unified view of sediment transport by currents and waves. I: Initiation of motion, bed roughness, and bed-load transport. Journal of Hydraulic Engineering, v. 133, p. 649-667, 2007.

YALIN, M. S. An expression for bedload transportation. Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of ASCE 89 (HY3), 221–250. 1963.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e apoio dos projetos CNPq (Processo 485906/2013-9) e FAPERJ (Processos E-26/ 103.248/2011 e E-26/010.002642/2013- 9).

VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DAS PRAIAS DE PEROBA E REDONDA EM ICAPUÍ-CE, BRASIL: UMA ANÁLISE DE MÉDIO PRAZO USANDO DSAS

Mário Silva Chacanza[1], George Satander Sá Freire[2], Cláudio Ângelo da Silva Neto[3], João Capistrano de Abreu Neto[4]

1 Bolsista CNPq/TWAS, Universidade Federal do Ceará, Brasil (mschacanza@gmail.com);

2 Professor do Departamento de Geologia e Responsável do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Universidade Federal do Ceará;

3 Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará;

4 Professor do Instituto Federal do Ceará.

Palavras chaves: Erosão costeira; Retrogradação; Progradação.

INTRODUÇÃO

O litoral do município de Icapuí, extremo leste do estado do Ceará, possui uma diversidade geomorfológica constituída por unidades como praias arenosas, falésias ativas e inativas, dunas e planícies de maré. Esses ambientes são áreas de interface entre o mar, continente e ar, geralmente constituídos por sedimentos inconsolidados e altamente dinâmicos (MMA, S.d.).

A dinâmica existente nestes locais pode se tornar mais acelerada em trechos de praia com urbanização desordenada, como é o caso das praias de Peroba e Redonda, podendo também resultar em ganho ou perda de sedimentos na praia, ocasionando avanço ou recuo da linha de costa – LC.

Perdas continuas de sedimentos por períodos longos, em áreas de praia sobretudo urbanizadas, constitui-se como uma grande ameaça à destruição de infraestruturas locais, podendo comprometer o lazer, causando destruição e desaparecimento da praia e afetando a economia, por conta da redução do turismo.

A problemática da erosão costeira tem sido amplamente estudada mundialmente, recorrendo-se a diferentes métodos de análise do fenômeno. Neste contexto, analisou-se a variação da linha de costa, a médio prazo, entre 2005 e 2020, em duas praias do município de Icapuí - Ceará, Brasil, aplicando a ferramenta *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), numa extensão cerca de 5 km (Figura 1). Alinhado a este pressuposto, Costa (2019), afirma que para um bom gerenciamento costeiro, as pesquisas devem dar importância ao comportamento evolutivo da linha de costa, bem como a dinâmica sedimentar das praias.

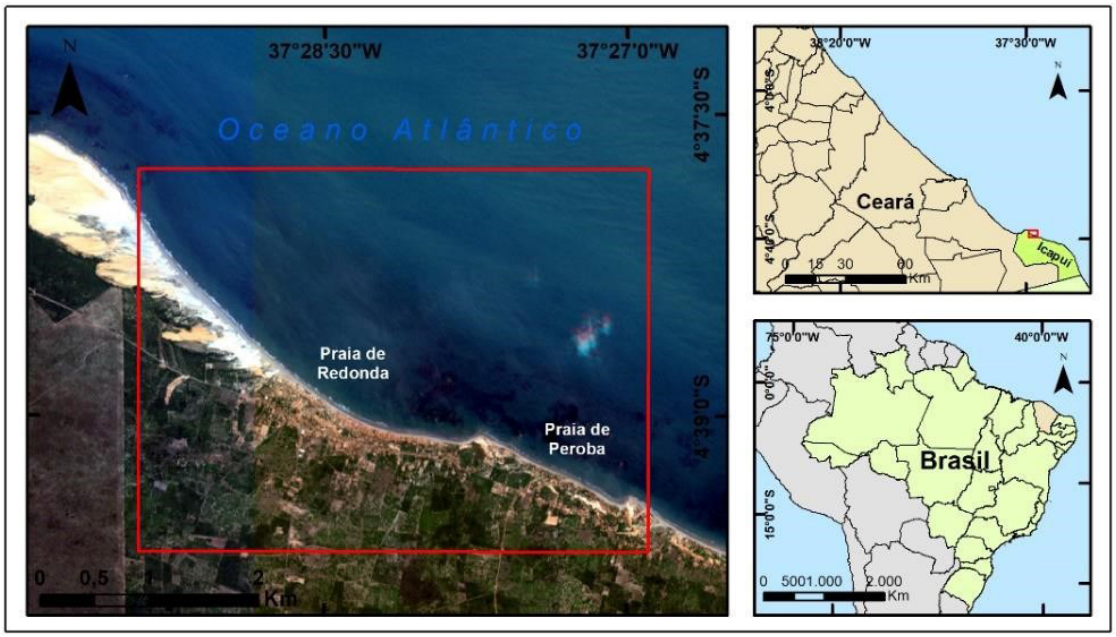


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Icapuí – Ceará, Brasil. Elaborado pelo autor com base em dados cartográficos do IBGE e Imagem RapidEye/REIS de 27/06/2015, disponibilizado pelo MMA.

METODOLOGIA

Para avaliar o processo de variação da linha de costa das praias de Peroba e Redonda, localizadas no município de Icapuí, foi analisada a mudança de sua posição entre os anos 2005 e 2020, mantendo um intervalo regular de cinco anos. As linhas de costa foram vetorizadas manualmente a partir de imagens de média resolução espacial disponibilizadas pelas missões orbitais CBERS e RapidEye, além de banco de dados disponível no *software* Google Earth Pro (Tabela 1).

Tabela 1. Produtos de sensores remotos usados como base para vetorizar as linhas de costa.

Satélite / Sensor	Resolução espacial (m)	Data	Fonte
----------	-------	24/09/2005	Google Earth Pro
CBERS_2B / HRC	2.5	03/01/2010	INPE
RapidEye / REIS	5	27/06/2015	MMA
CBERS_4A / PAN	2	02/08/2020	INPE

A mobilidade da linha de costa foi analisada através do *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), uma extensão gratuita do *software* ArcMap. Foram identificadas e quantificadas as taxas de erosão e deposição, baseando-se nos parâmetros estatísticos *End Point Rate* (EPR) e *Net Shoreline Moviment* (NSM) ao longo do trecho praial abrangente aos dois setores.

A partir dos parâmetros estatísticos, foram atribuídas classes para avaliação dos processos de erosão, estabilidade e deposição. A partir de Esteves e Finkl (1998), Del Río *et al.* (2012) e Silva Neto *et al.* (2020), criamos as seguintes classes: erosão severa (menor que -3 m/ano); erosão moderada (entre -3 e -2 m/ano); erosão baixa (entre -2 e -1 m/ano); estabilidade (-1 e +1 m/ano); deposição baixa (entre +1 e +2 m/ano); deposição moderada (entre +2 e +3 m/ano); e deposição severa (maior que +3 m/ano).

RESULTADOS

Os resultados fornecidos pelo parâmetro EPR (Tabela 2) apontam para uma estabilidade da linha de costa entre 2005 e 2010, com uma média de aproximadamente -0,97 m/ano, com tendências para predomínio de processos de retrogradação da linha de costa (erosão), com o valor mínimo atingindo cerca de -5,49 m/ano e o máximo observado, tendo atingido +0,32 m/ano (Figura 2A). No período entre 2010 e 2015, os valores indicaram uma variação máxima de +3.8 m/ano, com média de cerca de +1,02 m/ano, tendo ocorrido uma ligeira deposição (Figura 2B). Já no terceiro período, entre 2015 e 2020, os processos erosivos voltaram, resultando no recuo da linha de costa em sentido ao continente, com uma taxa média de -2,05 m/ano, ocorrendo um deslocamento máximo de -4.23 m/ano, sendo severa em alguns pontos localizados (Figura 2C).

Tabela 2. Taxas e movimento líquido de variação da linha de costa, para as praias de Peroba e Redonda, no município de IcapuíCeará, Brasil, gerados a partir do DSAS.

Período	Parâmetro	Valores		
		Mínimo	Médio	Máximo
2005 – 2010	EPR (m/ano)	-5.49	-0.97	+0.32
	NSM (m)	-23.91	-4.24	+1.41
2010 – 2015	EPR (m/ano)	-1.24	+1.02	+3.8
	NSM (m)	-6.7	+5.55	+20.52
2015 – 2020	EPR (m/ano)	-4.23	-2.05	+0.11
	NSM (m)	-21.6	-10.47	+0.58
2005 – 2020	EPR (m/ano)	-2.03	-0.61	+0.03
	NSM (m)	-30.14	-9.16	+0.49

Em relação ao período total, correspondente aos últimos 15 anos, entre 2005 e 2020, a linha entre as praias de Peroba e Redonda variou a uma taxa média de -0,61 m/ano (Tabela 2 e Figura 2D), refletindo-se em um recuo médio de cerca de 9,16 m no total.

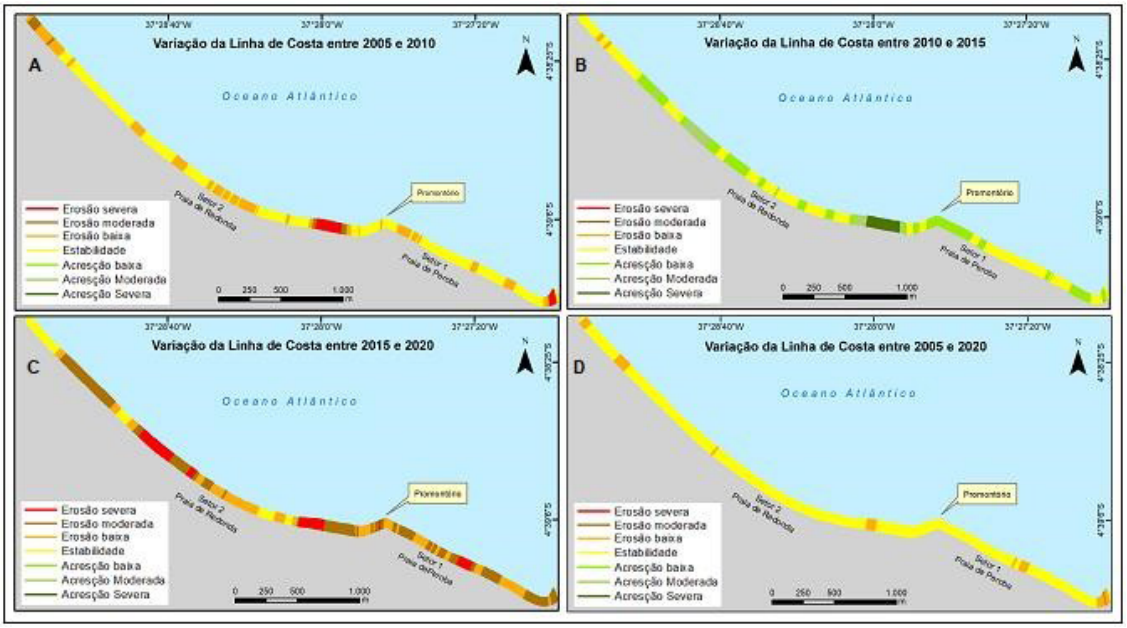


Figura 2. Variação da linha de costa aplicado ao parâmetro EPR. A) variação entre 2005 e 2010; B) entre 2010 e 2015; C) entre 2015 e 2020; e D) variação entre 2005 e 2020.

No geral, os dois setores de praia apresentam as mesmas características em relação a sua geomorfologia o comportamento morfodinâmico. A aparente estabilidade pode estar relacionada ao suprimento sedimentar mobilizado das dunas para as praias e canal de maré através a deposição pelo efeito by-pass que a porção exerce a deriva litorânea.

CONCLUSÕES

Apesar da linha de costa ter recuado nos trechos analisados, em média, cerca de 9,16 m nos últimos 15 anos, o trecho praial apresenta-se aparentemente estável e com tendências para uma baixa erosão. Por sua vez, a referida estabilidade não pode exclusivamente ser vista como um equilíbrio, pois além do trecho apresentar uma taxa média de variação negativa (Tabela 2), fatores antropogênicos, como a construção de estruturas de proteção costeira do tipo enrocamento na praia de Redonda e na base de madeiras na praia de Peroba contribuem para manutenção temporária da linha de costa na atual posição em que se encontra.

REFERÊNCIAS

Costa, L.R.F.G., 2019. Geotecnologias aplicadas ao monitoramento da cobertura sedimentar do litoral de Icapuí (Ceará) entre 1985 e 2018. Tese de Doutorado em Geologia – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 143f.

Esteves, L.S. and Finkl, C.W., Jnr., 1998. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. *Journal of Coastal Research*. SI (26). 11-18. Royal Palm Beach (Florida). ISSN 0749-0208.

Del Río, L.; Gracia, F.J. and Benavente, J., 2012. Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. Geomorphology. 196, 252-266. Puerto Real, Cadiz, Spain. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.027

MMA. (S.d.). Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II). Brasília-DF. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pngc2_78.pdf. Acesso em 12 de Setembro 2019.

Silva Neto, C.A.; Duarte, C.R.; Souto, M.V.S.; Freires, E.V.; Sousa, W.R.N.; Silva, M.T., 2020. Caracterização dos setores erosivos e deposicionais da linha de costa de Icapuí (CE) com base em produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Revista Brasileira de Geografia Física. v.13, n. 01. 143-155.

VARIAÇÕES NA LINHA DE COSTA ASSOCIADAS AO CLIMA DE ONDAS NO ARCO PRAIAL IPANEMA- LEBLON, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (RJ).

Nascimento, J.H.S.* Rebouças, R.C.**

**Programa de Pós-Graduação em Oceanografia , Uerj, Brasil; nasc.jonatan@gmail.com*

***Laboratório de Oceanografia Geológica, Faculdade de Oceanografia, Uerj.*

Palavras-chave: gestão costeira, erosão costeira, sensoriamento remoto, SiMCosta

INTRODUÇÃO

As praias são ambientes naturalmente vulneráveis à ação de forçantes meteo-oceanográficas, que promovem variações na posição da linha de costa (CALLIARI et. al, 2010). O arco praial Ipanema-Leblon concentrou, em 30 anos, cerca de 51% do total de casos de ressacas, com prejuízos de ordem socioeconômica, registrados no município do Rio de Janeiro (LINS-DE- BARROS, 2018). Está localizado na costa atlântica da cidade do Rio de Janeiro, possui 4 km de extensão, limitado por promontórios rochosos. Destes, 2,6 km da porção leste pertencem à praia de Ipanema e Arpoador, e o restante à praia do Leblon (Fig. 1). A área é influenciada pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante todo o ano, assim predominam condições de bom tempo, interrompidas apenas pela chegada de sistemas frontais vindos de S (DERECZYNSKI E MACHADO, 2009), que são responsáveis por provocar ondas do quadrante SE e SO, e possuem alto potencial de impacto sobre o litoral (MUEHE *et al*., 2018). O objetivo aqui foi relacionar as variações da largura do arco praial, observadas em imagens do Google Earth® ao clima de ondas registrado pela Boia RJ-4 (Fig. 1), a fim de analisar a resposta morfodinâmica da praia às condições meteo-oceanográficas.

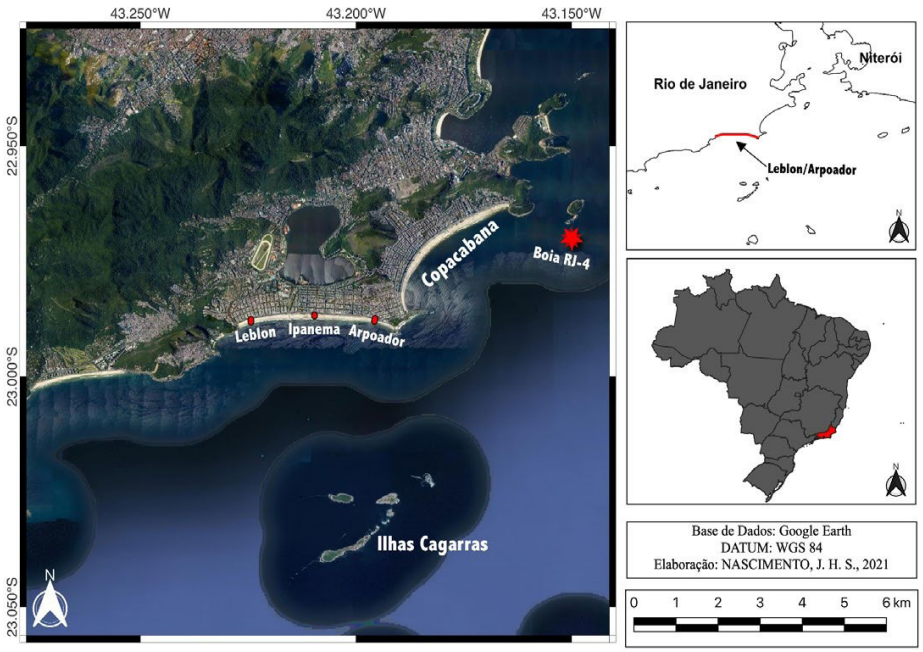


Figura 1. Mapa da região de estudo.

METODOLOGIA

Para observação da variação da linha de costa, foram selecionadas imagens do Google Earth®, entre agosto/2017 e julho/2019, intervalo correspondente aos registros oceanográficos coletados pela Bóia RJ-4 disponíveis para download. Foram selecionadas 11 imagens onde o arco praial estava representado em uma única imagem, a fim de se evitar o registro de momentos diferentes. As imagens foram georreferenciadas no QGis, no qual mediu-se em 3 transectos a largura da praia (Fig. 1), os resultados das aferições foram plotados com auxílio do Phyton (Fig. 2). Registros da Boia RJ-4, relativos à altura significativa e direção média das ondas, datados a partir de agosto de 2017, foram obtidos do programa SimCosta. Os dados do clima de ondas foram plotados com o auxílio do Phyton em séries temporais, e em rosas direcionais, a fim de representar a altura significativa das ondas e frequência da direção média, respectivamente (Fig. 3). Após a geração dos dados relacionou-se as variações observadas nas imagens à série temporal, e às direções observadas.

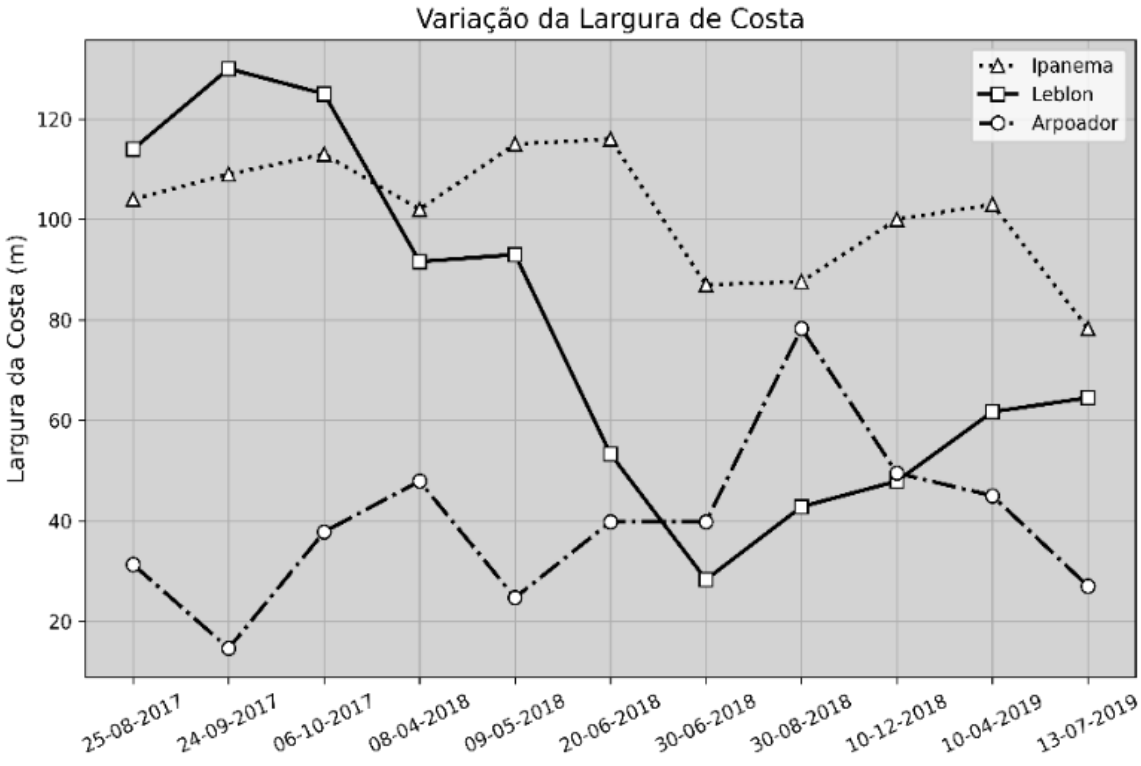


Figura 2. Variação da largura da faixa de areia para os transectos (localização na fig. 1): Ipanema; Leblon; Arpoador.

RESULTADOS

A direção da incidência das ondas para o período estudado variou entre os quadrantes SE e SW (Fig. 3). Observou-se um pico de 3m na altura significativa de onda na primeira quinzena de setembro de 2017 (Fig. 3a), esse evento provavelmente atuou na redução de ~15m da faixa de praia no Arpoador, e no aumento em 5m em Ipanema e 15m no Leblon, entre os meses de agosto e setembro. No início de outubro, quando foram observadas condições de tempo bom – ondas de até 1.5m (Fig. 3a), o Arpoador recupera sua largura em cerca de 23m (Fig. 2), neste mesmo período Ipanema ganha cerca de 4m e Leblon perde 5m de sua largura. Em abril de 2018, o Arpoador se encontrava com ~10m a mais

em relação ao período anterior e até maio reduz a largura da praia em 23m, enquanto Ipanema registra um aumento de 13m, e o Leblon experimenta estabilidade com um pequeno aumento de 2m em sua largura (Fig. 2). Neste período foi observado um pico de 2.5m na altura significativa das ondas, indicando a ocorrência de um evento mais energético (Fig. 3b), que pode estar relacionado a estas variações. Entre maio e agosto de 2018, o Arpoador recupera ~53m de largura, enquanto os trechos de Ipanema e Leblon perdem ~27m e 50m respectivamente, tendo em evidência neste período um evento cuja altura significativa de onda atingiu o valor de 3,5m. A partir de agosto de 2018 a abril de 2019 o Arpoador apresentou uma erosão que reduziu seu perfil em ~33m, enquanto Ipanema e Leblon recuperaram sua largura em ~15 e 20m, respectivamente (Fig. 2). Neste mesmo período, foram registrados diversos eventos, cuja altura de onda ultrapassou os 2.5m, sendo um superior a 3.5m, que podem explicar essas variações na faixa de praia. Por fim, entre abril e julho de 2019, o Arpoador continuou registrando a diminuição da faixa de praia em mais ~18m, Ipanema, por sua vez, diminuiu em 25m e no Leblon foi observada uma certa estabilidade com variação positiva de 3m. Neste recorte de tempo, as alturas de ondas variaram entre ~0.5 e 2m, com duas ocorrências de eventos mais energéticos, com alturas acima de 2m.

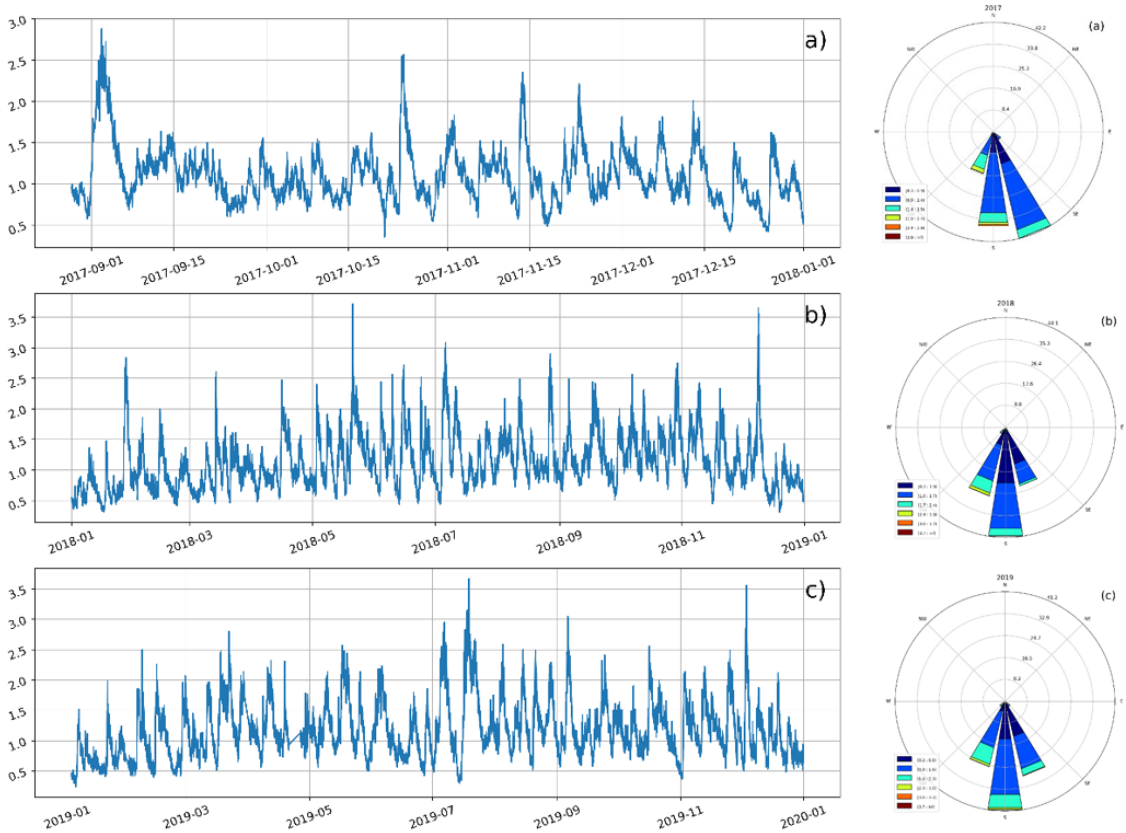


Figura 3. Série temporal mostrando a altura das ondas para os anos 2017 (a), 2018 (b), 2019 (c) à esquerda e à direita as respectivas rosas mostrando as direções predominantes para o período.

CONCLUSÕES

Foi possível verificar que a faixa de areia nos transectos analisados no arco praial Ipanema-Leblon possui um padrão de variação complexo e distinto entre os trechos estudados, sugerindo a ocorrência do fenômeno de rotação da praia, em resposta à alternância de

condições mete- oceanográficas na região. O Arpoador apresentou redução da largura na presença de eventos energéticos vindos de S, enquanto o Leblon reduziu a largura na presença de ondas mais energéticas de SSW. Adicionalmente, foi verificada a rotação de praia indicada por Carvalho et. al. (2021) entre o período de outubro de 2017 e março de 2019, com o aumento da largura no Arpoador e redução no Leblon. A orientação E-O do arco praial ao lado da posição de ilhas à frente do arco (Fig.1) favorecem a incidência de ondas que variam do quadrante SSE a SSW, e a exposição dos extremos da praia (Arpoador e Leblon) à incidência de ondas com maior potencial energético, especialmente de SSW e S.

REFERÊNCIAS

CALLIARI, L.J., *et al* 2010. Perigos e Riscos Associados a Processos Costeiros no Sul do Litoral do Brasil. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, 14(1): 51-63.

CARVALHO, B.C. *et al*. Morphological variability of sandy beaches due to variable oceanographic conditions: a study case of oceanic beaches of Rio de Janeiro city (Brazil). Journal of Coastal Conservation, v. 25, n. 2, p. 1-16, 2021.

BULHÕES, E.M.R. Condições morfodinâmicas associadas a riscos a banhistas. Em busca de uma contribuição à segurança nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro, RJ. Laboratório de Geografia Marinha, PPGG/UFRJ. Rio de Janeiro – RJ. Brasil, 2006. DERECZYNSKI, C. P.; E, J. S. DE O.; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 1, p. 24–38, 2009.

MUEHE, D. Panorama da erosão costeira no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2018.

ZONAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA EM PRAIAS DE AREIAS MISTAS PRECEDIDAS DE TERRAÇO DE ABRASÃO

Alexandre Burini[1], Jacqueline Albino[1]

[1]Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES – Brasil. alexandreburini@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A zonação sedimentológica proposta para um perfil transversal de praias reflete a proveniência e os processos hidrodinâmicos que atuam sobre ela. É possível identificar que próximo à zona de maior hidrodinâmica, resultante da energia de quebra de ondas, as características sedimentológicas apresentam tendências mais grossas e um aparente estado de equilíbrio, com bom grau de seleção. Em direção à praia, onde os processos hidrodinâmicos dominantes são menos energéticos, encontram-se sedimentos de menor granulometria e grau de seleção, de acordo com o potencial de transporte e diminuição de velocidade, ambos relacionados aos processos de espraiamento e refluxo da onda (ZENKOVICH, 1967; KOMAR, 1977; DAVID- ARNOTT, 2010).

Dentre os processos que controlam a zonação transversal das características sedimentares, destaca-se o espraiamento e refluxo da onda. Durante o espraiamento, grande parte da energia da onda é perdida por fricção e percolação d'água entre os sedimentos da praia emersa. As diferentes velocidades do movimento de subida e descida do espraiamento geram uma seleção de transporte em direção à praia, o que resulta em diferentes tendências no tamanho médio e na seleção dos grãos em cada zona (MILLER AND ZEIGLER, 1958; DAVID-ARNOTT, 2010).

Praias limitadas por plataformas de abrasão, induzem variações nos processos hidrodinâmicos, na morfologia e no balanço sedimentar entre a praia e a antepraia, se comportando de forma distinta de acordo com o nível da maré. Essas estruturas planas e rígidas são responsáveis por dissipar grande parte da energia de ondas incidentes durante a baixa-mar, quando estão expostas. Já na preamar, as energias das ondas empilham na praia, já que não passam por grande dissipação nos terraços submersos. A restrição geológica induz a classificação morfodinâmica da praia como refletiva com terraço de baixa mar. (MILES AND RUSSEL, 2004; SHORT, 2006; ALBINO *et al*., 2016, SOUZA AND ALBINO, 2020).

A proteção exercida pelos terraços desempenha um importante papel no balanço sedimentar. Favorecem incrustações carbonáticas, que constituem parte da composição sedimentar das praias do estudo. A distribuição e seleção granulométrica dos sedimentos mistos sofre alteração pela composição, proximidade da área fonte e fragmentação dos grãos carbonáticos, devido apresentarem diferentes graus de resistência. Desta forma, a presença do terraço influencia diretamente e indiretamente na distribuição e composição granulométrica que estará presente em cada zona da praia, dominadas por diferentes processos hidrodinâmicos (FOLK AND ROBES, 1964; CARTER, 1982; JACKSON *et al*., 2005; ALBINO E SUGUIO, 2011).

A dinâmica de praias mistas requer uma compreensão mais detalhada da evolução espacial das distribuições de sedimentos. Em um estudo realizado em praias mistas, os resultados indicam zonações sedimentológicas diferentes dos modelos propostos para praias arenosas siliciclásticas (LEE, 1997). Assim, o presente estudo procura caracterizar a zonação sedimentar da parte emersa das praias precedidas por terraços de abrasão no litoral do Espírito Santo.

METODOLOGIA

Estações de coletas foram construídas em três praias desenvolvidas sobre os terraços de abrasão, localizadas no litoral do Espírito Santo, Praia Mole (P_1), Formosa (P_2) e Putiri (P_3), onde foram realizadas 6 campanhas ao longo de 17 meses. Perfis topográficos ao longo do perfil de praia foram levantados em conjunto com a coleta de amostras de sedimentos superficiais nas feições da berma, face superior e inferior e antepraia rasa.

Em laboratório, foram determinados os parâmetros sedimentológicos e composicionais das amostras, determinação dos teores de carbonato, de acordo com Dias (2004). O cálculo do alcance vertical máximo do espraiamento (*run-up*) foi modelado pelo software XBeach, os dados de ondas utilizados foram obtidos do modelo *Wavewatch III* (NOA-WW3). Os parâmetros estatísticos de granulometria foram calculados de acordo com Folk & Ward (1957). Regressões lineares entre os parâmetros que quantificam a sedimentologia e hidrodinâmica foram analisadas com auxílio do Excel para caracterização da zonação energética sedimentar da praia.

RESULTADOS

As praias do estudo apresentaram composição mista bio-siliciclástica. O teor de carbonato, obteve maiores porcentagens nas praias de Formosa (55,27%) e Putiri (55,97%) e menor em Praia Mole (53,22%). As areias médias e grossas são constituídas principalmente por grãos carbonáticos mais resistentes, enquanto as areias mais finas apresentaram maior diversidade, corroborando com os estudos de Albino e Suguio (2011). As praias Formosa e Putiri apresentaram assembléias carbonáticas semelhantes e com maior diversidade.

Em relação a análise dos valores de *run-up*, observa-se correlações diretas com as características sedimentológicas das praias. Praia Mole apresentou a maior altura de *run-up* (3,39m). Já as praias de Formosa e Putiri obtiveram (2,43m) e (2,91m) de altura de *run-up*, respectivamente. Os maiores valores de *run-up* apresentaram a maior granulometria média dos sedimentos, enquanto o teor de carbonato e a diversidade composicional sofreram uma influência negativa.

Em relação à zonação sedimentológica das praias de estudo, observa-se, em geral, um padrão de características sedimentológicas para cada sub-feição. Na região da berma apresenta-se as granulometrias mais grossas (1,4 φ), juntamente com os melhores graus de seleção (0,50 φ) e boa simetria (-0,03 φ). Essas características físicas dos grãos são observadas em conjunto com um baixo teor relativo de carbonato (50,36%) e alto percentual (>99%) de ocorrência dos sedimentos carbonáticos mais resistentes (e.g. fragmentos de algas coralinas e moluscos). A face praial apresentou tendências de afinamento em direção à antepraia, com presença de sedimentos (1,6 φ) na face superior e (1,9 φ) na face inferior, com um grau de seleção moderado a bom (0,57 φ) e alta diversidade composicional. Já na antepraia são encontradas as menores granulometrias (2,7 φ), menor grau de seleção (0,75 φ) e maiores valores de assimetria negativa (-0,41). Os maiores teores de carbonato (66,87%) foram registrados nesta feição, acompanhado da maior diversidade de grãos.

CONCLUSÃO

A análise granulométrica dos sedimentos indicou um padrão de zoneamento distinto de praia arenosas em Formosa (P_2) e Putiri (P_3). Na região da berma, apresentou a zona mais grossa da praia, com os melhores graus de seleção e boa simetria, em conjunto com a composição de grãos carbonáticos mais resistentes, indicando a atuação de maior energia, proveniente do empilhamento de ondas durante a maré alta. Com a perda de energia do espraiamento, há uma tendência de afinamento à medida que a água percola na praia, com alta diversidade composicional carbonática, depositadas na zona da face. A zona da antepraia foi significativamente diferente nos parâmetros sedimentológicos das outras zonas. Os sedimentos mais finos, com pobre seleção e forte assimetria negativa

nessa região, indica forte influência do controle geológico no balanço sedimentar da praia. Em adicional, o alto teor carbonático e a alta diversidade encontrada na antepraia sugere dissipação da energia das ondas e possível proximidade à área fonte. Em Praia Mole (P_1) esse padrão zonal não pode ser observado. A praia apresentou tendências sedimentológicas parecidas em toda sua extensão, possivelmente pela presença do terraço de abrasão muito próximo à região da antepraia, que ficam expostos durante a maré baixa, e a relativa alta hidrodinâmica encontrada entre as praias do estudo.

REFERÊNCIAS

ALBINO, J.; SUGUIO, K. The influence of sediment grain size and composition on the morphodynamic state of mixed siliciclastic and bioclastic sand beaches in Espirito Santo State, Brazil. *Revista brasileira de geomorfologia*, v. 12, n. 2, 2011.

ALBINO, J., CONTI NETO, N., OLIVEIRA, T.C.A., 2016. The beaches of Espírito Santo. In: Short, A.D., Klein, A.H.F. (Eds.) *Brazilian Beach Systems*. Springer: Sydney. p. 333–361.

CARTER, R. W. G. Some problems associated with the analysis and interpretation of mixed carbonate and quartz beach sands, illustrated by examples from North-West Ireland. *Sedimentary Geology*, v. 33, n. 1, p. 35-56, 1982.

DAVIDSON-ARNOTT, R.; BAUER, B.; HOUSER, C. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge university press, 2010.

DIAS, J. A. *A análise sedimentar e os conhecimentos dos sistemas marinhos*. Portugal: Universidade do Algarve, 2004.

FOLK, R. and ROBLES, R. Carbonate sands of Isla Perez, Alacran Reef Complex, Yucatan. *Jour. Geol*. 72, 255-292, 1964.

FOLK, R. and WARD, W. Brazos river bar. A study on the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, 27, 3-26, 1957.

JACKSON, D. W. T., COOPER, J. A. G. and DEL RIO, L. Geological control of beach morphodynamic state. *Mar. Geol.* 216:297-314, 2005.

KOMAR, P. D. *BEACH PROCESSES AND SEDIMENTATION*. 1977.

LEE, C.Textural Variations Over A Foreshore-backshore Environment, Hawaii. *Physical Geography,* 18:3, 263-290, 1997.

MILLER, Robert L.; ZEIGLER, John M. A model relating dynamics and sediment pattern in equilibrium in the region of shoaling waves, breaker zone, and foreshore. *The Journal of Geology*, v. 66, n. 4, p. 417-441, 1958.

MILES, J. R.; RUSSELL, P. E. Dynamics of a reflective beach with a low tide terrace. *Continental Shelf Research*, v. 24, n. 11, p. 1219-1247, 2004.

SHORT, A.D. Australian beach systems-nature and distribution. *J. Coast. Res.* 22(1):11–27, 2006.

SOUZA, B. S.; ALBINO, J. Development and morphodynamics of beaches on horizontal shore platforms on the microtidal southeast coast of Brazil. Geomorphology, v. 363, p. 107232, 2020.

ZENKOVICH, V.P. *Processes of coastal development*. 1967.

MONITORAMENTO E MODELAGEM NAS ZONAS COSTEIRAS

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

ALGORÍTMOS EMPÍRICOS PARA ESTIMATIVA REMOTA DA CLOROFILA-A: BAIA DE GUANABARA

Eduardo Negri Oliveira[1], Rodolfo Paranhos[2], Daniel Tremmel[3], Nilva Brandini[3], Luiz Cotovicz Jr.[4]

[1] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Brasil,*

[2] *Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ), Brasil,*

[3] *Universidade Federal Fluminense (UFRJ), Brasil,*

[4] *Universidade Federal do Ceará(UFC)*

(UERJ,Brazil,negrig@gmail.com)

Palavras chave: fitoplâncton, clorofila-a, sensoriamento remoto, Baia de Guanabara.

INTRODUÇÃO

De acordo com a classificação introduzida por Morel & Prieur (1977), as águas oceânicas podem ser divididas em águas do caso-1 e caso-2. As águas do caso-1 são aquelas em que a cor do oceano depende principalmente da biomassa fitoplanctônica e podem ser descritas em termos das concentrações de clorofila-a (Chl-a). Neste caso, algoritmos globais que fazem uso dados radiométricos coletados por sensores remotos que operam nas bandas centradas na região azul- verde-vermelho do espectro eletromagnético são aplicados com sucesso para estimar a Chl-a. Esses algoritmos, no entanto, possuem limitações e/ou necessitam de ajustes para águas do caso- 2, geralmente encontradas nas regiões costeiras, onde outros constituintes opticamente ativos (tais como matéria orgânica dissolvida, partículas inorgânicas e detritos) não necessariamente covariam com a Chl-a.

A estimativa de Chl-a como um índice de biomassa fitoplanctônica em águas opticamente complexas (caso-2) requer uma abordagem que contemple as peculiaridades dessas massas d'águas. Nesse caso, a estratégia que tem sido abordada com sucesso faz uso de dados radiométricos coletados por bandas espectrais centradas na região do vermelha e infravermelha do espectro eletromagnético (Matthews & Odermatt, 2015), essas regiões possuem assinaturas espectrais relevantes que são moduladas pela Chl-a, principalmente quando há elevada concentração e, adicionalmente, tendem a serem menos impactada pelas concentrações de matéria orgânica dissolvida.

O presente trabalho, utilizando dados radiométricos e concentrações de clorofila-a coletados na região da Baia de Guanabara, testou e comparou dois dos principais algorítmos para estimativa da Chl-a.

ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Guanabara é um sistema estuarino localizado na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, Brasil, com superfície de 346 km^2, profundidade média de ~7 m, vazão do rio de ~100 $m^3\ s^{-1}$ e maré semi-diurna com amplitude média de ~0,8 m. As correntes de maré na entrada da baía variam de 80 a 150 cm s^{-1}. A baía recebe contribuições líquidas e sólidas de indústrias, incluindo duas refinarias de petróleo, terminais de petróleo, dois portos comerciais e muitos estaleiros, entre outras atividades econômicas. Está sob o regime de clima tropical úmido e apresenta um gradiente espacial de eutrofização da foz à cabeça da baía. Devido à grande quantidade de matéria orgânica e detritos e seu

caráter altamente eutrófico a transparência das águas da baía é extremamente baixa, especialmente nas regiões mais internas, com valores médios de profundidade “Secchi” ≤ 1 m (Oliveira *et al*., 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras d’água superficiais, ~ 0.5 m de profundidade, foram coletadas durante os anos de 2013 a 2018. A maioria das amostras de água foram filtradas com filtros de membrana de celulose (Millipore HAWP 0,45 µm) imediatamente após a coleta, em uma parcela menor de amostras (cerca de 20%), o processo de filtragem ocorreu em até 6 horas após a coleta. As concetrações de clorofila-a foram determinadas utilizando o método descrito em Parsons *et al*. (1984).

Coletou-se medidas radiométricas acima da lâmina d’água, simultaneamente com as amoastras d’água, ao longo do espectro do visível e infravermelho próximo (resolução espectral de 1nm), utilizando um radiômetro portátil da marca Handheld FieldSpec Pro. A reflectância de sensoriamento remoto (Rrs) foi derivada das medidas radiométricas conforme metodologia proposta por Mobley (1999).

O presente trabalho testou dois índices para estimativa das concentrações de clorofila-a a partir da Rrs: o *Maximum Band Ratio OC6* (**MBR-OC6**; O’Reilly & Werdell, 2019) e o *Maximum Peak Height* (**MPH**; Matthews & Odermatt, 2015). O MBR-OC6 faz uso das bandas espectrais centradas nas regiões verde, azul e vermelho (equação 1), enquanto o MPH utiliza as bandas espectrais centradas no vermelho e infravermelho próximo e busca quantificar o pico de fluorescência centrado em 681 nm ou 708 nm, optando pelo valor máximo de Rrs nessa região espectral, equação 2.

MBR-OC6=*Rrs*(413>443 >490 >510)/média(*Rrs*(560),Rrs(665)) (equação 1)

Rrs(413> 443 > 490 >510), máximovalor de*Rrs*para λ=413, 443, 490,510

$$\mathbf{MPH}(\lambda) = R_{rs}(\lambda) - R_{rs}(\lambda^{-}) - \left(R_{rs}(\lambda^{+}) - R_{rs}(\lambda^{-})\right) * \frac{(\lambda-\lambda^{-})}{(\lambda^{+}-\lambda^{-})}$$ (equação 2)

onde,λ^{-}= 665,λ=680(ou708), λ^{+}= 753nm

RESULTADOS

Na Fig. 1 abaixo, podemos observar como os algorítmos OC6 e MPH globais (ajustados com dados globais), curvas vermelhas nas Fig. 1a e 1b, se comportam em relação aos dados coletados na região da Baia de Guanabara. De maneira geral, nota-se que esses algorítmos globais não estão ajustados para a região de estudo. As altas concentrações de matéria dissolvida na Baia de Guanabara impactam o desempenho dos algorítmos globais que, por suas vezes, superestimam, no caso do OC6, ou subestimam, no caso do MPH, as concentração de Chl-a.

Considerando agora apenas os índices OC6 e MPH e as concentrações de clorofila-a, vemos que a correlação entre os dados foi mais robusta para o algorítmo MPH (0,94), que faz uso das bandas espectrais centradas na região do vermelho e infravermelho, por outro lado, nota-se maior dispersão dos dados no caso do OC6, com correlação de -0,74.

Na Figura 2 é possível observar: a) a curva de regressão obtida por meio do índice MPH e as concentrações de clorofila-a coletadas na baia de Guanabara; b) a comparação entre o valor estimado pela curva de regressão obtida na Fig 2a e os valores de in-situ chl-a; c) e o erro residual, respectivamente.

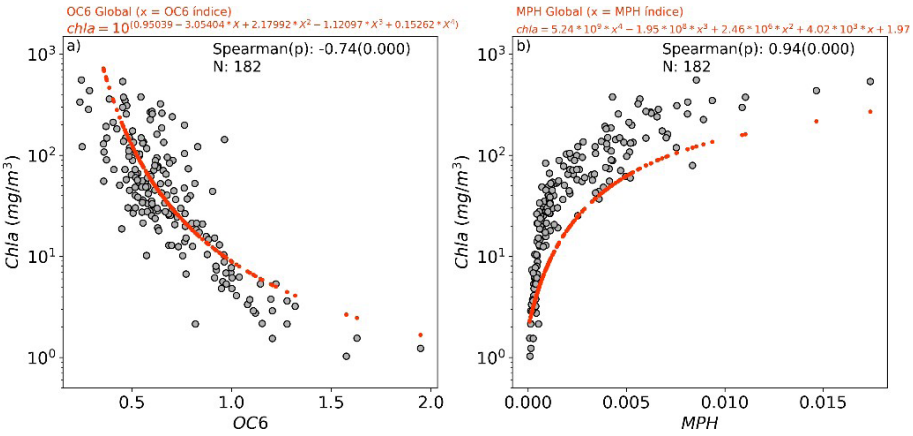


Figura 1 – a) índice OC6 vs Chla; b) índice MPH vs Chla. Curvas em vermelho corresponde à resposta dos algorítmos globais.

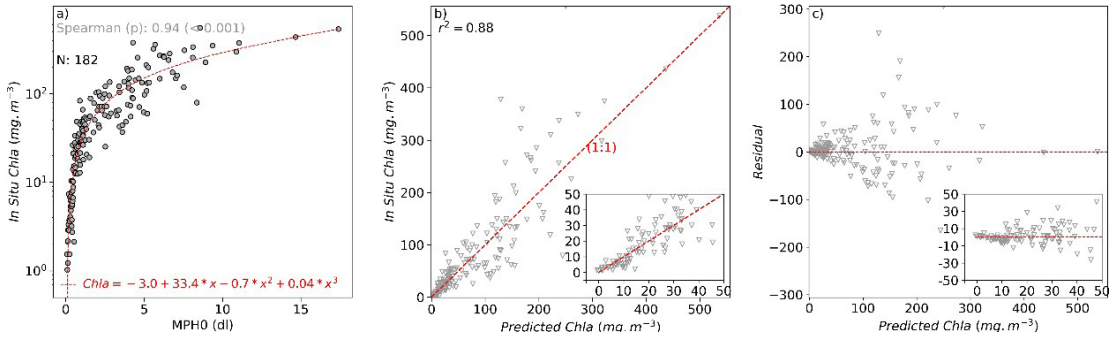


Figura 2 – a) curva de regressão ajustada para o índice MPH e as concentrações de clorofila-a coletadas na Baia de Guanabara ; b) concentrações de clorofila-a estimadas pela curva de regressão versus chla coletada *in-situ*; c) erro residual. O índice MPH da Fig. 2a foi multiplicado por 103.

CONCLUSÃO

Como esperado, os algorítmos globais necessitam de ajustes para a região de interesse. Os algorítmos que fazem uso das bandas centradas na região espectral do vermelho e infravermelho mostram-se mais adequados, em parte devido ao menor impacto da matéria dissolvida nessas regiões do espectro eletromagnético.

REFERÊNCIAS

Gilerson, A.A., Gitelson, A.A., Zhou, J., Gurlin, D., Moses, W., Ioannou, I., Ahmed, S.A. Algorithms for remote estimation of chlorophyll-a in coastal and inland waters using red and near infrared bands. Optics Express, 18(23), 24109-24125, 2010.

Matthews, M.W., Odermatt, D., Improved algorithm for routine monitoring of cyanobacteria and eutrophication in inland and near-coastal waters. Remote Sensing of Environment, v.156, 374- 382, 2015.

Mobley, C.D., Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements. Applied Optics, v.38, n.36, 7442-7455, 1999.

Morel and L. Prieur, “Analysis of variations in ocean color,” Limnol. Oceanogr. 22, 709–722 (1977).

Oliveira, E.N., Fernandes, A.M., Kampel, M., Cordeiro, R.C., Brandini, N., Vinzon, S.B., Grassi, R.M.G, Pinto, F.N., Fillipo, A.M., Paranhos, R. “Assessment of remotely sensed chlorophyll-a concentration in Guanabara Bay, Brazil,” J. Appl. Remote Sens. 10(2), 026003 (2016).

O’Reilly, J.E., Werdell, P.J. Chlorophyll algorithms for ocean color sensors - OC4, OC5 & OC6. Remot.Sens.Environment, 229, 32-47, 2019.

Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M., A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, p. 173, Pergamon Press, Oxford (1984).

ANÁLISE DE EVENTOS DE INUNDAÇÃO COM O RECURSO A MODELAÇÃO NUMÉRICA XBEACH E A FÓRMULAS EMPÍRICAS. CASO DE ESTUDO: COVA-GALA

Alice Bortoli*, Andreia Ferreira, Conceição Fortes, Alphonse Nahon

** DHA-NPE,LNEC,Portugal,alice.bortoli@studio.unibo.it*

Palavras-chave: galgamento, run-up, riscos costeiros, Cova-Gala, XBeach

1. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do projeto MOSAIC.pt, é desenvolver metodologias de apoio à gestão do risco de inundação em zonas costeiras, melhorando a capacidade de previsão de eventos de galgamento e inundação para diferentes tipologias costeiras. A previsão destes eventos de galgamento pode ser realizada através da aplicação de fórmulas empíricas, como a fórmula de Mase (Mase *et al*., 2013), doravante designada por fórmula de Mase, capaz de oferecer resultados em curto prazo e com baixo investimento. Alternativamente, o recurso a modelos numéricos fornece uma representação dos fenómenos físicos mais abrangente e rigorosa, em detrimento do tempo computacional, que aumenta consideravelmente. A aplicação destas ferramentas a um caso de estudo real, pressupõe uma análise de sensibilidade e calibração dos parâmetros empíricos ou semi-empíricos dos métodos utilizados. Neste trabalho, aplicou-se a fórmula de Mase e o modelo XBeach à praia da Cova-Gala para avaliar a ocorrência de galgamento durante uma tempestade, ocorrida em fevereiro de 2019, e estudar a viabilidade de aplicação dos métodos em análise. Esta tempestade foi alvo de monitorização através de uma campanha de campo (Freire *et al*., 2020). Com base nestes dados, efetuou-se uma análise de sensibilidade das ferramentas de previsão a um conjunto de parâmetros, de modo a determinar os que melhor reproduzem a realidade.

2. CASO DE ESTUDO: PRAIA DA COVA-GALA

A praia da Cova-Gala situa-se na costa ocidental portuguesa, ao sul da entrada do porto de Figueira da Foz (Figura 1). É uma praia arenosa com uma extensão de 2 km e um alinhamento essencialmente N-S. Neste troço costeiro está implementado um campo de esporões, composto por 5 esporões, acompanhado de uma estrutura de defesa aderente no seu setor sul. Este sistema de defesa costeira resulta da necessidade de proteção do aglomerado urbano, destacando-se a proximidade à linha de costa de estradas e

estacionamentos, instalações recreativas e apoios de praia, assim como habitações, aumentando a sua vulnerabilidade aos eventos de risco. Durante o mês de fevereiro de 2019, com a passagem de uma tempestade foram observadas evidências de galgamento, nomeadamente através da monitorização realizada no dia 21/02/2019 em que se verificaram evidências de galgamento no troço de defesa aderente entre os perfis P10 e P11 (Freire *et al*., 2020), através de levantamentos topográficos do alcance do espraio, registou-se uma cota de 10.10 m (ZH) atingida pelo espraio entre os perfis P10 e P11.

Figura 1: Localização da praia da Cova Gala e representação dos perfis estudados.

2.1 Aplicação da formulação empírica de Mase

A fórmula empírica de Mase (Mase *et al*., 2013) permite a determinação do espraiamento (*run-up*) e do caudal médio de galgamento, q ($l.s^{-1}$ por m), num perfil topo-batimétrico de praia incluindo estruturas de defesa costeira emersas. Nesta aplicação, os perfis considerados atingiram a profundidade dos 12 m (ZH), tendo sido extraídos de um modelo digital de terreno (MDT) topo- batimétrico (COSMO, 2019). Os dados de agitação marítima e os níveis de maré foram calculados com o modelo SCHISM (Zhang *et al*., 2016), implementado para o porto da Figueira da Foz (Nahon *et al*., 2020). Na fronteira oceânica o SCHISM foi forçado com espectros de agitação marítima obtida pelo modelo WWIII do sistema OPENCoastS, e elevações e correntes de maré proveniente da base de dados FES2014. Na integridade do domínio de cálculo, o modelo SCHISM foi ainda forçado com campos de vento e pressão atmosférica provenientes do modelo de reanálise ERA-5. A agitação e os níveis de mar, entre os dias 1 e 28 de fevereiro de 2019, foram assim extraídos no alinhamento de oito perfis (P4 a P11, Figura 1), na batimétrica dos 12 m (ZH). Aplicando a fórmula de Mase foram determinados o espraiamento e o caudal médio de galgamento para cada perfil. Tendo sido feito um teste de sensibilidade da resposta de galgamento e espraiamento ao fazer variar o coeficiente de permeabilidade (γ) de 0.7, 0.8 e 1.0.

2.2 Aplicação do modelo XBeach

XBeach é um modelo hidro e morfo-dinâmico desenvolvido para simular eventos extremos (Roelvink *et al*., 2018). No presente caso, foram efetuadas simulações 1D no perfil P11, em modo não-hidrostático. O perfil utilizado atingem a profundidade de 25 m (ZH), e é resultado da compilação do MDT topo-batimétrico de alta resolução (0.3 m) (COSMO, 2019) com o modelo batimétrico de menor resolução (100 m) (EMODnet, 2019). Foi considerado o

conjunto de parâmetros de forçamento para o qual se obteve o maior *run-up* através da aplicação da fórmula de Mase, considerando-se como sendo as condições de pico da tempestade, nomeadamente Hs=3.52 m, Tp=15 s, NM=4.01m (22/02/2019 às 4:30h). Foi feita a variação dos parâmetros *maxbrsteep* (critério de máx. decl. da onda) e *bedfriccoef* (coef. do atrito de fundo) do modelo XBeach para identificar valores dos parâmetros que melhor representam o alcance de máximo espraio observado no campo. A análise foi realizada para o perfil P11, porque foi o único perfil com evidência de galgamento da estrutura de defesa aquando do levantamento topográfico.

3. RESULTADOS

Na Figura 2 apresentam-se os resultados da análise de sensibilidade efetuada com a fórmula de Mase, para o perfil P11, considerando a variação do coeficiente de permeabilidade. Uma análise semelhante foi também efetuada considerando os parâmetros *maxbrsteep* e *bedfriccoef* do modelo XBeach (Figura 3).

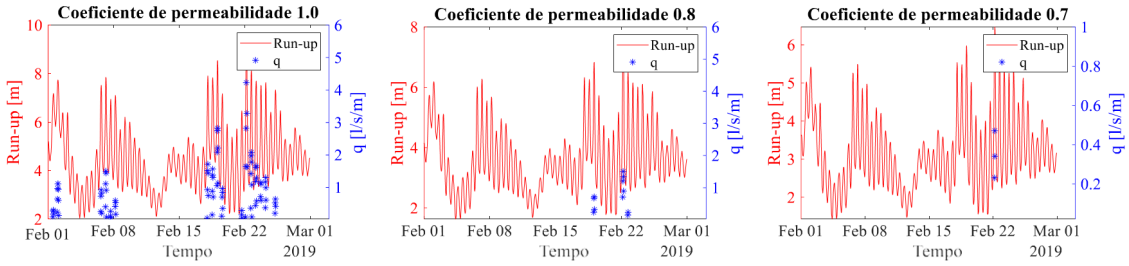


Figura 2: Valores de run-up e caudal médio de galgamento obtidos com base na fórmula de Mase para o Perfil P11, no mês de fevereiro de 2019, par o coeficiente de permeabilidade γ = 0.7 (à direita), γ = 0.8 (no centro) e γ = 1.0 (à esquerda).

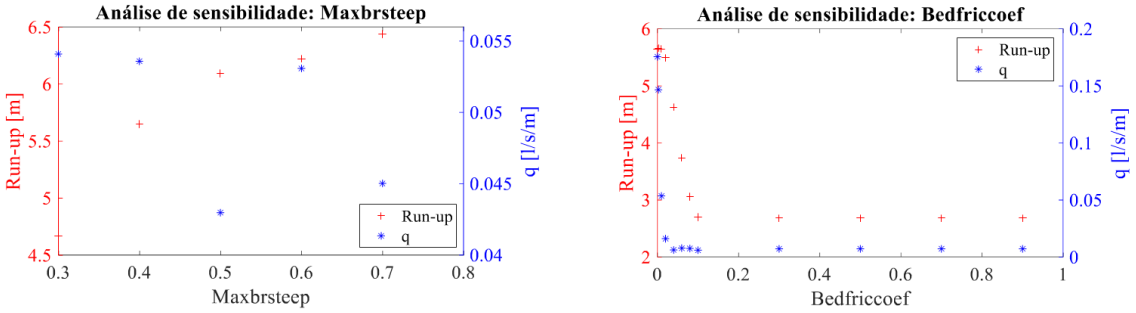


Figura 3: Valores de run-up e caudal médio de galgamento obtidos recorrendo à modelação XBeach para o Perfil P11, fazendo variar o parâmetro numérico *maxbrsteep* (à direita) e *bedfriccoef* (à esquerda) do dia 22/02/2019 às 4:30h.

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Relativamente à fórmula de Mase, os resultados em termos de cota de máximo espraio obtidos adotando os valores de coeficiente de permeabilidade de 0.8 e 1.0, sobrestimam a cota máxima atingida pela água no perfil P11, assim como o caudal médio de galgamento, face ao que seria expectável, tendo-se concluído que recorrendo ao coeficiente de permeabilidade de 0.7 obtém-se uma melhor aproximação do espraio no perfil P11 (10.48 m), face ao medido no terreno, assim como a magnitude do caudal médio de galgamento que se admite que não tenha excedido 1 l/s/m. A análise conduzida com o modelo XBeach permitiu identificar que, para o caso de estudo, o conjunto de parâmetros *maxbrsteep* =

0.5 e *bedfriccoef* = 0.01 foi o que mais se aproximou aos valores medidos em campo, tendo-se obtido uma cota de máximo espraio no perfil P11 de 10.11 m. Neste estudo, os resultados mostram-se satisfatórios para ambos os métodos utilizados tendo-se conseguido reproduzir o *run-up* medido em campo. Os próximos passos da modelação numérica envolvem a aplicação dos parâmetros escolhidos nos perfis P4 a P11, para o mês de fevereiro em análise de modo a avaliar a aplicabilidade a este troço de costa. Por fim, serão efetuadas simulações com cenários de alterações climáticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto MOSAIC.pt, financiado pela FCT (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) e à equipa do projeto, em particular aos elementos: Filipa S.B.F. Oliveira, João N.C. Oliveira, Paula Freire (levantamentos topográficos), André Fortunato (modelação) e Graça Neves (fórmulas empíricas). Agradecem ainda ao projeto EW-Coast, ALG-LISBOA-01- 145-FEDER-028657 - FCT, IP.

REFERÊNCIAS

COSMO, 2019. Modelo Digit. Elev. DEM Praia Imersa E Emersa Entre Praia Cabo Mondego À Praia Cova Gala. URL https://cosmo.apambiente.pt/data/1264

EMODnet, 2019. URL https://portal.emodnet-bathymetry.eu/

Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N.C., 2020. Critical flood conditions in two beaches of the Portuguese central west coast 316–319.

Mase, H., Tamada, T., Yasuda, T., Hedges, T.S., Reis, M.T., 2013. Wave Runup and Overtopping at Seawalls Built on Land and in Very Shallow Water. J. W. Port Coast. Ocean Eng. 139, 346–357.

Nahon, A., Fortunato, A.B., Azevedo, A., Rogeiro, J., Oliveira, A., Jesus, G., Silva, P.A., Freire, P., 2020. Implementation and validation of an operational forecasting system for nearshore hydrodynamics with OPENCoastS 5.

Roelvink, D., McCall, R., Mehvar, S., Nederhoff, K., Dastgheib, A., 2018. Improving predictions of swash dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runup. Coast. Eng. 134, 103–123. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.07.004

Zhang, Y.J., Ye, F., Stanev, E.V., Grashorn, S., 2016. Seamless cross-scale modeling with SCHISM. Ocean Model. 102, 64–81. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2016.05.002

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS COSTEIROS E FLUVIAIS ASSOCIADOS NO ESTUÁRIO DE SANTOS, BRASIL: UMA PRIMEIRA ABORDAGEM

Matheus Souza Ruiz*, Renan Braga Ribeiro,
Alexandra Franciscatto Penteado Sampaio

** Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas, Universidade Santa Cecília, Brasil. matheusruiz@unisanta.br*

Palavras chave: Ressaca; Inundação costeira; Estuário de Santos; Extremos costeiros e fluviais.

INTRODUÇÃO

No atual cenário de mudanças climáticas, taxas crescentes de aumento do nível médio do mar e aumento de frequência e/ou intensidade de eventos extremos, comunidades costeiras em todo o mundo têm sofrido com inundações causadas seja por ressacas ou por marés meteorológicas positivas. Em estuários, estes eventos podem ocorrer em conjunto com eventos extremos de vazão dos rios afluentes e apresentar um risco combinado de inundação costeira. O objetivo deste trabalho é apresentar uma primeira abordagem de análise da propagação de maré no Estuário de Santos, localizado na costa sudeste do Brasil, em eventos extremos de influência costeira e fluvial, considerando marés meteorológicas positiva ocorrendo simultaneamente à eventos extremos de nível nos principais rios afluentes.

METODOLOGIA

Foram obtidos dados de nível do mar e de intensidade e direção das correntes medidos nas estações Praticagem e Barnabé pelo sistema de monitoramento da Praticagem de São Paulo; e de nível e precipitação medidos na bacia hidrográfica dos rios Mogi e Cubatão pelo sistema de monitoramento fluviométrico em tempo quase-real implementado em 2018 pelo Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas da Universidade Santa Cecília – NPH-UNISANTA – (Figura 1). Estes rios representam mais que 70% da contribuição fluvial média para o Estuário de Santos.

O período de obtenção e análise dos dados foi entre outubro de 2018 e fevereiro de 2020. Para este período foi efetuado um tratamento dos dados, desconsiderando períodos de instabilidade e valores espúrios. Para os dados de nível do mar (Maré Total “MT”), foi aplicado o filtro de *Savitsky-Golay*, utilizando a abordagem apresentada por Ruiz *et al*. (2021). Ademais, com o objetivo de avaliar a amplificação de maré no interior do estuário, os dados de nível da estação Barnabé foram ajustados para o zero hidrográfico da estação Praticagem. Os dados de intensidade e direção das correntes foram convertidos em componentes longitudinal e transversal ao Canal do Porto de Santos; através da componente longitudinal (Corrente Total “CT”). Foi aplicada uma análise harmônica de marés (Pawlowicz *et al*., 2002), obtendo as marés astronômicas (denominada Maré Prevista “MP”) e correntes de maré (Corrente Prevista “CP”). Posteriormente, foi aplicado o filtro PL33 (Flagg *et al*., 1976), resultando em séries temporais de baixa frequência (maré meteorológica – “MM”). Devido aos efeitos não-lineares, principalmente de alta frequência – o que possivelmente inclui as vazões dos rios em eventos fluviais extremos (Spicer *et al*., 2019), foram obtidas a maré residual (“MR”) e as correntes residuais (“CR”), através da subtração entre os valores medidos e previstos (MR=MT-MP e CR=CT-CP). Em seguida, foram analisados os eventos extremos de MM positiva (>0,38m, segundo Campos *et al*., 2010) em que foram registrados dados de nível em pelo menos um dos rios considerados.

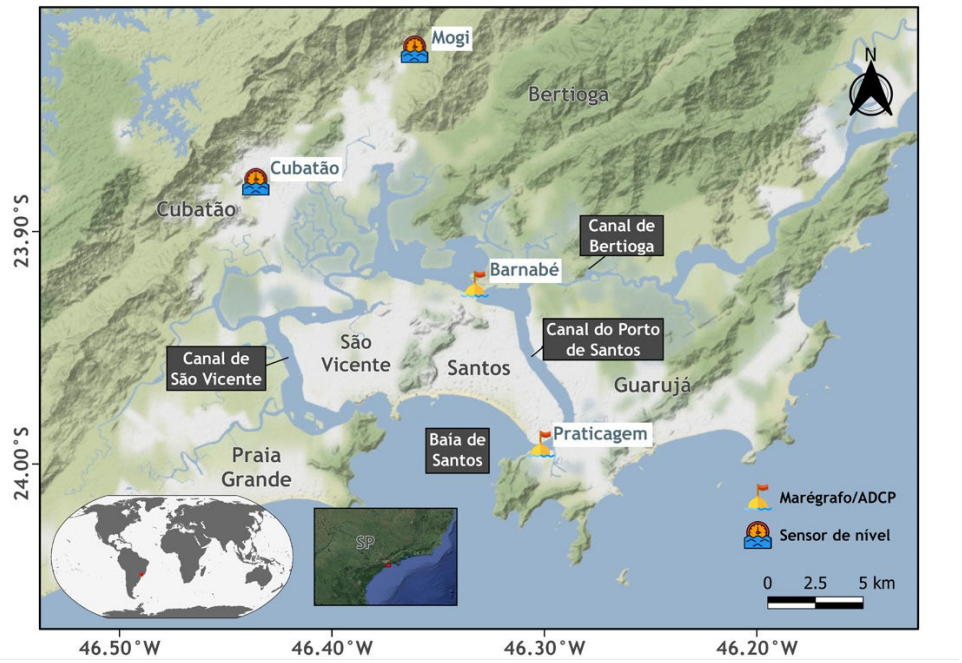


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo, com destaque para as estações maregráficas, ADCPs e sensores de nível em que foram obtidos dados.

RESULTADOS

Foram observados 7 eventos extremos no período analisado (Tabela 1). Em todos os eventos, nota-se amplificação de MM, MR e MT no interior do estuário (estação Barnabé) em relação à entrada do Canal do Porto de Santos (estação Praticagem), com médias de 0,06m, 0,13m e 0,14m, respectivamente.

Tabela 1. Marés meteorológicas, residuais e totais máximas durante cada evento selecionado, para as estações Praticagem (entrada do canal) e Barnabé (interior do estuário); as amplificações estão representadas pela coluna Δ Estuário. Também estão apresentados os níveis máximos registrados e a precipitação acumulada em 48 horas (-36h a +12h) nos rios Mogi e Cubatão durante cada evento extremo de maré meteorológica.

Evento	Praticagem			Barnabé			Δ Estuário (Barnabé – Praticagem)			Mogi		Cubatão	
	MM (m)	**MR (m)**	**MT (m)**	**MM (m)**	**MR (m)**	**MT (m)**	**ΔMM (m)**	**ΔMR (m)**	**ΔMT (m)**	**Nível (m)**	**Prec. (mm)**	**Nível (m)**	**Prec. (mm)**
28/10/18 ~10:00	0,387	0,387	1,637	0,433	0,523	1,764	0,047	0,136	0.127	0,937	13	2,586	18
13/02/19 ~15:50	0,400	0,427	1,435	0,446	0,514	1,517	0,046	0,087	0.082	2,288	127	3,581	127
27/02/19 ~03:10	0,386	0,409	1,348	0,429	0,510	1,416	0,043	0,101	0.068	1,362	49	2,985	62
10/03/19 ~17:50	**0,529**	**0,599**	**1,890**	**0,610**	**0,779**	**2,070**	**0,081**	**0,180**	**0.180**	**3,274**	**122**	**3,715**	**189**
21/03/19 ~10:30	0,435	0,436	1,984	0,529	0,646	2,206	0,094	0,210	0.222	-	60	3,578	82
26/03/19 ~23:40	0,512	0,483	1,623	0,567	0,644	1,772	0,056	0,161	0.149	-	0	2,681	0
25/05/19 ~22:50	0,385	0,357	1,475	0,412	0,483	1,585	0,027	0,126	0.110	-	1	2,055	0

A amplificação da MT em parte é decorrente da propagação das componentes harmônicas no Canal do Porto de Santos, conforme abordado em estudos pretéritos (Harari & Camargo, 1995; Costa, 2019; Ruiz et al., 2021). Em 3 dos eventos selecionados, o nível do Rio Cubatão foi superior ao percentil 99,5% (~3,17m), com destaque para o evento que ocorreu em 10 de março de 2019 (Figura 2), o qual as descargas fluviais extremas dos rios Cubatão e Mogi ocorreram próximas à condição de preamar de sizígia e ao pico da MM; a amplificação da MM (MR) foi de 0,08m (0,18m). Além disso, as correntes vazantes na Barnabé se intensificaram e as correntes enchentes foram enfraquecidas, em razão da influência fluvial no sistema.

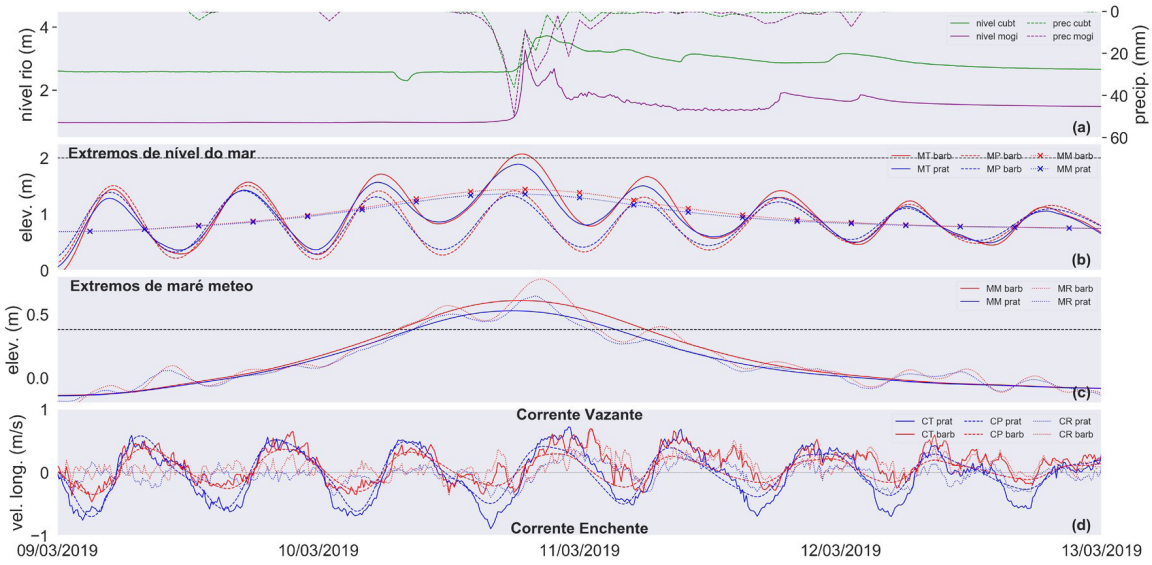


Figura 2. Nível dos rios e precipitação nas estações Mogi e Cubatão (a); oscilações do nível do mar (MT), maré prevista (MP) e Maré Meteorológica (MM) (b); oscilações de MM e maré residual (MR) (c); correntes longitudinais ao Canal do Porto de Santos (CT), correntes de maré (CP) e correntes residuais (CR) (d).

CONCLUSÕES

Este estudo apresentou uma primeira abordagem de análise da influência das descargas dos rios no nível do mar no Estuário de Santos, cujo monitoramento teve início em 2018. Nota-se que houveram limitações referentes à disponibilidade de observações em períodos concomitantes, principalmente durante o inverno. No entanto, a partir do período analisado, conclui-se que há um indicativo de influência da vazão dos rios na maré e nas correntes residuais; porém, não foi possível mensurar a influência fluvial de forma isolada. Os resultados indicam que, devido à complexidade do sistema, as oscilações decorrentes de eventos fluviais extremos podem variar em função das marés astronômica e meteorológica atuantes, portanto, verifica-se a necessidade de maiores períodos de observação e de monitoramento nos demais rios afluentes ao estuário. Considerando que os estudos utilizando modelagem hidrológica e hidrodinâmica, simulando a ocorrência conjunta de eventos extremos costeiros e fluviais, podem contribuir para o entendimento das correntes e da variação do nível no estuário em resposta à essas condições, novas abordagens deverão ser consideradas, colaborando para os estudos de inundação costeira.

REFERÊNCIAS

Campos, R. M., Camargo, R. De, & Harari, J. (2010). Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, *25*(2), 175– 184. https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200003

Costa, C. de G. R. (2019). *Physical processes in the Santos-São Vicente-Bertioga Estuarine System : from observations to forecasts* São Paulo. Universidade de São Paulo.

Flagg, C. N., Vermersch, J. A., & Beardsley, R. C. (1976). *1974 M.I.T. New England Shelf dynamics experiment (March, 1974) data report part II; The moored array: M.I.T. report 76-1*.

Harari, J., & Camargo, R. (1995). Tides and mean sea level variabilities in Santos (SP), 1944 to 1989. *Relatório Interno Do Instituto Oceanográfico*, *36*(January 1995), 1–15.

Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using TDE. *Computers and Geosciences*. https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4

Ruiz, M. S., Harari, J., Ribeiro, R. B., & Sampaio, A. F. P. (2021). Numerical modelling of storm tides in the Estuarine System of

Santos, São Vicente and Bertioga (SP, Brazil). *Regional Studies in Marine Science*, 101791. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101791

Spicer, P., Huguenard, K., Ross, L., & Rickard, L. N. (2019). High-Frequency Tide-Surge-River Interaction in Estuaries: Causes and

Implications for Coastal Flooding. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *124*(12). https://doi.org/10.1029/2019JC015466

ANÁLISE DO CAMPO DE ONDAS GERADO PELO CICLONE CATARINA NO LITORAL SUL E SUDESTE DO BRASIL

R. C. Vieira*, L. P. F. Assad, L. Landau

*LAMCE/COPPE/UFRJ, Brasil, rafael.campos@coc.ufrj.br

Palavras chave: WAVEWATCH III , Ciclone Catarina, modelagem numérica.

INTRODUÇÃO

As perturbações que a atmosfera exerce na superfície do oceano geram as ondas superficiais de gravidade. Esta é a principal forma de transporte de energia no mar (CANDELLA, 1997). Todos os anos, ondulações vindas de Sudeste e Sul, geralmente acompanhadas de ventos fortes associados a sistemas frontais e sistemas ciclônicos, impactam o litoral Sudeste e Sul do Brasil. No final de Março de 2004, mais precisamente entre os dias 27 e 28, a costa Sul do Brasil foi atingida pelo ciclone Catarina. Os ciclones atmosféricos fazem parte do grupo dos fenômenos sinóticos intensos, e representam um mecanismo importante no balanço de energia e vapor de água na atmosfera, sendo responsáveis pelo transporte de calor e umidade (DUTRA, 2012). Os eventos de tempestade podem causar erosão costeira, inundações, danos à infraestrutura e outros efeitos indesejáveis, criando assim a necessidade de ferramentas de gestão, como mapas de vulnerabilidade, técnicas de previsão ou sistemas de alerta, que possam ajudar a prevenir essas consequências negativas (GUIMARÃES, 2015). Entretanto, a utilização de modelos numéricos para simular a propagação e atenuação de ondas pode ser uma alternativa para mitigar impactos decorrentes de eventos extremos, uma vez que pode caracterizar espacialmente toda a região de estudo e pode ser utilizado para estudos de longo prazo (VIEIRA, 2003). Neste contexto, o trabalho proposto tem como objetivo realizar uma análise dos principais parâmetros de ondas sob o cenário de influência do ciclone Catarina nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho foi utilizado o modelo de propagação de ondas oceânicas WAVEWATCH III (WW3) (WW3DG, 2019) versão 6.07. O modelo resolve a equação do balanço de densidade da ação espectral de fase aleatória, dada por:

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{Stot}{\sigma'}$$

onde σ é a frequência relativa e ***N*** é o espectro de densidade de ação. O termo $\mathbf{S_{tot}}$ representa a fonte e sumidouro de energia, e expressa fenômenos físicos como a forçante atmosférica, dissipação por *whitecapping,* interações não lineares onda-onda, dissipação de energia por atrito com o fundo e dissipação por quebra induzida pelo fundo. Além disso, campos atmosféricos de vento e cobertura de gelo marinho foram utilizados como dados de entrada o para o modelo de ondas. Estas informações foram disponibilizados pelo projeto Reanalysis ERA5 (Hersbach H, Bell B, Berrisford P, *et al*., 2020), do Copernicus Climate Change Service. Tais dados, possuem resolução espacial de 0.25° (grau) e temporal de 3 horas (h). Como condição de contorno foi utilizada uma batimetria do modelo global digital de topografia ETOPO1. O WW3 foi executado no modo multigrid, isto é, com troca de informações entre as grades computacionais durante os cálculos. Foram geradas quatro

grades computacionais dispostas de forma aninhada. Com a estabilidade alcançada, o modelo simulou o cenário de propagação das ondas por um período de 36 dias, com início no dia 01 de Março de 2004 às 00h, e término no dia 05 de abril de 2004 às 21h. O modelo gerou resultados de altura significativa (Hs), direção média (DIR), período de pico (Tp) e frequência de pico (Fp) das ondas. A resolução temporal dos produtos da simulação é de 3h. Para avaliar o desempenho do modelo, foi realizada uma análise estatística dos parâmetros de Hs e Tp em relação aos dados medidos por uma boia meteoceanográfica. A boia Minuano, do Programa Nacional de Boias (PNBOIA), realizou os registros na posição de latitude 32º52,86'S, longitude 50°51,05'O, e profundidade de 100 m, ao largo do município de Rio Grande no estado do Rio Grande do Sul.

RESULTADOS

Os resultados foram analisados espacialmente em todo o domínio e em 10 pontos dispostos ao longo da costa Sul e Sudeste do Brasil. Neste resumo, a apresentação das análises se limita a um campo de Hs e DIR, e à análise de apenas dois dos pontos definidos. O ponto 1 refere-se à localização da boia, e tem o objetivo de avaliar o desempenho do modelo. O ponto 6 está localizado na região Sudeste, com coordenadas de latitude 23°37'53"S e longitude 43°34'59"O. A figura 1 apresenta os parâmetros de Hs e DIR distribuídos em todo o domínio, referente à data de 28 de Março de 2004, às 6h. Este campo apresenta o maior valor de Hs registrado pela boia durante o período de atuação do sistema atmosférico na região. Podemos observar o padrão circular da altura significativa gerado pelo ciclone se deslocando para Oeste, com valores em torno de 2.4 m. Para o mesmo instante, foi encontrado valores de Tp em torno de 10 segundos. Essa relação entre Hs e Tp sugere que o campo de ondas foi gerado próximo a localização da boia. Por outro lado, no ponto 6 foram encontrados valores de Tp próximos a 16 s com direção Sudoeste-Sul, entre os campos de 00h e 03h do dia 2 de abril.

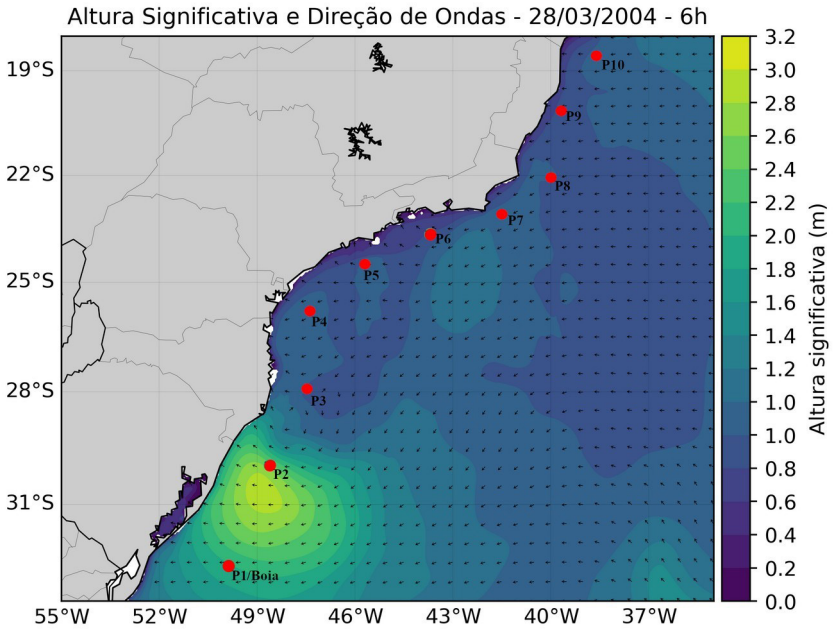


Figura 1: Campo de altura significativa e direção de ondas referente à data de 28/03/2004 às 6h. Os pontos de análise estão definidos em vermelho. P1 também representa a posição da boia.

A análise estatística referente ao desempenho do modelo apresentou os seguintes valores para os parâmetros analisados:

Parâmetros Estatísticos de Análise de Desempenho

Tabela 1: Parâmetros estatísticos de Análise de Desempenho do modelo.

	Hs	Tp
Viés	-0.19214	-0.71997
Erro Médio Quadrático (EMQ)	0.24277	1.39538
Coeficiente de correlação (COC)	0.95889	0.71451

De forma geral, o estudo estatístico sugere um desempenho satisfatório do modelo.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, a modelagem numérica se mostra uma ferramenta poderosa de simulação de cenários ambientais passados. Por outro lado, foi possível mensurar o impacto do ciclone Catarina ao longo da região estudada. Para estudos futuros, a interação do campo de ondas com outras variáveis ambientais como correntes, maré e vento local, mostra se importante para a melhor compreensão do fenômeno estudado.

REFERÊNCIAS

CANDELLA, R. N., 1997, Estudos de Casos de Ondas no Atlântico Sul através de Modelagem Numérica. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DUTRA, L. M. M., Ciclones subtropicais sobre o Atlântico Sul: análise da estrutura dinâmica de eventos, 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P., *et al*. The ERA5 global reanalysis. QJR Meteorol Soc. 2020;146:1999–2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803, 2020.

VIEIRA, A. S., MACIEL, G. F., FORTES, J. C., O modelo SWAN como ferramenta útil na previsão de onda em recinto fechado – Estudo de caso no Lago da Barragem de Ilha Solteira – SP. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves- RS, novembro 2003.

WW3DG, The WAVEWATCH III R Development Group (WW3DG), (2019): User manual and system documentation of WAVEWATCH III R version 6.07. Tech. Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, 465 pp. +Appendices.

GUIMARÃES, P. V. *et al*., Numerical simulation of extreme wave runup during storm events in Tramandaí Beach, Rio Grande do Sul, Brazil, 2015, Coastal Engineering 95 (2015) 171–180.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS DE PRAIAS A PARTIR DE IMAGEM DIGITAL

Ana Gomes[1]*, José Pinho[2], José Vieira[3], Gueorgui Smirnov[4], Ana Bio[6], José Gonçalves[7], Luísa Bastos[8]

1. Universidade do Minho, Portugal, carolina_gomes@live.com

2. Universidade do Minho, Portugal, jpinho@civil.uminho.pt

3. Universidade do Minho, jvieira@civil.uminho.pt

4. Universidade do Minho, smirnov@math.uminho.pt

6. CIIMAR – Universidade do Porto, anabio@ciimar.up.pt

7. Fac. Cências, Universidade do Porto, jagoncal@fc.up.pt

8. Fac. Cências, Universidade do Porto, lcbastosl@fc.up.pt

Palavras-chave: praias arenosas, caracterização de sedimentos, curva granulométrica, processamento de imagens de sedimentos.

INTRODUÇÃO

A dimensão dos sedimentos constitui um parâmetro fundamental na morfodinâmica de praias que deve ser adequadamente quantificado. A caracterização da granulometria de sedimentos, baseada em metodologias tradicionais, constitui um processo trabalhoso, incluindo a recolha das amostras físicas, a sua preparação em laboratório e a separação por peneiração para posterior pesagem. Quando a amostra física não é necessária para análises laboratoriais complementares, a análise automatizada e não intrusiva a partir de fotografias do material revela-se ser um método adequado para a quantificação do tamanho dos grãos de sedimentos, apresentando vantagens comparativamente com os métodos tradicionais, particularmente em termos de tempo e custos de análise, permitindo, assim, aumentar a cobertura e resolução da amostragem (Rubin, 2004). Buscombe (2013) desenvolveu um algoritmo que permite caracterizar sedimentos tanto consolidados como não consolidados, isotrópicos e anisotrópicos e que permite ainda avaliar padrões granulares não sedimentares, a partir de imagens de sedimentos, recorrendo a um método sem necessidade de calibração, em que a distribuição granulométrica obtida é equivalente à distribuição dos diâmetros aparentes dos grãos. Neste trabalho aplica-se o algoritmo desenvolvido por Buscombe (2013) para a análise da distribuição granulométrica, usando um conjunto de 200 amostras de sedimentos de praia da costa noroeste portuguesa. Depois de estimada a distribuição da granulometria das diferentes amostras, estas foram comparadas com a granulometria obtida pelo método tradicional laboratorial de peneiração. Os resultados de comparação entre os dois métodos são analisados, bem como com os resultados obtidos por Buscombe (2013) no seu estudo.

METODOLOGIA

A distribuição estimada da granulometria foi realizada recorrendo a uma técnica de caracterização granulométrica de sedimentos proposta por Buscombe (2013), com base em imagens de amostras de sedimentos.

Foi considerado um conjunto de 200 amostras de sedimentos de areia de praia recolhidos ao longo de 32 praias da costa NO Portuguesa, desde Caminha a Espinho, numa extensão aproximada de 122 km. Foram recolhidos sedimentos na i) duna, ii) base da duna iii) berma, iv) crista da berma, v) face da praia e vi) extremidade da praia emersa na data da

recolha das amostras. A granulometria das diferentes amostras de areia foi determinada através do método laboratorial de peneiração (norma NP EN 933-1). Conhecidas as distribuições do tamanho dos grãos de sedimentos, todas as amostras foram fotografadas em laboratório recorrendo a uma câmara de 13 megapixéis de resolução, de forma estável e sempre à mesma altura, para que fosse possível testar e avaliar a eficiência do algoritmo desenvolvido por Buscombe (2013).

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta quatro exemplos de imagens do conjunto das 200 amostras de sedimentos, com as respetivas curvas granulométricas determinadas pelas duas metodologias.

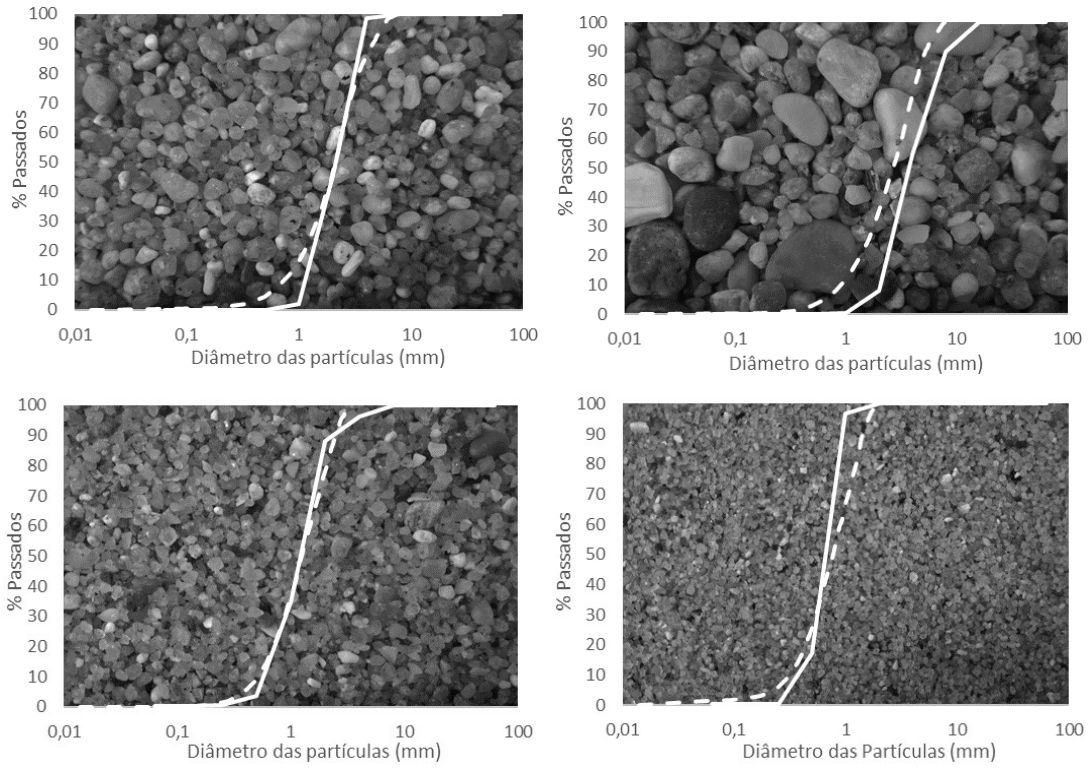


Figura 1 - Curva granulométrica obtido por peneiração (linha contínua) e curva granulométrica obtido por processamento de imagem (linha tracejada) para quatro amostras de sedimentos.

De forma a avaliar a eficiência da técnica desenvolvida por Buscombe (2013) foram determinadas as diferentes distribuições granulométricas de sedimentos de praia pelos dois métodos, método de peneiração e algoritmo baseado em imagem digital, para sete diâmetros, D10, D16, D25, D50, D75, D84 e D90, calculados os respetivos erros e comparados os resultados com os obtidos por Buscombe (2013) no seu estudo. A Figura 2 apresenta os resultados obtidos através das duas metodologias para o diâmetro mediano dos grãos de areia (D50).

Constatou-se que na área em estudo predominaram areias com fração mais frequente correspondendo a areias médias/grosseiras, segundo a escala de Wentworth (1922). O seu diâmetro mediano varia entre 0.21 mm e 3.80 mm, dependendo da localização no perfil de praia e variando ao longo das diferentes praias monitorizadas.

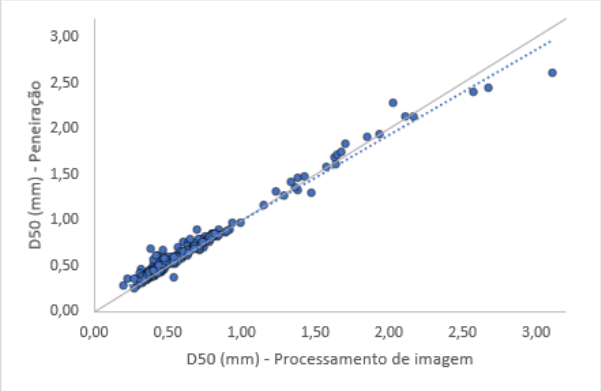


Figura 2 - Comparação entre valores de D50 obtidos por peneiração e por processamento de imagem.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo testar o algoritmo concebido por Buscombe (2013) para a análise da distribuição granulométrica através de fotografia digital. Demonstra-se uma tendência negativa até ao percentil D50 (inclusive), onde o algoritmo subestima o tamanho do grão. Isso provavelmente deve-se ao facto de o algoritmo ser mais sensível a poucos números de grãos menores do que a poucos números de grãos maiores, o que talvez explique a tendência de este diminuir com o aumento do percentil. Para os percentis maiores que D50, como D75, D84 e D90, a tendência é contrária, sendo que o algoritmo sobrestima ligeiramente o tamanho dos grãos de sedimentos. Para o diâmetro mediano dos grãos de areia (D50) o algoritmo consegue boas aproximações, com um erro estimado na ordem dos 11%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto 0262_MarRISK_1_E, o apoio concedido para a realização deste estudo, contribuindo para um melhor conhecimento das condições de resiliência ao impacto de alterações climáticas na zona costeira da Euro Região Norte de Portugal e Galiza.

REFERÊNCIAS

Buscombe, D., 2013. Transferable wavelet method for grain-size distribution from images of sediment surfaces and thin sections, and other natural granular patterns. Sedimentology, 60(7), 1709-1732.

Norma Portuguesa. NP EN 933-1, 2014: Ensaios das propriedades geométricas dos agregados; Parte 1: Análise granulométrica; Método da peneiração.

Rubin, D.M., 2004. A simple autocorrelation algorithm for determining grain size from digital images of sediment. J. Sediment. Res., 74, 160–165.

Wentworth, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. Journal of Geology, 30(5):377-392

ANÁLISE HIDRODINÂMICA DA ZONA ESTUARINA DO RIO BACANGA SOB O EFEITO DA MARÉ OCEÂNICA

Stênio de Sousa Venâncio*, Denilson da Silva Bezerra, José Luís da Silva Pinho

*UFTM, Brasil, stenio.venancio@uftm.edu.br

Palavras chave: análise numérica, hidrodinâmica, zona costeira, maré oceânica.

INTRODUÇÃO

No Estado do Maranhão, localiza-se a Ilha do Maranhão, também conhecida como Ilha de São Luís, sob as coordenadas de 02º24'09" e 02º46'13" S e 44º01'20" e 44'29"47"W, tendo como limites a oeste a baía de São Marcos, a leste a baía de São José, ao sul o Estreito dos Mosquitos e ao norte o Oceano Atlântico, sendo constituída por quatro municípios: São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Soares *et al*., 2014). O estuário do Rio Bacanga compõe o complexo estuarino da Baía de São Marcos (CESM), desde a barragem do Bacanga até o Oceano Atântico (Figura 1). A barragem do Rio Bacanga consiste de um projeto desenvolvido com o intuito de servir de ligação entre São Luís e o Porto do Itaqui pela BR-315, reduzindo a distância de 36 km para apenas 9 km, propiciar um significativo crescimento urbano em direção ao Porto, gerar energia elétrica com a construção de uma usina maré-motriz, além de criar um lago artificial para auxiliar no processo de urbanização e de saneamento da cidade. Devido às diversas mudanças das condições vigentes durante a execução do projeto inicial, hoje a barragem funciona em desacordo com sua proposta inicial e diversos acontecimentos modificaram as configurações de operação. As regras e problemas operacionais favoreceram, por exemplo, a ocupação de planícies de inundação e entrada e saída de água irregular no reservatório. (LIMA *et al*, 2005). Segundo (PEREIRA, 2006, p. 59) "o Rio Bacanga é fortemente influenciado pelas marés, que chegam atingir cotas de sete metros de amplitude, condicionando a formação de uma cunha de água salgada no interior da bacia por ocasião das preamares". Essa característica é muito peculiar à barragem do Bacanga sendo que em ocasião da construção de barragens visa-se em geral o represamento de água doce o contrário do que acontece com a do Bacanga. A área apresenta uma rica biodiversidade associada ao manguezal, porém, sofre com os problemas ambientais oriundos da intensa urbanização tais como: assoreamento, inundação, ocupação de áreas de mangue, lançamento de lixo, desmatamentos, queimadas, contaminação das águas por esgoto lançado in natura e eutrofização das águas da Barragem do Bacanga. (PEREIRA, 2006). Este trabalho analisa numericamente a influência da maré oceânica na hidrodinâmica do estuário do Rio Bacanga, da barragem ao oceano, envolvendo a Baía de São Marcos, através da construção de um modelo computacional, avaliando o efeito sobre as áreas inundáveis e exploração da usina maré-motriz.

METODOLOGIA

Para a simulação numérica foi utilizado o código Delft3D, desenvolvido pela WL-Delft Hydraulics, instituto de pesquisa da Holanda. É composto por um conjunto de programas com capacidade para simular correntes de marés, oceanos, regiões costeiras, estuários, reservatórios e rios (Delft3D-Flow, 2011). O módulo hidrodinâmico reproduz resultados temporais de velocidade e níveis de água sobre o domínio espacial. A implementação do modelo numérico consistiu da elaboração de uma malha computacional ortogonal, envolvendo toda a zona estuarina do rio Bacanga e Baía de São Marcos, desde a barragem até o Oceano Atlântico (Figura 2).

Figura 1. Área de Estudo. Fonte: modif. de Soares (2015).

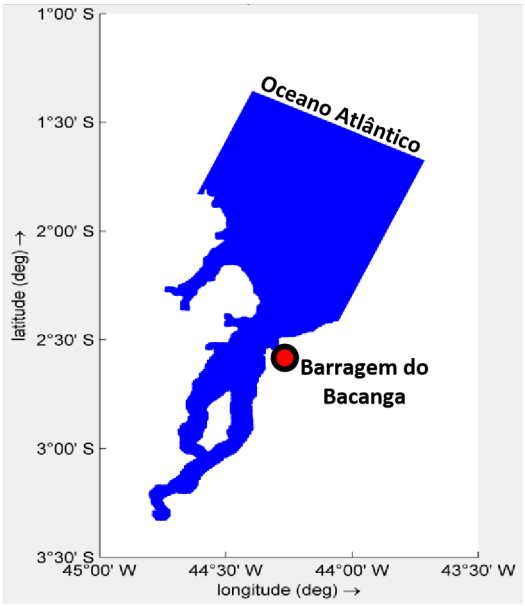


Figura 2. Malha Computacional da Zona Estuarina gerada a partir do código numérico Delft3D.

A batimetria inserida no modelo corresponde a base de dados globais do terreno para oceanos e zonas de costa do *General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO, 2021)*, no sistema de coordenadas *WGS 84*. Para a sua importação utilizou-se o Delft Dashboard, que constitui em uma interface acoplada ao módulo de modelagem do Delft3D. As constituintes de maré utilizadas na modelagem foram obtidas a partir do modelo global de marés oceânicas TPXO 7.2. As marés são fornecidas por amplitudes da elevação da superfície do mar e fases de oito harmônicos primários, dois de períodos longos e três componentes não-lineares (EGBERT; EROFEEVA, 2002). Os cenários utilizados para a análise preliminar neste estudo contemplaram a entrada da maré, através da fronteira oceânica, sendo consideradas nulas as vazões fluviais. A calibração do modelo ocorreu para um período de 15 dias de simulação, considerando preiamares e baixa-mares de marés de sizígia e quadratura, entre 10/10/2020 e 27/10/2020. Também foi considerado, para efeito de calibração da mancha de inundação, próxima à foz do Rio Bacanga, um período de simulação de 2 dias, onde foi comparada a mancha simulada com a medida no local, correspondente a maré de sizígia registrada no dia 19/09/2016, em Porto do Itaqui e Porto de São Luís.

RESULTADOS

Testes iniciais de calibração realizados com o modelo, no período de 15 dias, mostraram uma correlação de 96% entre os níveis de água medidos e simulados. Na análise das áreas próximas da foz do Bacanga, vulneráveis a inundação, uma comparação direta entre dados simulados e medidos para a maré de sizígia ocorrida no dia 19/09/2016, considerando a isóbara de cheia construída *in loco*, foi demonstrada uma robustez do modelo para representar a mancha de inundação, com coeficiente de correlação também igual a 96%. A partir dos dados de níveis de água dos marégrafos e tábuas de maré, foi possível verificar um padrão de elevação uniforme na área marginal a foz. Foi possível constatar também, através do modelo, um fluxo positivo de velocidade, no sentido

oceano/costa, sobre a zona estuarina, principalmente no período de preiamares. Esta característica se propaga inclusive para a região da Baía de São Marcos, extrapolando a Ilha dos Caranguejos. Considerando as zonas de ocupação urbana a jusante da Barragem do Bacanga, verificou-se que estas podem estar sujeitas a inundações, cujo impacto maior ocorre para elevações do nível de água acima de 3,0 m, padrão típico para esta região. O padrão de velocidades tem um acréscimo considerável em toda a zona estuarina, o que pode sugerir também uma considerável influência da cunha salina para os tributários, cujo estudo, medições e simulações, deve ser aprofundado, justificado também pela característica da topografia regional. Outro fato importante observado foi com relação a implantação das obras de defesa planejadas próximas do Mercado de Peixe, na Feira do Portinho. A mancha de inundação simulada demonstrou a capacidade do modelo em prever os pontos críticos de intervenção necessária. Quanto a usina maré-motriz instalada próxima da foz do Rio Bacanga, o modelo confirmou a intermitência do seu funcionamento, considerando o efeito da maré oceânica, tendo em vista a sua amplitude e também devido a intensidade da corrente, principalmente nos períodos de baixa-mares, apontando para uma exploração mais perene quando considerada dentro da Baía de São Marcos.

CONCLUSÕES

A partir da construção de um modelo computacional, foi possível avaliar preliminarmente o comportamento hidrodinâmico do estuário, apontando possíveis pontos de intervenção. Para a influência da maré sobre a zona do estuário, observou-se que as áreas ocupadas próximas do mesmo podem sofrer o efeito de inundação, cuja abrangência varia de acordo com o estado da preiamar. Para preiamares de marés de sizígia, existe um maior comprometimento destas áreas. Neste cenário, a usina maré-motriz tem um funcionamento contínuo a partir das correntes oceânicas. Já nas baixa-mares, devido a amplitude da maré no local, as correntes fluviais do rio assumem este papel. A intensidade de propagação da maré oceânica, sugere a extensão de estudos relacionados a operação das comportas da barragem e também com relação a intrusão salina, permitindo ampliar a análise das inundações e subsidiar verificações de eventuais impactos neste ambiente.

REFERÊNCIAS

Delft3D-FLOW. User Manual - Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. Deltares, Netherlands, 2011, 674p.

EGBERT, G.D., EROFEEVA, S.Y. OSU Tidal Inversion software Documentation: OTIS version 3.2. Oregon State University, College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Corvallis, Oregon, 2006

GEBCO. Compilation Group GEBCO 2021 Grid (doi:10.5285/c6612cbe-50b3-0cff-e0536c86abc09f8f)

LIMA, S. L. Planta Piloto Maremotriz do Bacanga. Seminário Nacional De Produção E Transmissão De Energia Elétrica. Curitiba – Paraná, 2005.

PEREIRA, Ediléa Dutra. Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Solo e Aquífero do Reservatório Batatã – São Luís (MA). Rio Claro – SP: UNESP, Tese de Doutorado, 2006.

SOARES, R. D. B., CUTRIM, M. V. J., da SILVEIRA, P. C. A. Comunidade Ictioplanctônica da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga na Cidade de São Luís, Maranhão, Brasil. Revista de Ciências Ambientais – RCA, vol.8, n.1, Canoas, 2014.

SOARES, R.A. Modelagem do Transporte de Ictioplâncton no Complexo Estuarino de São Marcos, São Luís (MA), UEMA, Dissertação de Mestrado, 2015.

APLICAÇÃO DA PLATAFORMA MOHID NA MODELAGEM DO TRANSPORTE DE MICROPLÁSTICOS NA COSTA SUDESTE BRASILEIRA

Luana Ximenes Figueira[1], Jader Lugon Junior[2], Alexandre Macedo Fernandes[3], Antônio José da Silva Neto[4]

[1] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico – Nova Friburgo, RJ, Brasil, lxfigueira@iprj.uerj.br*

[2] *Instituto Federal Fluminense - Macaé, RJ, Brasil, jader.lugon@gsuite.iff.edu.br*

[3] *Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Maracanã – Rio de Janeiro, RJ, Brasil, alxmfr@gmail.com 4Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico – Nova Friburgo, RJ, Brasil, ajsneto@iprj.uerj.br*

Palavras chave: modelagem, hidrodinâmica, transporte, microplástico, MOHID Water.

A contaminação de microplásticos no meio ambiente tem recebido atenção de pesquisadores, cientistas e ambientalistas (SILVA, 2021). A estimativa do consumo anual de plástico já ultrapassou os 320 milhões de toneladas nos últimos anos e segundo as Nações Unidas, como consequência do descarte inadequado desses polímeros, é estimado que em 2050 haverá mais plásticos do que peixes dentro dos oceanos. Em decorrência desse cenário de mares de microplásticos, a implementação de modelos computacionais em áreas estuarinas vêm se estabelecendo como uma ferramenta que permite um conhecimento expressivo de características físicas, químicas e biológicas de uma localidade (MARETEC, 2012). Atualmente existem poucos modelos que simulam a trajetória de detritos plásticos. Esses modelos são usados para prever os acessos e modificações de vários tipos de microplásticos, ou de outras substâncias flutuando no oceano ou na atmosfera (KNUT-FRODE, 2018), sendo alimentados através de parâmetros previamente escolhidos de acordo com o tipo de polímero e localidade trabalhada. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi aplicar o modelo hidrodinâmico, MOHID, com seu módulo Lagrangiano para a simulação do transporte de microplásticos nas regiões da Baia de Guanabara e na região do Estuário do Rio Macaé. A plataforma utilizada na pesquisa tem sido adotada em vários países, para simular processos que ocorrem em estuários, mares e oceanos, incluindo o módulo hidrodinâmico baroclínico para uma coluna d'água e uma versão 3D para os sedimentos, e os correspondentes módulos de transporte (CAMPOS *et al*., 2017; PAIVA *et al*., 2017). Pesquisadores em mais de 40 países, incluindo Brasil e Portugal, têm utilizado a plataforma para estudos ambientais oceânicos com o módulo MOHID Water, partindo de dados experimentais reais obtidos no campo para a calibração dos modelos (MARETEC, 2012).

Para o abastecimento do modelo, duas regiões foram escolhidas, o Estuário do Rio Macaé e a Baía de Guanabara. Essas áreas se destacaram por se tratarem de regiões com uma elevada densidade populacional, com importantes atividades industriais ao seu redor e por se entender que são regiões que possuem rios que deságuam no mar, potencializando a entrada de microplásticos nos oceanos, aumentando ainda mais a descarga desses fragmentos em meio as águas, contribuindo para o acúmulo de lixo plástico em ambientes marinhos. Os modelos hidrodinâmicos 2D foram forçados através dos componentes harmônicos das marés, e a variação do nível do mar medidos e simulados foram validados.

Na Figura 1 é ilustrado o Cenário 1 de descarga de microplásticos, simulado no Estuário do rio Macaé para o período de estiagem e no período de cheia, referente ao décimo terceiro dia de simulação.

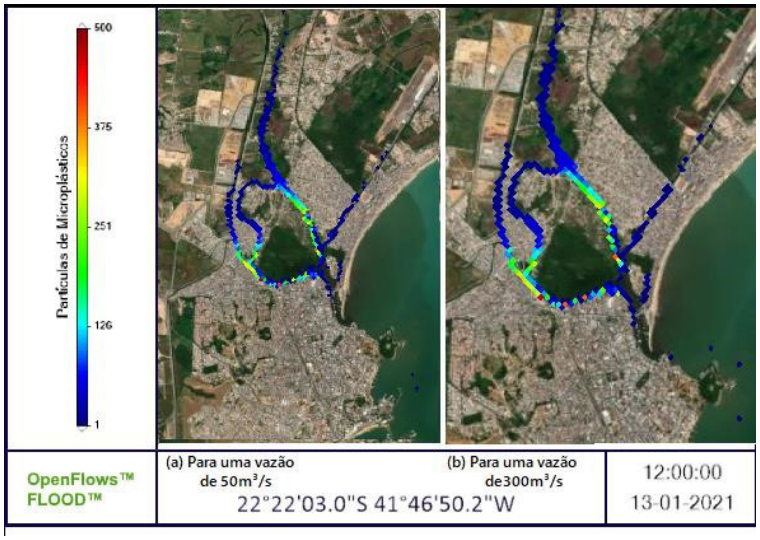


Figura 1. Cenário 1 – Estuário do rio Macaé, vazão de (a) 50 m³/s e de (b) 300 m³/s.

Foi observado que o lixo plástico se conteve no estuário, com poucas partículas avançando para o oceano, refletindo em uma grande preocupação para a área habitável ao redor do rio. Também foi observado que o microplástico se espalhou de forma significativa, gerando poucos pontos de localização com um número alto de acúmulo de fragmentos plásticos no período de cheia e o período de estiagem.

A Figura 2 ilustra a distribuição de microplásticos dentro da Baía de Guanabara no Ponto C (22°50’5.5”S e 43°14’32.1”W), localizado próximo à Ilha do Fundão.

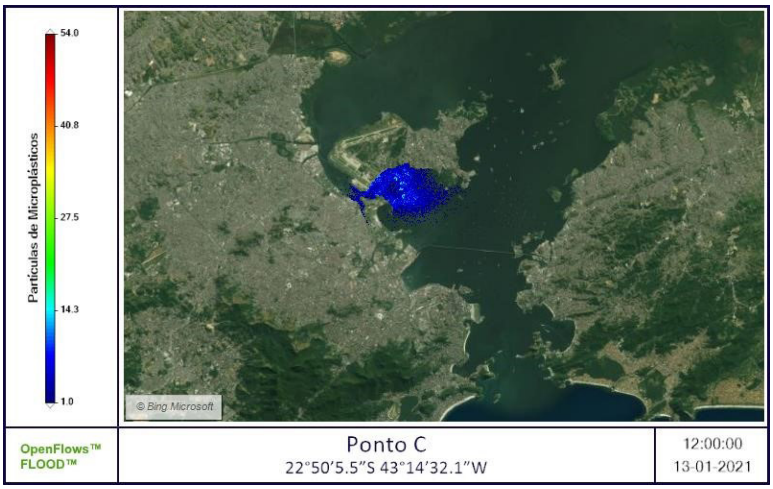


Figura 2. Ponto C – Baía de Guanabara.

Foi constatado que os microplásticos lançados no Ponto C foram melhores distribuídos quando comparados aos do Estuário do rio Macaé. Apesar da sua distribuição, o microplástico lançado naquela região não ultrapassou a baía dentro dos dias considerados para as simulações.

Concluiu-se que o módulo de rastreamento de partículas se mostrou uma ferramenta significativa para o estudo da circulação de microplásticos no estuário do rio Macaé e na Baía de Guanabara. Os resultados se mostraram satisfatórios, uma vez que todo o lixo plástico acumulado em ambas regiões estuarinas tiveram maior concentração dentro

das baías, com um menor avanço para o mar aberto, justificando o porquê da Baia de Guanabara ter o nível de concentração de microplásticos elevado. Por fim, sugerem-se outras simulações levando em consideração outros fatores, como as forçantes meteorológicas da região de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPERJ, CNPq/MCTI e CAPES (Código de Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, L. I. *et al*. *Aplicación de un modelo de trazadores lagrangianos en Bahía Anegada, Argentina*. Revista de Biología Marina y Oceanografía. Vol. 46, Nº2: 199-206, 2011.

BALLENT, A.; Pando, S.; Purser, A.; Juliano, M. F.; Thomsen, L. *Modelled transport of benthic marine microplastic pollution in the nazaré canyon*. Biogeosciences, 10, 7957–7970, 2013.

CAMPOS, L. F., PAIVA, P. M., RODRIGUES, P. P. G. W., FERREIRA, M. I. P., LUGON JR., J., 2017, *Disposal of waste from cementing operation from offshore oil and gas wells building*, Ciência e Natura, Vol. 39, No. 2, pp. 413-422, DOI:10.5902/2179460X25821.

INEA. Elaboração do plano de recursos hídricos da região hidrográfica Macaé e Rio das Ostras. Relatório do diagnóstico das disponibilidades hídricas da região hidrográfica Macaé e Rio das Ostras (RD-04). 2013.

JUNIOR, J. L. *et al*. Simulação de Trajetória Lagrangiana de Objetos Flutuantes na Região Costeira do Estado de São Paulo. doi: 10.4028, 2019.

KNUT-FRODE, D.; RÖHRS, J.; BREIVIK, Ø.; ÅDLANDSVIK, B. *OpenDrift v1.0: a generic framework for trajectory modelling.* Geosci. Modelo Dev., 11,1405-1420, 2018.

MARETEC, 2012, Descrição do MOHID, ISBN 978-85-99968-20-8, Editora Essentia, Campos dos Goytacazes. (traduzido por RODRIGUES, P.P.G.W., FREIRE, B.C., HORA, H.C.M., NASCIMENTO, E.C., LUGON, J. JR.).

PAIVA, P. M., LUGON JR., J.; BARRETO, A. N.; SILVA, J. A. F.; SILVA NETO, A. J., 2017, *Comparing 3d and 2d computational modeling of an oil well blowout using MOHID platform* - A case study in the Campos Basin. Science ofthe Total Environment, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.007.

Produtos de dados. Jet Propulsion Laboratory, 2021. Disponível em: < https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>. Acesso em: 05.ago.2021.

SILVA, D. C. *et al*. *Environmental contaminants: effects of microplastics on aquatic and terrestrial organisms. Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e54310716761, 2021.

Tábuas de maré. Centro de Hidrografia da Marinha, Marinha do Brasil, 2021. Disponível em: < https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 11.ago.2021.

ASPECTOS GEOQUIMICOS DOS SEDIMENTOS AO LONGO DA BAIA DE SÃO MARCOS, SÃO LUIS, MARANHÃO – BRASIL

Samantha Barriga Dias*, Lucimar Moreira, Jose Marinho Mendes, Huly Bautz Küster

VALE/SA, Brasil, samantha.dias@vale.com

Palavras chave: monitoramento, sedimentos, TMPM.

INSTRODUÇÃO

A Baia de São Marcos, está situada na Área Portuária da Ilha de São Luis que abrange diversas empresas do âmbito Portuário, constituindo-se no segundo maior complexo portuário da América Latina, e um dos maiores em movimentação de carga (Garcia 2007). Este trabalho demonstra a avaliação dos padrões de metais (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn) em sedimentos de fundo foram selecionadas 12 estações amostrais na baia de São Marcos. Os resultados do monitoramento da qualidade dos sedimentos marinhos em três anos de monitoramento (2018, 2019 e 2020) demonstram que não foram identificados desvios ao limite estabelecido na Resolução CONAMA n°454/12 indicando que o sedimento de fundo das estações amostrais avaliadas apresenta baixa probabilidade de provocar efeitos adversos à biota da Baia de São Marcos.

METODOLOGIA

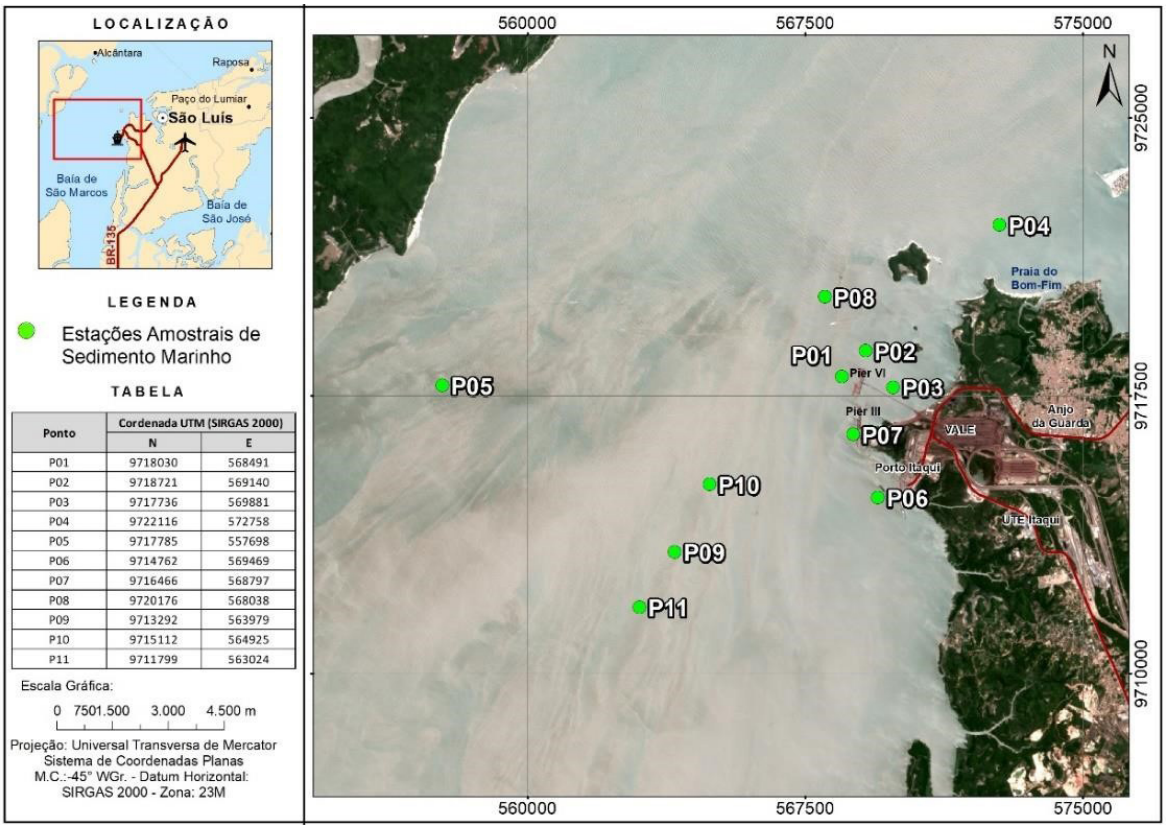
Foi realizada uma campanha no período de chuvas e uma na estiagem nos três anos de monitoramento (2018, 2019 e 2020). As amostras foram coletadas com o auxílio de uma draga busca-fundo do tipo Van Veen e encaminhadas à um laboratório especializado para análise dos parâmetros. Para avaliação dos resultados obtidos foi utilizada como referência a Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais empregados no gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

RESULTADOS

Na Baia de São Marcos as análises químicas permitem afirmar que todos os parâmetros analisados apresentaram concentrações inferiores aos limites máximos de segurança estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/12, tanto para o nível 1 como para o nível 2, indicando que os sedimentos de fundo da rede de monitoramento apresentam baixa ou nenhuma probabilidade de provocar efeitos adversos à biota.

Dos metais monitorados de 2018 a 2020, o cádmio total apresentou concentrações abaixo dos limites de quantificação do método utilizado (LQ < 0,10 mg/kg) em toda a rede de monitoramento, assim como em campanhas anteriormente realizadas, indicando conformidade aos limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece as concentrações de 1,20 mg/kg e 7,20 mg/kg como os Níveis 1 e 2, respectivamente.

O mercúrio total apresentou concentrações abaixo dos limites de quantificação do método utilizado (LQ < 0,05 mg/kg, respectivamente) em toda a rede de monitoramento, assim como em campanhas anteriormente realizadas, indicando conformidade aos limites legais, o qual estabelece as concentrações de 0,30 mg/kg (Nível 1) e 1,00 mg/kg (Nível 2) como limites máximos permitidos para o elemento.



Ponto	Cordenada UTM (SIRGAS 2000)	
	N	E
P01	9718030	568491
P02	9718721	569140
P03	9717736	569881
P04	9722116	572758
P05	9717785	557698
P06	9714762	569469
P07	9716466	568797
P08	9720176	568038
P09	9713292	563979
P10	9715112	564925
P11	9711799	563024

Figura 1 – Mapa de localização das estações amostrais de sedimentos costeiros.

Para o arsênio os resultados da campanha 1° do ano de 2020, verificou-se teor de arsênio total inferior ao limite de quantificação do método analítico (LQ < 1,00 mg/kg) nos pontos P03, PV1 e PV2 e até o valor máximo de 7,00 mg/kg no PV5, com média da campanha igual a 3,26 mg/kg. Na 2ª campanha de 2020, os pontos PV01 e PV04 apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação do método. Os valores máximos foram de 4,06 mg/kg de arsênio (PDM02), e a média igual a 2,42 mg/kg. Ao comparar os resultados do monitoramento em questão com o histórico dos anos de 2018 à 2019 amostragens os teores encontrados em 2020 são coerentes aos obtidos em campanhas anteriores.

Os teores de chumbo total são inferiores ao limite de quantificação (LQ < 1,00 mg/kg) do método empregado nos pontos P03 e PDM1 até a concentração máxima de 1,99 mg/kg no ponto P06, na 1° campanha de monitoramento de 2020. Na 2ª campanha, o ponto P05 apresentou resultados abaixo dos limites de quantificação até valores máximos de 2,67 mg/kg. Considerando o histórico de 2018 à 2019, em geral, as concentrações de chumbo total na presente campanha foram similares às de anos anteriores. Em se tratando do atendimento à legislação ambiental vigente, os resultados evidenciados para o parâmetro chumbo total estão abaixo dos limites estabelecidos pela resolução, ausentando a probabilidade do elemento causar efeitos adversos à biota. As concentrações de cobre total nas amostras dos sedimentos marinhos, na 1° campanha de 2020 foram inferiores ao limite de quantificação do método empregado (LQ < 1,00 mg/kg) em grande parte das amostras avaliadas. Apenas em PV04(A), foi verificado teor quantificável, sendo este de 1,29 mg/kg. Na 2ªcampanha neste mesmo ano, apenas o ponto P06 apresentou teor quantificável (6,35 mg/kg). Os resultados de 2020 para o parâmetro foram inferiores aos apresentados em 2018 a 2019. Verifica-se que os valores apresentados estão abaixo dos limites estabelecidos pela resolução, cujo Nível 1 e Nível 2 apresentam valores iguais a 34,00 e 270,00 mg/kg, respectivamente, culminando em baixa probabilidade de provocar efeitos adversos à biota. Considerando as concentrações do cromo total nos sedimentos

coletados na 1°campanha de 2020, verifica-se que os pontos PV1 e PV2 apresentaram os menores valores do parâmetro (1,79 mg/kg), enquanto o maior valor foi registrado em PV04(A) (4,95 mg/kg). A média da campanha foi igual a 2,67 mg/kg. Já em relação a 2ª campanha, os menores teores foram de 1,32 mg/kg e os maiores de 3,76 mg/kg, com uma média igual a 2,40 mg/kg, ligeiramente inferior à média da 1ª campanha. Considerando os resultados de 2018 e 2019 , as concentrações de cromo total em 2020 são, em geral, inferiores aos resultados pretéritos.

Na 1° campanha do ano de 2020, foram verificadas concentrações de níquel total inferiores ao limite de quantificação do método analítico (LQ < 1,00 mg/kg) nas amostras coletadas em PV1 e PV2, enquanto o maior resultado foi encontrado em P06, com valor de 2,99 mg/kg. A média da 1° campanha foi de 1,94 mg/kg. Na 2ª campanha, o ponto PV1 repetiu o resultado e a concentração de níquel total foi inferior ao limite de quantificação do método analítico. O maior valor observado na campanha foi de 2,08 mg/kg (PDM02), e a média foi igual a 1,44 mg/kg, ligeiramente inferior à média da campanha anterior. As concentrações obtidas para o parâmetro em 2020 foram inferiores ao histórico de campanhas para grande parte dos pontos amostrados. Para zinco total, as concentrações do elemento nos sedimentos coletados na 1ª campanha de 2020 variaram de 3,98 mg/kg (PV2) até o valor de 33,50 mg/kg (PDM1), com uma média igual a 8,83 mg/kg. Na 2ª campanha, os teores variaram de 2,08 mg/kg (P05) a 23,08 (PDM1), com uma média igual a 8,01 mg/kg, ligeiramente inferior à média da campanha anterior. No que diz respeito à comparação com o histórico de monitoramento, as concentrações de zinco obtidas em 2020, em geral, foram coerentes aos resultados encontrados em anos anteriores, com exceção do ponto PDM1, que na 1ª campanha apresentou valor superior ao esperado. Porém este valor é inferior ao limite máximo preconizado na legislação ambiental.

Segundo Souza *et al*. (2014), a presença de metais no sedimento marinho e costeiro pode ter origem natural ou antropogênica, sendo sua distribuição e acumulação influenciadas por diversos fatores, tais como textura do sedimento, composição mineralógica, erosão dos processos de adsorção e transporte, lançamento de efluentes domésticos e industriais, entre outros.

Comparando os resultados verificados nas amostragens no período seco e chuvoso, foi possível verificar que os teores de metais registrados na amostragem de no período chuvoso foram superiores aos verificados no período seco, sendo esse comportamento verificado para o arsênio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco, em grande parte das amostras coletadas. Além dos metais, para o carbono orgânico total e pH os valores medidos no período chuvoso também superam os do período seco. O comportamento dos parâmetros citados durante o período chuvoso pode estar atrelado aos registros pluviométricos dos dias que antecedem às campanhas, uma vez que há águas fluviais que desaguam na baía de São Marcos, que podem proporcionar o aumento do aporte de sedimentos em períodos chuvosos (PEREIRA & FARIAS FILHO, 2010), e, consequentemente, teores de metais e parâmetros relacionados a componentes orgânicos (carbono orgânico total, fósforo, carbonato). Santos 2018 confirma que no complexo estuarino de São Marcos, o autor apresenta dois períodos distintos no tocante à pluviosidade: um correspondente ao período chuvoso, entre meados de janeiro e junho, e outro referente ao período de estiagem, entre os meses de julho e dezembro. Aliado ao regime de macro maré, o volume de descarga fluvial oriundo da bacia do Mearim (rios Mearim, Pindaré e Grajaú) e o regime de precipitação contribuíram para elevadas concentrações de sólidos totais em suspensão (STS).

CONCLUSÕES

Comparando os resultados verificados nos monitoramentos de 2018 à 2020 na Baia de São Marcos, as análises geoquímicas do sedimento de fundo demonstraram que todos os parâmetros analisados apresentaram concentrações adequadas em relação ao atendimento dos limites de segurança estabelecidos pela resolução CONAMA nº 454/12,

indicando que para os metais na Baia parecem evidenciar pouca ou nenhuma influência antrópica já que as concentrações para alguns elementos se apresentaram abaixo do limite de quantificação ou, em muitos casos, com valores muito baixos na maioria dos pontos de coleta. Além disso observou-se que os teores mais elevados de metais no período chuvoso que podem estar atrelado ao aumento do aporte de sedimentos nessa época do ano.

REFERENCIAS

GARCIA , P. D Caracterização hidrossedimentologica das correntes de maré e do transporte de sedimentos associados a área portuária do Maranhão. 2007. 258 p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007.

PEREIRA, A. T. R.; FARIAS FILHO, M. S. Sensibilidade da faixa litorânea ocidental da ilha do maranhão frente à fragilidade dos ecossistemas costeiros. Anais XVI. Encontro Nacional de Geógrafos. Associação dos Geógrafos Brasileiros. p. 1-11. 2010.

SOUZA, J. M. T.; PAIXÃO, J.F.; NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L.; Ocorrência de metais nos sedimentos marinhos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (BA). Geochimica Brasiliensis 28(2): p. 161-170, 2014.

SANTOS. T. T. L. Distribuição e prtição geoquímica de metais em sedimentos de estuário de macromarés, maranhão, Brasil. Tese (Mestrado). Departamento de Oceanografia e Liminologia de São Luis. Maranhão, 2018.

AVALIAÇÃO DO MODELO OPERACIONAL DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ EM RELAÇÃO A SALINIDADE E TEMPERATURA

Guilherme Franz*, David Luersen, Bryan Thomas, Nicole Paloschi, Rafael Simão, Mauricio A. Noernberg

*Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Brasil, guilherme.franz@ufpr.br

Palavras chave: Modelagem operacional, Brazilian Sea Observatory, Complexo Estuarino de Paranaguá.

INTRODUÇÃO

O entendimento abrangente e a previsão da dinâmica costeira são grandes desafios devido à alta variabilidade dos processos ambientais e às grandes dimensões envolvidas. Observações *in situ* e de satélite são fundamentais neste contexto. No entanto, restrições inerentes às escalas espaciais e de tempo são limitações importantes para se obter uma visão mais completa da dinâmica de sistemas costeiros através apenas de observações. A aplicação de modelos numéricos permite integrar e preencher as lacunas de dados esparsos. Porém, a deficiência ou indisponibilidade de observações na costa brasileira é uma limitação para a validação adequada de modelos costeiros. Neste trabalho, as previsões da modelo operacional do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), implementado através da iniciativa Observatório do Mar (BSO), foram avaliadas em relação aos parâmetros salinidade e temperatura da água com dados disponíveis.

METODOLOGIA

O modelo operacional do CEP faz parte de uma cadeia de modelos aninhados com a aplicação do sistema de modelagem MOHID, a partir do modelo global do CMEMS (Franz *et al*., 2021). A batimetria do modelo do CEP foi definida com base em cartas náuticas da Marinha do Brasil e dados de instituições e empresas organizados pelo Centro de Estudos do Mar, interpolados para uma malha de aproximadamente 200 m de resolução horizontal (Figura 1). Na vertical, foram utilizadas coordenadas cartesianas para as camadas mais profundas e coordenadas sigma para as camadas mais próximas da superfície, atingindo poucas dezenas de centímetros de espessura. A mistura vertical é calculada através do modelo de turbulência k-ε. A maré é imposta usando as constituintes harmônicas do FES2014 nas condições de contorno de um modelo costeiro que engloba a costa do estado do Paraná, sendo propagada para o modelo do CEP. As condições de contorno atmosféricas são obtidas a partir do Global *Forecast System* (GFS) com uma resolução de 0,25°. As descargas dos rios foram consideradas por meio de médias mensais calculadas a partir de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) ou da literatura. A vazão afluente média total ao CEP foi estimada a partir de dados existentes de 14 rios afluentes como 189 m^3/s no verão, 111 m^3/s no outono, 94 m^3/s no inverno e 160 m^3/s na primavera, em que cerca de 80% da água desagua na Baía de Paranaguá e apenas 20% na Baía de Laranjeiras. A intrusão e a estratificação da salinidade foram avaliadas ao longo das baías de Paranaguá e Laranjeiras por meio de dados *in situ* obtidos de campanhas mensais realizadas entre 1998 e 2000 (Noernberg, 2001). Variações sazonais de temperatura também foram avaliadas por meio de dados *in situ* coletados nestas campanhas e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos sensores MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua.

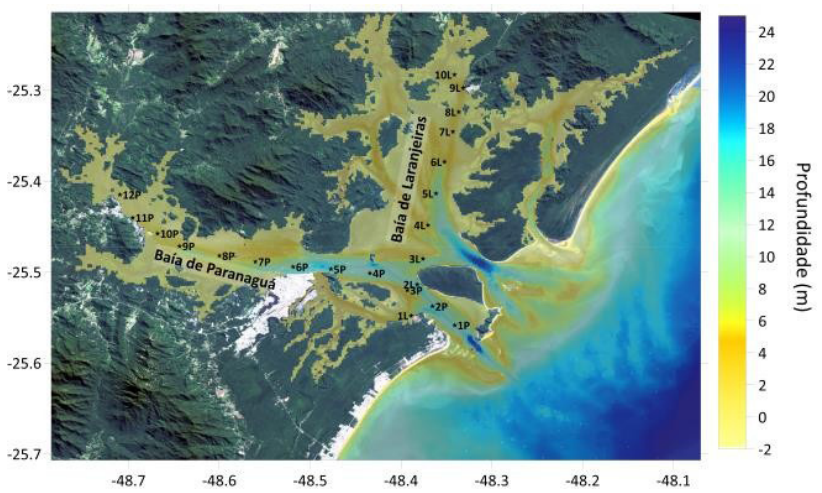


Figura 1. Batimetria interpolada para a malha do modelo do Complexo Estuarino de Paranaguá com a localização dospontosde monitoramentode Noernberg(2001) nasbaías de ParanaguáeLaranjeiras.

RESULTADOS

Os padrões sazonais da TSM nos setores da Baía de Paranaguá (estação 7P) e da Baía das Laranjeiras (estação 5L) foram determinados através de uma análise de boxplot de medições *in situ*, observações de satélite do MODIS Terra/Aqua e previsões do modelo operacional do CEP para o ano de 2020 (Figura 2). As observações de satélite cobriram um período de análise de 18 anos, enquanto as medições *in situ* cobriram aproximadamente dois anos, porém com apenas uma medição por mês, o que pode explicar a diferença entre valores máximos e mínimos. A resolução espacial das imagens de satélite (1 km) pode originar discrepâncias quando comparada aos resultados da modelagem com 200 m de resolução horizontal. A TSM das imagens de satélite pode ser influenciada por zonas mais rasas que apresentam maiores variações de temperatura. Apesar disso, a correlação entre a TSM do MODIS e as previsões do modelo operacional do CEP para 2020 foram superiores a 0,8.

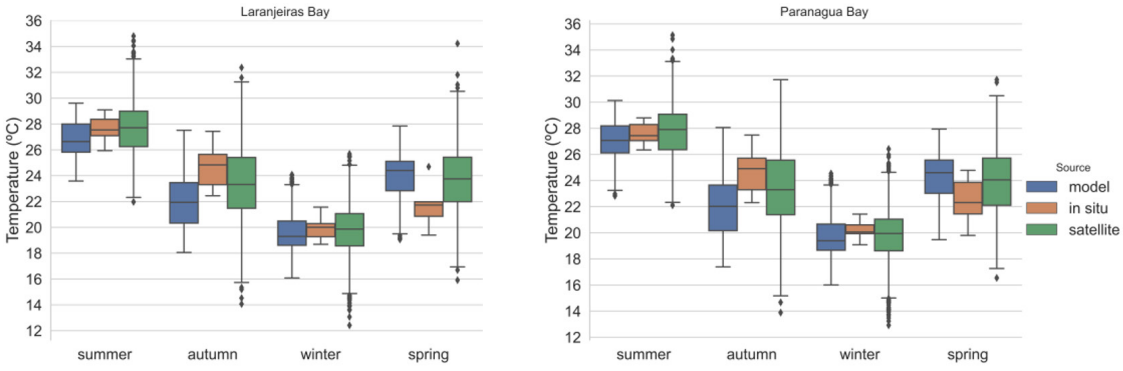


Figura 2. Variação sazonal da TSM nas baías de Paranaguá (direita) e Laranjeiras (esquerda) a partir de medições *in situ*, observações de satélite (MODIS Terra/Aqua) e previsões do modelo operacional do CEP.

Os valores de salinidade das medições *in situ* e resultados de modelagem são apresentados na Figura 3. Em geral, os resultados do modelo representam a faixa de salinidade observada ao longo dos setores da Baía de Paranaguá e da Baía de Laranjeiras. Porém, os valores mínimos de salinidade estão superestimados pelo modelo na Baía de Laranjeiras, principalmente nas áreas superiores. Devido à escassez de dados de vazões dos rios,

médias mensais foram impostas como condições de contorno, o que pode restringir a amplitude dos valores de salinidade calculados pelo modelo. Além disso, a vazão média total para a Baía de Laranjeiras está provavelmente subestimada devido à ausência de séries longas de vazão, e os levantamentos batimétricos na Baía de Laranjeiras são menos detalhados e frequentes devido à inexistência de portos neste setor. Os resultados máximos e mínimos de salinidade do modelo operacional próximo ao fundo em toda a área do CEP e costa adjacente são mostrados na Figura 4. A intrusão salina atinge as áreas superiores ao longo dos setores da Baía de Paranaguá (40 km) e Baía de Laranjeiras (30 km), o que está de acordo com as medições *in situ*.

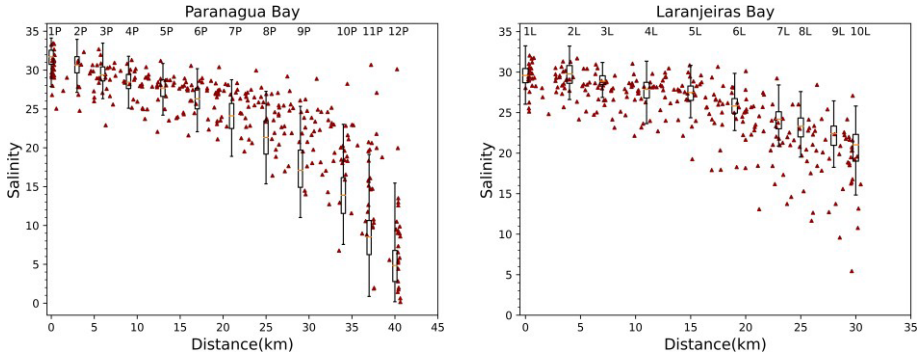


Figura 3. Dados de salinidade (triângulos) e resultados do modelo operacional (boxplot) para a Baía de Paranaguá (diretia) e Baía de Laranjeiras (esquerda).

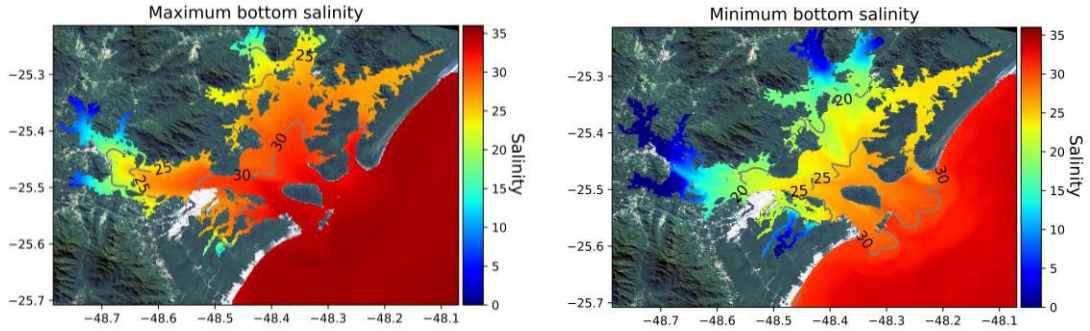


Figura 4. Resultados de salinidade máxima (esquerda) e mínima (direita) junto ao fundo.

CONCLUSÕES

As previsões de salinidade e temperatura do modelo operacional do CEP para 2020 foram avaliadas de forma qualitativa com dados *in situ* disponíveis para anos anteriores. Além disso, observações de satélite permitiram uma melhor avaliação das previsões em relação a TSM para o ano de 2020, obtendo-se altos fatores de correlação. Verificou-se que o modelo operacional representa de forma geral a dinâmica do sistema. Um maior detalhamento da batimetria, principalmente para a Baía de Laranjeiras, e a implementação de modelos hidrológicos operacionais para gerar previsões de vazão dos rios afluentes ao CEP, permitirão uma representação mais precisa da dinâmica do sistema, considerando a ocorrência de eventos extremos de precipitação.

REFERÊNCIAS

Franz, G., Garcia, C. A., Pereira, J., de Freitas Assad, L. P., Rollnic, M., Garbossa, L. H. P., ... & Polejack, A. (2021). Coastal Ocean Observing and Modeling Systems in Brazil: Initiatives and Future Perspectives. *Frontiers in Marine Science*, 1038.

Noernberg, M.A., 2001. Processos Morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil: Um Estudo a Partir de Dadosin situ e LANDSAT – TM. Curitiba, Brazil: Universidade Federal do Paraná, Ph.D. thesis, 127p.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POTENCIAIS RELATIVOS NA COSTA DO CHIPRE NO EVENTO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO NO MAR MEDITERRÂNEO ORIENTAL

Nikolas Gomes Silveira de Souza*, Jader Lugon Jr, Edna N. Yamasaki, Ioannis Kyriakides, Antônio J. Silva Neto

*Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil – nichsouz@msn.com

Palavras chave: óleo, chipre, impacto.

INTRODUÇÃO

Os vazamentos no Mar Mediterrâneo são um desafio para os princípios de proteção e conservação ambiental. As colisões e abalroamentos que se apresentam como os acidentes mais comuns na região, liberam no mar volumes de óleo elevados que alcançam 1,000,000 toneladas (ITOPF, 2020). Ao alcançar o continente, há um risco elevado de alterações na qualidade ambiental com impacto econômico das regiões afetadas.

O uso de modelos computacionais é uma alternativa eficiente para a obtenção das trajetórias das partículas liberadas. Estes estão presentes em plataformas, tais como MOHID e Opendrift, com capacidade para representar os fenômenos físico-químicos da trajetória das partículas de óleo no mar. Utilizando de uma abordagem bastante difundida (*Lagrangiano*) para rastreio das partículas, o usuário pode inserir dados de entrada, que serão computados em função de um período, permitindo a determinação da área de dispersão dessas partículas.

Neste trabalho é proposto um método complementar para avaliar os impactos potenciais de óleo nas zonas costeiras, construindo diversos cenários de vazamento de óleo na região do Mar Mediterrâneo Oriental, obtendo-se, uma identificação das áreas potencialmente mais críticas e sua influência para o país em observação, o Chipre.

MÉTODO

Foi selecionada para análise a área do Mar Mediterrâneo Oriental que circunda o Chipre, uma vez que a área ao redor deste País possui um intenso tráfego de embarcações que transportam óleo cru e do registro de acidentes na região (KOSTIANOY, CARPENTER, 2018).

A obtenção de resultados para este trabalho seguiu os seguintes passos: (i) avaliação preliminar; (ii) implementação e interpretação do modelo simulado pelo MOHID (RODRIGUES, 2012) e Opendrift (DAGESTAD, RÖHRS, *et al.*, 2018); e (iii) parametrização da área de estudo e avaliação de impacto potencial relativo. A avaliação preliminar foi interpretada em função da equação de risco, onde o impacto relativo (I) é igual a propensão à ocorrência de um evento e (P) a intensidade do impacto relativo do evento (C), incrementando-se a distância como um dificultador (B). Para fins de parametrização, um valor α foi acrescentado, conforme pode ser visto na Eq. (1). Ainda, uma malha de 6x6 foi construída na região do Mar Mediterrâneo Oriental, buscando-se setorizar os pontos hipotéticos para o vazamento do óleo, excetuando-se as áreas continentais, totalizando em 32 áreas elegíveis para a simulação. A Eq. (1) foi calculada para cada região, seguindo a parametrização apresentada na Tabela 1. Este trabalho realizou a simulação de cada setor da malha pelo período de dez dias, ao longo de 12 meses, o que resultou em 384 simulações (32 áreas x 12 períodos), totalizando em 768 simulações, para ambas as plataformas MOHID e Opendrift.

$$I = \frac{P \times C}{B} \times \alpha \qquad \text{Eq.(1)}$$

Os dados de entrada (medições atmosféricas e marítimas) foram obtidos nas plataformas NOAA e Copernicus, respectivamente NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive - 6-hour timeframe (NCEP, 2015) e MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013 dataset (CLEMENTI, PISTOIA, *et al.*, 2019), respectivamente. Os dados para a batimetria foram obtidos no banco de dados GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_WAV_001_027 (ARDHUIN,

ROGERS, *et al.*, 2010), oferecido pelo Copernicus. Os períodos escolhidos foram consoantes às fases lunares e temperatura do oceano, uma vez que ambos os fenômenos influenciam na direção e sentido de movimentação das águas da região.

Tabela 1 – Parâmetros para utilização da Eq.(1).

Variáveis	Entrada	Definição	Unidade
P	1-5	1 = sem histórico ou um acidente; 2 = dois acidentes; 3 = três acidentes; 4 = quatro acidentes; 5 = cinco ou mais acidentes na região.	Adimensional
C	0-20	Intensidade do impacto relativo da região afetada 0 = baixa dispersão, limitada a um município; 20 = alta dispersão, maior que um município	Adimensional
B	50-450	Distance from Cyprus' shoreline	km
α	0.5	Fixed Correction Value	km-1

AVALIAÇÃO DE RISCO POTENCIAL RELATIVO

Após as simulações de difusão do óleo, as observações de frequência das regiões afetadas foram usadas como base para uma atualização da Eq.(1) originando a Eq.(2), cujos parâmetros são apresentados na Tabela 2.

$$= \beta \cdot \left(\frac{R_{cell} \times S \times M \times C_1 \times d \times H}{D} \right)_{R_q} \qquad \text{Eq.(2)}$$

Tabela 2 – Parâmetros para aplicação da Eq.(2).

Descrição	Valores	Unidade	Significado
Célula de risco, R_{cell}	1, 25, 50	Adimensional	Valores em acordo com as células: Alto risco(50), risco moderado (25), baixo risco(1)
Sensibilidade, S	1 or 5	Adimensional	Área sensível(5); área não sensível(1)
Combinações, M	1 or 5	Adimensional	Equivalência entre programas (5); sem equivalência entre programas(1)
Atinge o continente, C_1	0 or 1	Adimensional	Caso alcance o continente (1); do contrário(0)
Densidade de embarcações, d	1 or 2	Adimensional	Alta densidade (2); Baixa densidade(1)
Histórico, H	1 or 2	Adimensional	Há histórico de acidentes (2); Não há histórico de acidentes (1)
Distância, D	Distância >50	km	Para distâncias < 50km use D = 50km
Constante, β	0.25	km-1	Constante

A Eq.(2) permite uma maior sensibilidade à percepção do potencial impacto relativo. Observando-se uma alteração na quantidade, localização e classificação de áreas ao redor da local de estudo, plotados na Figura 1.

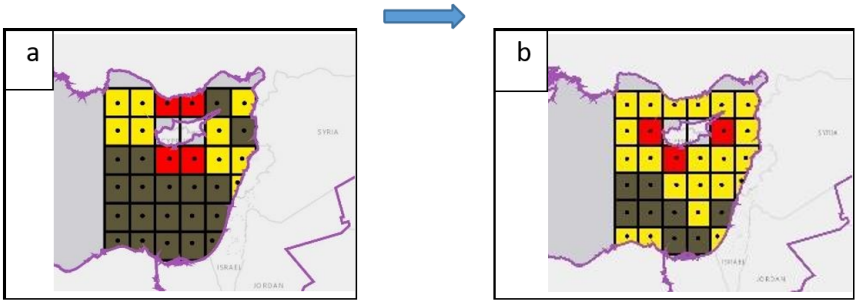


Figura 1 : áreas de impacto potencial relativo dadas (a) pela Eq.(1) e (b) pela Eq.(2), onde a cor cinza representa baixo, amarelo, moderado e vermelho alto impacto potencial relativo.

CONCLUSÃO

A constante evolução dos métodos preditivos tem oferecido a sociedade a possibilidade de mitigar riscos e impactos ao meio ambiente. O método complementar descrito neste resumo oferece ao usuário uma possibilidade de gerar mais segurança na avaliação de áreas críticas, por meio de uma metodologia sistemática.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPERJ, do CNPq e da CAPES (Código do Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

ARDHUIN, F., ROGERS, E., BABANIN, A. V., *et al.* “Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. Part I: Definition, calibration, and validation”, *Journal of Physical Oceanography*, v. 40, n. 9, p. 1917–1941, 2010. DOI: 10.1175/2010JPO4324.1. .

CLEMENTI, E., PISTOIA, J., ESCUDIER, R., *et al.* “Mediterranean Sea Analysis and Forecast (CMEMS MED-Currents 2016-2019)”, 2019.

DAGESTAD, K.-F., RÖHRS, J., BREIVIK, Ø., *et al.* “OpenDrift v1.0: a generic framework for trajectory modelling”, *Geoscientific Model Development*, v. 11, n. 4, p. 1405–1420, 13 abr. 2018. DOI: 10.5194/gmd-11-1405-2018. Disponível em: https://gmd.copernicus.org/articles/11/1405/2018/

ITOPF - International Oil Pullution Compensation Funds. *Oil tanker spill statistics*. 2020. Disponível em: https://www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_brochure_2020 _for_web.pdf. Acesso em: 8 jan. 2020.

NCEP - NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION/NATIONAL WEATHER SERVICE/NOAA/U.S. *NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive*. UCAR/NCAR - Research Data Archive. Disponível em: https://rda.ucar.edu/datasets/ds084.1/. 2015

RODRIGUES, P. P. G. W. *MOHID Description / MARETEC*. 1. ed. Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil, Essentia Editora, 2012. Disponível em: http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/livros/article/view/2174. Acesso em: 13 set. 2020.

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS EXTREMOS ASSOCIADOS AO CICLONE TROPICAL IDAI NO ESTUÁRIO DA BEIRA EM SOFALA, MOÇAMBIQUE

Nélio das Neves O. Sitoe*, José Luís S. Pinho, Avelino A. A. Langa

*Instituto Nacional de Hidrografia e Navegação, Moçambique, nelio.d.sitoe@outlook.com

Palavras chave: ciclone tropical, sobrelevação de tempestade, modelação.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são importantes pelas suas características ambientais e socioeconómicas, principalmente associadas à alta densidade demográfica e riqueza de recursos naturais. Estas áreas são afectadas por eventos meteorológicos incluindo tempestades costeiras que induzem sobrelevações de tempestade. Estes níveis extremos do mar estão associados à passagem de ciclones tropicais, agitação, e baixa pressão atmosférica (Gomes *et al*., 2015). A sobrelevação de tempestade provocada por um ciclone tropical pode causar maiores danos quando comparados com aqueles que resultam de precipitação intensa. Dependem da geografia e batimetria local, assim como das características do ciclone como vento, raio, e direção em que atinge a costa (Ramos-Valle *et al*., 2020). A previsão detalhada de impactos devido as tempestades nas zonas costeiras como níveis extremos e eventuais inundações, pode ser realizada utilizando sistemas de modelação numérica.

Localizado no sudeste de África, a costa Moçambicana é frequentemente afectada particularmente por ciclones tropicais durante o verão (Bié *et al*., 2017). O ciclone tropical Idai afectou o sudeste de África, tendo como países afectados: Moçambique, Zimbabwe, e Malawi, assim como partes de Madagáscar. O ciclone Idai atingiu a região em Março de 2019, com ventos fortes causando inundações na cidade da Beira e elevadas perdas humanas. Sendo classificado de categoria 4 foi considerado o mais devastador e mortal ciclone registado no hemisfério sul (Charrua *et al*., 2021).

O presente trabalho foca-se na análise da subida do nível do mar devido a passagem do ciclone Idai no estuário da Beira, avaliando o efeito conjunto e individual da sobrelevação de tempestade, descargas fluviais, e precipitação. Baseado em modelação numérica, o trabalho contribui para o enriquecimento detalhado dos possíveis impactos que resultam da passagem de um ciclone de categoria 4 em diferentes cenários hidrodinâmicos.

METODOLOGIA

O estudo compreende a área do Canal de Moçambique a sudeste de África, e o estuário da Beira localizado na região centro de Moçambique na província de Sofala (**Figura 1a**). No estuário da Beira afluem águas dos rios Púnguè (a Norte) e Búzi (a Oeste) (**Figura 1b**), com presença de bancos de areia e uma profundidade média de 10 m. Macro-marés semidiurnas são dominantes no estuário com alturas até 7 m referenciados ao zero hidrográfico local e velocidades das correntes superiores a 1.5 m/s durante as marés de sizígia.

O trabalho de modelação foi realizado com o programa *Delft3D*. Utilizando esta ferramenta foram construídos dois modelos numéricos; um modelo regional de baixa resolução e outro local de alta resolução. Na construção do modelo regional foi aplicado o método de Gomes *et al*., (2015) baseado na ferramenta *Delftdashboard* de Van Ormondt *et al*., (2020). A trajectória e características do ciclone Idai foram adquiridas na plataforma *JTWC*

(Joint Typhoon Warning Center - https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html?southern-hemisphere). A implementação do modelo local foi realizada considerando as seguintes tarefas: (i) digitalização da carta náutica do estuário da Beira; (ii) definição do contorno do sistema; (iii) criação da malha numérica e interpolação da batimetria; (iv) estabelecimento de condições iniciais; (v) estabelecimento das condições de fronteira considerando o modelo local encaixado no modelo regional.

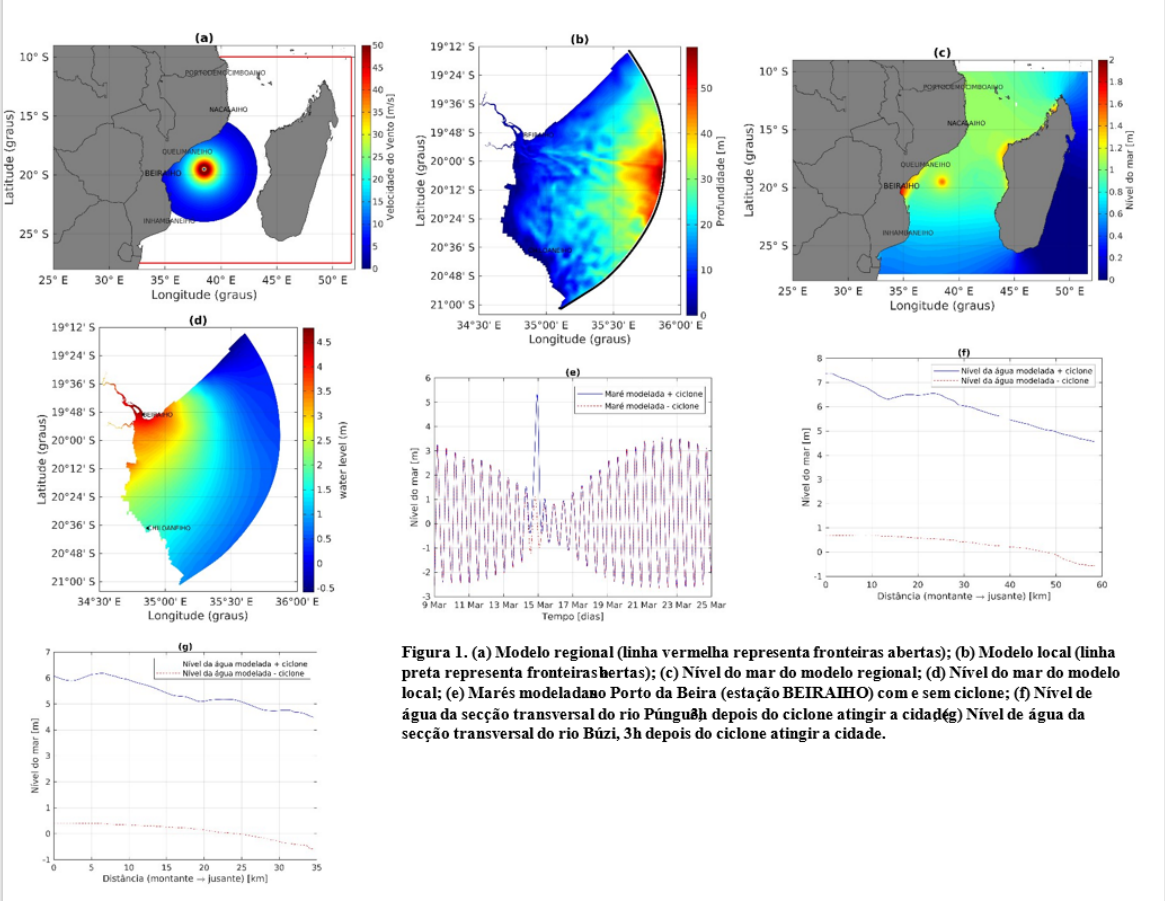


Figura 1. (a) Modelo regional (linha vermelha representa fronteiras abertas); (b) Modelo local (linha preta representa fronteiras abertas); (c) Nível do mar do modelo regional; (d) Nível do mar do modelo local; (e) Marés modeladas no Porto da Beira (estação BEIRAIHO) com e sem ciclone; (f) Nível de água da secção transversal do rio Púnguè 3h depois do ciclone atingir a cidade; (g) Nível de água da secção transversal do rio Búzi, 3h depois do ciclone atingir a cidade.

RESULTADOS

Foram consideradas simulações forçando as fronteiras abertas com os níveis do mar e a ação do vento, atribuindo a amplitude e fase da maré, e o campo de ventos associados ao ciclone para o modelo regional, incluindo o modelo local encaixado no modelo regional. Ambos os modelos foram referenciados ao nível médio do mar. O forçamento das descargas fluviais será considerado numa fase posterior do trabalho em desenvolvimento.

Segundo dados do JTWC, no dia 9 de Março de 2019 o ciclone Idai encontrava-se no estágio de tempestade tropical, tendo demorado 24h para passar a ciclone tropical. Ainda no alto mar, o ciclone tropical aumentou o nível do mar em 1.5 m em algumas regiões costeiras a partir do dia 13 de Março 2019 pelas 18h UTC (**Figura 1c**). No dia 14 de Março de 2019 pelas 21h UTC, o ciclone atingiu a cidade da Beira, tendo o nível de água aumentado para 4.55 m de acordo com os resultados simulados pelo modelo local (**Figura 1d**). Os resultados do nível do mar do modelo local estão de acordo com os calculados por Probst e Annunziato (2019).

Durante a passagem do ciclone Idai, a estação de medição de níveis do mar no Porto da Beira (representado pela estação BEIRAIHO) não estava operacional, dificultando a

calibração do modelo local. Contudo, analisando os níveis modelados durante a passagem do ciclone e os níveis modelados sem o ciclone (**Figura 1e**), a diferença foi de 4.22 m.

No dia 15 de Março pelas 0h UTC, registou-se a montante do rio Púnguè níveis de água de até 7 m e 4.5 m na embocadura, sendo estes, demasiadamente elevados comparados com os níveis sem a ocorrência do ciclone. Repete-se o fenómeno de sobreelevação a montante do rio Búzi, mas neste caso com níveis de 6.0 m e 4.5 m na embocadura.

CONCLUSÕES

O programa *Delft3D* revelou-se adequado para simular o ciclone Idai e a sobrelevação de tempestade, apresentando resultados idênticos aos calculados pelo Centro Comum de Investigação da União Europeia (JRC – JOINT RESEARCH CENTRE).

O ciclone aumentou o nível de água, acima do nível das marés de sizígia num período de marés de quadratura. A medida que aproximava a costa, o ciclone formou uma elevação da água devido a baixa pressão atmosférica e atuação do vento.

A montante dos rios Púnguè e Búzi foram registados níveis de água elevados, relativamente aos do Porto. Os níveis de água a montante do rio Púnguè são relativamente mais elevados do que os do rio Búzi.

REFERÊNCIAS

Bié, A. J., de Camargo, R., Mavume, A. F., & Harari, J. (2017). Numerical modeling of storm surges in the coast of Mozambique: the cases of tropical cyclones Bonita (1996) and Lisette (1997). Ocean Dynamics, 67(11), 1443–1459. https://doi.org/10.1007/s10236-017-1095-7

Charrua, A. B., Padmanaban, R., Cabral, P., Bandeira, S., & Romeiras, M. M. (2021). Impacts of the tropical cyclone idai in mozambique: A multi-temporal landsat satellite imagery analysis. Remote Sensing, 13(2), 1–17. https://doi.org/10.3390/rs13020201

Gomes, M. P., Pinho, J. L., Antunes do Carmo, J. S., & Santos, L. (2015). Hazard assessment of storm events for The Battery, New York. Ocean and Coastal Management, 118(April), 22–31. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.006

Probst, P., & Annunziato, A. (2019). Tropical Cyclone Idai: analysis of the wind, rainfall and storm surge impact. Retrieved from https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/joint_research_centre_analysis_of_wind_ ainfall_and_storm_surge_impact_09_april_2019.pdf

Ramos-Valle, A. N., Curchitser, E. N., & Bruyère, C. L. (2020). Impact of Tropical Cyclone

Landfall Angle on Storm Surge Along the Mid-Atlantic Bight. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 125(4), 0–3. https://doi.org/10.1029/2019JD031796

Van Ormondt, M., Nederhoff, K., & Van Dongeren, A. (2020). Delft Dashboard: A quick set-up tool for hydrodynamic models. Journal of Hydroinformatics, 22(3), 510–527. https://doi.org/10.2166/hydro.2020.092

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE UM SISTEMA DE PREVISÃO DE ONDAS PARA A BACIA DE CAMPOS

Brasil-Corrêa[1], Y. O.; Carvalho[1,2], J. T.; Carvalho[3], G. V.; Böck[1], C. S.; Assad[1,4], L. P. F., Landau[1], L.

1 Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia - LAMCE/COPPE/UFRJ e Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil - PEC/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, yuri.brasil@oceanica.ufrj.br

2 Laboratório de Estudos do Oceano e da Atmosfera (LOA), Divisão de Observação da Terra e Geoinformática (OBT), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Jardim da Granja, São José dos Campos, SP, Brasil.

3 Prooceano Serviço Oceanográfico, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

4 Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Palavras chave: WAVEWATCH III, previsão de ondas.

INTRODUÇÃO

A previsão operacional da agitação marítima é de extrema importância para as atividades costeiras e oceânicas. As ondas de gravidade superficiais geradas pelo vento são capazes de transportar enormes quantidades de energia (REIKARD *et al*., 2017; UIHLEIN e MAGAGNA, 2016), e dependendo das condições de geração e propagação, podem causar danos graves às estruturas costeiras (LEE *et al*., 2013), à atividade offshore (MOHARRAMI e TOOTKABONI, 2014) e em embarcações (HEIJ e KNAPP, 2015). A descrição detalhada do estado de mar, isto é, do espectro de ondas, permite definir com mais segurança janelas temporais de operação e navegação. Neste contexto, o aprimoramento dos modelos de onda espectrais como o WAVEWATCH III (WW3) (TOLMAN *et al*., 2019) têm permitido melhores resultados. Outros modelos espectrais, como SWAN (BOOIJ *et al*., 1999), utilizam os resultados do WW3 como condição inicial para a previsão na zona costeira. Consequentemente, avanços nas simulações do WW3 impactam positivamente na previsão de outros modelos acoplados. Utilizando o termo-fonte ST6 (ZIEGER *et al*., 2015) é possível obter resultados mais próximos da realidade. A fim de avaliar melhor o impacto destas implementações no WW3, o presente trabalho pretende realizar diferentes comparações dos resultados do modelo com dados analisados a partir de coletas *in situ*.

METODOLOGIA

O modelo WW3 versão 6.07 (TOLMAN *et al*., 2019) foi implementado para a região da bacia de Campos, com 2 grades com aninhamento two-way. Uma grade global e uma grade regional com 50 km e 10 km de resolução espacial, respectivamente. O termo-fonte utilizado (ST6) neste estudo é descrito por ZIEGER *et al*. (2015) e as parametrizações escolhidas são padrões inerentes ao ST6. As forçantes atmosféricas (vento a 10 metros) e a cobertura de gelo utilizadas são provenientes da NOAA/NCEP, disponíveis a cada hora. Para validar os dados do modelo foram usados dois equipamentos distintos: Nortek AWAC - 400 KHz, ADCP de subsuperfície (50m); e Datawell Waverider DWR-MkIII, boia de superfície. A validação consiste na comparação a partir de parâmetros estatísticos entre as séries temporais (modelo x equipamento), o que compreende Viés (Bias), erro médio quadrático (RMSE, *Scatter Index* (S.I.), correlação (r), coeficiente de determinação (R2) e regressão linear (y) (Figura 1).

RESULTADOS

O período avaliado foi do dia 27 de Abril até o dia 5 de Julho do ano de 2021. Neste período, foi possível observar a ocorrência de *swells* com altura significativa acima de 3 m. Os resultados da validação são apresentados na figura 1. O viés de -0,32 m torna evidente a subestimação da altura significativa. O erro médio quadrático e o *Scatter Index*, 0,18 e 0,19, respectivamente, mostram que os erros são relativamente baixos entre o modelo e registro da boia. A correlação 0,92 mostra um excelente ajuste do modelo. O coeficiente de determinação, 0,846, mostra que a regressão linear modela bem a dispersão dos dados.

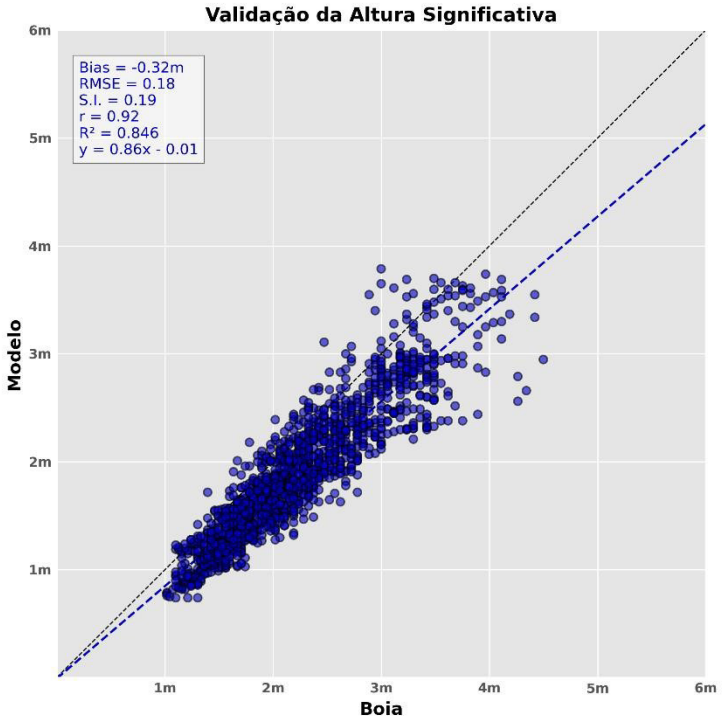


Figura 1: Comparação entre os dados de altura significativa do modelo WW3 e da boia Waverider.

CONCLUSÕES

O modelo WAVEWATCH III, implementado utilizando as formulações físicas ST6, mostrou um excelente ajuste em relação à boia Waverider. A formulação ST6 inclui um termo de dissipação por *whtecapping*, input negativo do vento e dissipação do *swell* por interação onda-turbulência (ZIEGER *et al*., 2015). Uma das vantagens desta formulação é o crescimento mais rápido de mares jovens (*windsea*), e que costumam estar presentes durante o verão (PIANCA *et al.,* 2010). O estudo mostra boa capacidade de previsão de ondas no Sudeste do Brasil. Entretanto, há subestimação da altura significativa, e esta parece estar associada à simulação de *swells.* Outro fator importante, é a ocorrência frequente de mares multimodais, *windsea* e *swell* associados, no sudeste brasileiro (PEREIRA *et al.,* 2017; VIOLANTE-CARVALHO *et al.,* 2004). Espectros multimodais tornam complexa a análise por parâmetros (período e direção de pico), uma vez que a representação do pico de um sistema de ondas no modelo pode ser asssociada, de forma equivocada, ao pico do sistema não correspondente do dado *in situ*. Neste caso, análises espectrais também podem servir como ferramenta para entender em que situações ocorrem as maiores diferenças.

REFERÊNCIAS

BOOIJ, N., RIS, R. C., HOLTHUIJSEN, L. H., 1999, “A third-generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation”, Journal of Geophysical Research: Oceans, v. 104, n. C4, pp. 7649–7666. doi: https://doi.org/10.1029/98JC02622. Disponível em: <https:// agupubs. onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/98JC02622>.

HEIJ, C., KNAPP, S., 2015, “Effects of wind strength and wave height on ship incident risk: regional trends and seasonality”, Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 37, pp. 29–39.

LEE, C.-E., KIM, S.-W., PARK, D.-H., *et al*., 2013, “Risk assessment of wave *run-up* height and armor stability of inclined coastal structures subject to long-term sea level rise”, Ocean Engineering, v. 71, pp. 130–136.

MOHARRAMI, M., TOOTKABONI, M., 2014, “Reducing response of offshore platforms to wave loads using hydrodynamic buoyant mass dampers”, Engineering Structures, v. 81, pp. 162–174.

PEREIRA, H. P. P., VIOLANTE-CARVALHO, N., NOGUEIRA, I. C. M., *et al*., 2017, “Wave observations from an array of directional buoys over the southern Brazilian coast”,Ocean Dynamics,v. 67, n. 12 (dez.), pp. 1577–1591. doi: 10.1007/s10236-017-1113-9.

PIANCA, C., MAZZINI, P., SIEGLE, E., 2010, “Brazilian offshore wave climate based on NWW3reanalysis”,Brazilian Journal of Microbiology - BRAZ J MICROBIOL, v. 58 (03). doi: 10.1590/S1679-87592010000100006.

REIKARD, G., ROBERTSON, B., BIDLOT, J.-R., 2017, “Wave energy worldwide: Simulating wave farms, forecasting, and calculating reserves”, International journal of marine energy, v. 17, pp. 156–185.

TOLMAN, H., ACCENSI, M. ALVES, J.-H., *et al*. 2019, “User manual and system documentation of WAVEWATCH III ® version 6.07”.

UIHLEIN, A., MAGAGNA, D., 2016, “Wave and tidal current energy–A review of the current state of research beyond technology”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 58, pp. 1070–1081.”

ZIEGER, S., BABANIN, A. V., ERICK ROGERS, W., *et al*., 2015, “Observation-based source terms in the third-generation wave model WAVEWATCH”, Ocean Modelling, v. 96, pp. 2–25. ISSN: 1463-5003. doi: https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2015.07.014. Disponível em: <https: //www. sciencedirect.com/science/article/pii/S1463500315001237>. Waves and coastal, regional and global processes.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO TRECHO COSTEIRO SUBAÉREO DA COVA-GALA, PORTUGAL

João N. C. Oliveira *, Filipa S. B. F. Oliveira, Paula M. S. Freire

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, joliveira@lnec.pt

Palavras chave: topo-batimetria, areia, dinâmica sedimentar.

INTRODUÇÃO

A dimensão das partículas de sedimento é uma característica que influencia a dinâmica sedimentar costeira e, consequentemente, a morfologia da praia. A análise estatística da distribuição do diâmetro das partículas de amostras superficiais permite caracterizar o conteúdo sedimentar da praia e, por esta via, avaliar qualitativamente a variabilidade da exposição da praia ao forçamento hidrodinâmico, e obter parâmetros fundamentais para a modelação matemática da morfodinâmica. Com estes dois objetivos, realizou-se a monitorização sedimentológica do trecho subaéreo da Cova-Gala, localizado a sul da foz do rio Mondego, na costa oeste central de Portugal.

O trecho da Cova-Gala é um sistema arenoso praia-duna com uma linha de costa de 2 km e direção média atual 5°N. Inclui a frente oceânica do núcleo urbano da Cova-Gala, protegida com um campo de cinco esporões e três defesas longitudinais aderentes (Figura 1). Está submetido a um regime de maré semi-diurna mesotidal. Na posição 9°00'W e 40°00'N, em frente à zona de estudo, o regime de ondas caracteriza-se por valores médios/medianos de altura significativa, período de pico e direção média iguais a 2,15/1,78 m, 11,6/11,4 s e 299,5/301,2ºN, respetivamente, e 50% da ocorrência dos mesmos parâmetros verifica-se nas gamas 1.31-2.64 m, 9.5-13.4 s e 289.4-312.9ºN (Oliveira *et al*., 2015). A deriva potencial é cerca de 1x106 m^3.ano^{-1}. Desde 2007 são efetuadas operações de alimentação com material dragado da embocadura numa área submersa com cerca de 600 x 300 m^2, localizada entre o primeiro e o terceiro esporões (contados de Norte para Sul) e as isobatimétricas 8 e 2 m abaixo do ZH (2,08 m abaixo no nível médio do mar) (Figura 1). Devido à erosão foram colocados no final de 2018 tubos de geotêxtil com areia para proteção da duna frontal imediatamente a sul do quinto esporão (o mais a Sul).

DADOS E MÉTODO

Efetuaram-se campanhas de campo, em 8/jan e 11/fev de 2019, para recolha de amostras superficiais de sedimento, em condições de baixa mar de águas vivas. Em 11/fev, em cada célula sedimentar (sub-trecho entre estruturas transversais), Ci, para i:1-5 (Figura 1), foram recolhidas amostras em três perfis transversais, PX, para X: norte, central e sul. Para além destes quinze perfis, ainda se recolheram, em 8/jan, amostras num perfil a sul do último esporão da Cova-Gala, local designado por CGS. Em cada perfil recolheram-se amostras em três posições, #, do perfil, PX#, para #:1-3, (Figura 1).

As amostras foram previamente lavadas e secas. Posteriormente foram sujeitas à análise granulométrica por crivagem a seco usando uma série de crivos ASTM de malha quadrangular, com dimensões entre 4 mm (5#) e 0,0625 mm (230#). Obteve-se a percentagem, por peso, da fração retida e assim, a distribuição granulométrica por amostra, de onde se extraíram os parâmetros média, moda, os percentis D10, D50 e D90, e os coeficiente de dispersão geométrica.

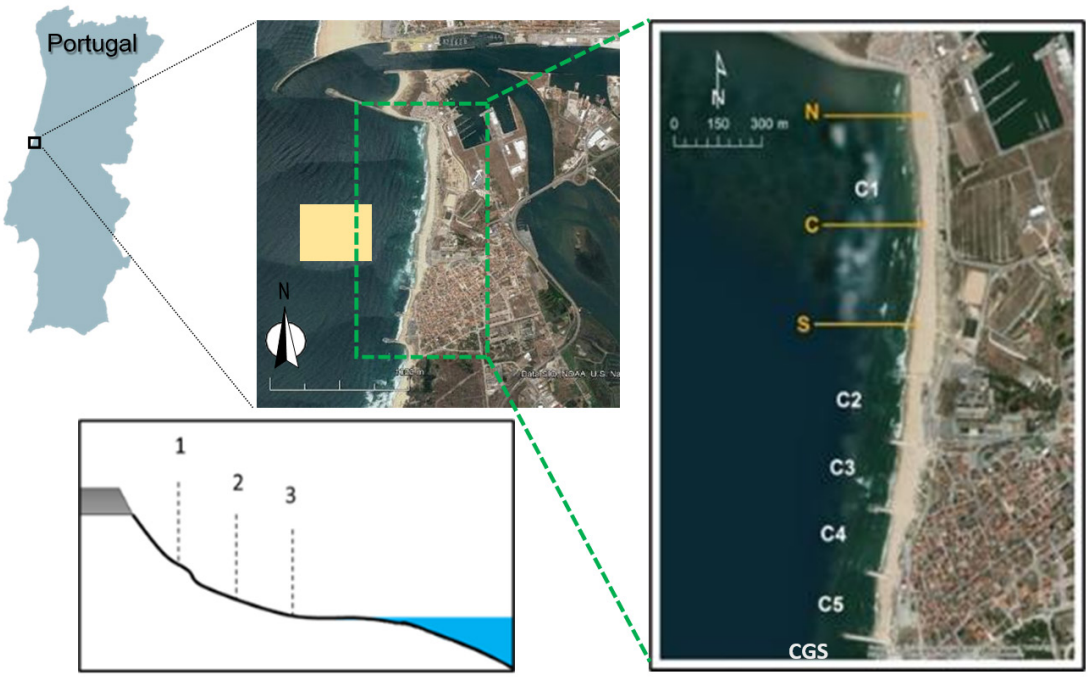


Figura 1. Localização do trecho costeiro da Cova-Gala, costa oeste central de Portugal (© Google Earth), com local de deposição de dragados assinalado a cor amarela (superior esquerda). Localização das células sedimentares, Ci, para i:1-5 (direita), e CGS. Esquema das três posições de amostragem por perfil transversal de praia (inferior esquerda).

RESULTADOS

A análise dos resultados (Figura 2) mostrou o seguinte:

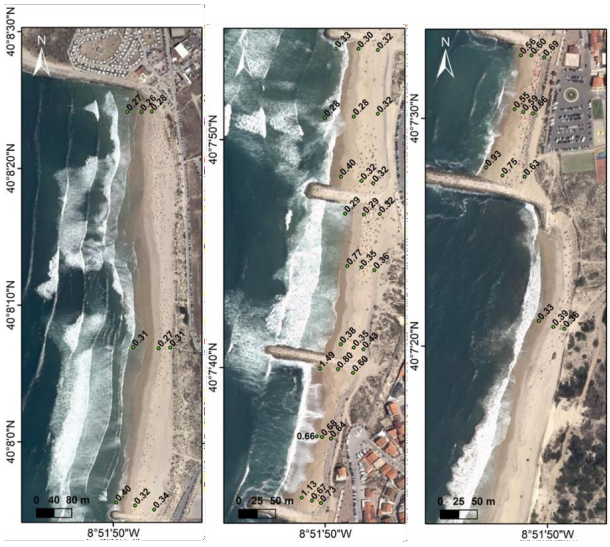
- Há um predomínio de areia de grão médio no trecho da Cova-Gala e uma tendência de aumento do diâmetro mediano dos sedimentos, D_{50}, de norte para sul, até C5;
- O diâmetro médio do grão é 0,49 mm, valor próximo da moda, 0,51 mm. Os sedimentos têm uniformidade granulométrica semelhante, com coeficiente de dispersão pouco variável (entre 1.34 e 1.58 μm). Os menores valores deste coeficiente, que indicam distribuições granulométricas melhor seleccionadas, estão geralmente associados às areias com D_{50} mais baixos;
- Os valores médios de D_{10} e D_{90} são respetivamente 0,30 e 0,83 mm. Os maiores valores destes parâmetros foram observados em C4, onde as médias também são as mais elevadas, tal como a moda, igual a 1,00 mm. Em C4 e C5 predomina areia de grão grosseiro, ao contrário das restantes células, onde predomina areia de grão médio;
- Em cada célula, a percentagem de areia média e fina é maior no setor norte e a percentagem de areia grosseira é maior no setor sul, onde o diâmetro mediano médio é, em geral, superior;
- Relativamente à variabilidade granulométrica no perfil subaéreo, observa-se que a percentagem de areia média e grosseira é, em média, mais elevada na parte superior dos perfis nas cinco células, apesar dos valores do diâmetro mediano e da moda das amostras aumentarem ligeiramente em direção ao mar. Este facto é consentâneo com a proteção conferida pelas estruturas transversais, molhe sul e esporões, a duas escalas espaciais, relativamente à agitação marítima que antecedeu os dias das campanhas de monitorização, quando se registaram ondas com altura significativa e obliquidade (incidência de NW) superior aos valores médios.

CONCLUSÕES

Verifica-se que ao longo do trecho costeiro subaéreo da Cova-Gala os sedimentos se distribuem em conformidade com a proteção conferida pelas estruturas transversais, molhe sul e esporões, relativamente à direção de incidência predominante das ondas. Nas zonas de sombra, imediatamente a sul das estruturas, encontram-se os sedimentos mais finos, os quais têm maior dificuldade em se depositar e são mais facilmente transportados nas zonas a barlamar, dada a maior exposição à ação da onda que aí encontram. A sul do último esporão, dadas as intervenções realizadas para proteção da duna, a distribuição de sedimentos não deverá ser representativa da resposta natural dos mesmos aos agentes hidrodinâmicos

	Global	C1	C2	C3	C4	C5	CGS
Média [mm]	0.49	0.31	0.33	0.39	0.81	0.65	0.37
Moda [mm]	0.51	0.30	0.30	0.38	1.00	0.66	0.30
Dispersão [µm]	1.42	1.34	1.35	1.39	1.58	1.45	1.38
Média D_{10} [mm]	0.30	0.21	0.23	0.25	0.43	0.40	0.26
Média D_{50} [mm]	0.49	0.31	0.32	0.39	0.82	0.66	0.36
Média D_{90} [mm]	0.83	0.47	0.50	0.61	1.60	1.05	0.58
Areia muito grosseira	5.74%	0.27%	0.66%	2.33%	16.21%	10.86%	0.91%
Areia grosseira	29.92%	6.89%	6.67%	17.70%	59.63%	64.04%	13.98%
Areia média	52.73%	68.71%	76.76%	69.23%	16.35%	24.04%	78.44%
Areia fina	10.09%	24.04%	15.63%	10.43%	0.85%	0.63%	6.62%
Areia muito fina	0.04%	0.09%	0.04%	0.08%	0.01%	0.00%	0.02%

	CiPN#	CiPC#	CiPS#	CiPX1	CiPX2	CiPX3
Média [mm]	0.47	0.46	0.55	0.46	0.45	0.56
Moda [mm]	0.57	0.46	0.50	0.44	0.45	0.66
Dispersão [µm]	1.42	1.41	1.44	1.40	1.37	1.49
Média D_{10} [mm]	0.28	0.29	0.34	0.29	0.30	0.31
Média D_{50} [mm]	0.47	0.47	0.54	0.45	0.45	0.57
Média D_{90} [mm]	0.84	0.73	0.91	0.73	0.70	1.06
Areia muito grosseira	3.97%	4.43%	9.18%	4.23%	3.85%	9.15%
Areia grosseira	23.28%	33.01%	34.81%	30.40%	29.91%	29.46%
Areia média	56.92%	51.26%	49.18%	57.18%	52.93%	48.09%
Areia fina	13.21%	10.99%	5.43%	7.92%	12.75%	9.59%
Areia muito fina	0.05%	0.05%	0.03%	0.05%	0.06%	0.02%



Diâmetro do grão [mm]	Classificação
2,000 – 1,000	Areia muito grosseira
1,000 – 0,500	Areia grosseira
0,500 – 0,250	Areia média
0,250 – 0,125	Areia fina
0,125 – 0,063	Areia muito fina

Figura 2. Estatística descritiva dos sedimentos monitorizados na Cova-Gala: por célula sedimentar (quadro, superior esquerda); por posição do perfil e posição no perfil (quadro, superior direita); D50 da amostra (foto aérea, inferior esquerda); classificação em função do diâmetro do grão (quadro, inferior direita).

AGRADECIMENTO

O estudo teve o apoio da FCT, através da bolsa de doutoramento PD/BD/128508/2017 e do projeto MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017), e a colaboração do técnico Simões Pedro.

REFERÊNCIAS

Oliveira, J.N.C.; Oliveira, F.S.B.F.; Teixeira, A.T. and Bertin, X., 2015. Characterization of the wave climate south of the Mondego river mouth. 3rd Conference on Estuarine and Coastal Morphodynamics, Faro, Portugal, CD-ROM, 2 pp.

COMPOSIÇÃO E AMBUNDÂNCIA DE AVES MIGRATÓRIAS NA BAIA DE SÃO MARCOS EM SÃO LUÍS, MARANHÃO – BRASIL

Samantha Barriga Dias, Lucimar Moreira, Luciana Araújo Ferreira, Jose Marinho Mendes

VALE/SA, Brasil, samantha.dias@vale.com

Palavras-chave: monitoramento, aves migratórias, Baia de São Marcos.

INTRODUÇÃO

Situada na porção noroeste da Ilha de São Luis a Baia de São Marcos apresenta um clima tropical quente e úmido, com duas estações: a chuvosa (janeiro a junho), com precipitação pluviométrica média de 1.954mm, e a de estiagem (julho a dezembro) Santos *et al*. 2010. A área é caracterizada por apresentar extensas áreas lamosas com vegetação de mangue em setores localizados na margem esquerda e direita, destaca se também por e áreas de acúmulo de sedimentos de granulometria e textura fina. Os censos populacionais foram realizados em intervalos trimestrais, durante o período de 2018 a 2020, 14 espécies de aves migratórias foram censadas, as espécies abundantes foram *Calidris pusilla*, *Charadrius semipalmatus, Numenius hudsonicus, Pluvialis squatarola e Tringa semipalmata*. As altas abundâncias registradas nesse setor costeiro, reafirmam a importância da zona costeira amazônica como área de importância internacional na conservação de aves migratórias e residentes, observadas por Almeida & Rodrigues 2015.

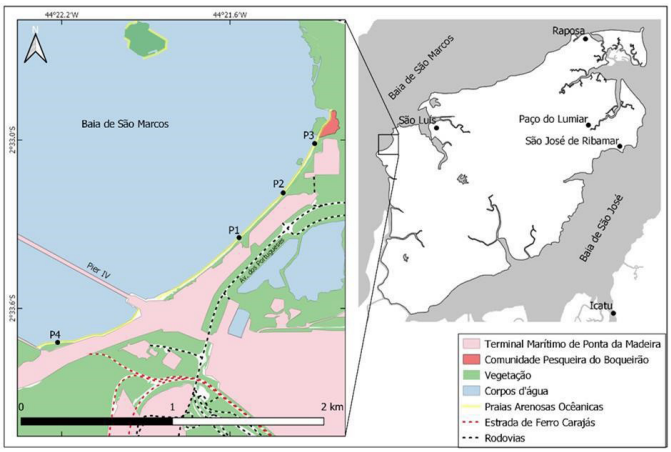


Figura 1. Localização dos pontos de avistagem da Baía de São Marcos (MA).

METODOLOGIA

Coleta de dados

O monitoramento está localizado na praia do Boqueirão, medindo aproximadamente 1,64 Km, delimitada e ao lado direto por uma área de mangue. Os dados foram coletados durante os anos de 2018, 2019 e 2020, sendo realizados quatro campanhas a cada ano. Os censos foram realizados durante diferentes situações de maré, porém para a área de estudos observação ficou mais viável em baixa-mar, que as aves permanecem nas

áreas de alimentação (planícies de maré), enquanto na preamar elas se deslocam para áreas de descanso, como praias arenosas e bancos de areia, ou áreas adjacentes. Os censos foram realizados dez dias por campanha, sendo a observação em cada ponto de 1h30min, considerado um esforço amostral de 60h por campanha.

Análise dos dados

Para determinar a riqueza e abundância da avifauna será utilizado o método de transeções sem largura fixa (BIBBY *et al*., 1992). As áreas foram monitoradas por meio terrestre utilizando o método de contagens segundo Kasprzyk & Harrington (1989). O método consiste em contagem direta quando a população é relativamente pequena; e quando a população é grande, onde se torna inviável a contagem individual, o método aplicado será por estimativa, em que um grupo de dez aves de uma espécie foram registrado pela mente e o restante do grupo contado por grupos de dez.

RESULTADOS

De acordo com o (CBRO, 2011), o Brasil é visitado por 46 espécies de aves limícolas migratórias das quais 14 foram encontradas na Praia do Boqueirão. Essa quantidade de espécies é equivalente quando comparada com censos realizados na ilha do Maranhão (Rodrigues, 2000) (Figura 2).

De acordo com o calendário anual de migração das aves, os meses de março a maio são os meses de preparação e partida das aves para as áreas de reprodução, o que justifica o menor número de indivíduos na Baía de São Marcos. Já nos meses agosto a novembro correspondem ao período de chegada das aves ao Hemisfério Sul e há um aumento na abundância nestes meses (Almeida & Rodrigues, 2015).

Na área de estudo, o ano 2018 teve uma abundância menor em relação aos anos de 2019 e 2020 (Figura 2), a riqueza geral para área foi de quatorze espécies migratórias provenientes do Hemisfério Norte, a espécie *Tringa solitaria* (Wilson, 1813), só foi avistada no ano 2019 e nesse mesmo ano não foi registrado avistamento de *Calidris canutus* (Linnaeus, 1758).

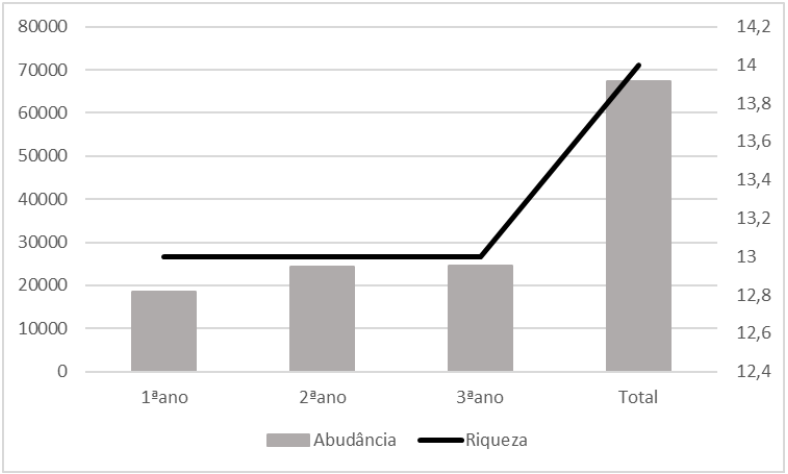


Figura 2 – Gráfico de distribuição da riqueza e abundância das aves migratórias na Baia De São Marcos.

A maior abundância foi registrada nos meses de setembro que coincide com o período no qual as aves migratórias vindas do Hemisfério Norte param no norte e nordeste do Brasil (Figura 3). Utilizando a área para descanso e alimentação, para assim continuarem sua jornada até o sul da América. Os valores de riqueza e abundância são elevados e

condizentes com o esperado para regiões de alta diversidade de espécies. Por sua vez, de um modo geral, as campanhas realizadas em setembro houve um maior número de indivíduos avistados.

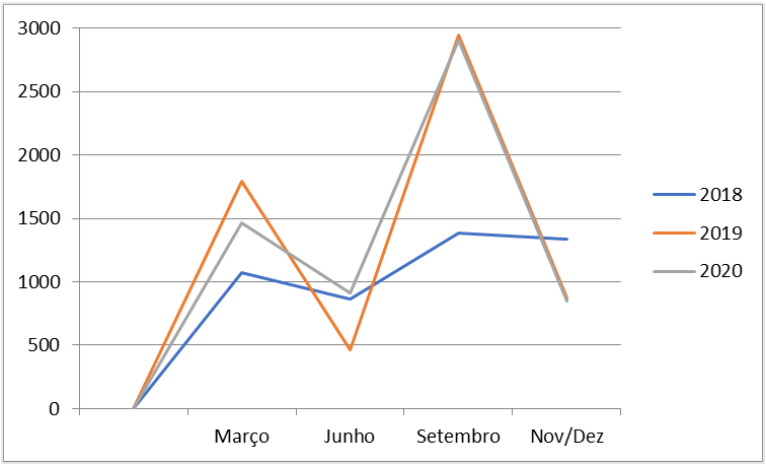


Figura 3 – Gráfico de abundância por mês.

As espécies mais abundantes durante os três anos de estudo foram *Calidris pusilla* (Linnaeus, 1766), *Charadrius semipalmatus* (Bonaparte, 1825), *Numenius hudsonicus* (Latham, 1790), *Pluvialis squatarola* (Linnaeus, 1758) e *Tringa semipalmata* (Gmelin, 1789) (Figura 4 e 5).

A espécie *Calidris pusilla* está classificada como em perigo pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMbio) e quase ameaçado pela Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas (IUCN) (BENNUN *et al*.2018) (Figura 6).

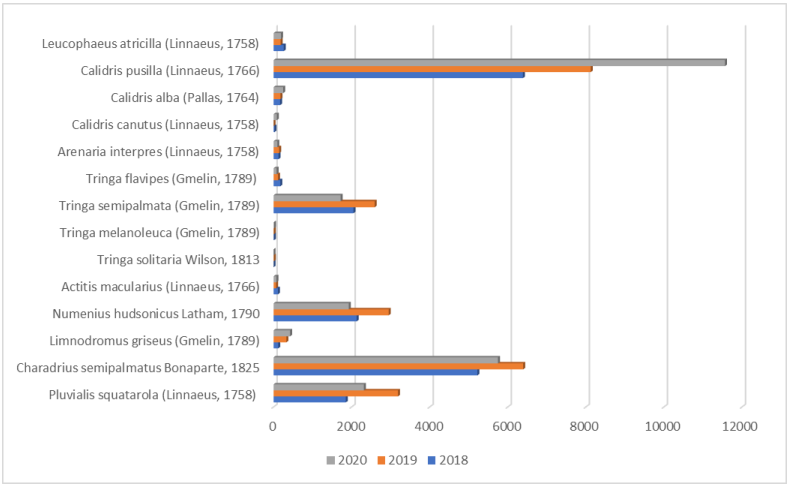


Figura 4 – Gráfico de abundância das espécies migratórias encontradas na Baia de São Marcos.

Os resultados obtidos, neste período de monitoramento, demostram a permanência dos animais nas áreas de mangues e banco de areia. Na preamar apresenta uma faixa de areia observável, sendo utilizada como área de descanso para aves. Isso justifica a maior abundância de indivíduos na área amostral.

A espécies como C. pusilla e C. semipalmatus foram a mais abundante do período

monitorado na Praia do Boqueirão, e as mesmas apresentam flutuações populacional correspondente ao período migratório. A área se mostra importante para as espécies migratórias que visitam a costa Maranhense, pois foram observadas espécies utilizando a área para alimentação e como descanso.

Figura 5. Tringa semipalmata (Gmelin, 1789) Figura 6. Calidris pusilla (Linnaeus, 1766) avistada durante censo realizado no período de avistada durante censo realizado no período de 15 a 26/06/2020.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, B., & RODRIGUES, A. A. F. Abundância sazonal de aves limícolas em área costeira amazônica, praia de Panaquatira, golfão maranhense, Brasil. Ornithologia, 8(1), 38-42. 2015.

BENNUN, Leon *et al*. The value of the IUCN Red List for business decision□making. Conservation Letters, v. 11, n. 1, p. e12353, 2018.

BIBBY, C. J., BURGESS, N. D., & HILL, D. A. Bird census techniques. British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds. 1992.

CBRO, Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Listas das aves do Brasil. 10ª Edição. 2011. KASPRZYK, M. J., & HARRINGTON, B. A. Manual de campo para el estudio de playeros. Red Hemisférica de reservas para aves playeras. Manomet Bird Observatory (MBO), Ensenada. 1989.

MORRISON, R. I. G. Migration systems of some New World shorebirds. Behavior of Marine Animals: current perspectives in research, 1984.

PIACENTINI, V. D. Q., ALEIXO, A., AGNE, C. E., MAURÍCIO, G. N., PACHECO, J. F., BRAVO, G. A., & SILVEIRA, L. F. Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Revista Brasileira de Ornitologia, 23(2), 91-298. 2015.

RODRIGUES, A. A. F. Seasonal abundance of neartic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil. Journal of Field Ornithology, 71(4), 665-675. 2000.

SANTOS, D. P. M; CERQUEIRA, V.P & SOARES, D. dos M. L. Avifauna em seis localidades no CentroSul do Estado do Maranhão, Brasil. Revista Brasileira Ornithologia 4 (1):49-65, dezembro 2010.

DESEMPENHOS DE UMA REDE NEURAL RECORRENTE E DE UM MODELO NUMÉRICO NA PREVISÃO DE NÍVEIS DE ÁGUA NO ESTUÁRIO DO RIO DOURO, PORTUGAL

Willian Melo*, José Pinho, Isabel Iglesias, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, José Vieira, Luísa Bastos, Fernando Veloso-Gomes

Palavras-chave: Redes neurais recorrentes, modelação numérica, aprendizagem profunda.

INTRODUÇÃO

A monitorização e previsão de variáveis hidrodinâmicas é essencial para otimizar a gestão dos recursos hídricos e para implementar sistemas de previsão e alerta. Deste modo, contribui-se para aumentar a resiliência de locais em risco de inundação e para o planeamento territorial pela antecipação de potenciais problemas futuros. Normalmente, utilizam-se metodologias baseadas em modelos numéricos, que já demonstraram a sua eficiência na previsão de impactos de eventos extremos, como as cheias (Iglesias et al. 2019). Contudo, a utilização de modelos numéricos de alta resolução, que são adequados para analisar cenários futuros em escalas locais, exige elevados recursos computacionais, como capacidade de processamento e armazenamento de dados e resultados, o que limita a aplicação destes métodos em plataformas de previsão e alerta, sobretudo para previsão em tempo real. Assim, este trabalho propõe o estudo de modelos baseados em dados, também conhecidos como emuladores de modelos, como as redes neurais recorrentes (RNN - Recurrent Neural Network), com o objetivo de comparar o desempenho de um modelo numérico com dois modelos de RNNs para a previsão do nível de água em Cais dos Banhos, no estuário do rio Douro, Portugal.

METODOLOGIA

Foram utilizados registos de níveis da água na estação de Cais dos Banhos e de caudais efluentes na barragem de Crestuma-Lever (base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos da Agência Portuguesa do Ambiente), necessários para configurar os modelos criados. Foram ainda utilizados dados da batimetria do estuário do Douro, provenientes do Instituto Hidrográfico.

O modelo numérico do estuário do rio Douro foi configurado no *software* Delft3D (D3D) e apresenta duas fronteiras abertas, uma fluvial localizada em Crestuma-Lever, onde se impõem os caudais efluentes da barragem e a outra no Oceano Atlântico, onde se consideram os níveis de maré estimados com base nos respetivos constituintes harmónicos. Ressalta-se que está definição da fronteira oceânica não considera os níveis reais que podem ser afetados pelas marés meteorológicas, que, em situações de baixas pressões e/ou agitação energética, pode alcançar níveis pelo menos 0.5 metro superior. Para calibrar o modelo, utilizou-se a ferramenta OpenDA (Garcia *et al*. 2015), que permite ajustar os valores dos parâmetros automaticamente, através da minimização das diferenças entre os dados observados e os resultados do modelo. Foram calibrados constituintes harmónicos da maré e o coeficiente de rugosidade de Manning.

Para os emuladores, optou-se por utilizar a arquitetura de RNN com memória de longo prazo, conhecida por LSTM, atendendo à sua adaptabilidade para tratar séries de dados temporais (Aggarwal 2018). Utilizou-se, de forma a facilitar a configuração das RNNs, o framework Deep *Learning Toolbox*, disponível no MATLAB. As RNNs foram configuradas com cinco camadas, sendo uma camada de entrada de dados, duas camadas totalmente conectadas, uma camada *LSTM* e uma camada de regressão.

A primeira RNN (WL) prevê o nível da água no Cais dos Banhos a partir da elevação de água da hora anterior e a segunda RNN (WL-Q) considera, além do nível anterior, o caudal de CrestumaLever do mesmo período. Para o modelo WL, utilizaram-se cerca de 200 mil observações de nível no Cais dos Banhos, com frequência horária, para o período de 2002 a 2015, sendo que 75% destas foram utilizadas para treinar a rede e 25% para a validar. Para o modelo WL-Q, utilizaramse cerca de 70 mil observações, mantendo as proporções de dados de treino/validação. Ressaltase que o número de dados utilizados no segundo modelo foi menor, pois havia menos dados disponíveis de caudal, pelo que a análise se restringiu apenas aos dados de Cais dos Banhos com datas coincidentes.

Por fim, os modelos foram testados na simulação de uma cheia ocorrida a 11 de janeiro de 2016, cujo caudal de pico foi de 7300 m³/s, o equivalente a uma cheia com período de retorno de cerca de 9 anos, em conformidade com a respetiva distribuição de Gumbel dos caudais de cheia.

RESULTADOS

A figura 1 apresenta os resultados de níveis da água em Cais dos Banhos obtidos pelos modelos durante a cheia de janeiro de 2016. Observa-se que o modelo que mais se aproximou dos valores observados foi o WL. O D3D foi o que apresentou pior resultado nas previsões, porém foi o segundo melhor a prever o nível máximo alcançado. Apesar disso, verifica-se um desvio significativo dos resultados do D3D após a ocorrência do nível máximo, o que não ocorreu com os resultados obtidos pelos emuladores.

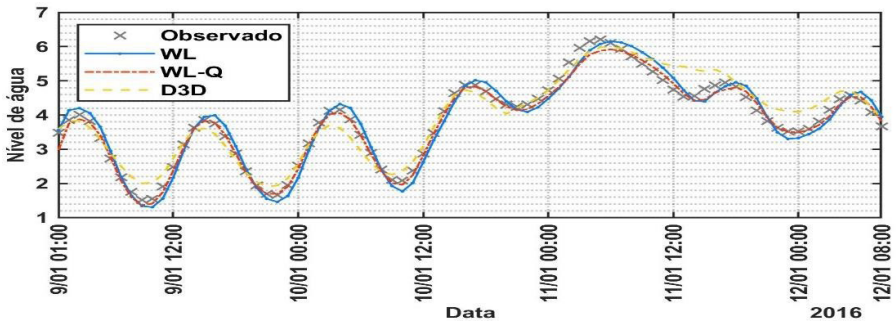
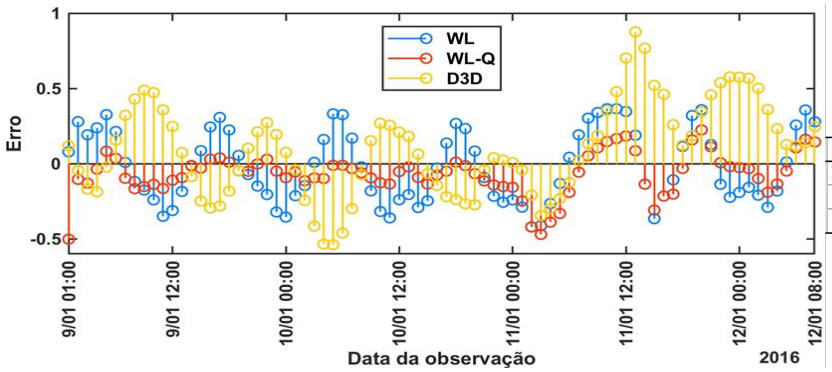


Figura 1. Comparação dos resultados de níveis da água dos modelos com os níveis observados.

A figura 2 apresenta a diferença entre os níveis previstos pelos modelos e o nível observado, bem como três métricas que permitem comparar os modelos: a raiz quadrada da média dos erros quadrados (RMSE), o viés e o coeficiente de correlação de Pearson (p). No gráfico é possível notar que o modelo D3D sobrestimou a maioria dos valores observados, principalmente após o nível máximo. Esta afirmação é confirmada pelo viés do modelo de 0.099 m. Os dois emuladores, por sua vez, subestimaram os níveis observados, sendo que o viés do modelo WL foi de -0.017 m e o do WL-Q foi de -0.064 m. Além disso, a comparação dos coeficientes de Pearson confirma que o modelo que melhor simulou o período de cheia analisado foi o WL.

O melhor desempenho na previsão pelo modelo WL deve-se muito provavelmente à maior quantidade de dados disponíveis para treinar o algoritmo. O desempenho de uma rede neural é melhor quanto maior for o conjunto de dados disponíveis na etapa de treino. Deste modo, apesar do modelo WL considerar apenas o nível da água na hora anterior, a quantidade de dados disponíveis foi suficiente para compensar a falta de outras informações que influenciam o nível em Cais dos Banhos, como o caudal efluente em Crestuma, considerado pelo modelo WL-Q. O desempenho do modelo WL-Q foi superior ao do D3D, o que mostra que a aplicação de métodos de emulação pode alcançar bons resultados na previsão de variáveis hidrodinâmicas.



	WL	WL-Q	D3D
RMSE	0.2399	0.3026	0.3252
Viés	-0.0171	-0.0636	0.0985
p	0.9827	0.9686	0.9655

Figura 2. Erro dos modelos nas previsões de nível em Cais dos Banhos.

CONCLUSÕES

Este trabalho comparou o desempenho de um modelo numérico com o desempenho de duas RNNs com memória de longo prazo na previsão de níveis de água no Cais dos Banhos, no estuário do rio Douro. Enquanto os modelos numéricos consideram o processo físico subjacente ao fenómeno em estudo, dependendo de informações como a batimetria, coeficiente de atrito, entre outros parâmetros, os emuladores consideram apenas a relação matemática entre os dados de entrada e saída, considerando apenas de forma implícita as leis físicas que regem o fenómeno em estudo.

Assim, afirma-se que as RNNs apresentaram desempenho superior ao modelo numérico aplicado na previsão de nível no Cais dos Banhos, sendo alternativas interessantes para estudar variáveis hidrodinâmicas em áreas onde não existam informações suficientes que permitam configurar um modelo numérico. Contudo, o desempenho dos emuladores é afetado diretamente pela quantidade de dados disponíveis para treinar o algoritmo, o que realça a importância da monitorização de variáveis hidrodinâmicas para a configuração de modelos preditivos.

AGRADECIMENTOS

Esta contribuição foi financiada pelo projeto EsCo-Ensembles (PTDC/ECI-EGC/30877/2017), cofinanciado pelo Norte2020, por Portugal 2020 e pela União Europeia através do FEDER e pela FCT através de fundos nacionais e da bolsa no |âmbito da bolsa de doutoramento com referência SFRH/BD/151383/2021 de Willian Melo. Foi ainda apoiada por verbas nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, no âmbito de UIDB/04423/2020 e UIDP/04423/2020.

REFERÊNCIAS

Aggarwal, Charu C. 2018. *Neural Networks and Deep Learning*. *Artificial Intelligence*. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94463-0.

Garcia, Mariangel, Isabel Ramirez, Martin Verlaan, and Jose Castillo. 2015. 'Application of a Three-Dimensional Hydrodynamic Model for San Quintin Bay, B.C., Mexico. Validation and Calibration Using OpenDA'. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 273 (January): 428–37. https://doi.org/10.1016/J.CAM.2014.05.003.

Iglesias, Isabel, S. Venâncio, J. L. Pinho, P. Avilez-Valente, and J. M. P. Vieira. 2019. 'Two Models Solutions for the Douro Estuary: Flood Risk Assessment and Breakwater Effects'. *Estuaries and Coasts* 42 (2): 348–64. https://doi.org/10.1007/s12237-018-0477-5.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RASTREAMENTO DA POLUIÇÃO EM ÁGUAS COSTEIRAS COM O BRAZILIAN SEA OBSERVATORY

Daniel Constantino Zacharias*, Guilherme Augusto Stefanelo Franz, Hilda de Pablo Leonardo, Mauricio Almeida Noernberg, Janini Pereira, Clemente Augusto Souza Tanajura, Ramiro Joaquim de Jesus Neves

Universidade de São Paulo, Brasil, e-mail: danizach@gmail.com

Palavras chave: Brazilian Sea Observatory, REMO, MOHID, STFM.

INTRODUÇÃO

A poluição das zonas costeiras brasileiras é um problema ambiental grave que afeta diversas espécies marinhas atingidas pelo lançamento de plásticos e petroderivados no oceano (Ivar do Sul *et al*. 2011 e 2013, Zacharias *et al*. 2020 e 2021).

Eventos de derramamento de petróleo de autoria desconhecida como o ocorrido em 2019 na costa nordeste do Brasil (Zacharias *et al*. 2021) e os consecutivos relatos de sufocamento de espécies marinhas com plástico (Andrades *et al*. 2021) são exemplos significativos da necessidade de rastrear os pontos de origem da poluição marinha e planejar ações para minimiza-las. Nesse contexto, o desenvolvimento de um modelo capaz de determinar a trajetória e o intemperismo da poluição marinha dentro da plataforma do *Brazilian Sea Observatory (BSO)*[1] proporciona uma importante ferramenta para auxiliar no combate à poluição marinha.

O novo modelo lagrangeano do MOHID e o Spill, Transport and Fate Model (STFM) (Zacharias *et al*. 2018, 2021) foram utilizados no desenvolvimento das ferramentas de simulação de trajetória e intemperismo do óleo derramado. Os lançamentos de óleo no oceano podem apresentar destinos e comportamentos diferentes em função das condições oceânicas e atmosféricas, como consequência, as simulações da trajetória de óleo dependem muito da qualidade das previsões dos modelos hidrodinâmicos.

O *Brazilian Sea Observatory (BSO)* é uma iniciativa que teve início com recursos do programa User Uptake do Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) e prevê o desenvolvimento de sistemas operacionais de modelagem hidrodinâmica de alta resolução espacial para a costa do Brasil e de uma plataforma WebGIS para visualização das previsões de modelos da escala global para a escala costeira, de dados in-situ e de sensoriamento remoto, e de posições de navios em tempo real (Figura 1). Atualmente, o sistema utiliza as previsões hidrodinâmicas do CMEMS para o oceano Atlântico e modelos costeiros de maior resolução do BSO quando o óleo se encontra próximo à costa, considerando assim a conectividade entre o oceano aberto, plataforma continental e sistemas costeiros.

O desenvolvimento inicial do BSO foi coordenado pelo Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em colaboração com o grupo de pesquisa MARETEC do Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade de Lisboa e com a empresa de consultoria e engenharia EnvEx. A continuação do BSO está a ser apoiada com recursos financeiros fornecidos pela da Marinha do Brasil para um novo projeto

1 https://brazilianseaobservatory.org/

em parceria com o Centro de Hidrografia (CHM) da Marinha, rede REMO, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto de Meteorologia do Paraná (SIMEPAR).

O objetivo desse estudo é avaliar os resultados do modelo lagrangeano adotado pelo BSO a partir de previsões hidrodinâmicas do CMEMS e da REMO e de dados de boias de deriva.

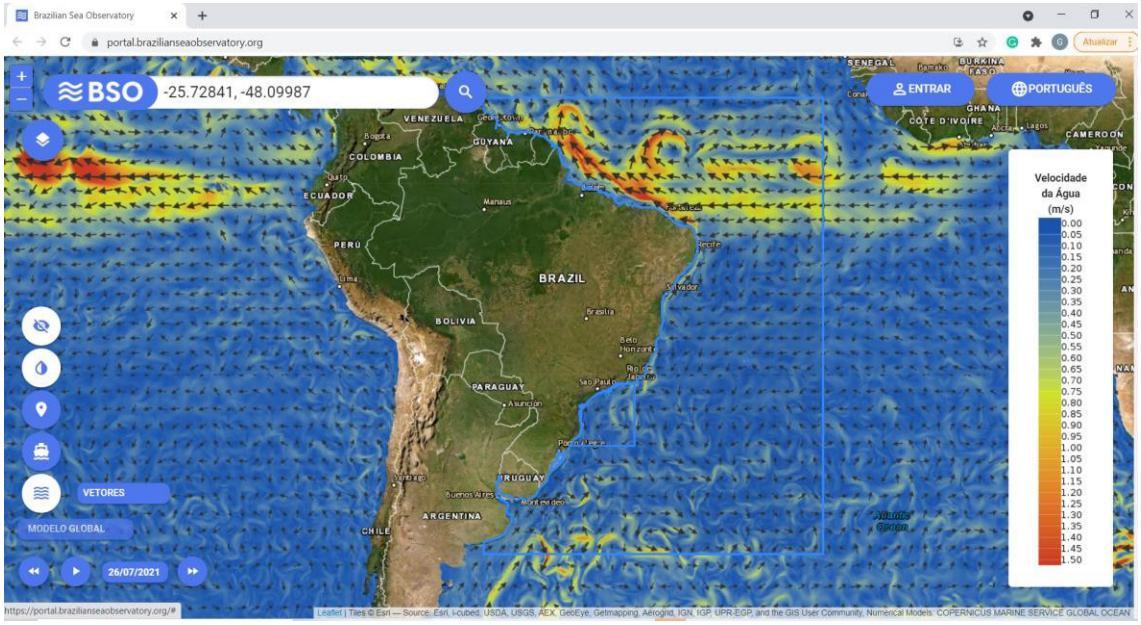


Figura 1. Domínio definido para simulações da deriva de óleo na plataforma do BSO..

METODOLOGIA

Atualmente, a base hidrodinâmica conta com o sistema operacional do CHM que possui duas grades aninhadas, uma de 1/12o sobre quase todo o Oceano Atlântico e parte do Oceano Índico e outra de 1/24o com maré que inclui a METAREA V. Ambas as grades são configuradas com 32 camadas verticais. Os forçantes atmosféricos são o GFS para a grade de 1/12o e o COSMO para a grade 9 de 1/24o. Assim sendo, o CHM conta hoje com 2 sistemas operacionais de grades aninhadas baseados no HYCOM, utilizados nos modelos de derramamento de óleo. Os resultados serão comparados também com as previsões disponibilizadas pelo CMEMS.

O CMEMS disponibiliza 10 dias de previsões do modelo global Mercator com 1/12o e 50 camadas verticais que variam de 0 a 5500 metros. Este produto inclui arquivos médios diários e mensais para todas as profundidades e campos de superfície médios horários. Este produto também oferece um conjunto de dados especial para corrente de superfície que também inclui a deriva por ação de ondas e maré chamado SMOC (Surface merged Ocean Current).

A validação dos modelos foi feita com dados de boias de deriva para o ano de 2019 na METAREA V fornecidos pelo CMEMS, seguindo a metodologia descrita por Chang (CHANG e HANNA, 2004) para avaliação do desempenho de modelos ambientais.

A avaliação mais usual do desempenho de modelos de transporte é através da comparação entre os resultados do modelo e as observações ambientais, ou ainda entre modelos de referência e simulações independentes (CHANG e HANNA, 2004 e ZACHARIAS *et al*. 2018).

RESULTADOS

Inicialmente, o estudo de caso realizado foi o derramamento de petróleo ocorrido na costanordeste do Brasil em 2019. Nessa simulação, foram avaliadas 1000 trajetórias de deriva. Osresultados das trajetórias dos Elementos Lagrangeanos foram comparados com as posições dechegada do óleo na costa brasileira para verificar a eficiência da simulação em representar oeventoocorrido.

O modelo foi utilizado no modo probabilístico para verificar os índices de acerto das simulaçõesao longodomêsdejunhoeselecionarosresultadoscom maiorcorrelaçãolinear(R).

Os resultados dos testes probabilísticos iniciais utilizando o HYCOM e o STFM para um dosprováveis pontos de lançamento do óleo mostraram bons níveis de desempenho estatístico(**Tabela1**)quandocomparadosàfrequênciadechegadadeóleonacosta(**Figura2**).

Tabela 1: Datas prováveis do derramamento na área de teste do modelo, segundo os critérios de melhor desempenho na avaliação do modelo.

TIPO DO OLEO	DATA	FB	MG	NMSE	VG	R	FAC2
Non-Floating Oil	15/Jun	0.72	2.09	3.46	2.25	0.76	0.24
	16/Jun	0.78	2.27	3.67	2.30	0.77	0.20

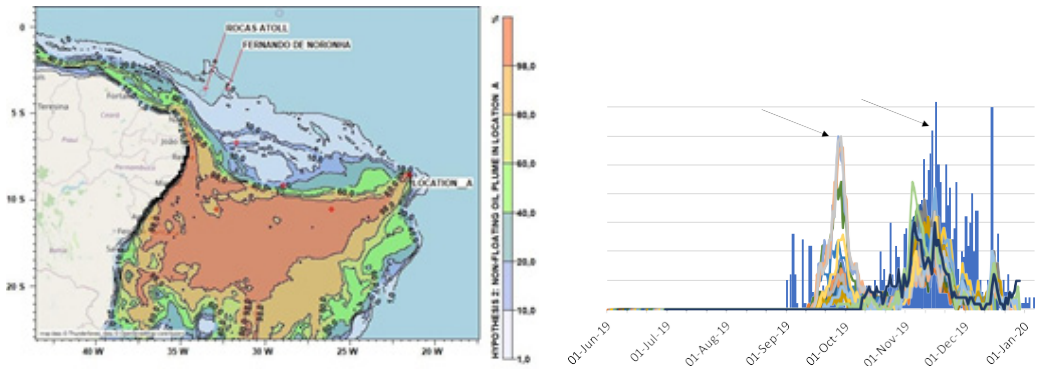


Figura 2. Isolinhas de probabilidade da trajetória do óleo derramado a partir do possível ponto de lançamento, com respectivos gráficos de chegada de óleo na costa para cada simulação probabilística realizada.

CONCLUSÕES

O sistema ainda está em fase inicial de testes, mas já apresenta resultados muito promissores para fazer o rastreamento de poluentes marinhos (petróleo, lixo plástico, etc), seja para descobrir a fonte/origem do poluente, ou para fazer a previsão de destino desse poluente e determinar as áreas de potencial impacto ambiental/contaminação.

O modelo conseguiu representar correlação de 70% com os primeiros 1000 registros de chegada de óleo na costa brasileira durante o derramamento de 2019, esse resultado é bastante expressivo, ainda mais considerando todas as incertezas que cercam esse episódio.

As melhorias previstas para serem implantadas no BSO ao longo dos próximos meses devem contribuir para aumentar ainda mais a qualidade das simulações, refinando os resultados apresentados. A inclusão dos dados das boias de deriva na calibração dos modelos (prevista para os próximos meses) será utilizada para determinar a melhorar a resolução das trajetórias das manchas de óleo com o STFM.

REFERÊNCIAS

ANDRADES, R., TRINDADE, P.A.A., GIARRIZZO, T. (2021). A novel facet of the impact of plastic pollution on fish: Silver croaker (Plagioscion squamosissimus) suffocated by a plastic bag in the Amazon estuary, Brazil, Marine Pollution Bulletin, (166), 112197. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112197

CHANG, J. C.; HANNA, S. R. Air quality model performance evaluation. Meteorology and Atmospheric Physics 87 (1), p. 167-196, 2004.

FRANZ, G.A.S., LEITÃO, P., SANTOS, A.D., JULIANO, M., NEVES, R. (2016). From regional to local scale modelling on the south-eastern Brazilian shelf: case study of Paranaguá estuarine system. Braz. j. oceanogr., 64, 277-294. doi: 10.1590/S1679-875920161195806403

IVAR DO SUL, J.A., SANTOS, I.R., FRIEDRICH, A.C., MATTHIENSEN, A., FILLMANN, G. (2011). Plastic Pollution at a Sea Turtle Conservation Area in NE Brazil: Contrasting Developed and Undeveloped Beaches. Estuaries and Coasts 34, 814–823 (2011). Doi: 10.1007/s12237-011-9392-8

IVAR DO SUL, J.A., COSTA, M.F. (2013). Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit. Journal of Coastal Research 2 January 2013; (65 (10065)): 48–53. Doi: 10.2112/SI65-009.1

ZACHARIAS, D.C., REZENDE, K.F., FORNARO, A. (2018). Offshore petroleum pollution compared numerically via algorithm tests and computation solutions. Ocean Engineering, 151, 191-198. doi:10.1016/j.oceaneng.2018.01.007

ZACHARIAS, D.C., & FORNARO, A. (2020). Brazilian offshore oil exploration areas: an overview of hydrocarbon pollution. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 20. doi:10.4136/ambi- agua.2569

ZACHARIAS, D.C., GAMA, C.M., FORNARO, A. (2021). Mysterious oil spill on Brazilian coast: Analysis and estimates., Marine Pollution Bulletin, 165, 2021, 112125, ISSN 0025-326X, doi:10.1016/j.marpolbul.2021.112125.

DO OCEANO PROFUNDO À REGIÃO COSTEIRA: ABORDAGEM DE ANINHAMENTO DOS PRODUTOS DE ONDA DO COPERNICUS MARINE SERVICE NO DELFT3D-WAVE PARA A BAIXADA SANTISTA

Renan Braga Ribeiro*, Matheus Souza Ruiz, Aline Cardinale de Araujo de Oliveira, Alexandra F. P. Sampaio, Celia Regina de Gouveia Souza

** Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas, Universidade Santa Cecília, Brasil. renanribeiro@unisanta.br*

Palavras chave: Modelagem de Ondas; Espectro de ondas; Aninhamento; Delft3D-WAVE.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios na modelagem oceânica é a previsão precisa das condições das ondas próximas à costa, necessária para estudos de impacto ambiental, de obras de proteção, de erosão e transporte de sedimentos, também desempenha um papel igualmente importante na navegação e em sistemas de alertas (Wornom *et al*., 2001). Tradicionalmente, para representar as diversas escalas espaciais características das ondas que se propagam de águas profundas para águas rasas é empregada uma técnica de aninhamento, na qual as ondas são simuladas em uma grade numérica de grande escala que fornece condições de fronteira para grades mais refinadas. Essas condições de fronteira devem ser, idealmente, impostas na forma de espectros direcionais de onda (espectros 2D). Existem diversas instituições fornecendo resultados de *hindcast* e previsão de onda com boa resolução espacial na escala global, dentre elas o *Copernicus Marine Service* (CMS), com o modelo de ondas MFWAM, e a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), com o modelo WAVEWATCH III. Entretanto, devido à enorme quantidade de espaço necessária para armazenar espectros 2D em cada ponto de um modelo de escala global, esses modelos numéricos podem não ter quaisquer saídas espectrais localizadas perto o suficiente da região de interesse. Assim, sendo necessário utilizar os parâmetros calculados a partir do espectro de ondas, como altura significativa (Hs), período de pico (Tp) e direção da onda, para impor em grades mais refinadas. Este trabalho tem como objetivo avaliar duas abordagens de cálculo do espectro 2D, com base no produto do CMS, para utilização como forçantes às grades mais refinadas na região da Baixada Santista.

METODOLOGIA

Para simular a propagação das ondas na região da Baixada Santista foram elaboradas quatro grades numéricas, a saber: a primeira abrange toda a região costeira do Estado de São Paulo (grade SP), com espaçamento horizontal de aproximadamente 2km; a segunda abrange a região da Baixada Santista, com espaçamento de 520m; a terceira detalha a Baía de Santos, com 130m de espaçamento; e a quarta se aninha com a Praia da Enseada no Guarujá, com 100m (Figura 1). Essas grades foram processadas com o modelo Delft3D-WAVE para o período de 10/05 a 11/06/2018, mesmo intervalo de tempo com dados medidos em três locais (Enseada, Palmas e PNBOIA, Figura 1), considerando dois cenários distintos variando em função da forçante na borda oceânica. Os resultados foram comparados com esses dados medidos. Os dados de vento do *NCEP Climate Forecast System* – CFSv2 (Saha *et al*., 2014) foram utilizados como forçantes a essas grades. Para forçar as bordas oceânicas da grade SP foram obtidos os resultados do modelo de ondas global, disponibilizado pelo CMS (Dalphinet *et al*., 2020), nos pontos

de grade concomitantes à borda da grade SP. Para as condições nas bordas oceânicas do cenário 1 (C1) foram calculados os espectros 2D com base na função de densidade espectral JONSWAP (Hasselmann *et al*., 1973), usando os parâmetros Hs, Tp e direção média. No cenário 2 (C2) também foram calculados os espectros 2D JONSWAP, entretanto utilizando as partições do espectro total, especificamente vagas (*wind wave*) e marulho (*swell*) primário e secundário, considerando a contribuição somada desses componentes independentes, conforme proposto por Garcia-Gabin (2015).

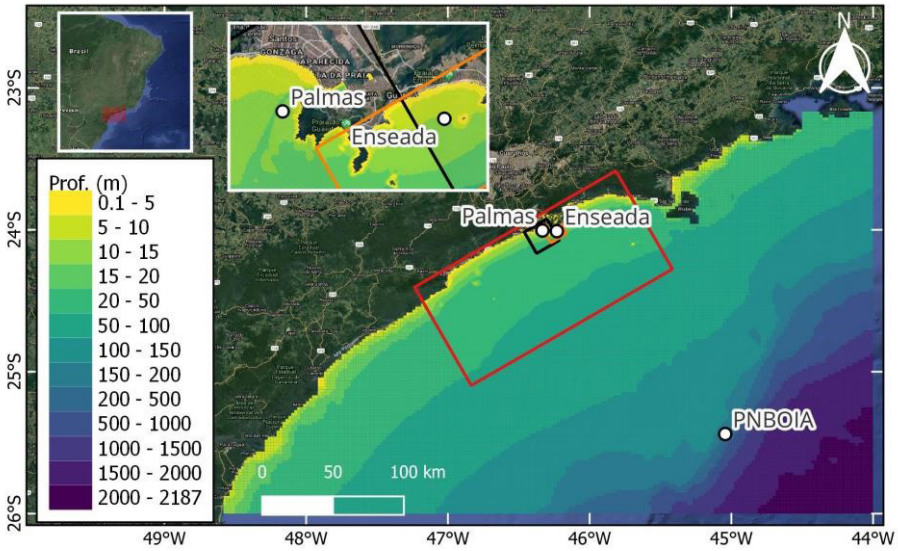


Figura 1: Grades numéricas simulados com o Delft3D-WAVE, com batimetrias associadas.

RESULTADOS

Ambas as simulações apresentaram bons resultados, representando os eventos mais energéticos do período simulado (~20/05 e ~03/06). Os índices de concordância variaram entre 0,81-0,93 e os vieses entre 0,08-0,49m para a Hs; o C2 obteve melhores resultados considerando todos os pontos e indicadores comparativos para Hs (Tabela 1 e Figura 2). Para o Tp, o C1 apresentou melhores resultados em cinco de nove comparações, e para direção da onda o C1 apresentou melhores resultados em quatro de seis comparações.

CONCLUSÕES

No geral, a simulação do Cenário 2, com as condições de borda utilizando as partições do espectro, apresentou melhores resultados, principalmente para Hs. No entanto, ambas as simulações apresentaram elevada concordância com os dados medidos, demostrando que a utilização dos produtos do *Copernicus Marine Service* para simulação da propagação de ondas em grades aninhadas na região da Baixada Santista apresenta bons resultados, o que indica que podemos adotar ambas abordagens como solução para simulações de cenários futuros, *hindcast* e simulações operacionais na região.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo nº 2018/146010, e à CAPES (processo nº 88887.147715/2017-00), pelo suporte financeiro à pesquisa.

Tabela 1: Valores de Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM), Índices de Concordância (IC) e Viés obtidos com as simulações do Cenário 1 e 2 (C1 e C2) com o Delft3D-WAVE.

Parâmetro	Ponto	REQM		IC		Viés	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
Hs	Enseada	0,36m	**0,27m**	0,89	**0,93**	0,19m	**0,08m**
	Palmas	0,38m	**0,34m**	0,90	**0,91**	0,23m	**0,19m**
	PNBOIA	0,68m	**0,51m**	0,81	**0,88**	0,49m	**0,35m**
Tp	Enseada	**3,04s**	3,24s	**0,59**	0,56	**2,27s**	2,41s
	Palmas	2,94s	**2,67s**	0,56	**0,63**	**0,19s**	0,89s
	PNBOIA	**3,40s**	3,00s	0,61	**0,69**	1,38s	**1,08s**
Dir	Enseada	**9,5°**	10,9°	**0,89**	0,85	**7,1°**	8,9°
	Palmas	-	-	-	-	-	-
	PNBOIA	35,8°	**35,4°**	0,86	**0,87**	**-2,3°**	-2,8°

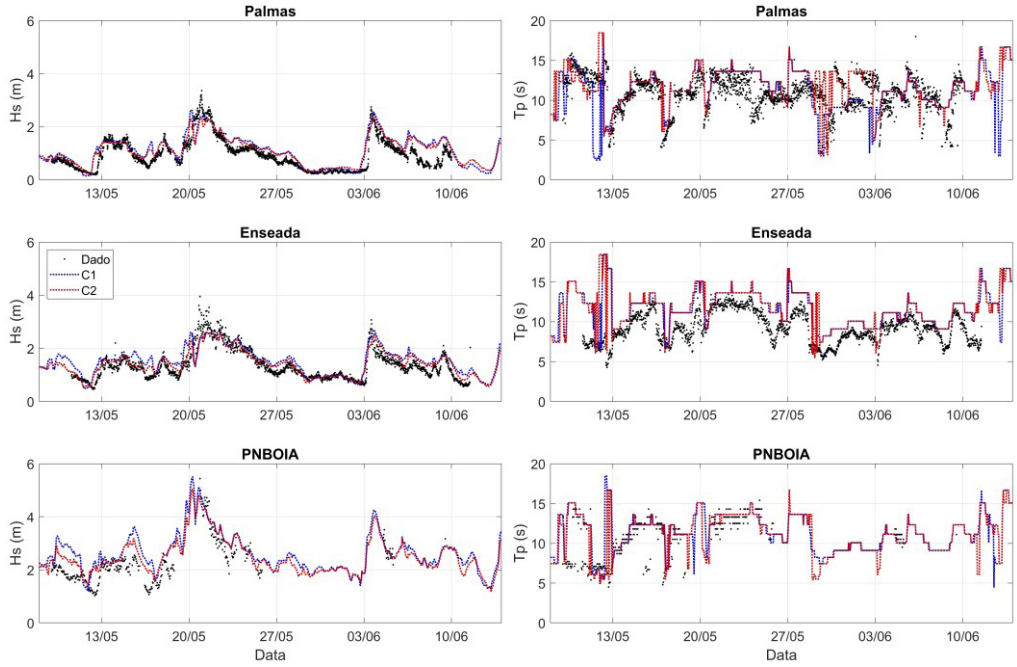


Figura 2: Comparação da altura significativa da onda (Hs) e período de pico (Tp) simulados no Cenário 1 (C1, em azul) e 2 (C2, em vermelho) com os dados medidos nos pontos Enseada, Palmas e PNBOIA (pontos em preto).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dalphinet, A., Aouf, L., Law-Chune, S., Fernandez E. (2020). *For GLOBAL Ocean Waves Analysis and Forecasting Product GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_WAV_001_027*. Product User Manual. Acessado em: 22 set. 2021. Disponível em: https://catalogue.marine.copernicus.eu/

Garcia-Gabin, W. (2015). Wave bimodal spectrum based on swell and wind-sea components. *IFACPapersOnLine*, 48(16), 223-228.

Hasselmann, K. F., Barnett, T. P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D. E., Eake, K., ... & Walden, H. (1973). Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergaenzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift*, Reihe A.

Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., ... & Becker, E. (2014). The NCEP climate forecast system version 2. *Journal of climate*, 27(6), 2185-2208.

Wornom, S. F., Welsh, D. J., & Bedford, K. W. (2001). On coupling the SWAN and WAM wave models for accurate nearshore wave predictions. *Coastal engineering journal*, 43(03), 161-201.

ENERGIA RENOVÁVEL DE ONDAS OCEÂNICAS: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE ONDAS AO LARGO DO ACESSO À BAÍA DE GUANABARA

R. C. Vieira*, L. P. F. Assad, M. Shadman, L. Landau

*LAMCE/COPPE/UFRJ, Brasil, rafael.campos@coc.ufrj.br

Palavras chave: Energia de ondas, Modelagem numérica, Baía de Guanabara.

Com a crescente demanda por energia e com o impacto ambiental causado pela geração de energia convencional, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis desempenhará um papel vital no futuro sustentável da sociedade (Zheng, 2017). A energia das ondas oceânicas oferece um recurso renovável com a vantagem de ser previsível com vários dias de antecedência, consistente ao longo do dia e da noite, e significativamente maior em sua densidade energética em comparação com as energias eólica e solar (Lehmann, 2017). No entanto, antes que a energia das ondas possa ser aproveitada para a produção de energia elétrica, suas características devem ser totalmente avaliadas, assim como sua viabilidade econômica e técnica (Zheng, 2017). A modelagem numérica tem sido aplicada de forma ampla em estudos relacionados à conversão de energia das ondas em energia elétrica. SILVA *et. al*. (2013) utilizou modelagem numérica para avaliar diferentes tecnologias de conversão de energia das ondas ao longo da costa de Portugal. Contudo, neste trabalho propomos realizar uma avaliação do recurso de energia das ondas ao longo da costa da região Sul da cidade do Rio de Janeiro, junto à entrada da Baía de Guanabara.

WAVEWATCH III (WW3) (WW3DG, 2019) e SWAN (BOOIJ, R. C., 1999) são modelos numéricos de propagação de ondas no oceano. Ambos os modelos resolvem a equação do balanço de densidade da ação espectral de fase aleatória, dada por:

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{Stot}{\sigma'}$$

onde σ é a frequência relativa e ***N*** é o espectro de densidade de ação. O termo $\mathbf{S_{tot}}$ representa a fonte e sumidouro de energia, e expressa fenômenos físicos como a forçante atmosférica, dissipação por *whitecapping,* interações não lineares onda-onda, dissipação de energia por atrito com o fundo e dissipação por quebra induzida pelo fundo. Contudo, foi desenvolvido um sistema de hindcast utilizando os dois modelos, onde o modelo global WW3 possui quatro grades computacionais aninhadas. A grade de maior resolução fornece informações de contorno para a grade computacional do modelo regional SWAN. O WW3 foi forçado com campos atmosféricos de vento e cobertura de gelo marinho disponibilizados pelo projeto Reanalysis ERA5 (Hersbach H, Bell B, Berrisford P, *et al*., 2020), do Copernicus Climate Change Service. Tais dados, possuem resolução espacial de 2° (graus) e temporal de 3 horas (h). Como condição de contorno para o WW3 foi utilizada uma batimetria do modelo global digital de topografia ETOPO1. O SWAN foi configurado com uma batimetria de 100 m de resolução produzida a partir de informações de cartas náuticas e folhas de bordo disponibilizadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. O período de simulação abrange os anos de 2017 e 2018. O SWAN produziu como resultados os seguintes parâmetros de ondas: altura significativa (Hs), período de pico (ou período energético) (Tp=Te), direção média (DIR), transporte de energia (Tx e Ty) e comprimento (L). Diagramas de distribuição conjunta de Hs e Te foram gerados para estimar a frequência de ocorrência do estado de mar em um ponto específico do domínio. Os resultados foram

avaliados de forma sazonal. Foi realizada a comparação dos parâmetros de Hs e Tp com os mesmos parâmetros registrados pela boia meteoceanográfica RJ3(22°58'59.10"S, 43°10'28.10"O) do Projeto Simcosta.

Neste resumo são apresentados resultados das médias anuais de energia de ondas em killowatt por metro (kW/m). Além disso, apresentamos também uma sutil avaliação do desempenho do modelo SWAN. A figura 1 apresenta a distribuição espacial da média anual da energia de ondas na região de estudo. Podemos observar valores de até 9 kW/m na área mais externa à costa. Na figura 2 podemos observar a comparação entre as séries temporais de Hs calculado através do modelo SWAN e registrado pela boia RJ3. Nota-se que o modelo subestima os maiores valores, mas representa adequadamente o padrão de variação ao longo do período avaliado. Na figura 3 podemos observar disparidade na comparação entre as séries temporais de Tp. Tal característica pode ser associada à influência de variáveis não consideradas nas simulações.

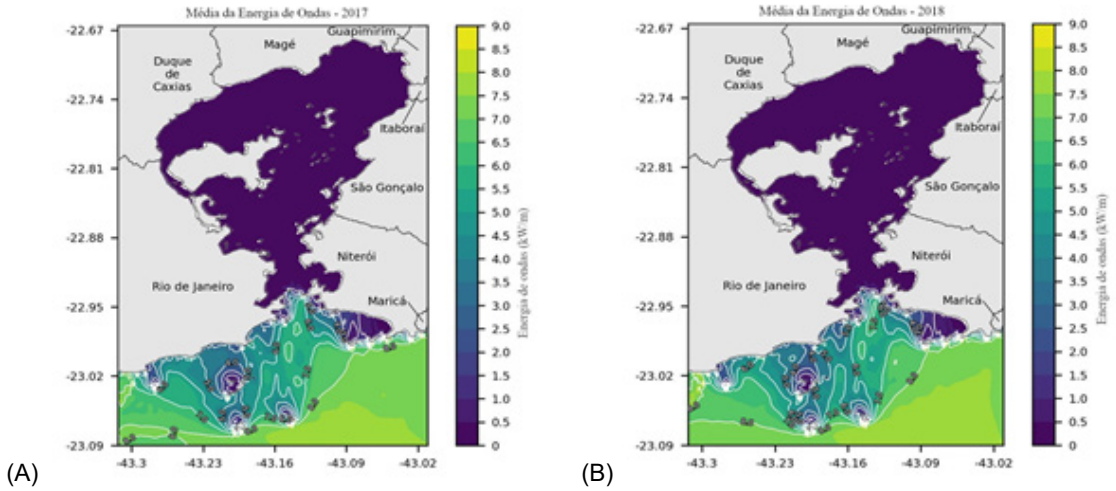


Figura 1: Distribuição espacial da média anual da energia de ondas. (A) ano de 2017; (B) ano de 2018.

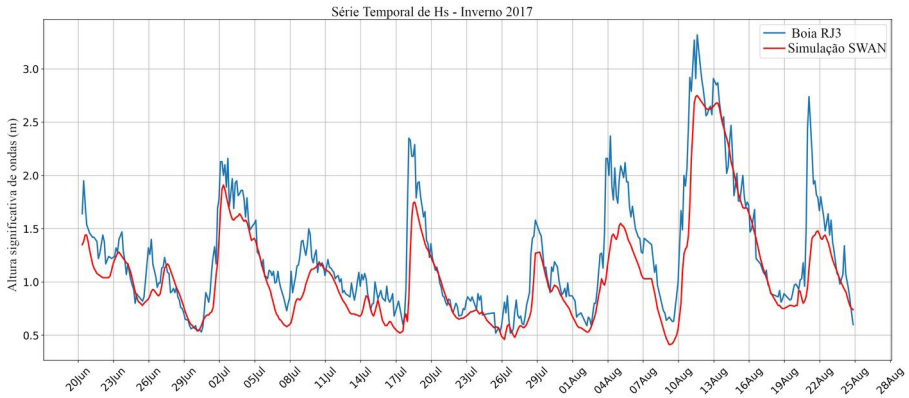


Figura 2: Comparação das séries temporais do parâmetro de Hs calculado através do modelo e registrado pela boia.

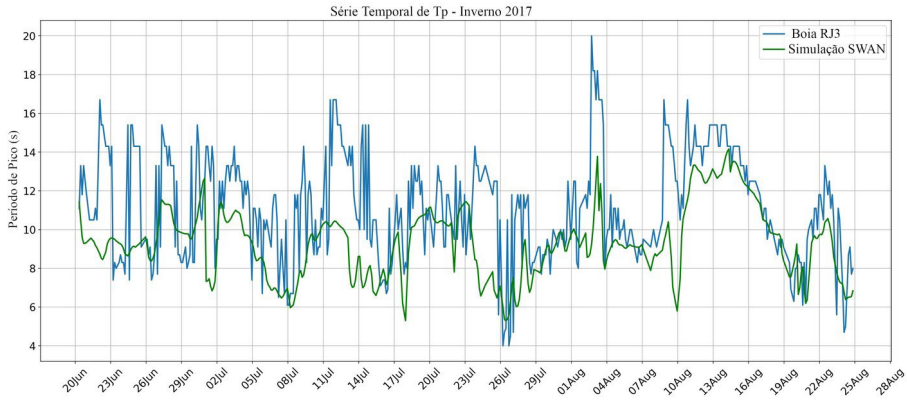


Figura 3: Comparação das séries temporais do parâmetro de Tp calculado através do modelo e registrado pela boia.

De acordo com a análise das médias anuais de energia, concluímos que a região de estudo apresenta um potencial satisfatório para extração da energia das ondas. Contudo, a alta variabilidade sazonal pode ser um obstáculo a ser superado no desenvolvimento de tecnologias para extração de energia. A modelagem numérica apresenta-se com uma ferramenta satisfatória no estudo de potencial energético de ondas oceânicas. Visando o aprimoramento da metodologia utilizada, é necessário considerar nas simulações variáveis que influenciam de forma direta ou indireta o transporte de energia das ondas.

REFERÊNCIAS

BOOIJ, R. C. RIS, AND L. H. HOLTHUIJSEN. A third-generation wave model for coastal regions -Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology, Delft, Netherlands,1999.

HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P., *et al*. The ERA5 global reanalysis. QJR Meteorol Soc. 2020;146:1999–2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803, 2020.

LEHMANN, M. *et. al*., 2017, Ocean wave energy in the United States: Current status and future perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews 74, 1300-1313.

SILVA, D., RUSU, E., GUEDES C. S. (2013). Evaluation of Various Technologies for Wave Energy Conversion in the Portuguese Nearshore. Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal; Energies 2013, 6, 1344-1364; doi:10.3390/en6031344

WW3DG, The WAVEWATCH III R Development Group (WW3DG), (2019): User manual and system documentation of WAVEWATCH III R version 6.07. Tech. Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, 465 pp. +Appendices.

ZHENG, CHONG-WEI & WANG, QING & LI, CHONGYIN. An overview of medium- to long-term predictions of global wave energy resources. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 79. 1492-1502. 10.1016/j.rser.2017.05.109., 2017.

ESTIMATIVAS DA CORRENTE LITORÂNEA UTILIZANDO UM MODELO PARAMÉTRICO

Léo Gonçalves Machado*, Pedro Henrique da Cunha Ferreira Mendes*, Gustavo Vaz de Melo*, Marcos Nicolas Gallo, Valeria Souza Rego**

*Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos – LDSC/ COPPE/ UFRJ, Brasil

** Sistemas Submarinos – Oceanografia - PETROBRAS S.A.

Palavras chave: Modelo Paramétrico, Corrente Litorânea, Praia de Jaconé, Praia de Caraguatatuba

INTRODUÇÃO

As correntes litorâneas são um dos principais mecanismos de fluxo de massa em um sistema praial a partir do rompimento das ondas na zona de arrebentação, tendo um papel fundamental no comportamento morfodinâmico deste sistema. A dinâmica do litoral dentro da zona de surfe dificulta a precisão e viabilidade de medidas diretas. Por isso, o uso de modelos é uma importante ferramenta para estudar esse tipo de correntes. Visando contribuir para o conhecimento da dinâmica desta região, o objetivo do trabalho é avaliar e comparar a formação e comportamento da corrente litorânea em duas localidades do litoral da Bacia de Santos (Brasil): (1) um sistema praial localizado em Caraguatatuba e, (2) o sistema de planície costeira de Maricá - Jaconé – Saquarema. O primeiro local é uma enseada ou embocadura localizada na porção norte do Estado de São Paulo e apresenta orientação predominante de N-S, que recebe trens de ondas basicamente provenientes dos quadrantes E e NE devido à presença da Ilhabela. Já o segundo sistema é formado por uma barreira arenosa com lagoas costeiras na sua retaguarda, com orientação L-O e mais exposta a ondas do quadrante SO com diversos níveis de energia, basicamente desde condições de bom tempo à passagem de sistemas frontais com grande intensidade.

METODOLOGIA

Para a determinação das correntes foi utilizado um modelo analítico-paramétrico com base nos trabalhos de (Longuet-Higgins, 1970a, 1970b). O modelo considera o balanço entre forças de atrito (Fy) e o gradiente (normal à praia) da componente tangencial da tensão de radiação (Sxy). Este modelo permite calcular a magnitude máxima da corrente na zona de surf e considera um perfil de velocidades perpendicular que decai linearmente até zero na linha de costa. A velocidade (V) da corrente longitudinal dentro da zona de surf pode ser calculada (Eq. 1) conforme informações das ondas (como altura e ângulo de incidência na quebra) e informações da praia (como a declividade e tipo de sedimento).

$$V = \frac{5\pi}{16}\frac{tan(\beta)H_b}{c_f}\frac{H_b}{h_b}\sqrt{gh_b}\ \sin(\theta_i - \alpha)\cos(\theta_i - \alpha)$$

- Coeficiente de atrito: $cf = 0.24(log(12\frac{h_b}{3D_{90}}))$
- Profundidade na quebra: $h_b = H_B/\gamma$
- Altura na quebra: H_B
- Índice de quebra: $\gamma \cong 0{,}833$
- Declividade da praia: β (0,21º<β<0,24º em Caraguatatuba e 1,43º<β<1,49º em Jaconé) ● Gravidade: g
- Granulometria: D_{90} (1,4*10^{-4} m em Caraguatatuba e 5*10^{-4} m em Jaconé)

- Ângulo azimutal da normal à costa: θ_i
- Ângulo de ataque da onda: $\propto$

As condições de onda na arrebentação foram determinadas utilizando a teoria linear de ondas para modificar a altura (empinamento) e direção (refração) das ondas até a zona de quebra, considerando contornos batimétricos paralelos à linha de costa. Foram utilizados dados de clima de onda e perfis batimétricos coletados de 01/2018 a 02/2019 e 04/2010 a 04/2011 para as praias de Jaconé e Caraguatatuba, respectivamente. Para a batimetria utilizou-se a combinação de ecobatímetro e levantamento com GNSS, já o clima de ondas foi obtido através de um perfilador acústico de corrente, localizado a aproximadamente 30 m de profundidade em Caraguatatuba e 23 m em Jaconé. Referente aos perfis disponíveis, nas praias de Caraguatatuba e de Jaconé (Figura 1), optou-se avaliar 3 pontos de cada praia.

Figura 1. Locais de Estudo com seus respectivos perfis. Fonte: Elaboração própria.

Figura 2. Distribuição de velocidades nos perfis de cada praia. Valores negativos indicam velocidades para a esquerda e positivos para a direita, do referencial de uma pessoa de frente para o mar. Fonte: Elaboração própria.

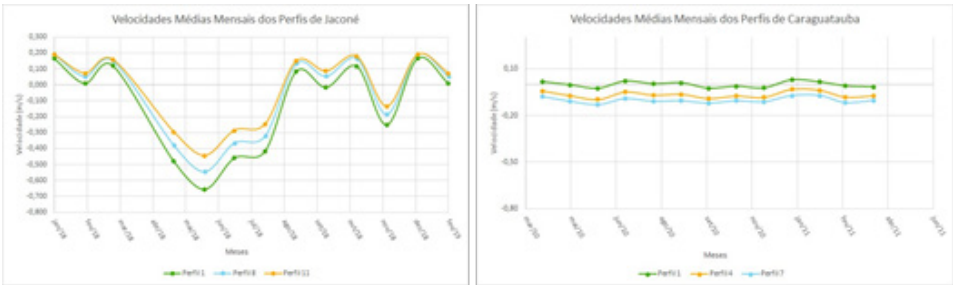


Figura 3. Velocidades médias mensais nos perfis de cada praia. Fonte: Elaboração própria.

RESULTADOS

Na praia de Caraguatatuba as ondas mais frequentes são as provenientes do quadrante SE, com alturas de 1 a 1,5 m, períodos entre 6 e 12 segundos, corrente de S-N (V mais frequente -0,125~0 m/s com 67,6%). Já as ondas na Praia de Jaconé, apresentam uma maior incidência do quadrante Sul, com alturas entre 1 a 1,5 m (podendo alcançar 3m em casos extremos), períodos de 10 a 12s, corrente de L-O (V mais frequente 0~0,125 m/s com 18%). As estatísticas dos resultados da modelagem paramétrica das correntes para o período do levantamento estão apresentadas na Figura 2.

Os resultados mostraram que a magnitude da velocidade da corrente litorânea está diretamente relacionada a altura da onda na zona de quebra e o sentido da corrente relacionado ao ângulo de incidência das frentes de onda. Na Figura 3 pode-se observar as mudanças no comportamento da corrente litorânea com as modificações do clima de ondas vigentes. Este comportamento evidencia o caráter dinâmico do ambiente de praia.

CONCLUSÕES

A vantagem da utilização deste tipo de modelo consiste em ter uma avaliação da ordem de grandeza das correntes geradas exclusivamente pelas ondas, para alguns cenários específicos e setores limitados da praia. Foi possível verificar que maiores correntes foram calculadas em Jaconé, devido à altura de onda e perfil de praia mais íngreme. Nesta praia há predominância de correntes no sentido L-O (V mais frequente 0~0,125 m/s com 18%), mas com sazonalidade devido às ondas. Em Caraguatatuba tem dominância de correntes no sentido S-N (V mais frequente -0,125~0 m/s com 67,6%) devido à localização e configuração da praia.

AGRADECIMENTOS

A Petrobras, pelo suporte financeiro e fomento a esta pesquisa, através do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) “Caracterização da Meteorologia e do Clima de Ondas na Bacia de Santos” - Processo 2018/00067-1. Os autores agradecem à seção de Sistemas Submarinos/Oceanografia da Petrobras S.A. pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Longuet-Higgins, M. S. (1970a) ‘Currents Generated by ObliqUely Incident Sea Waves , 1’, *Journal of Geophysical Research*, 75(33), pp. 6778–6789.

Longuet-Higgins, M. S. (1970b) ‘Longshore currents generated by obliquely incident sea waves, 2’, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 75(33), pp. 6790–6801.

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE SURFABILIDADE DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO NA PRAIA DA VAGUEIRA

A. Mendonça *, C.J.E.M Fortes, P. Bicudo, F.S.B.F Oliveira

*DHA-NPE, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, amendonca@lnec.pt

Palavras chave: estrutura costeira; Aveiro; surf; rebentação; COULWAVE.

RESUMO

Neste trabalho avaliam-se as potencialidades de um quebra-mar destacado (QMD) para promover ondas de surf na zona em frente à Praia da Vagueira (Município de Vagos, distrito de Aveiro). Para esse efeito, foi aplicado o modelo não-linear de Boussinesq COULWAVE na simulação da propagação de ondas na zona em estudo, para a situação antes e após a implantação do QMD, para diferentes condições de agitação. Os parâmetros calculados com base nestes resultados numéricos permitem inferir sobre o desempenho do QMD face à agitação incidente, e consistem na amplificação da onda, no número de Iribarren, no ângulo de rebentação e no comprimento da linha de rebentação.

1. ENQUADRAMENTO

O LNEC encontra-se a desenvolver um estudo de caracterização e viabilidade de um QMD multifuncional em frente à Praia da Vagueira, na costa oeste central de Portugal, para a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA). A zona de estudo é a área costeira da Praia da Vagueira que inclui uma defesa frontal aderente de enrocamento, com cerca de 620 m de comprimento, construída em 1978 e recentemente elevada, e um esporão a sul da defesa, Fig. 1a. Pretende-se que o QMD seja multifuncional contribuindo para: a) reduzir o risco de galgamentos costeiros no aglomerado urbano da Praia da Vagueira; b) promover o eventual acréscimo do areal da praia emersa em frente à defesa aderente, reforçando a defesa natural contra a erosão e a inundação costeira e fomentando o seu maior usufruto pela população e segurança balnear; e c) criar condições físicas para promover ondas de surf, potenciando a economia associada a esta atividade.

A componente do estudo que aqui se descreve incide sobre o desempenho do QMD no sentido de melhorar as condições de surf da zona em estudo, utilizando para o efeito a modelação numérica, e mais concretamente o modelo numérico COULWAVE (Lynnet e Liu, 2004). Este modelo permite reproduzir a maioria dos fenómenos intervenientes na transformação da onda em fundos de profundidade variável e na presença de correntes: dispersão de frequência, dispersão de amplitude, empolamento (linear e não-linear), difração, refração pelo fundo e devida às correntes, geração de harmónicas e dissipação de energia por rebentação da onda.

Assim, para a situação sem e com QMD, efetuaram-se simulações numéricas com o modelo COULWAVE, para várias condições de agitação incidente. Obtiveram-se, na zona em estudo, entre outros, os valores da altura de onda significativa, Hs, da direção da onda e da posição da linha de rebentação. Com estes resultados, determinaram-se os parâmetros de surfabilidade, nomeadamente o ângulo de rebentação, o comprimento da linha de rebentação e número de Iribarren, que caracterizam o funcionamento do QMD na prática do surf.

2. APLICAÇÃO DO MODELO NUMÉRICO

Para a situação sem e com QMD, o domínio de cálculo do modelo abrange a área desde a batimétrica -14 m (ZH) até à linha costa, Fig. 1b e 1c. As características do QMD e a sua localização foram estabelecidas em Oliveira *et al*. (2020). A batimetria baseou-se no levantamento topo-hidrográfico de 2018 efetuado no âmbito programa COSMO (COSMO, 2019).

Os níveis de maré e as condições de agitação testados foram definidos com base no regime médio de agitação marítima calculado e nos resultados da propagação de ondas desde o largo até à batimétrica -14 m, Fortes *et al*. (2020). Foram consideradas as condições mais interessantes para a atividade do surf, mais precisamente, as referentes aos períodos de onda T=8 s, 10 s e 12 s. As alturas de onda consideradas foram de 1.5 m, 2.0 m e 3.0 m e os níveis de maré foram NM (+2.17 m ZH), BM (+1.2 m ZH) e PM (+3.04 m ZH). A direção de onda incidente foi de 293ºN, e foi estabelecida em Oliveira *et al*. (2020).

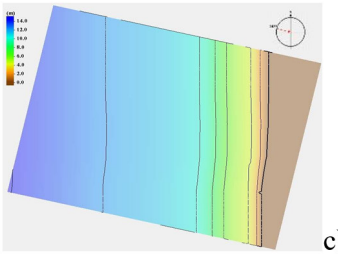
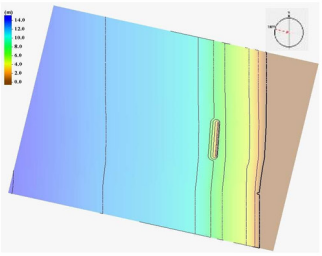
a) b)  c) 

Fig. 1. Zona de estudo: a) Fotografia da praia da Vagueira, b) e c) Domínio de cálculo sem e com estrutura.

Para a situação sem e com QMD, e para as condições acima indicadas foram efetuadas simulações numéricas, cujos resultados consistem nas alturas de onda, nas direções da onda e na posição da rebentação, Fig. 2a e 2b. Obteve-se a amplificação da onda Hs/H0, como ilustrado na Fig. 2c, para a situação com recife e para as diferentes alturas de onda significativa. O ângulo de rebentação (ângulo entre a direção de onda e a linha de rebentação) relacionado como nível de dificuldade na execução de manobras foi também analisado para as várias condições de agitação. Na Fig. 2d apresentam-se os valores do número de Iribarren ao longo da linha de rebentação junto ao QMD, para condições de NM, T=10 s, e H0 entre1.5 a 3 m. O comprimento da linha de rebentação na presença do QMD (Fig. 2d) é cerca de 300 m para os três valores de altura de onda significativa, desenvolvendo-se a rebentação ao longo da estrutura.

3. CONCLUSÕES

As simulações numéricas mostram que a implantação do QMD altera o padrão das ondas e da rebentação na zona próxima ao QMD. Em geral, verifica-se uma amplificação da altura de onda sobre o QMD, seguida de rebentação, e posterior reformulação da onda, e rebentação junto à linha de costa. Na situação com QMD, a linha de rebentação que se situava apenas junto à costa passa a ocorrer também sobre a estrutura. Neste caso, as ondas passam a rebentar mais longe da costa, sobre o QMD, reduzindo significativamente a sua energia e, por conseguinte, o seu efeito na praia.

Os valores do número de Iribarren obtidos para a situação sem QMD, NM, H=2 m, T=8 s, 10 s e 12 s são inferiores a 0.1. Com QMD, observa-se que o valor do número de Iribarren diminui com a altura de onda, variando entre 0.4 e 0.8. Assim, quanto ao tipo de rebentação, com base nos valores do número de Iribarren, prevê-se uma rebentação do tipo mergulhante ($0.4 < £_b < 2.0$) na zona da estrutura (Fig. 2d). Junto à linha de costa, os valores do número de Iribarren, para as condições de NM e agitação T=8 s, 10 s e 12

s, H=1.5, 2 e 3 m, são cerca de 0.2. Assim, a presença do QMD parece não melhorar o tipo de rebentação na sua zona de sombra. Por outro lado, os valores do ângulo de rebentação (relativamente à direção da ondulação) são superiores a 60º, para quaisquer das condições de agitação testadas. Este ângulo elevado inviabiliza que um surfista consiga percorrer a linha de rebentação ao longo do QMD. Para este projeto ter valor para o surf, seria necessário alterar o ângulo de implantação desta estrutura, de forma a reduzir significativamente o ângulo de rebentação para um valor entre 60º (para surfistas avançados) e 30º (para surfistas principiantes). Presentemente, estão a ser realizados ensaios em modelo físico com fundo móvel, com condições de agitação regular e irregular, que contribuirão para a análise da surfabilidade do QMD da Vagueira.

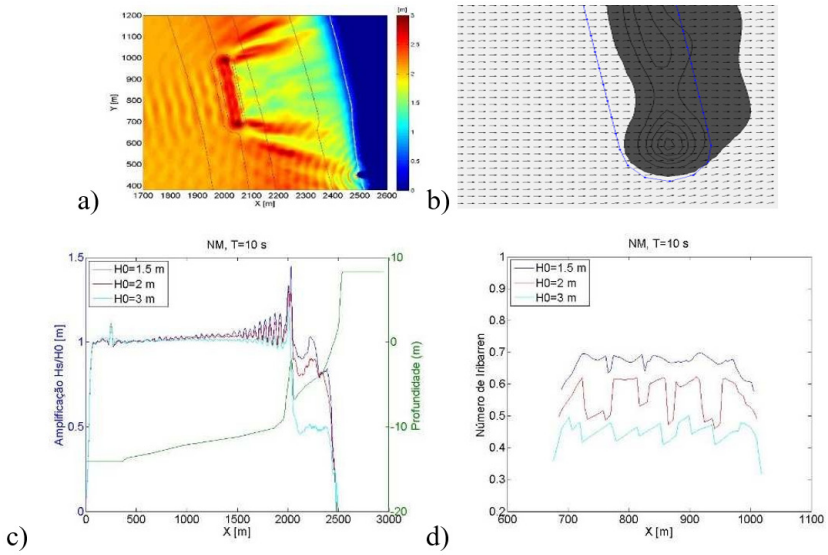


Fig. 2. Situação com QMD, T = 10 s e NM: a) Altura significativa para H0=2 m; b) Detalhe da extremidade sul do QMD: direção de onda e zona de rebentação para H0=2 m; c) Amplificação da onda para H0=1.5 m, 2 m e 3 m (Y=856 m); d) Número de Iribarren para H0= 1.5 m, 2 m e 3 m ao longo da linha de rebentação.

AGRADECIMENTOS

Os resultados do presente estudo decorrem do Programa coordenado pela APA e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos. Agradecem também à FCT o financiamento proporcionado pelos projetos To-SEAlert, Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017 e BSafe4Sea, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

BIBLIOGRAFIA

COSMO, 2019 – Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental, acessível em: https://cosmo.apambiente.pt/ (último acesso 19.12.2019).

Fortes, C.J.E.M., Neves, M.G., Capitão, R., Pinheiro, L. (2020). Avaliação do galgamento costeiro sem e com um quebra-mar destacado na frente da praia da Vagueira. 6as Jornadas de Engenharia Hidrográfica / 1as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia.

Lynett, P.J.; Liu, P. L.-F. (2004). Modelling wave generation, evolution and interaction with depth–Integrated Dispersive wave equations – COULWAVE Code Manual, Cornell University.

Oliveira, F.S.B.F., Sancho, F., Neves, M.G., Coelho, C., Pinheiro, L., Fortes, C.J.E.M., Teixeira, S., Pombo, R., Reis, M.T. (2020). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira; (T1) Estudos em modelo matemático: Alternativas de quebra-mar destacado para proteção contra galgamentos e erosão costeira – Relatório 8. Relatório conjunto 231/2020 – DHA/LNEC.

EVOLUÇÃO DA MORFOLOGIA COSTEIRA A SUL DA EMBOCADURA DO RIO MONDEGO, DE 2011 A 2019

Filipa S. B. F. Oliveira*, João N. C. Oliveira, Paula M. S. Freire

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, foliveira@lnec.pt

Palavras chave: topo-batimetria, Cova-Gala, morfodinâmica.

INTRODUÇÃO

O trecho costeiro da Cova-Gala localizado na costa oeste central de Portugal, a sul da foz do rio Mondego, na Figueira da Foz, é um sistema arenoso praia-duna com 2 km de linha de costa e direção média atual de 5°N. Inclui a frente oceânica do núcleo urbano da Cova-Gala, protegida com um campo de cinco esporões e três defesas longitudinais aderentes (Figura 1). Está submetido a um regime de maré semi-diurna mesotidal. Na posição com coordenadas geográficas 9°00'W e 40°00'N, em frente à zona de estudo, o regime de ondas caracteriza-se por valores médios/medianos de altura significativa, período de pico e direção média iguais a 2,15/1,78 m, 11,6/11,4 s e 299,5/301,2ºN, respetivamente, e 50% da ocorrência dos mesmos parâmetros verifica-se nas gamas 1.31-2.64 m, 9.5-13.4 s e 289.4-312.9ºN.

O trecho, com deriva potencial de 1x106 $m^3.ano^{-1}$, evoluiu predominantemente com saldo sedimentar negativo desde meados do século passado, sob influência de diversas intervenções humanas. Entre estas, destacam-se as mais recentes: i) o prolongamento do molhe norte da embocadura do rio Mondego (2008-2010); ii) as alimentações com dragados da embocadura desde 2007, numa área submersa com cerca de 600 x 300 m^2, localizada entre o primeiro e o terceiro esporões (contados de Norte para Sul) e as isobatimétricas 8 e 2 m abaixo do ZH (2,08 m abaixo no nível médio do mar) (Figura 1); e iii) a colocação de tubos de geotêxtil cheios de areia para proteção da duna frontal imediatamente a sul do quinto esporão (o mais a Sul).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a evolução morfológica da frente marítima da Cova-Gala desde 2011 até 2019, em complemento dos estudos onde se analisou a evolução morfológica até 2011 (Oliveira e Brito, 2015) e entre 2011 e 2017 (Oliveira *et al*., 2019).

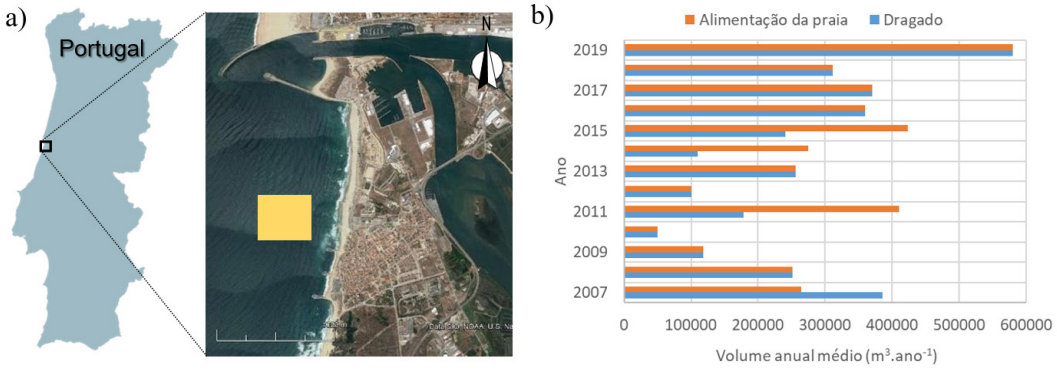


Figura 1. Localização do trecho costeiro da Cova-Gala, costa oeste central de Portugal (© Google Earth), com o local de deposição de dragados assinalado a cor amarela, a). Volume anual médio mobilizado em operações de dragagem e de alimentação de praia na zona de estudo entre 2007 e 2019 (fonte: APFF), b).

METODOLOGIA

Consideraram-se os seguintes levantamentos da área de estudo: i) levantamento topo-batimétrico realizado com tecnologia LiDAR - batimetria de 22/junho-19/agosto/2011 e topografia de 17/novembro-7/dezembro/2011; ii) levantamentos topo-batimétricos realizados pela Agência Portuguesa do Ambiente no âmbito do Programa COSMO (https://cosmo.apambiente.pt), em agosto/2018 e agosto/2019; iii) levantamento topográfico efetuado no âmbito do programa COSMO, em 22/maio/2019; e iv) levantamentos topográficos realizados com voo drone no âmbito do projeto MOSAIC.pt, em 11/fevereiro/2019 e 11/março/2020.

Compararam-se, com recurso a software de mapeamento de superfícies, o AutoCAD, levantamentos de datas sucessivas para identificação dos padrões de erosão/assoreamento (e quantificação das áreas e volumes associados – não aqui apresentados).

RESULTADOS

Entre 2011 e 2018 (Figura 2.a) ocorreu um elevado assoreamento, predominantemente na zona submersa, na forma de barra longitudinal, na zona de sombra do molhe sul, até ao segundo esporão da Cova-Gala. Entre o segundo e o quinto esporões, ocorreu predominantemente erosão. Esta evolução é consentânea com a simultaneidade do efeito de três fenómenos: a proteção conferida pelos molhes; o agravamento da carência sedimentar devido ao prolongamento do molhe norte e à persistência das dragagens na embocadura; e as alimentações da zona submersa, com dragados da embocadura, em frente aos três esporões mais a norte da Cova-Gala (Figura 1).

A área de comparação dos levantamentos topo-batimétricos de 2018 e 2019 (Figura 2.b) abrange o impacte da cabeça do molhe norte. Verifica-se que causou uma faixa de assoreamento não uniforme em direção ao terceiro esporão da Cova-Gala. Neste período, ocorreu assoreamento ao longo de uma faixa paralela à praia na zona de sombra do molhe sul e numa outra faixa mais próxima da linha de costa a sul do terceiro esporão. Contudo, estes sedimentos não alcançaram a praia emersa por forma a compensar a erosão verificada ao longo do trecho (com exceção da zona central do sector a norte do primeiro esporão), em particular a erosão mais intensa observada entre os esporões.

Entre agosto/2018-fevereiro/2019 (Figura 2.c) verificou-se erosão generalizada da face de praia, com exceção da zona central do setor a norte do primeiro esporão, e acreção dunar devida ao transporte eólico.

Entre fevereiro-maio/2019 (Figura 2.d) verificou-se alternadamente erosão e assoreamento da face de praia a norte do primeiro esporão. Entre esporões, destaca-se o assoreamento registado em redor do segundo esporão, provavelmente devido à alimentação efetuada em março, e a tendência de erosão a norte e assoreamento a sul observada nas duas células mais a sul, que se atribui à simultaneidade de sedimento disponível proveniente da alimentação e de condições de onda causadoras de transporte no sentido terra. A sul do último esporão verifica-se acreção devido às intervenções de proteção local efetuadas.

Entre maio-agosto/2019 (Figura 2.e) verifica-se assoreamento da face de praia a norte do primeiro esporão com maior intensidade no extremo sul do setor. Destaca-se a erosão ocorrida em redor do segundo esporão devida à mobilização dos sedimentos provenientes do depósito de dragados para ali transportados nos três meses anteriores. Verifica-se que a parte destes sedimentos que foi transportada para sul ficou apenas retida na célula imediatamente adjacente e que não beneficiou as duas células seguintes, onde se verificou tendência erosiva. A sul do último esporão, continuou a verificar-se acreção devido à deposição local de 120 000 m^3 de areia.

Entre agosto/2019-março/2020 (Figura 2.f) no sector a norte do primeiro esporão verificou-se evolução semelhante à ocorrida no período agosto/2018-fevereiro/2019, i.e., erosão generalizada com exceção da zona central, que parece ser a menos vulnerável no

período de inverno marítimo. No sector entre esporões observa-se erosão da face de praia claramente mais intensa na metade norte, onde à frente da cabeça dos esporões se observa uma área de assoreamento provavelmente com sedimentos provenientes do depósito de dragados. A sul do último esporão, no local de colocação dos tubos de geotêxtil para proteção dunar, observa-se elevada erosão.

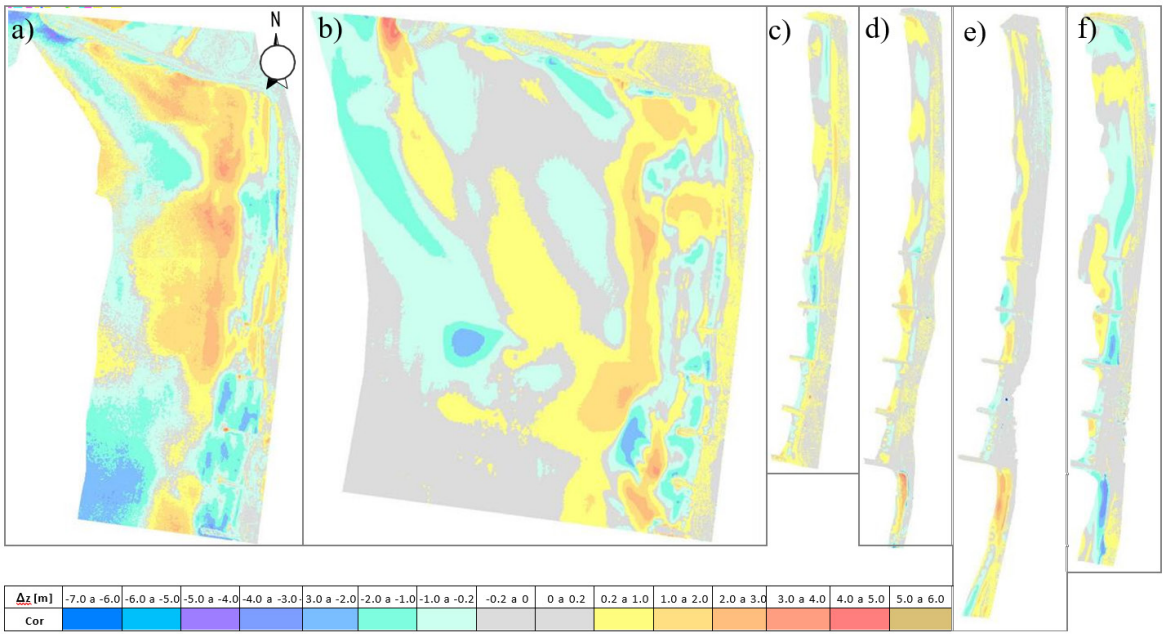


Figura 3. Mapas das diferenças morfológicas entre levantamentos do trecho costeiro da Cova-Gala (z=elevação): topo-batimétricos, a) agosto2011-agosto2018 e b) agosto2018-agosto2019; e topográficos, c) agosto/2018-fevereiro/2019, d) fevereiro-maio/2019, e) maio-agosto/2019 e f) agosto/2019-março/2020.

CONCLUSÕES

Em síntese, a evolução morfológica verificada desde 2011 no trecho da Cova-Gala confirma que a dinâmica sedimentar às escalas temporais sazonal e de médio prazo é elevada. O trecho tem beneficiado da deposição de dragados efetuada com alguma frequência. Contudo, observa-se que as duas células mais a sul do campo de esporões têm verificado insuficiente recuperação do volume sedimentar perdido durante os períodos mais energéticos e que a sul do quinto esporão as intervenções efetuadas conferiram proteção dunar com pequena duração.

AGRADECIMENTO

Apoio da FCT: bolsa de doutoramento PD/BD/128508/2017 e projeto MOSAIC.pt (PTDC/CTA- AMB/28909/2017). Colaboração de Maria João Henriques, Hugo Silva e Fernando Brito.

REFERÊNCIAS

Oliveira, F.S.B.F. e Brito, F.A., 2015, Evolução da morfologia costeira a sul da embocadura do rio Mondego, de 1975 a 2011. VIII Congresso PGZCPEP. Aveiro, Portugal, CD-ROM, 15 pp.

Oliveira, J.N.C., Oliveira, F.S.B.F., Trigo-Teixeira, A.A., 2019, Topo-bathymetric monitoring south of the Mondego river mouth after the extension of the north jetty. 5ª Conferência MEC. Lisboa, Portugal. Book of Proceedings, pp 19-20.

INFLUÊNCIA DE PROCESSOS FÍSICOS NA CORRENTE LITORÂNEA NA PRAIA DE JACONÉ-RJ

Gustavo Vaz de Melo[1], Marcos Nicolas Gallo[1], Julia Kaiser[1], Izabel Nogueira[1], Guilherme Colaço[1], Valeria Souza Rego[2]

1 – Engenharia Costeira – PEnO/ COPPE/ UFRJ, Brasil,

2 - Sistemas Submarinos – Oceanografia - PETROBRAS S.A., Brasil gustavoocn@oceanica.ufrj.br

Palavras chave: Processos costeiros, Corrente Litorânea, Modelagem Numérica.

INTRODUÇÃO

No sistema praial, a região compreendida entre a zona de quebra da onda e a linha de costa apresenta um dinamismo muito intenso, que dependerá do clima de ondas atuante. A compreensão da dinâmica nesta região é de grande interesse para engenheiros e oceanógrafos, uma vez que a morfodinâmica da praia está diretamente relacionada aos processos gerados. Dependendo do ângulo de incidência das ondas, são geradas algumas correntes importantes que, com a atuação conjunta dos ventos e da maré, são significativamente modificadas (Hubertz, 1986; Suzuki *et al*., 2020), aumentando ainda mais a variabilidade dentro da zona de surfe.

Medidas diretas dentro da zona de surfe, por vezes, são muito complicadas em virtude do dinamismo e questões de segurança dependendo das características do estado de mar. Desta forma, o uso de modelos numéricos são uma importante ferramenta para realizar estudos sobre as correntes nesta região. Visando contribuir para o conhecimento da dinâmica desta região, o objetivo deste trabalho consiste em estimar o comportamento da corrente litorânea geradas por ondas dentro da zona de surfe, na praia de Jaconé (Rio de Janeiro, Brasil), avaliando a influência de outras forçantes, como vento e maré.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende o arco praial de Jaconé (Figura 1), inserida no sistema de planície costeira de Maricá - Jaconé - Saquerema, formado por uma barreira arenosa com lagoas costeiras na sua retarguarda, em um ambiente de micromaré. A praia de Jaconé apresenta uma extensão de 19 km com orientação L-O, livre de qualquer obstáculo natural ou artificial, tornando-se exposta a incidência direta de ondas de diversos sistemas atmosféricos, gerando uma variação sazonal em sua morfodinâmica (Muehe, 1979).

A caracterização do clima das ondas na Praia de Jaconé se deu a partir de um fundeio (ADCP Signature 500, Nortek), em uma profundidade de 24 metros, na porção oeste do arco praial (Figura 1) num período de um ano (janeiro de 2018 a fevereiro de 2019). Como base no clima de ondas, foram escolhidos dois períodos relativo atempo bom (verão) e um evento de alta energia (inverno) associado à entrada de um sistema frontal.

O modelo numérico utilizado foi o Delft3D no modo 2DH, incluindo os módulos hidrodinâmico acoplado ao modelo de propagação de ondas. Duas malhas foram acopladas utilizando a ferramenta Domain Decompositon (Figura 1), sendo uma com menor resolução, com células 100 x 200 m e outra com maior refinamento apresentando tamanho de 5 m no sentido perpendicular a praia e 200 m no sentido paralelo.

Para entender a contribuição dos processos físicos, as simulações das correntes na zona de surfe foram realizadas considerando: a atuação das ondas, vento e maré. Nas condições de contorno das fronteiras abertas do domínio maior foram utilizadas as

informações o modelo numérico SWAN. Para o domínio refinado, situado na zona de surfe, as condições de contorno são atribuídas pelo domínio maior através da interface entre os mesmos. Validações conceituais dos resultados numéricos foram realizadas considerando a correlação entre a máxima corrente e o gradiente normal à linha de costa da componente tangencial da tensão de radiação, segundo Longuet-Higgins (1970). Como outras informações de entrada nas simulações, foram utilizados dados de vento da estação de Correia Sampaio da base do INMET e de maré correspondente às constantes astronômicas da estação maregráfica de Ponta Negra (DHN/Marinha Brasileira).

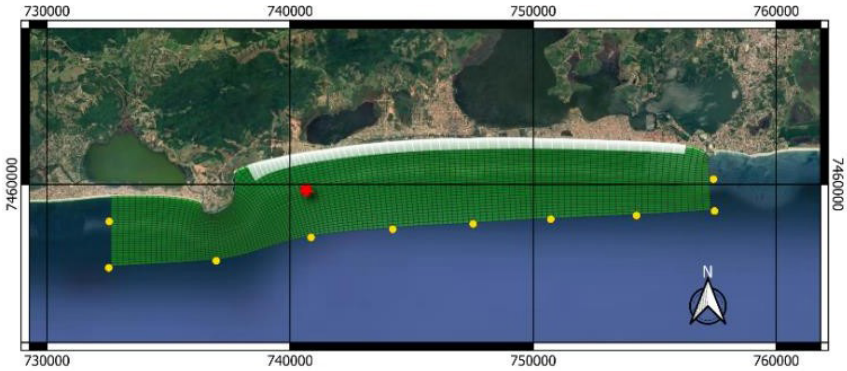


Figura 1 – Localização da Praia e Jacone-RJ, mostrando as grades do modelo (verde) e do fundeio (vermelho). Em amarelo são destacados os pontos onde são inseridas as condições de contorno de ondas (modelo SWAN).

RESULTADOS

A praia de Jaconé é dominada pela incidência de ondas do quadrante S e SE com uma grande variação na altura significativa. No inverno, houve uma maior frequência de ondas com altura variando entre 1 e 2 metros, sendo predominante em torno de 1,25 metros, enquanto no verão, variou de 0,5 a 1,5 metro, com maior frequência em torno de 0,75 metro.

O período de inverno usado nas simulações numéricas foi caracterizado pela entrada de um evento de alta energia com ondas oriundas de sul e alturas significativas que superaram os 3 metros. O dia que antecedeu ao momento de maior energia, as ondas atingiram cerca de 1,5 metro de altura com direção, aproximadamente, de 160°, resultando em velocidade da corrente litorânea para oeste, próximo a 1 ms-1. No momento de maior energia, com ondas em torno de 3 metros de altura e direção de 180°, a velocidade da corrente litorânea superou 1 m/s e se direcionou para leste (figura 2). Durante o verão observou-se uma maior variabilidade na direção, com ondas do leste e sudeste e alturas que não superaram 1,5m. Como consequência, a maior parte do tempo a corrente litorânea apresentou magnitudes inferiores à 0,5m/s e direção para o oeste (figura 2).

Os resultados da hierarquização dos processos que influenciam as correntes geradas na zona de surfe, mostraram uma contribuição de até 10 % na intensidade da corrente litorânea com a inclusão do vento, sendo o maior percentual relativo à incidência dos ventos de NE. Com a inclusão da maré, observa-se uma modulação próximo a 30%, considerando as velocidades máximas de enchente e vazante durante um cenário de maré de sizígia (figura 2b).

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho reforçam a variabilidade do clima de ondas que atuam na praia de Jaconé. Quando as ondas incidem com direções próximo direção S ou SO, associadas

a entrada de sistemas frontais, as correntes se voltam para leste, enquanto que em condições de tempo bom, com direções direção E ou SE, as correntes se direcionam para oeste. Além disso, a hierarquização dos processos mostrou que as ondas são o principal processo gerador de corrente, seja na intensidade ou mesmo na direção, variando seu comportamento de acordo com a atuação do vento e da maré. Com isso, conclui-se que as correntes litorâneas geradas por ondas na praia de Jaconé são o principal processo responsável pelo controle do transporte de sedimentos e da morfodinâmica praial.

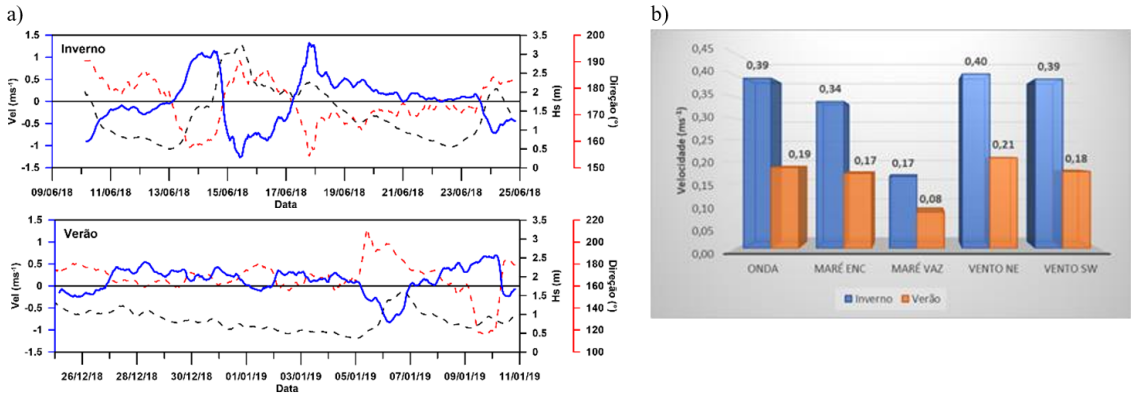


Figura 2 – Variação da altura significativa (Hs - linha tracejada preta), direção de pico (linha tracejada vermelha) e velocidade máxima da corrente litorânea (linha azul) do modelo numérico, durante o período de Inverno e Verão (esquerda). Hierarquização dos processos responsáveis pela geração de correntes para o setor oeste na zona de surfe na praia de Jaconé (direita).

AGRADECIMENTOS

A Petrobras, pelo suporte financeiro e fomento a esta pesquisa, através do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) "Caracterização da Meteorologia e do Clima de Ondas na Bacia de Santos" - Processo 2018/00067-1. Os autores agradecem à seção de Sistemas Submarinos/Oceanografia da Petrobras S.A. pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hubertz, J.M., 1986. Observations of local wind effects on longshore currents. Coast. Eng. 10, 275–288. https://doi.org/10.1016/0378-3839(86)90045-1

Longuet-Higgins, M. S. 1970, ‘Longshore currents generated by obliquely incident sea waves: 1’, J Geophys Res, vol. 75, no. 33, pp. 6778–89.

Muehe, D. (1979). Topography and Sedimentology of a High Energy Coastal Environment Between Rio de Janeiro and Cabo Frio - Brazil. Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 51(1), 473– 481.

Suzuki, T., Sakihama, S., Cox, D.T., 2020. Effect of tidal range on longshore current variation with respect to cross-shore location of a barred beach. Coast. Eng. J. 62, 217–235. https://doi.org/10.1080/21664250.2020.1738987

METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR PARA SUPORTE ÀS OPERAÇÕES DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS – PROJETO SANDTRACK

Joaquim Pais-Barbosa[1], Paulo A. Silva[1], Rui Taborda[2], Aurora Rodrigues[3], Sandra Silva[3, 4], Tiago Abreu[5], Paulo Baptista[6], Cristina Bernardes[6], João Cascalho[2], Carlos Coelho[7], João Duarte[3], Margarida Ferreira[7], Filipa Fernandes[3], Eric Font[8], Ángela Fontán-Bouzas[1,9], Ana N. Silva[2], Rita Nolasco[1], Joaquim Pombo[3], Cristina Ponte Lira[2], Daniela Rato[2], Mónica Ribeiro[3], Soraia Romão[1,2], André Vinhas[3]

1 Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Dep. Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. joaquim.paisbarbosa@ua.pt; psilva@ua.pt; rita.nolasco@ua.pt

2 IDL, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. rtaborda@ciencias.ulisboa.pt; jpcascalho@ciencias.ulisboa.pt; amasilva@fc.ul.pt; ; clira@ciencias.ulisboa.pt; danielaterato@hotmail.com; srmr@ua.pt

3 Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. joao.duarte@hidrografico.pt; filipa.fernandes@hidrografico.pt; joaquim.pombo@hidrografico.pt; monica.ribeiro@hidrografico.pt; aurora.bizarro@hidrografico.pt; andre.costa@hidrografico.pt

4Agência Portuguesa do Ambiente. sandrap.silva@apambiente.pt

5 CESAM & Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP-IPP). taa@isep.ipp.pt

6 Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Dep. Geociências, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. renato.baganha@ua.pt; cbernardes@ua.pt

7 RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal. ccoelho@ua.pt; margarida.ferreira@ua.pt

8 Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. font_eric@hotmail.com

9 Grupo de Geología Marina y Ambiental (GEOMA), Dep. Geociências, Universidade de Vigo, Vigo, España. abouzas@ua.pt

Palavras chave: Monitorização, traçadores magnéticos e fluorescentes, modelação costeira.

RESUMO

A alimentação artificial de praias é uma solução de defesa costeira eficaz contra a erosão, permitindo não só evitar o recuo da linha de costa e diminuir o risco costeiro, mas também preservar os valores ambientais e recreativos do sistema de praia. No entanto, o efeito das alimentações tende a diminuir com o tempo, sendo, por isso, fundamental conhecer a sua evolução em função do volume da operação, do local de deposição e das características dos sedimentos depositados. Atualmente este conhecimento é geralmente baseado em metodologias de balanço sedimentar, que apresentam lacunas significativas na caracterização, no espaço e no tempo, da sua evolução. Neste sentido afigura-se essencial o desenvolvimento e aplicação de modelos numéricos, devidamente validados com dados de campo, que prevejam e permitam otimizar as operações de alimentação artificial de praias. No entanto, a monitorização simultânea do forçamento hidrodinâmico (ondas e correntes), transporte sedimentar e evolução morfológica apresenta um conjunto de desafios, em particular em zonas com regimes de agitação de elevada energia como é o caso da costa ocidental Portuguesa.

Esta comunicação tem como objetivo apresentar os resultados do Projeto SANDTRACK referentes a uma campanha de monitorização realizada entre 8 - 12 de julho de 2019, no dia 22 de julho e 7 de agosto de 2019, no setor costeiro Costa Nova-Vagueira (zona centro de Portugal) e resultados de modelação numérica. A campanha teve com objetivos:

i) avaliar a deslocação espácio-temporal de areias marcadas com traçadores magnéticos e fluorescentes e as taxas de transporte correspondentes; ii) caracterizar o transporte sedimentar nas direções transversal e longitudinal no perfil ativo de praia; e iii) validar a metodologia utilizada para a deteção dos traçadores magnéticos. Esta campanha seguiu uma abordagem multidisciplinar inovadora, com recurso ao uso simultâneo de traçadores arenosos fluorescentes e magnéticos colocados em dois locais diferentes do perfil de praia (face de praia e praia submersa). Incluiu também a realização de amostragem de sedimentos, de levantamentos topográficos, a medição de parâmetros magnéticos e a monitorização de parâmetros hidrodinâmicos.

Os traçadores arenosos fluorescentes e magnéticos foram obtidos através da pintura de volumes específicos de areia com tinta fluorescente e magnética, respetivamente. Durante a campanha foram colocados, no dia 9 de julho de 2019, na face da praia 500 kg de traçador fluorescente verde e, na praia submersa, 1000 kg de traçador fluorescente laranja e 1000 kg de traçador magnético. Após a deposição dos traçadores foi realizada amostragem sedimentar na face da praia, ao longo dos três ciclos de maré subsequentes à colocação do traçador (traçador fluorescente verde). No período de baixa-mar foram colhidos, em perfis transversais à linha de costa, testemunhos verticais secionados em quatro camadas de 5 cm a contar da superfície, com espaçamento transversal de 20 m, para as três amostragens, e longitudinal de 25, 50 e 100 m respetivamente. Na praia submersa, após a colocação do traçador laranja, a amostragem sedimentar foi realizada a bordo de uma embarcação recorrendo a um colhedor de sedimentos *Petit Ponard*. Neste setor do perfil foram realizadas 5 campanhas de amostragem (9, 11, 12 e 22 de julho de 2019 e 7 de agosto de 2019). As amostras de sedimento foram posteriormente analisadas em laboratório para caracterizar a distribuição granulométrica das partículas dos traçadores. Relativamente aos traçadores fluorescentes (verde e laranja) foi determinada a concentração de partículas/por m^2, a evolução da posição do seu centro de massa ao longo do tempo e foram, também, estimadas as taxas de transporte sedimentar. Relativamente aos traçadores magnéticos foram realizadas medições: da suscetibilidade magnética na face da praia, ao longo de perfis transversais à linha de costa, utilizando um magnetómetro portátil da *Bartington® Instruments* equipado com um sensor MS2D; e do campo magnético, ao longo de perfis longitudinais à linha de costa, com o magnetómetro terrestre de vapor de césio G858 da *Geometrics®*. Na praia submersa foi realizado um levantamento para a medição do campo magnético, ao longo de fiadas longitudinais à linha de costa, recorrendo a um magnetómetro marinho rebocável *SeaSpy* da *Marine Magnetics®*. As medições realizadas na face de praia e na praia submersa, foram complementadas com dados de medição de suscetibilidade magnética num conjunto de amostras selecionadas antes e depois da colocação dos traçadores magnéticos, utilizando magnetómetro portátil da *Bartington® Instruments* equipado com um sensor MS2B. De acordo com os resultados obtidos observa-se que: i) o traçador verde desloca-se para sul e para terra, estimando-se para o 1º ciclo de maré uma taxa de transporte de $1{,}73 \times 10^{-4}$ m^2/s e de $3{,}55 \times 10^{-5}$ m^2/s, respetivamente; ii) o traçador laranja apresenta uma tendência de deslocação para sul e para a costa; iii) de acordo com dados de medição de suscetibilidade magnética, na praia emersa não foi detetado traçador magnético com nenhum dos sensores e na praia submersa o levantamento com o magnetómetro *SeaSpy*, não foi conclusivo.

Para caracterizar as condições hidrodinâmicas durante a campanha de campo, foram instalados vários equipamentos para a medição de parâmetros hidrodinâmicos. Na face da praia, foi colocada uma estrutura com um correntómetro eletromagnético *Infinity* (ECM), para medição de correntes, e um sensor de pressão (PT), para medição da elevação da superfície da água. Na praia submersa, foram fundeados um ADP (*Acoustic Doppler Profiler*) e um ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), ambos para medição do perfil vertical de correntes na coluna de água e parâmetros da agitação marítima. Foram ainda realizados quatro levantamentos topográficos, três utilizando o sistema *Inshore* (Baptista *et al*., 2011) e um levantamento utilizando sistema GPS RTK. Da análise dos levantamentos topográficos observou-se uma variação volumétrica relevante da praia, em particular na berma de praia.

O projeto contempla também o desenvolvimento e a aplicação de modelos numéricos, o modelo morfodinâmico DELFT3D e os modelos simplificados de evolução da linha de costa LTC e de evolução do perfil transversal CS-model, para simular a evolução espácio-temporal das alimentações artificiais. O modelo de evolução da linha de costa LTC avaliou o desempenho e longevidade de intervenções de alimentação artificial de sedimentos, com o objetivo de mitigar os problemas de erosão que se fazem sentir a sul do Porto de Aveiro. Em paralelo, avaliou-se o comportamento do perfil transversal de praia com recurso ao modelo CS-model, incorporando nesta análise o efeito da variação da posição da linha de costa obtido com o LTC. Nesta análise, foram considerados um conjunto de cenários concetuais com diferentes volumes, frequência das operações e locais de depósito dos sedimentos e um período temporal de 30 anos de simulação. Genericamente, entre os cenários avaliados, nenhum cenário elimina na totalidade as áreas erodidas no trecho Barra-Vagueira, sendo a solução mais eficaz a deposição de 700 000 m³/ano de sedimentos (Figura 1). Relativamente ao modelo DELFT3D foi implementada a componente hidrodinâmica para o litoral de Aveiro, tendo sido validado com dados obtidos da campanha de campo (Figura 2). Atualmente está em fase de finalização a implementação da componente morfodinâmica do modelo, com o objetivo de simular diferentes cenários de alimentação artificial contribuindo para a otimização deste tipo de alimentações.

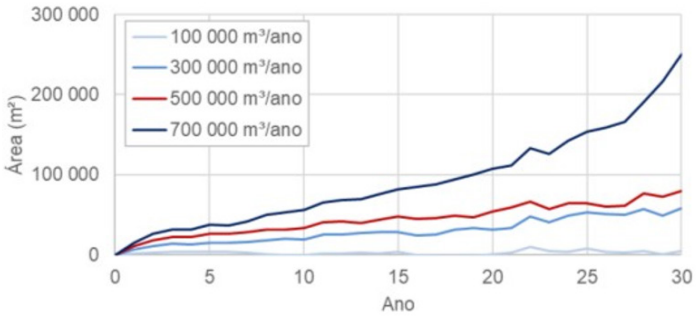


Figura 1. Evolução da área de território não perdida no trecho Barra-Vagueira, para os diferentes cenários de volume de sedimentos depositados.

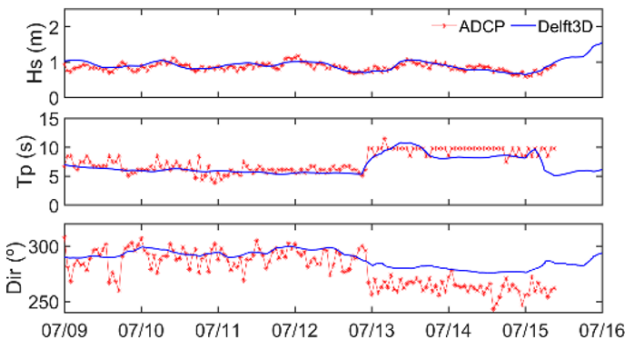


Figura 2. Validação do modelo de ondas com os parâmetros altura significativa, período de pico e direção média entre 9-16 de julho 2019.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi realizado no âmbito do projeto “Sandtrack - Alimentação artificial das praias: uma metodologia integrada de suporte à gestão litoral”, POCI-01-0145-FEDER-031779, financiado através do programa FEDER, através do programa COMPETE2020-POCI e fundos nacionais (OE), através do programa FCT/MCTES.

REFERÊNCIAS

Baptista, P., Bernardes, C., Cunha, T.R. 2011. The validation analysis of the INSHORE system-a precise and efficient coastal survey system. Environmental Monitoring Assessment 179, 589-604. doi:10.1007/s10661-010-1765-0.

MOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO POR AÇÃO DE ONDAS DE GRAVIDADE NA REGIÃO DA BACIA DE SANTOS

Pedro Engels Abreu da Costa[1]*, Júlia Kaiser[1], Carlos Eduardo Parente[1], Valeria Souza Rego[2]

[1] Laboratório de Instrumentação Oceanográfica – COPPE/UFRJ, Brasil.

[2] Sistemas Submarinos – Oceanografia - PETROBRAS S.A.

**Faculdade de Oceanografia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Brasil, pedroengels@hotmail.com*

Palavras chave: ondas, mobilidade sedimentar, modelagem numérica, gestão costeira.

INTRODUÇÃO

A Bacia de santos é a maior bacia sedimentar do Oceano Atlântico Sul, com cerca de 350000 km² de área e apresenta grande importância econômica para o país, por ser a maior área a ser explorada no Pré-sal brasileiro e englobar principais áreas portuárias fundamentais para o comercio marítimo nacional e internacional (Souza *et al*, 2019). Desta forma, o entendimento da dinâmica de ondas e da dinâmica sedimentar se torna imprescindível, tanto para manutenção quanto para a preservação das atividades exercidas na região.

Considerando as aplicações comumente previstas nos trabalhos desenvolvidos no âmbito da indústria de óleo e gás, é importante que as áreas de estabilidade sedimentar sejam conhecidas para orientar o melhor posicionamento de plataformas de petróleo e da instalação de dutos no leito marinho. a mobilização de sedimentos é fortemente influenciada pela ação das ondas podendo interferir nas atividades econômicas e na segurança das atividades desenvolvidas no litoral.

Neste sentido, esse trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a movimentação dos sedimentos devido a influência de ondas na região da Bacia de Santos e determinar quais são as regiões de maior estabilidade sedimentar na área.

METODOLOGIA

Para que ocorra a suspensão e remobilização dos sedimentos devido à ação das ondas em uma determinada região da Plataforma Continental é preciso que a velocidade orbital máxima de uma onda, ao entrar em contato com o fundo, seja maior ou igual à velocidade orbital crítica do sedimento em que essa onda está interagindo (Komar e Miller, 1973). Assim, é preciso conhecer tanto a velocidade orbital máxima da onda no fundo como também a velocidade orbital crítica do sedimento na área de interesse.

Deste modo, para caracterizar os sedimentos que compõem a região da Bacia de Santos, além das informações disponibilizadas na bibliografia para a região, dados sobre a composição e de diâmetro médio/mediano dos sedimentos além das isóbatas de 100 e 300m de profundidade mostrados na Figura 1.

Para o cálculo da velocidade crítica dos sedimentos, serão consideradas as classes granulométricas areia muito fina e areia fina entre a região costeira e os 100 m de profundidade, enquanto em regiões com profundidades superiores a 100 m será considerado a classe granulométrica de lama. Uma exceção será feita para a porção sul do Rio de janeiro, em que será considerada a classe de areia grossa. Quanto à composição dos sedimentos, como áreas mais profundadas que 100 m apresenta um predomínio de carbonatos (Figueiredo Jr e Tessler, 2004), a densidade dos grãos será considerada como

2,83 g/m³ - valor médio dos limites apontados por Nichols (2009) para a densidade de grãos carbonáticos. Áreas com profundidade menor que 100 m, a densidade dos grãos será generalizada para a densidade do quartzo (2,65 g/cm³).

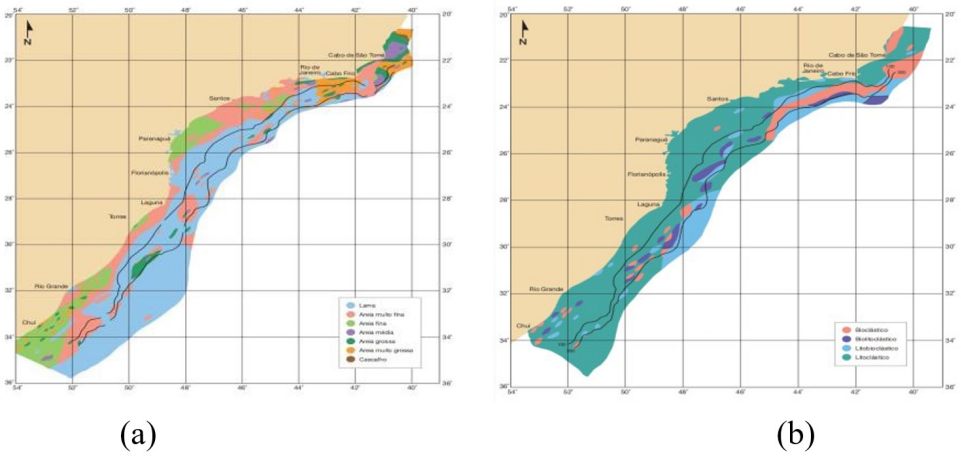


Figura 1 Mapa Granulométrico da Distribuição de sedimentos (a) e mapa da Composição sedimentar (b) modificado de (Figueiredo Jr e Tessler, 2004).

Como se sabe, a velocidade orbital máxima das ondas é função da altura e do comprimento (ou período) das mesmas, além da profundidade local (Komar e Miller, 1973). Neste trabalho, as informações de velocidade orbital das ondas serão obtidas através o modelo numérico SWAN para cenários específicos de condições de estado do mar. O modelo SWAN será utilizado com uma grade não estruturada que abrange toda a região da Bacia de Santos e utilizando a formulação ST6 (Rogers *et al*. 2012). O modelo foi validado considerando dados coletados por ADCPs instalados no litoral de Caraguatatuba-SP e Jaconé-RJ. Os índices de correlação obtidos foram superiores a 0,85 com valores de RMSE próximos a 20 cm e índices de espalhamento indicando uma subestimação por parte do modelo de somente 2 cm. Além disso, as informações de profundidade local serão obtidas a partir da união de dados de cartas náuticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil com dados do ETOPO1 (NOAA).

Para determinar a velocidade orbital crítica dos sedimentos á utilizada a Equação 1 propostas por Komar e Miller (1973).

$$\rho U_{2_d}^{0\,0.5} \quad (1)$$
$$= a'' \left(\qquad \right)$$
$$(\rho s - \rho) g D \qquad D$$

onde $Uwcr$ a velocidade orbital crítica (m/s), D o diâmetro do grão (cm), g a aceleração da gravidade (valor constante de 9,8 m/s), r a densidade do fluido (g/cm³), rs a densidade do grão (g/cm³), a²: constante empírica, definida como 0,21 por Komar & Miller (1975).

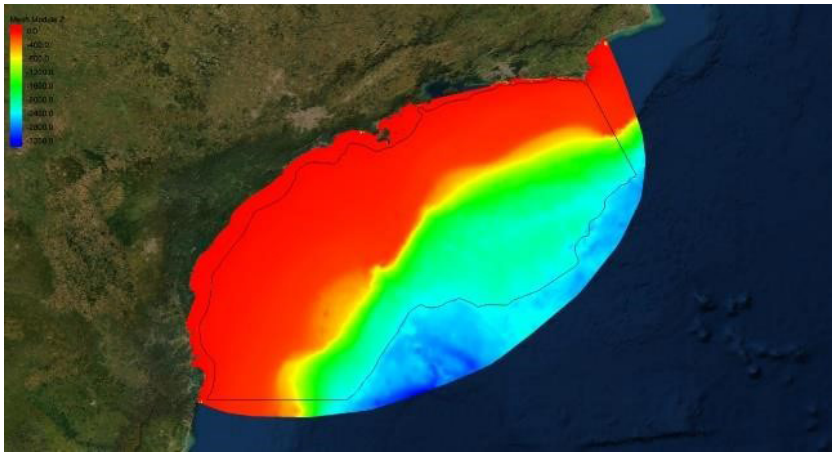


Figura 2 Área de abrangência da grade não estruturada em desenvolvimento para a região de interesse. A escala de cores indica a profundidade da região (tons de azul indicam maiores profundidades e tons de vermelho indicam menores valores de profundidades). Em preto é demarcada a área geográfica da Bacia de Santos.

RESULTADOS ESPERADOS

A região de interesse será caracterizada quanto à composição dos sedimentos e seus respectivos diâmetros. Além disso, será feita uma caracterização do estado do mar para a região considerando os principais parâmetros de onda, de modo a se determinar cenários de estado do mar específicos e interessantes para o estudo de mobilidade sedimentar.

Assim, após a obtenção e posterior comparação das informações de velocidade orbital máxima das ondas nos diferentes cenários com a velocidade orbital crítica dos sedimentos, será possível então verificar as regiões de maior ou menor estabilidade quanto à mobilização dos sedimentos para cada uma das condições de onda estudadas na região da Bacia de Santos.

REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, A G.; TESSLER, M. G. Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-Sul do Brasil. [São Paulo]: [Instituto Oceanográfico]. 2004

NICHOLS, GARY. Sedimentology and stratigraphy. John Wiley & Sons, 2009.

NOAA National Geophysical Data Center. 2009: ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model. NOAA National Centers for Environmental Information. Accessed [10/11/2021].

KOMAR, P. D.; MILLER, M. C.; On the comparison between the threshold of sediment motion under waves and unidirectional currents with a discussion of the practical evaluation of the threshold; reply. *Journal of Sedimentary Research*; 45 (1): 362–367. 1975

KOMAR, P. D.; MILLER, M. C.; The Threshold of Sediment Movement Under Oscillatory Water Waves. SEPM Journal of Sedimentary Research, Vol. 43(), –. 1973

ROGERS, W.E., BABANIN, A. V. & WANG, D.W. Observation-Consistent Input and Whitecapping Dissipation in a Model for Wind-Generated Surface Waves: Description and Simple Calculations, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 29, n. 9, pp. 1329–46. 2012

SOUZA, L.S., Y SGARBI, G.N.C.Bacia de Santos no Brasil: geologia, exploração e produção de petróleo e gás natural. Boletín de Geología*, 41(1),* 175-195. 2012

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO EFEITO DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO NA DINÂMICA SEDIMENTAR PRÓXIMA

Filipa S. B. F. Oliveira*, Francisco Sancho

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, foliveira@lnec.pt

Palavras chave: correntes divergentes, modelo reduzido, proteção costeira.

INTRODUÇÃO

O "Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado (QMD) multifuncional em frente à Praia da Vagueira", efetuado pelo LNEC-UAveiro-IST para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), inclui a modelação numérica e a modelação física do efeito do QMD na dinâmica sedimentar próxima. Assim, aplicou-se o modelo numérico de morfodinâmica Delft3D, validado para a zona de estudo, para estimar o efeito do QMD nas ondas, correntes, fluxos sedimentares e morfologia adjacente, para as condições à escala do protótipo a simular em modelo reduzido. Neste resumo descrevem-se os testes efetuados e os resultados numéricos obtidos.

METODOLOGIA

Como forçamento hidrodinâmico, atuante durante 30 dias, consideraram-se a onda mediana, com altura significativa, Hs=1,6 m, período de pico, Tp=10,9 s e direção média, Dir=295ºN, e o nível médio do mar (NMM) na praia da Vagueira, +2,17 m ZH (2,17 m acima do zero hidrográfico). Como condição de fundo considerou-se uma topo-batimetria simplificada (Figura 1), representativa de condições médias locais, baseadas nos levantamentos mais recentes, de julho 2018, junho 2019 e junho 2020 (COSMO, 2021). Considerou-se o diâmetro mediano, D_{50}=0,2 mm, com base em resultados de amostras superficiais efetuadas à profundidade de implantação do QMD. Consideraram-se os seguintes parâmetros de dimensionamento do QMD: forma linear; largura do coroamento, B=10 m; bordo livre, R_c, 0,5 m abaixo do nível de baixa- mar de águas vivas média (BMAV=+0,84 m ZH), isto é, à cota h_c=+0,34 m ZH; inclinação dos taludes de barlamar e sotamar, respetivamente, β_b=1:10 e β_s=1:2; distância entre o eixo transversal do QMD e o esporão Sul, L_g=460 m; orientação do eixo longitudinal do QMD relativamente à linha de costa, ϕ=0º; comprimento do QMD, L_{qm}=300 m; e distância à linha de costa, L_d=400 m.

O modelo Delft3D foi previamente validado com medições de ondas e batimetria efetuadas numa campanha de campo realizada em 14-15/out/2019, durante dois ciclos de maré, no âmbito do presente estudo.

RESULTADOS

Analisou-se o efeito do QMD nos parâmetros Hs e componentes transversal e longitudinal, Vx e Vy, das correntes em redor da estrutura (Figura 2). Complementarmente, analisaram-se os fluxos sedimentares e a evolução do fundo arenoso, com e sem QMD, para avaliar o impacte da presença da estrutura na evolução morfológica (Figura 3). Os resultados mostraram o seguinte:

a) O QMD causa empolamento da onda, com elevado aumento de Hs, sobre o talude barlamar e consequente dissipação de energia, resultante da rebentação devida à baixa profundidade do bordo livre, 1,83 m abaixo do NMM.

b) A área protegida entre o QMD e a linha de costa não é simétrica em relação ao eixo transversal do QMD uma vez que a onda mediana tem obliquidade de 12º. A zona a sul do eixo transversal até ao esporão da praia da Vagueira encontra-se mais protegida do que a zona espelho a norte.

c) O QMD induz um padrão de circulação bi-dimensional na zona entre o eixo longitudinal do QMD e a linha de costa que se estende cerca de 1 km para além dos extremos do QMD.

d) Em resultado da combinação da corrente longitudinal induzida pelas ondas oblíquas com a corrente longitudinal divergente na zona de sombra, a corrente longitudinal é enfraquecida pela corrente divergente na zona a barlamar e aumentada na zona a sotamar.

e) Vx atingiu valores máximos, cerca de 0,9 m/s, sobre o coroamento e na zona entre o QMD e a linha de costa. Vy evidencia a preponderância das correntes divergentes na zona de sombra do QMD, as quais alcançam valores da ordem de grandeza de 0,5 m/s, sendo a magnitude superior a sul do eixo transversal do QMD, em cerca de 7%, uma vez que a corrente divergente é intensificada pela corrente longitudinal induzida pela onda, pelo facto de terem o mesmo sentido.

f) O QMD promove a diminuição do transporte sedimentar junto à linha de costa na zona imediatamente adjacente a norte do esporão da Vagueira mas aumenta o transporte sedimentar dirigido para sul em frente ao esporão e a sul do mesmo. O padrão dos fluxos sedimentares é consentâneo com as correntes de circulação resultantes da combinação das correntes divergentes com as correntes induzidas pela onda mediana.

g) O QMD tem um forte impacte na evolução morfológica da zona de estudo. Promove a formação de um saliente simultaneamente com o robustecimento da barra longitudinal submersa a norte da extremidade norte do QMD, a cerca de 500 m. As correntes divergentes induzidas pelo QMD geram canais que se aprofundam com a continuidade da incidência da onda. Estes canais alcançam uma extensão maior a sul da extremidade sul do que a norte da extremidade norte do QMD devido à intensificação das correntes divergentes com as correntes longitudinais.

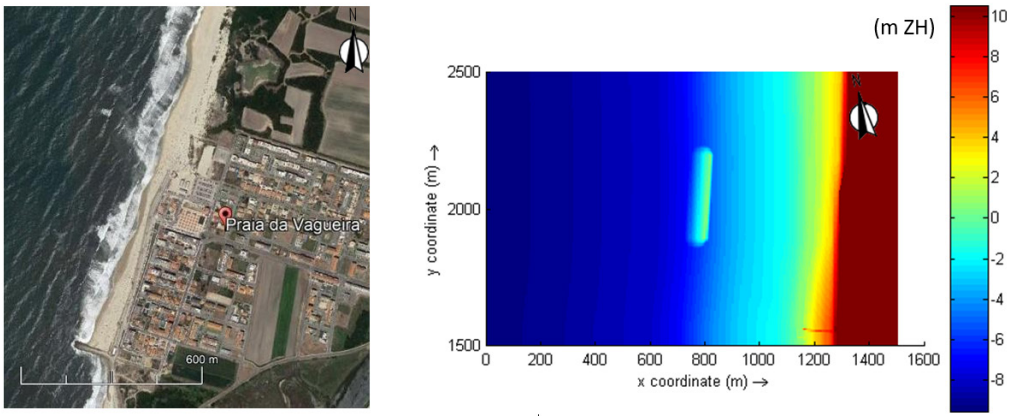


Figura 1. Localização da zona de estudo (esquerda).Topo-batimetria inicial da zona envolvente do QMD (direita).

CONCLUSÕES

Em síntese, prevê-se que sob ação da onda mediana a topo-batimetria simplificada representativa dos fundos da praia da Vagueira sofra alterações significativas após a implementação do QMD. Prevê-se o surgimento de canais de erosão divergentes, enraizados nos extremos do QMD, que geram a fuga de sedimentos locais e o crescimento de um saliente não simétrico relativamente ao eixo transversal do QMD. Nestas

condições, estima-se que os padrões de erosão-acumulação sejam mais acentuados do que os previstos em condições de topo-batimetria real (ex. levantamentos julho/2018 e junho/2019), pelo facto da batimetria inicial ser mais uniforme e, por isso, permitir um efeito mais destacado (menos difuso) dos mecanismos de resposta ao forçamento hidrodinâmico.

Por último, destaca-se que mediante os constrangimentos de escala do modelo reduzido em desenvolvimento (1:65), especificamente o limite da área de estudo abrangida, a máxima altura e a máxima obliquidade da onda incidente, serão testadas numericamente outras ondas e outros valores de coeficientes de calibração sobre os quais exista elevada incerteza, que não possam ser reproduzidas no modelo reduzido por constrangimentos físicos ou de tempo, mas permitam melhorar a compreensão global hidro-morfológica do sistema e robustecer as conclusões.

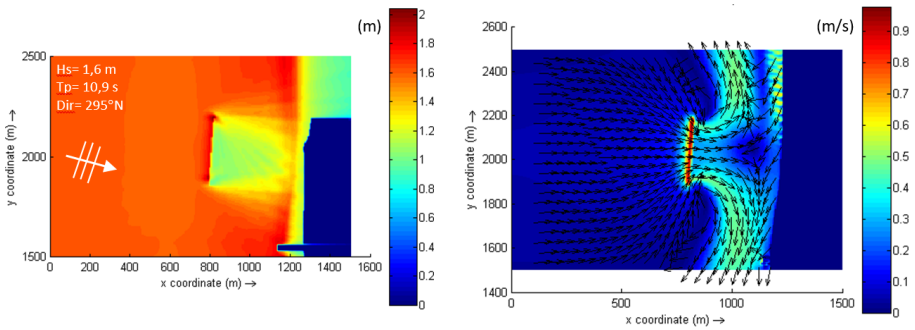


Figura 2. Altura significativa da onda, Hs, na zona envolvente do QMD para condições de incidência da onda mediana na fronteira largo (esquerda). Velocidade média integrada na vertical na zona envolvente do QMD para condições de incidência da onda mediana na fronteira largo (direita): magnitude (escala de cor) e direção (vetor normalizado).

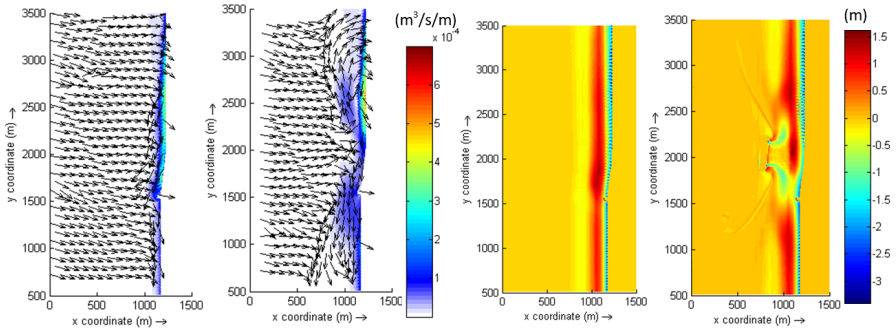


Figura 3. Transporte total (suspensão e fundo), sem e com QMD, na zona envolvente, ao fim de 30 dias de incidência da onda mediana na fronteira largo: magnitude (escala de cor) e direção (vetor normalizado) (dois mapas à esquerda). Evolução morfológica (erosão < 0; acumulação > 0), sem e com QMD, na zona envolvente, ao fim de 30 dias de incidência da onda mediana na fronteira largo (dois mapas à direita).

AGRADECIMENTO

Os resultados decorrem de Programa coordenado pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (referência POSEUR-02-1809-FC-000039).

REFERÊNCIAS

COSMO, 2021 – Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental, acessível em: https://cosmo.apambiente.pt/ (último acesso 01.06.2021).

MODELAÇÃO NUMÉRICA E AVALIAÇÃO DA HIDRODINÂMICA DA FOZ DO RIO CÁVADO COM RECURSO AO MODELO DELFT3D FLEXIBLE MESH

Francisco Pinto*, Paulo Rosa-Santos, Victor Ramos, Luciana das Neves, Francisco Taveira-Pinto

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, ftaveirapinto@fe.up.pt

Palavras-chave: Malha não estruturada, Flutuadores, Restinga, Esposende.

INTRODUÇÃO

O presente caso de estudo situa-se na costa norte portuguesa, mais concretamente em Esposende, na foz do rio Cávado. No local existem algumas estruturas em enrocamento, nomeadamente dois diques longitudinais na margem direita do rio e ainda um molhe na foz. Para além disso, o estuário e a zona marginal da cidade de Esposende encontram-se protegidos por uma restinga (Figura 1). Esta estrutura natural de proteção tem vindo, no entanto, a apresentar alguma fragilidade, face à frequência e intensidade das tempestades verificadas nos últimos anos, e sofrido significativas e frequentes alterações. Essa grande variabilidade afeta, e chega mesmo a limitar, a navegabilidade no canal de navegação existente no interior do estuário que dá acesso ao porto de pesca e ao porto de recreio aí existentes. A vulnerabilidade e a variabilidade da restinga observada atualmente, a sua importância na proteção da cidade de Esposende e o impacto na navegação no estuário do rio Cávado, justificam a necessidade de promover a realização de uma intervenção para reforçar e reabilitar a restinga. Através da simulação numérica das condições hidrodinâmicas para diferentes cenários, caudais fluviais e condições de agitação marítima, usuais e extremas, foi possível obter conclusões importantes para idealizar diferentes alternativas de proteção costeira.

METODOLOGIA

Para este trabalho foi desenvolvido um modelo numérico 2DH da área em estudo com o *software Delft3D Flexible Mesh*, uma nova versão da Deltares capaz de utilizar malhas não estruturadas. Considerando a dinâmica observada e esperada na embocadura do rio Cávado, este tipo de malha tende a proporcionar resultados significativamente mais precisos. De referir que nas simulações realizadas foram utilizados dois módulos acoplados: o módulo D-FLOW (Deltares, 2020a) e o D- WAVES (Deltares, 2020b). Os dados da agitação marítima foram extraídos da base de dados do programa Copernicus (Global Monitoring and Forecasting Center, 2020) e os níveis de maré e o caudal fluvial foram obtidos através de registos do marégrafo de Leixões (Latitude 41°11.20' N; Longitude 8°42.27' W – WGS84) e da estação hidrométrica do açude de Barcelos (Latitude: 41° 31.299'N; Longitude: 8° 38.162'W – WGS84), respetivamente. Dada a ausência de dados atuais para os caudais fluviais na foz no rio Cávado, foram considerados valores médios sazonais. Cada um dos módulos utiliza uma malha diferente: para o módulo D-FLOW foi criada uma malha não estruturada com uma resolução que varia de 3 a 65 m (Figura 1), enquanto para o módulo D- WAVES foi criada uma malha estruturada com um domínio maior e uma resolução de 20 a 80 m. O modelo numérico foi calibrado e validado tendo por base dados relativos às trajetórias de flutuadores. Neste estudo, foram realizadas simulações para diferentes períodos característicos das diferentes fases do ano 2021, verão e inverno. Desta forma, foi possível caracterizar a hidrodinâmica da embocadura do rio Cávado, ou seja, as condições de navegabilidade e a estabilidade da extremidade norte da restinga de Esposende.

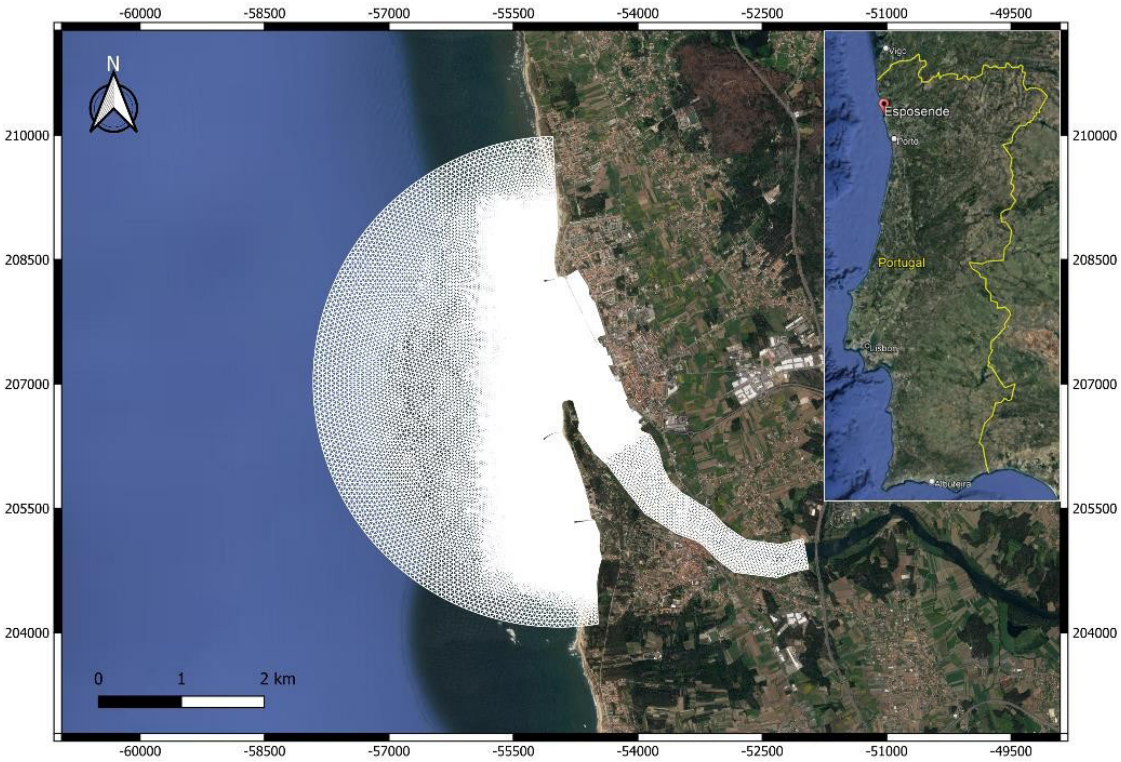


Figura 1 - Malha e localização do domínio do modelo numérico (Sistema de coordenadas: PT-TM06/ETRS89).

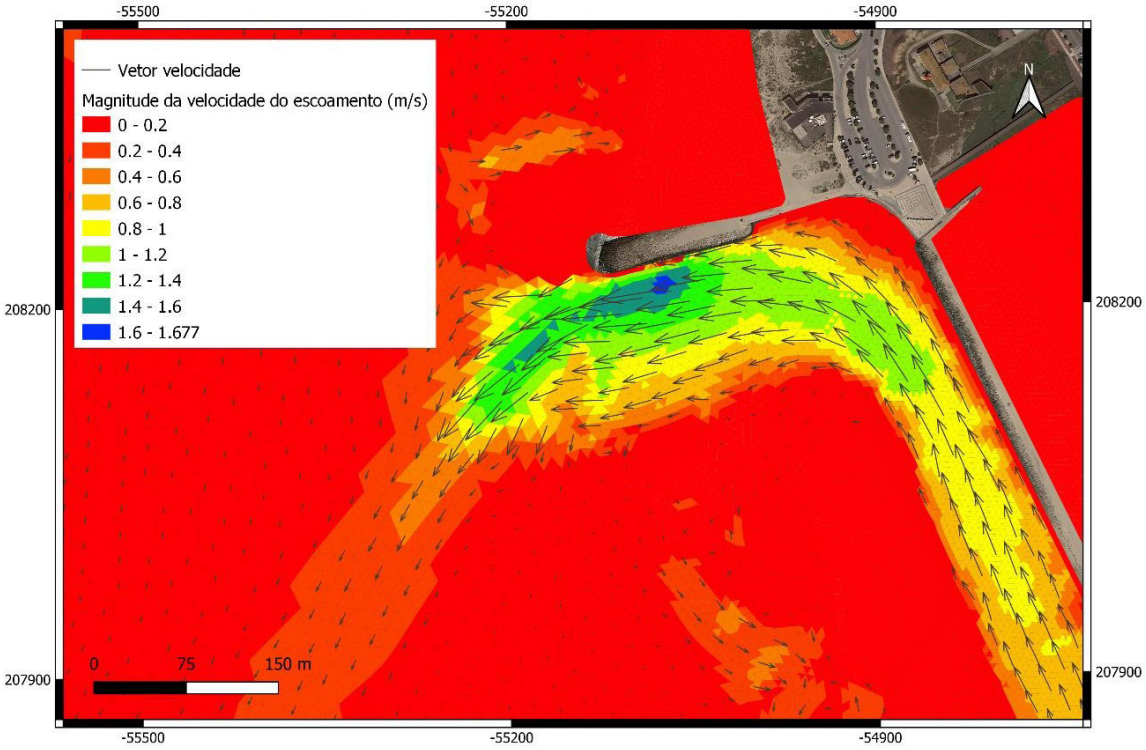


Figura 2 - Velocidades do escoamento representativas de uma simulação característica durante o verão de 2021.

RESULTADOS

Os resultados das simulações demonstraram que as velocidades de escoamento na embocadura do rio Cávado podem ser elevadas, o que condiciona o acesso aos portos situados no interior do estuário (Figura 2). Por outro lado, prevê-se que a restinga continue a erodir, pelo que, num futuro próximo, será importante, sob o ponto de vista da proteção costeira, reforçar e reabilitar a restinga, tendo por base trabalhos de dragagem e o dimensionamento de quebramares destacados a implantar no extradorso da restinga e um possível dique lingitudinal que acompanhe o intradorso da mesma.

CONCLUSÕES

O modelo numérico desenvolvido neste estudo permitiu analisar e perceber as condições atuais na zona envolvente à foz do rio Cávado e simular cenários que condicionarão a estabilidade da restinga e, como consequência, a frente marginal urbana de Esposende. De referir ainda que os resultados obtidos sugerem a necessidade de planear uma intervenção de proteção costeira, com o objetivo de reabilitar e reforçar a restinga e recuperar as condições de navegação no estuário.

REFERÊNCIAS

Cândido, Inês (2020). Estudo de Novas Soluções para a Estabilização da Restinga de Esposende. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado. 144p.

Deltares (2020a). D-Flow FM User Manual: Computational Cores and User Interface. Netherlands. Deltares (2020b). D-Waves User Manual: Simulation of Short-Crested Waves with SWAN. Netherlands.

Global Monitoring and Forecasting Center (2020). Atlantic - Iberian Biscay Irish - Wave Analysis and Forecast Product, EU. Copernicus Marine Service Information [Data set accessed on 09/08/2021).

MODELAGEM DAS VARIAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E BATIMÉTRICAS DA PRAIA DA ENSEADA (GUARUJÁ/SP) ENTRE OS ANOS 2018 E 2021

Aline Cardinale de Araujo de Oliveira*, Celia Regina de Gouveia Souza, Raquel Alfieri Galera

*Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, Brasil, e-mail: aline.oceanica@usp.br

Palavras chave: morfodinâmica; hidrodinâmica; balanço morfossedimentar; profundidade de fechamento; modelo geoestatístico.

A Praia da Enseada, localizada no município do Guarujá (SP), na Baixada Santista, é uma típica praia de enseada semi-exposta, de morfodinâmica intermediária com tendências dissipativas (Figura 1). O transporte longitudinal é dominado por células de deriva litorânea e correntes de retorno, mas com características hidrodinâmicas que se diferenciam em dois setores: o setor centro-oeste (C-W), com maior exposição às ondas de tempestade (SSW-S-SSE), e o setor centro-leste (C-E), que embora seja mais abrigado, apresenta maior suscetibilidade ao empilhamento de água nos eventos de marés meteorológicas positivas (Souza *et al*., 2019; Yang *et al*., 2019). Este trabalho foi realizado no âmbito do Projeto "Resposta morfodinâmica de praias do Sudeste brasileiro aos efeitos da elevação do nível do mar e eventos meteorológico-oceanográficos extremos até 2100" (proc. Capes nº 88887.147715/2017-00). Desde novembro de 2017, por recomendação da coordenação desse projeto, a Prefeitura Municipal cessou a retirada das dunas frontais, o que permitiu sua franca recuperação, em especial no trecho entre os transectos das amostras 26-19, 34-27 (maior formação - contíguo ao perfil 5 de monitoramento praial) e 44-38. Em 2020 ocorreram vários eventos meteorológicos-oceanográficos intensos, com os mais intensos nos meses de fevereiro, abril (2 eventos extremos sucessivos) e julho (2 eventos), além de alguns outros de menor intensidade (Silva *et al*., 2021). Os eventos de abril resultaram no recuo geral das dunas (quase 50% da área ocupada) e na remoção de grande volume de areia da praia, a exemplo da área central da praia, no perfil 5, onde ocorreu o rebaixamento de cerca de 2m de areia junto à mureta da praia. O objetivo deste trabalho é apresentar as variações temporais de batimetria (balanço morfossedimentar) da enseada e de parâmetros granulométricos e químicos de sedimentos de superfície de fundo, coletados em fevereiro/2018 e maio/2021.

Foram construídos modelos matriciais de distribuição espacial e da variabilidade temporal (2018 e 2020) dos seguintes parâmetros: i. balanço morfossedimentar; ii. parâmetros texturais e químicos, representados pelos teores (%) de argila, silte e areia, matéria orgânica (MO) e CaCO3; e iii. parâmetros estatísticos de Folk & Ward relativos ao diâmetro médio, desvio padrão, curtose e assimetria. Para a estruturação desses modelos foram utilizados os recursos do provedor de algoritmos System for Automated Geoscientific Analyses. Os levantamentos batimétricos foram realizados numa área total de cerca de 8,9 km², organizados em linhas perpendiculares à costa com espaçamento de 50m e linhas longitudinais de 250m[1]. Os dados, em formato xyz, foram triangulados com interpolação linear (malha de 10m). As 35 amostras de sedimento de superfície de fundo[2] foram analisadas segundo o método descrito em Suguio (1973), para obtenção de parâmetros texturais, químicos e estatísticos. As porcentagens das classes modais de

1 Período inicial do levantamento batimétrico: 28/05/2018 e 05/06/2018; Período final do levantamento batimétrico: entre 19/02/2021 e 23/02/2021.

2 As amostragens de sedimentos de superfície de fundo foram realizadas em 22/02/2018 e 29/08/2020.

areia e pelitos foram representadas em diagramas dos pontos amostrados. Para a análise geoestatística da distribuição dos parâmetros granulométricos e químicos foi utilizado o método de Ponderação do Inverso das Distâncias.

Os resultados do balanço morfossedimentar (Figura 2) destacam um ganho de cerca de 863.470m³ e um expressivo empilhamento de areias (cerca de 2m) na área próxima à praia emersa do transecto formado pelas amostras 14-27, que é contíguo ao perfil 5 de monitoramento praial citado acima. Isso evidencia o transporte costa-afora e o acúmulo dos sedimentos que foram removidos das dunas e da pós-praia em 2020, os quais foram estocados nas barras de deriva litorânea e, em breve, retornarão à praia emersa. Este resultado é corroborado pela mudança na granulometria da areia ocorrida nessa mesma área, entre 2018 e 2020, dada pelo aumento da classe de areia fina (Figura 3). Aliás, esse comportamento ocorreu também nas porções mais rasas dos demais transectos, evidenciando o mesmo processo.

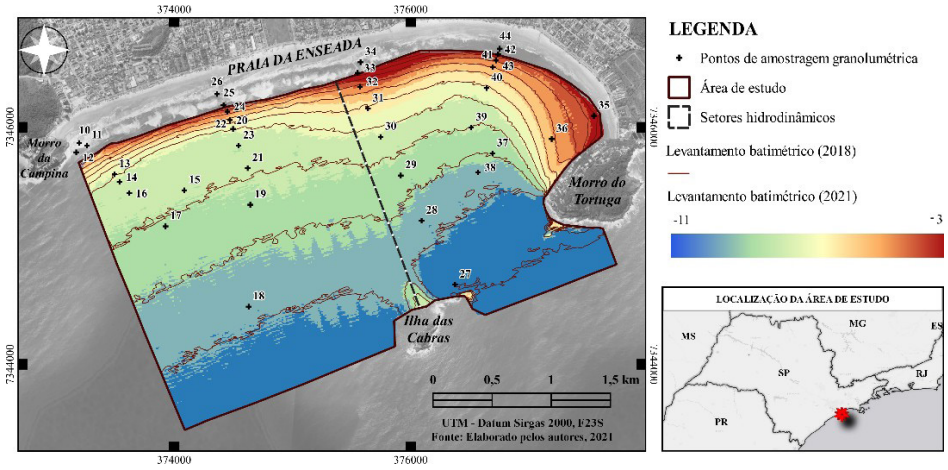


Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem de sedimentos de superfície de fundo; divisão dos setores hidrodinâmicos e dados batimétricos de 2018 e 2021

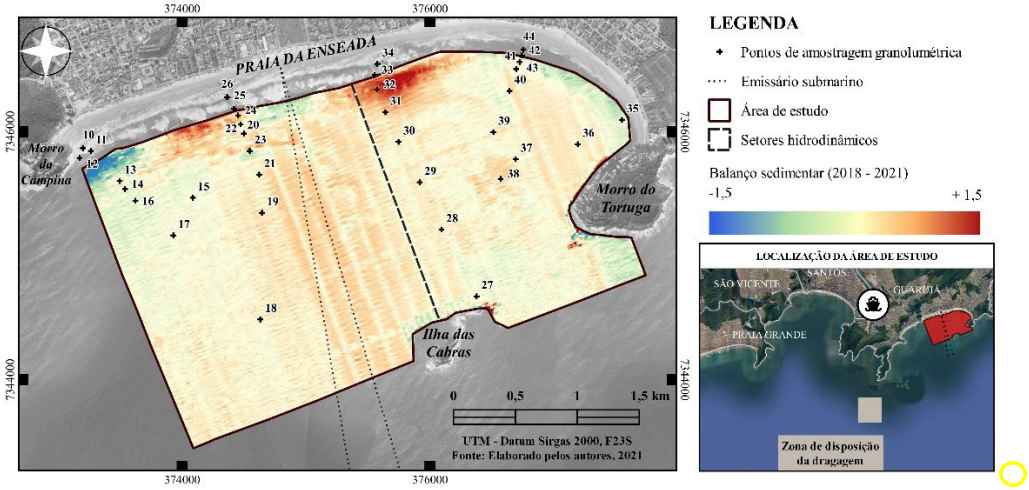


Figura 2 - Balanço morfossedimentar da porção submersa da Praia da Enseada. O detalhe mostra a praia (vermelho) localização do Porto de Santos, da Ilha da Moela (antiga zona de disposição da dragagem) (círculo amarelo) e do Polígono de Disposição Oceânica da dragagens do Porto de Santos (desde 2010): Zona de Disposição da Dragagem de Aprofundamento do Canal (retângulo) e Zona de Disposição da Dragagem de Manutenção (quadrado)

As figuras 3 e 4 evidenciam também um afinamento generalizado dos sedimentos entre 2018 e 2020, e o aumento da presença de frações pelíticas (siltes e argilas) nas amostras mais próximas à Ilha das Cabras e em todo o setor C-W da enseada. Além dos efeitos dos eventos meteoceanográficos muito fortes de 2020 na remoção de areias dessas áreas, é possível que eles tenham trazido também pelitos de fora da enseada, como do Polígono de Disposição Oceânica (vide Figura 2) das dragagens do Porto de Santos, levando em consideração que ocorreram dragagens de manutenção a partir de 30/05/2020, ocorreram 2 eventos fortes em julho e a amostragem foi realizada em 29/08/2020. Esta hipótese é corroborada com o aumento significativo das concentrações de MO nas mesmas áreas (Figura 4). Esse aumento não pode ser atribuído à influência do emissário submarino, visto que a coleta de 2018 (menores concentrações) foi feita no verão e a coleta de 2020 foi feita em agosto, em plena pandemia. A distribuição do CaCO3 mostra que houve uma redução nos teores de composição carbonática dentro do sistema, cuja concentração pontuou-se na Ilha das Cabras, favorecida pela presença de bioincrustrações nos costões rochosos.

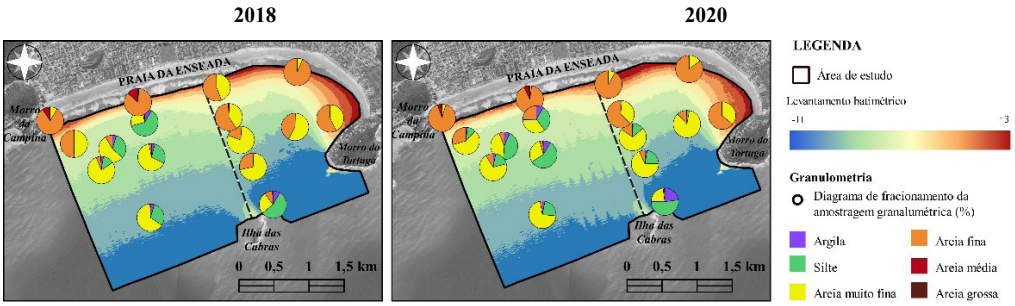


Figura 3 - Representação das classes modais (%) dos sedimentos de superfície de fundo da enseada. Por questões de representação espacial não foi possível representar todos os pontos nesta figura, Os diagramas em pizza representam amostras circunvizinhas, sendo que cada diagrama reúne amostras circunvizinhas.

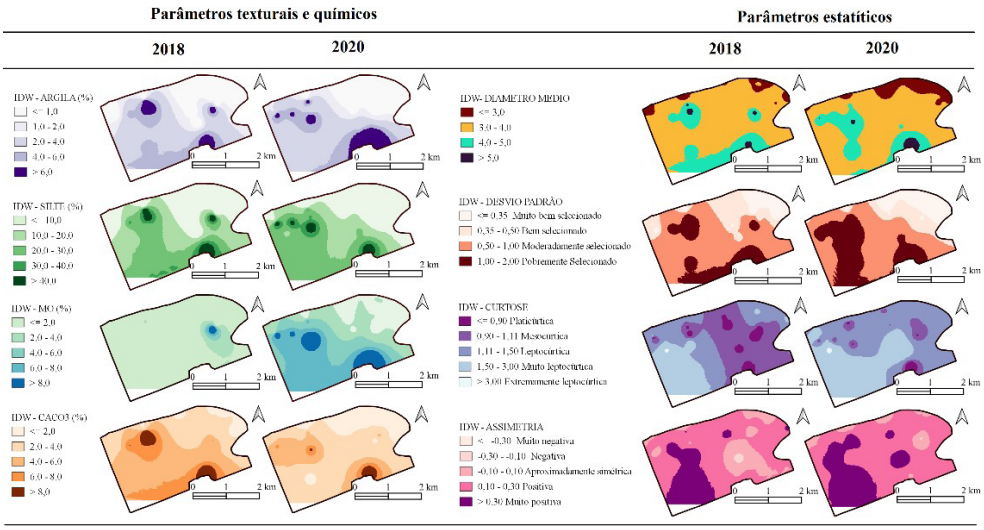


Figura4 -Modelosdosparâmetrostexturais,químicoseestatísticosdagranulometriadoperfilsubmersodaPraiadaEnseada, Guarujá-SP.

Os modelos de interpolação do diâmetro médio, do desvio padrão ou grau de seleção e da assimetria (Figura 4) coadunam com todas as tendências descritas acima e também evidenciam que o setor C-W é de fato a área que recebe maior energia das ondas e o setor C-E o de menor energia. A variação da curtose com aumento das tendências leptocúrticas

de 2018 para 2020 corroboram a influência dos eventos meteoceanográficos intensos de 2020.

Finalmente, é possível inferir que de 2018 para 2020 a profundidade de fechamento da praia (marcada pela presença de pelitos) migrou em direção à linha de costa, como resposta do perfil praial submetido a sucessivas tempestades.

REFERÊNCIAS

FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. A Study in the Significance of Grain-Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26. https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865DSILVA, P.L.; FUKAI, D.

T., SOUZA, C.R.G. 2021. Clima de Ondas e Maré em três eventos meteo-oceanográficos extremos ocorridos em São Paulo em Fevereiro e Abril de 2020. *In: X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, 2021, Rio de Janeiro (neste evento).

SOUZA, C.R.G., FERREIRA, A.T.S., YANG, S.H., HARARI, J.H., CORTEZ, T. & RIBEIRO, R.B. 2019. Taxas históricas de erosão ao longo da Praia da Enseada (Guarujá-SP) e sua correlação com modelos hidrodinâmicos. XIII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite - OMARSAT, 01-04/10/2019, Arraial do Cabo, RJ. p 421-425 (https://81763714-e88c-4b2c-bd1f-62ab7920c4a1. filesusr.com/ugd/f9878c_7f2e88d0f3f14cc784f58dbdedcb2a59.pdf).

SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317 p.

YANG, S.H.; HARARI, J.; RIBEIRO, R.B.; CORTEZ, T. & RUIZ, M.S. 2019. Efeitos da Intensificação de Tempestades em Praias do Estado de São Paulo, Brasil. In: 9º Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa.

OBSERVAÇÕES RECENTES DA CIRCULAÇÃO COSTEIRA NA MARGEM NORTE DO GOLFO DE CÁDIZ

Luciano de Oliveira Júnior*, Paulo Relvas, Erwan Garel

*Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA), Universidade do Algarve. Portugal. lojunior@ualg.pt

Palavras chave: Circulação costeira, Golfo de Cádiz, Radar de alta frequência, Contra-corrente

INTRODUÇÃO

A Margem Norte do Golfo de Cádiz (MNGC) é caracterizada por um complexo sistema de circulação.

Atividades socioeconómicas como pesca e turismo têm uma elevada importância para a região e o conhecimento da circulação costeira é essencial para uma gestão adequada destes assuntos. No entanto, poucos estudos dedicados à circulação costeira ao longo MNGC é descrita como sendo constituída por dois escoamentos contrastantes que durante os meses de verão estão relacionados com a propagação do sinal de temperatura ao longo da costa: As correntes para leste (EFs, *eastward flows*) desenvolvem-se a partir da região do Cabo de São Vicente (Fig. 1) e estão associadas a eventos de upwelling que promovem o arrefecimento das águas costeiras. As correntes para oeste, denominadas de contracorrentes costeiras (CCCs), desenvolvem-se na parte leste da MNGC e transportam águas quentes previamente retidas na região de Cádiz (Garel *et al*., 2016; Relvas and Barton, 2002). Existe também a sugestão de que durante a primavera e verão a circulação costeira faz parte de células ciclónicas que ocupam a plataforma continental (García-Lafuente *et al*., 2006). Parte da atual descrição é fortemente suportada por observações em estudos realizados com imagens de satélite, enquanto estudos baseados em medições de corrente são na maioria de curta duração. O presente trabalho tem como base um conjunto de medições de correntes horárias, de longo prazo e com uma grande cobertura espacial obtidas através de uma rede de antenas de radar de alta frequência (HFR, *High frequency radar*) e um perfilador acústico de correntes (ADCP, *Acoustic Doppler Curent profiler*). O objetivo principal é identificar a principal orientação das correntes e descrever seu padrão de desenvolvimento ao longo da costa. Pretende-se também verificar a relação da circulação costeira com a circulação ao largo e identificar as principais forças e mecanismos envolvidos.

DADOS E MÉTODOS

Medições horárias de perfis de velocidades foram obtidas durante 16 campanhas (de 9 dias até 6 meses de duração em contínuo) na estação de Armona (Fig. 1, estrela vermelha) através de um ADCP a uma profundidade de 23 m. Medições horárias de corrente de superfície com uma resolução espacial de 1.5 km (Fig. 1) foram obtidas através da rede HFR e são fornecidas pela agência espanhola Puertos del Estado. Para o presente trabalho foi analisado o período de Fevereiro de 2016 a Outubro de 2020. Todos os dados (ADCP e HFR) foram filtrados a 40 horas com um filtro Butterworth para remover oscilações de alta frequência. Os dados do ADCP e HFR, extraídos em 7 pontos ao longo da costa (Fig. 1 pontos azuis), foram submetidos a uma rotação de referencial para obter os valores das correntes nas componentes ao longo (V_{al}) e perpendicular à costa (V_{cr}). Os padrões de variabilidade da circulação foram explorados através de Funções Ortogonais Empíricas complexas (EOF, Kundu P. K. and Allen J. S., 1976) aplicadas as correntes medidas pelo HFR. Neste método, as componentes zonais (u) e meridionais (v) são expressas como um escalar complexo $V_!(x, t) = u(x, t) + jv(x, t)$, onde t é o tempo e x é a coordenada.

O conjunto de dados V_{ij} é então decomposto em termos de k coeficientes espaciais e k temporais $V_{ij} = \sum_n a_{in}(t)\phi_{jn}(x)$ e são interpretados através da análise de sua amplitude e fase. Para caracterizar o desenvolvimento e propagação das CCCs e EFs ao longo da costa, V_{al} foi analisada em 3 dos 7 pontos selecionados (W2, C e E3; Fig. 1). Eventos de propagação foram definidos quando uma mudança de sentido era observada sequencialmente nos pontos adjacentes dentro de um período de 7 dias. Os forçamentos responsáveis pelo desenvolvimento das CCCs foram explorados através da análise de parâmetros dinâmicos que descrevem a estrutura das correntes no momento em que mudam de direção.

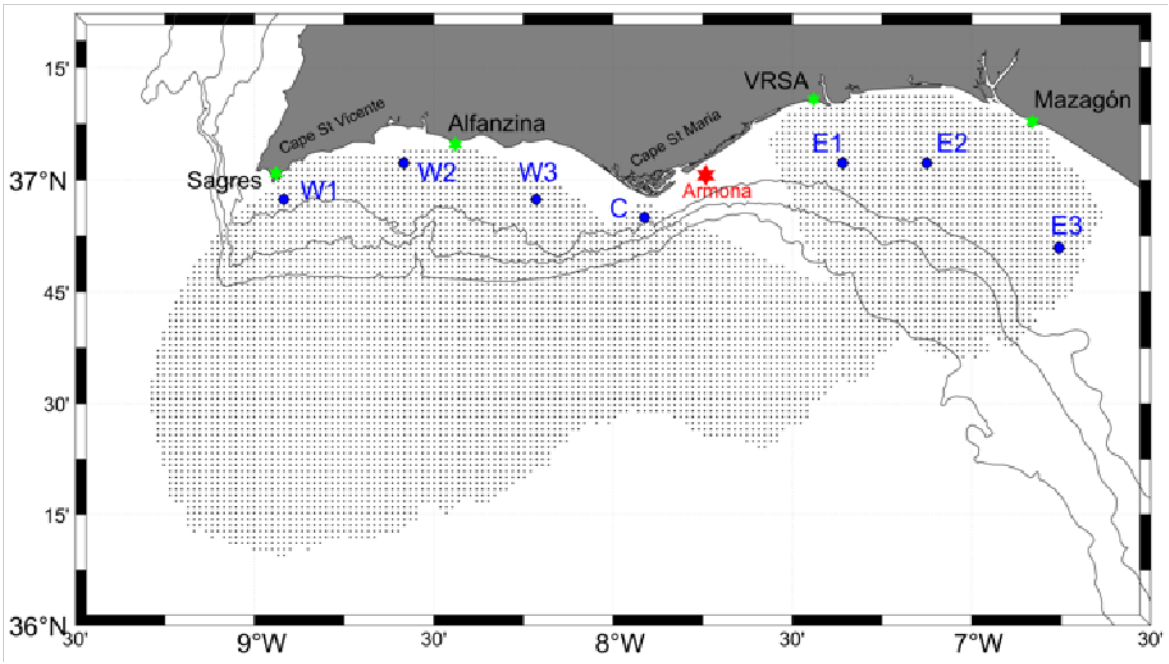


Fig.1. Mapa da área de estudo, as 4 antenas do sistema de HFR caracterização da circulação foram (pretos) e os 7 pontos selecionados ao longo da costa (pontos azuis). estrelas verdes), sua respetiva área de cobertura utilizada (pontos realizados até o presente. Atualmente a Localização da estação do ADCP (estrela vermelha).

RESULTADOS

A análise das EOF indica que 59% da variabilidade das correntes estão presentes nos modos 1 e 2 (47% e 12%, respetivamente). O mapa dos coeficientes espaciais do modo 1 indica que as correntes sobre a plataforma continental são na sua maioria alinhadas com a costa (Fig. 2a). O seu coeficiente temporal (não mostrado) indica que este padrão se observa em 47% do tempo. O modo 2 é marcado por correntes costeiras intensificadas ao longo da costa (Fig. 2b). Na região do Cabo Santa Maria (CSM), as correntes contornam o cabo e tendem a conectar as duas regiões. Na região oeste existe uma célula de circulação ciclónica que conecta as regiões offshore com a plataforma, como sugerido por GarcíaLafuente *et al.*, (2006). O coeficiente temporal do modo 2 indica que este padrão é observado apenas em 19% do tempo e ocorre preferencialmente durante os meses de Verão e Outono. De acordo com os padrões de temperatura observados em imagens de satélite (Relvas and Barton, 2002), o desenvolvimento das CCCs (EFs) dá-se no sentido lesteoeste (oeste-leste). Foi verificado o estabelecimento de 25 CCCs e 23 EFs ocorrendo concomitante (dentro de um período de 7 dias) em W2, C e E3, mas nenhuma propagação das inversões foi registada durante as CCCs e somente 3 durante as EFs. Este resultado indica que o padrão de desenvolvimento destas correntes não ocorre progressivamente ao longo da costa como proposto anteriormente.

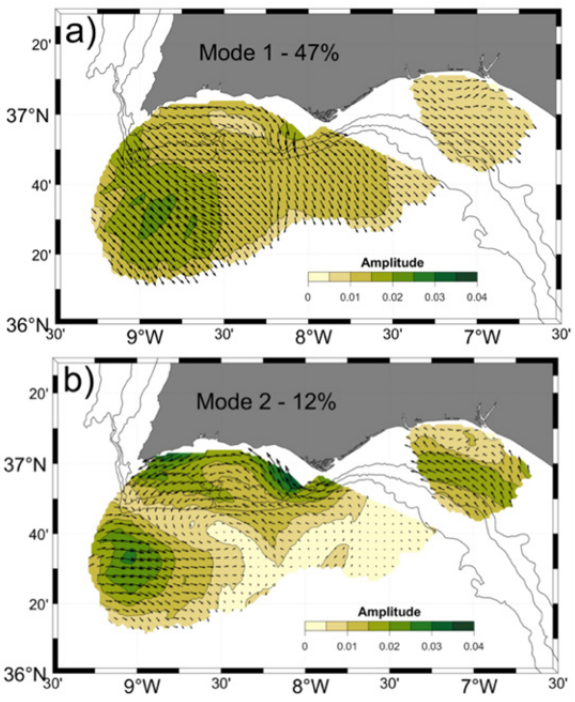


Fig 2. Coeficiente espaciais da EOF modo 1 (a) e modo 2 (b).

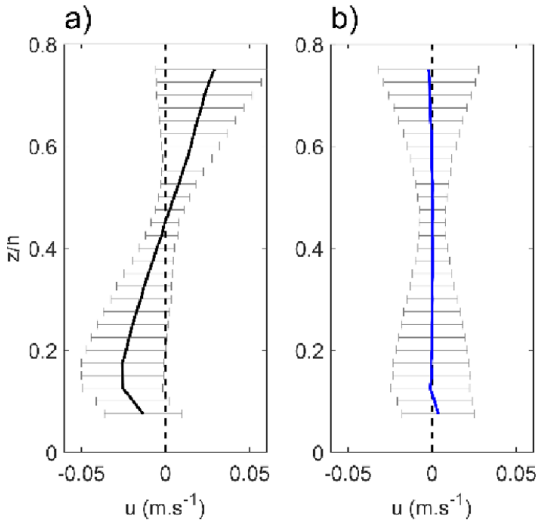


Fig. 3. perfil vertical médio de velocidades durante o momento em que V muda de direcção CCCs em preto e EFs em azul) e seu desvio.

O estabelecimento das CCCs e EFs analisadas na estação de Armona apresentam perfis médios de velocidade contrastantes (Fig. 3). As CCCs (Fig. 3a) geralmente desenvolvem-se junto ao fundo (66%) mesmo durante condições de vento favoráveis. Ao contrário, as EFs desenvolvem-se igualmente entre o fundo e a superfície (39%, 37% respetivamente), resultando em um perfil médio centrado em 0 (Fig. 3b). A magnitude das EFs antes do desenvolvimento das CCCs é significativamente correlacionada (R=0.53) com a aceleração das correntes durante a inversão. Este conjunto de observações sugere

que as CCCs desenvolvem-se junto ao fundo em função de um gradiente horizontal de pressão, cuja ação é facilitada com a profundidade: no caso de uma variação de pressão, a turbulência produzida pelo atrito no fundo aumenta com a distância (i.e., a dimensão da turbulência é menor perto ao fundo), o que permite que as camadas do fundo adaptem-se mais rapidamente às mudanças de condições devido a uma maior taxa de dissipação da energia cinética. O domínio do gradiente horizontal de pressão como forçamento, é apoiado pela correlação entre a magnitude das EFs (que afeta o declive da superfície da água) e a aceleração das correntes para oeste junto ao fundo.

CONCLUSÕES

A análise do conjunto de medições de correntes observadas através da rede HFR e um ADCP possibilitou a deteção e a descrição de um conjunto de características acerca da circulação costeira da MNGC. Foi observado que as correntes sobre a plataforma continental são na sua maioria alinhadas com a costa em praticamente toda extensão. Foi verificado que as inversões das correntes costeiras desenvolvem-se de forma aleatória ao longo da costa, contrariamente ao padrão proposto anteriormente. Constatou-se também o desenvolvimento sazonal de uma célula ciclónica ocupando grande parte da região oeste da área de estudo e que promove a interação entre a circulação costeira e a circulação ao largo. Com base na análise de perfis verticais de velocidade é possível inferir que o gradiente horizontal de pressão é uma das principais forças envolvidas no estabelecimento das CCCs.

REFERÊNCIAS

García-Lafuente, J., Delgado, J., Criado-Aldeanueva, F., Bruno, M., del Río, J., Miguel Vargas, J., 2006. Water mass circulation on the continental shelf of the Gulf of Cádiz. Deep Sea Res.Part II Top. Stud. Oceanogr. 53,1182–1197. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.011

Garel, E., Laiz, I., Drago, T., Relvas, P., 2016. Characterisation of coastal counter-currents on the inner shelf of the Gulf of Cadiz. J. Mar. Syst. 155, 19–34. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.11.001

Kundu P. K., Allen J. S., 1976. Some three-dimensional characteristics of low-frequency current fluctuations near the Oregon Coast. J. Phys. Oceanogr.

Relvas, P., Barton, E.D., 2002. Mesoscale patterns in the Cape São Vicente (Iberian Peninsula) upwelling region. J. Geophys. Res. 107, 3164. https://doi.org/10.1029/2000JC000456

OTIMIZAÇÃO DO RASTREAMENTO DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO E REDUÇÃO SISTEMÁTICA DA ÁREA DA REGIÃO DE PESQUISA: A PLATAFORMA *GRIPP*

Nikolas Gomes Silveira de Souza*, Jader Lugon Jr, Edna N. Yamasaki, Ioannis Kyriakides, Antônio J. Silva Neto

**Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil – nichsouz@msn.com*

Palavras chave: óleo, GRIPP, rastreamento.

INTRODUÇÃO

Ocasionalmente ocorre vazamento de óleo no mar e as implicações podem ser agudas ou crônicas e seu testemunho pode ocorrer após diversos dias. Em uma pesquisa preliminar, foram localizadas poucas publicações que ofereçam soluções computacionais utilizando os problemas inversos para solução da origem da trajetória de um vazamento de óleo (Sorokin e Sheloput, 2019). Os problemas inversos são amplamente explorados nas áreas médicas e geofísicas, entre outas áreas (Richter, 2020). A solução do Problema Inverso consistiu em localizar o ponto inicial de vazamento de óleo, consiste em buscar, dentre uma área de busca pré-fixada e através de repetidas simulações, as coordenadas que se aproximam da coordenada de origem (Richter, 2020). A exploração deste tema pode oferecer soluções para problemas relacionados ao transporte de óleo, quando percebido em áreas costeiras, as quais não se conhece o ponto de origem. Oferecendo mais conhecimento acerca das áreas possivelmente contaminadas por um vazamento de óleo e auxiliando a resolutividade e identificação do emissor.

MÉTODO

Para a resolução dos problemas inversos, foi utilizado o programa R 3.5.0 (R Core Team, 2020), o qual oferece pacotes de algoritmos publicados em periódicos. Para o efeito deste trabalho, foi utilizado o pacote *GRIPP* (Lugon Jr e Silva Neto, 2019) que oferece uma interação para dois outros pacotes *GenSA* (Xiang *et al*., 2013) e GA (Scrucca, 2017).

Inicialmente foi construído o problema direto, com parâmetros pré-fixados a uma simulação de 12 horas. O local escolhido foi o Mar Mediterrâneo Oriental, na coordenada geográfica na latitude e longitude [32.99, 32.90] (Fig.1 – Ponto de origem). Para a simulação, o programa computacional MOHID (Miranda *et al*., 2000) foi escolhido por ter contribuições na área do Mediterrâneo (Souza *et al*., 2021). Após o problema direto registrado, foi obtida uma coordenada geográfica de saída na latitude e longitude [33.04, 33.06] (Fig.1 – Ponto de trajetória), a qual servirá para a busca da coordenada originária. A área de busca foi construída pelas seguintes longitudes = [31.3325, 33.3373, 33.3773, 31.3325] e latitudes = [32.5132, 32.5132, 34.1014, 34.1014] (Fig 1 – área de busca) buscando otimizar a função

$C = \sum_{i=1}^{2} \left(R\left(x_i^{t=0}\right)_i^{t=f} - x_i^{t=f} \right)^2$, onde C = Função custo, i indica o parâmetro considerado (sendo 1=latitude e 2=longitude), f corresponde ao tempo final do experimento, $x_i^{t=0}$ corresponde a posição inicial de uma determinada partícula, $R(x_i^{t=0})_i^{t=f}$ é o resultado da simulação no tempo final, e $x_i^{t=f}$ são as coordenadas das observações disponíveis no tempo final do experimento.

A randomização das coordenadas de busca é oferecida pelas características particulares de cada pacote do R utilizada para solução do problema de otimização. Todas as simulações foram executadas em um Intel CORE i7 com 8GB RAM e SSD-Drive, com Windows 10.

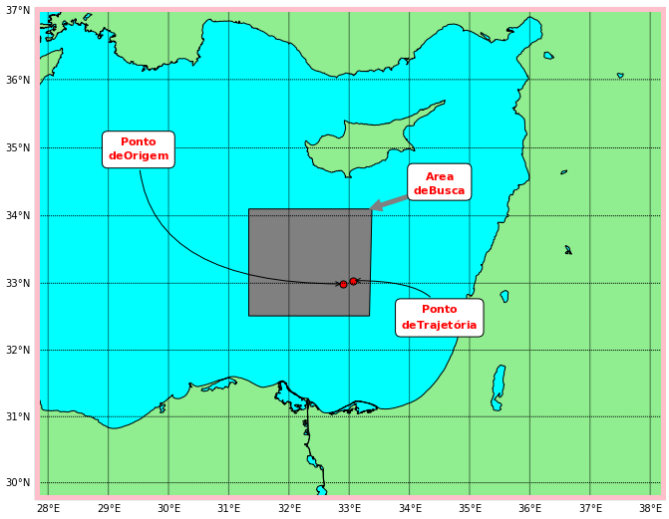


Figura 1: Área de estudo com Ponto de origem, área de busca e ponto da trajetória. Pontos vermelhos georreferenciados.

GRIPP

O GRIPP é uma plataforma feita no R que utiliza dois outros pacotes de otimização, o "GenSA" e "GA" cujas funções são descritas nos próximos itens. Esta ferramenta economiza tempo do usuário na preparação para a solução do problema inverso, armazenando todos os dados de entrada para a otimização da função custo, de forma que uma simples rotina alterna a chamada do problema direto e do pacote utilizado para solução do Problema Inverso. Além disso, ele permite o estudo de sensibilidade e a geração de dados experimentais sintéticos, acrescentando um ruído aleatório controlado. Conforme mostrado na Fig. 2

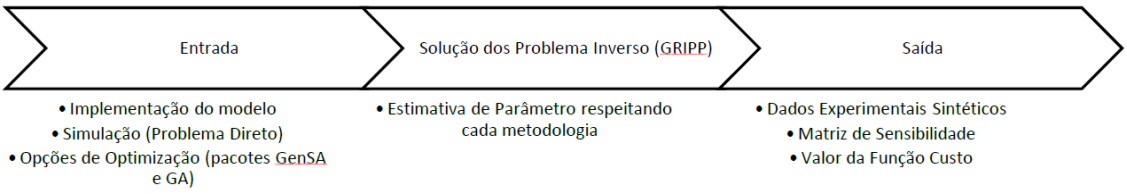


Figura 2: Esquematização do método de solução da plataforma GRIPP.

GenSA

Este pacote busca otimizar, minimizando ou maximizando a função custo, o que neste caso, é o ponto final da trajetória. Os parâmetros são otimizados buscando a proximidade do ponto final, após diversas iterações, buscando atingir uma tolerância final de 10^{-6}. É uma ferramenta adequada para trabalhos exploratórios e oferece espaço para simplificação ou alteração do código.

GA

O GA é outro pacote que busca otimizar a função custo, utilizando uma estratégia semelhante a seleção natural. A proposta é adaptar a função para buscar uma solução otimizada, onde as tentativas são tratadas como se fossem um cromossomo. O método de funcionamento conta com uma geração aleatória de possíveis coordenadas dentro da janela escolhida, buscando a menor distância entre a coordenada final calculada e a observada. Cada iteração do algoritmo busca novas possíveis coordenadas, até atingir um menor valor da função custo após um número de gerações, obtendo assim a solução do Problema Inverso.

RESULTADOS

Após a extração das coordenadas localizadas, observou-se que o resultado otimizado oferecido pelo GenSA, levou à menor distância triangulada entre o ponto original e o sugerido, correspondendo a 1,1211 metros. Já o GA obteve uma distância final de 183,6302 metros do alvo. Os resultados foram favoráveis para o GenSA, inclusive no tocante à duração da busca de 07 e 37 horas, para o GenSA e GA, respectivamente. Os dois pacotes finalizaram ao alcançar o limite de tolerância em seus algoritmos de otimização.

CONCLUSÃO

A identificação da origem de um vazamento de óleo por problemas inversos pode oferecer uma contribuição significativa. Apesar da complexidade do tema, a metodologia foi relativamente simples e ofereceu resultados adequados. É recomendada a adaptação e/ou criação de mais métodos dedicados a solução de problemas inversos para que ofereçam resoluções mais rapidamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPERJ, do CNPq e da CAPES (Código do Financiamento 001)

REFERÊNCIAS

Lugon Jr, J., Silva Neto, A.J. da, 2019. GRIPP: General Inverse Problem Platform.

Miranda, R., Braunschweig, F., Leitão, P., Neves, R., Martins, F., Santos, A., 2000. MOHID 2000 - A coastal integrated object oriented model, Hydraul. Eng. Softw. VIII. WIT Press. https://doi.org/10.2495/HY000371

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Richter, M., 2020. Inverse Problems, Lecture Notes in Geosystems Mathematics and Computing. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59317-9

Scrucca, L., 2017. On some extensions to GA package: hybrid optimisation, parallelisation and islands evolution. R J. 9, 187–206.

Sorokin, A.S., Sheloput, T.O., 2019. Reconstruction of a passive tracer boundary source in an open water area. Ecol. Montenegrina 25, 55–62. https://doi.org/10.37828/em.2019.25.6

Souza, N.G.S., Lugon Junior, J., Yamasaki, E., Kyriakides, I., Silva Neto, A.J. da, 2021. Parameter sensitivity study and water property influence: An evaluation of the determining factors on oil drifting effect. Rev. Cereus 13. https://doi.org/10.18605/21757275/cereus.v13n1p186-198

Xiang, Y., Gubian, S., Suomela, B., Hoeng, J., 2013. Generalized Simulated Annealing for Global Optimization: The GenSA Package. R J. Vol. 5(1)13-29, June 2013 5. https://doi.org/10.32614/RJ-2013-002

PREVISÃO DE ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDA COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS LSTM

Paula Marangoni Gazineu Marinho Pinto[1 *], Marcos Nicolas Gallo[2 *], Carlos Eduardo Parente Ribeiro[3*]

*Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Brasil.

1 * paulamarangoni95@gmail.com

Palavras chave: redes neurais artificiais, altura significativa de ondas, previsão.

INTRODUÇÃO

Uma acurada previsão da altura significativa de onda (Hs) tanto na região costeira quanto em águas mais profundas, é essencial para a prevenção de acidentes, sobretudo nos portos e nas plataformas *offshore* de exploração de óleo e gás. Estudos relacionados à previsão de Hs também são de extrema importância para a segurança da navegação, uma vez que o impacto de eventos extremos de onda podem ocasionar grandes prejuízos sociais e econômicos.

Atualmente, diversos modelos numéricos são utilizados na previsão de ondas. Entretanto, em determinadas condições de mau tempo, os modelos tendem a subestimar a altura significativa, sobretudo devido à subestimação dos campos de ventos que são fornecidos como entrada para a modelagem de ondas (CARDONE *et al*., 1996; CAIRES e STERL, 2005; CAVALERI, 2009). Fato este que é extremamente prejudicial para as operações que dependem de uma previsão de onda mais precisa. Além disso, uma previsão rápida e de curto prazo, essencial para tomada de decisões emergenciais em portos, por exemplo, pode ser comprometida em situações extremas.

Considerando a necessidade de computadores de alto desempenho, o longo tempo de processamento (ETEMAD-SHAHIDI e MAHJOOBI, 2009) e a necessidade de dados de batimetria acurados (BROWNE *et al*., 2007) para os modelos numéricos de ondas, a previsão utilizando redes neurais pode se tornar uma boa alternativa, sobretudo em cenários que uma previsão rápida e acurada é necessária (FAN *et al*., 2020). Assim, o objetivo deste trabalho é realizar a previsão de Hs na região da costa sudeste do Brasil, utilizando redes neurais artificiais do tipo *Long Short-Term Memory* (LSTM) para duas boias: uma localizada próximo à zona costeira e outra localizada em águas profundas.

METODOLOGIA

Para a previsão com a rede neural foram utilizados os dados de duas boias localizadas na costa sudeste do Brasil. Uma boia costeira localizada a cerca de 15 metros de profundidade, denominada RJ-3 (RJ) do SiMCosta (22°59’ Sul e 043°10’ Oeste) e outra localizada em águas profundas, a aproximadamente 200 metros, denominada boia de Santos (SA), do Programa Nacional de Boias (PNBOIA) da Marinha do Brasil (25°16’ Sul e 044°55’ Oeste). Como entrada da rede foram utilizados os dados de intensidade e direção meridional do vento (v10) de 3 horas anteriores e o Hs de 1 hora anterior para realizar a previsão de Hs. Os horizontes de previsão de Hs foram: 1, 6, 12, 24 e 48 horas, sendo a previsão até 12 horas considerada como curto prazo e de 24 e 48 horas, longo prazo.

Para a boia do RJ o período de 2017 a 2018 foi utilizado para o treinamento da rede e o ano de 2019 (janeiro a junho) foi utilizado para teste. No caso da boia de SA, o período de treinamento foi de 2013 a 2015 e o período de teste, 2016 (janeiro a junho).

As configurações da rede neural LSTM utilizadas foram: 100 épocas, otimizador do tipo adam, 300 de *batch-size*, 0,3 de *dropout* e 100 neurônios na camada de entrada e nas 3 camadas intermediárias.

Os dados de Hs das boias foram comparados com os resultados obtidos pela previsão da rede neural através de quatro métricas de erro: correlação (CORR), viés (BIAS), raiz do erro médio quadrático (RMSE) e índice de espalhamento (SI).

RESULTADOS

Os resultados da previsão de Hs com a rede neural obtidos para a boia de SA (tabela 1) atingiram altos valores de CORR até a previsão de 24 horas (em torno de 0,8). Os menores BIAS foram obtidos nas previsões de 1 e 6 horas (0,002 e 0,003 m). O RMSE também obteve valores baixos até as 12 horas, ficando entre 0,15 e 0,3 aproximadamente. Por fim, o SI apresenta valores baixos também até as 12 horas de previsão. De modo geral, observa-se que as métricas de erro pioram com o aumento do horizonte de previsão, obtendo os melhores resultados nas previsões a curto prazo.

Já para a previsão de Hs no ponto da boia do RJ, se observam valores extremamente altos de SI, em torno de 35 e que diminuem um pouco conforme se aumenta o horizonte de Hs previsto. Assim como na boia de SA, se observa uma alta CORR até a previsão de 24 horas. Ressaltam-se os baixos valores de RMSE obtidos para a boia costeira quando comparado à boia de SA. Já em relação ao BIAS, os resultados para a boia do RJ foram melhores nas previsões de 12 e 24 horas em relação aos resultados da boia de SA.

Tabela 1 - Métricas de erro das previsões de Hs com a rede neural para a boia de SA.

Métricas de erro	**1 hora**	**6 horas**	**12 horas**	**24 horas**	**48 horas**
CORR	0,977	0,945	0,906	0,838	0,665
BIAS (m)	0,002	0,003	-0,025	-0,069	-0,050
RMSE (m)	0,152	0,230	0,298	0,387	0,524
SI	0,079	0,119	0,154	0,198	0,271

CONCLUSÕES

Em relação à previsão da boia de SA, pode-se dizer que foram obtidos bons resultados sobretudo até a previsão de 12 horas. Logo, uma vez treinada, a rede LSTM pode ser utilizada para previsão de Hs a curto prazo no ponto da boia de SA.

Devido aos altos valores observados no SI para a boia do RJ, pode-se concluir que as entradas utilizadas para a previsão da rede não são as mais adequadas para a previsão de Hs com redes neurais para boias em águas costeiras. Devido a localização da boia e os processos de interação da onda com o fundo oceânico, é provável que informações como a batimetria deva ser considerada como dado de entrada para se obter uma melhor previsão com a rede. Além disso, as configurações da rede também podem ter influenciado no resultado encontrado para esta boia.

Assim, para se obter uma boa previsão de Hs utilizando redes neurais artificiais, sobretudo em águas costeiras, é essencial que os dados de entrada da rede sejam selecionados de acordo com os parâmetros que tenham maior influência na região. Entretanto, os bons resultados obtidos no ponto da boia de SA, levam a concluir que as redes neurais podem ser uma alternativa ao modelo numérico para previsões mais rápidas e de curto prazo.

REFERÊNCIAS

BROWNE, M., CASTELLE, B., STRAUSS, D., *et al*., 2007, “Near-shore swell estimation from a global wind-wave model: Spectral process, linear, and artificial neural network models”,

Coastal Engineering, v. 54, n. 5, pp. 445 – 460. ISSN: 0378-3839. doi: https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2006.11.007. Disponível em:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378383906001840>.

CAIRES, S., STERL, A., 2005, “100-Year Return Value Estimates for Ocean Wind Speed and Significant Wave Height from the ERA-40 Data”, Journal of Climate, v. 18, n. 7 (04), pp. 1032–1048. ISSN: 0894-8755. doi: 10.1175/JCLI-3312.1. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/JCLI-3312.1>.

CARDONE, V. J., JENSEN, R. E., RESIO, D. T., *et al*., 1996, “Evaluation of Contemporary Ocean Wave Models in Rare Extreme Events: The “Halloween Storm” of October 1991 and the “Storm of the Century” of March 1993”, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 13, n. 1 (02), pp. 198–230. ISSN: 0739-0572. doi: 10.1175/1520-0426(1996)013h0198: EOCOWMi2.0.CO;2. Disponível em:<https://doi.org/10.1175/1520-0426(1996)013<0198:EOCOWM>2.0.CO;2>.

CAVALERI, L., 2009, “Wave Modeling—Missing the Peaks”, Journal of Physical Oceanography, v. 39, n. 11 (11), pp. 2757–2778. ISSN: 0022-3670. doi: 10.1175/2009JPO4067.1. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2009JPO4067.1>.

ETEMAD-SHAHIDI, A., MAHJOOBI, J., 2009, “Comparison between M5 model tree and neural networks for prediction of significant wave height in Lake Superior”, Ocean Engineering, v. 36, n. 15, pp. 1175 – 1181. ISSN:0029-8018.doi: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2009.08.008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801809001905>.

FAN, S., XIAO, N., DONG, S., 2020, “A novel model to predict significant wave height based on long short-term memory network”, Ocean Engineering,v. 205, pp. 107298. ISSN: 0029-8018. doi: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107298. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801820303401>.

PREVISÃO DO NÍVEL DO MAR CONSIDERANDO EFEITOS DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EM SISTEMAS COSTEIROS NO SUL DO BRASIL

Guilherme Franz*, Luis Hamilton P. Garbossa, Argeu Vanz, Matias G. Boll, Mauricio A. Noernberg

*Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Brasil, guilherme.franz@ufpr.br

Palavras chave: Modelagem operacional, Baía da Babitonga, Complexo Estuarino deParanaguá.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de observação e modelagem dos oceanos são fundamentais para apoiar as atividades marítimas e a gestão costeira (Kourafalou *et al*., 2015), permitindo antecipar eventos extremos e prever os impactos ambientais devido a incidentes de poluição. A modelagem numérica associada ao monitoramento contínuo do nível do mar pode ser uma ferramenta extremamente útil para diversas aplicações, principalmente em regiões costeiras populosas. Há uma gama de aplicações, desde questões operacionais para portos, turismo, saneamento e aquicultura, assim como para pesquisas sobre mudanças climáticas e eventos extremos. A iniciativa Observatório do Mar (BSO)[1] visa o desenvolvimento de sistemas operacionais de modelagem com alta resolução espacial para a zona costeira e uma plataforma webGIS para rápida visualização de previsões e observações. O BSO foi desenvolvido inicialmente com apoio do programa europeu *Copernicus Marine Service* (CMEMS) e mais recentemente teve o apoio da Marinha do Brasil. A continuidade do BSO é baseada na perspectiva de desenvolvimento colaborativo e em rede, aproveitando de infraestruturas existentes e favorecendo a troca de conhecimento e tecnologias entre parceiros (Franz *et al*., 2021). Um sistema de modelagem operacional foi implementado como protótipo inicial com foco na plataforma sudeste brasileira, particularmente para as costas dos estados do Paraná e Santa Catarina, incluindo sistemas estuarinos com importantes atividades portuárias e grandes áreas de proteção ambiental (Complexo Estuarino de Paranaguá e Baía da Babitonga). Neste trabalho, será apresentada uma avaliação das previsões de nível do mar do BSO para estes sistemas estuarinos.

METODOLOGIA

O sistema de modelagem operacional foi implementado através da aplicação do MOHID, seguindo uma metodologia semelhante à descrita anteriormente por Franz *et al*. (2016). O primeiro domínio (modelo regional) é um downscaling do modelo global 1/12° do CMEMS, cobrindo a plataforma sudeste do Brasil com uma malha de resolução horizontal de 1/36° e 50 camadas verticais. A batimetria para este modelo regional foi obtida do GEBCO. Um modelo costeiro foi aninhado ao modelo regional, com uma malha de resolução horizontal de aproximadamente 600 m, cobrindo as costas dos estados do Paraná e Santa Catarina. O modelo costeiro fornece condições de contorno oceânicas para o modelo do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e para o modelo da Baía da Babitonga, que possuem resoluções horizontais de aproximadamente 200 m e 120 m, respectivamente. As batimetrias para os modelos costeiros e estuarinos foram definidas com base em cartas náuticas da Marinha do Brasil e dados de instituições e empresas organizados pelo Centro

1 https://brazilianseaobservatory.org/pt/

de Estudos do Mar (Figura 1). Foram utilizadas coordenadas cartesianas para as camadas mais profundas e coordenadas sigma para as camadas mais próximas da superfície (mesma discretização do modelo regional), atingindo poucas dezenas de centímetros de espessura. A maré é imposta nas condições de contorno do modelo costeiro usando as constituintes harmônicas do FES2014. As condições de contorno atmosféricas são obtidas a partir do *Global Forecast System* (GFS) com uma resolução de 0,25°. As descargas dos rios foram consideradas por meio de médias mensais calculadas a partir de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) ou da literatura.

Para validação do modelo operacional utilizou-se as previsões de nível de 24h ao longo do período de setembro de 2019 a novembro de 2020. Para o CEP foram considerados dados dos marégrafos da Galheta, Cais Oeste (Paranaguá) e Ponta do Félix (Antonina) fornecidos pela Isobática Serviços Marítimos. Para a baía da Babitonga foram considerados dados dos marégrafos da Ilha da Paz e de São Francisco do Sul fornecidos pela Rede Maregráfica de Santa Catarina (Epagri, 2020), após passar por um controle de qualidade (Graybeal *et al*., 2004). A influência de eventos meteorológicos no nível do mar foi verificada através da comparação de dados de marégrafos e previsões dos modelos com níveis do mar previstos por análise harmônica (maré astronômica), realizada por meio do pacote T_Tide (Pawlowicz *et al*., 2002). Uma média móvel de 40h foi utilizada para verificar a representação pelos modelos da influência de eventos meteorológicos no nível do mar.

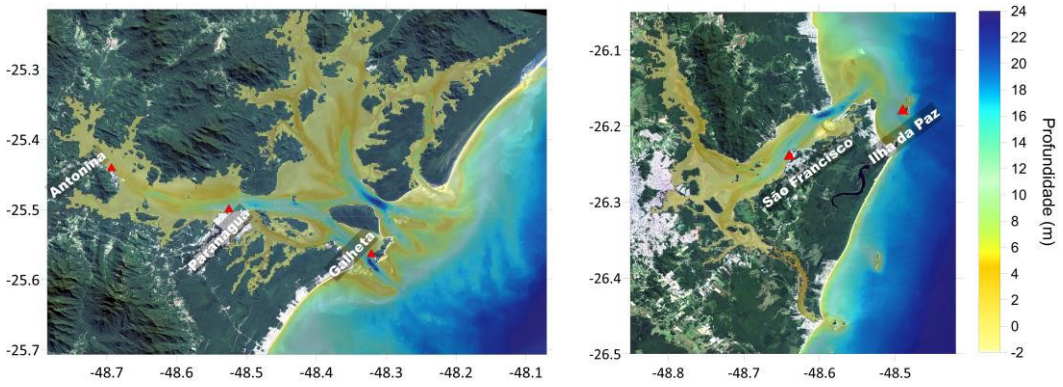


Figura 1. Batimetria interpolada para as malhas dos modelos do Complexo Estuarino de Paranaguá (esquerda) e da Baía da Babitonga (direita) com a localização dos marégrafos utilizados para avaliação das previsões de nível do mar.

RESULTADOS

As estatísticas da comparação entre as previsões de nível do mar dos modelos do CEP e da Baía da Babitonga com dados de marégrafos são mostradas na Tabela 1. A Figura 2 mostra a comparação entre os dados do marégrafo da Ilha da Paz e da previsão do modelo operacional da Baía da Babitonga, com detalhe para um período de quinze dias onde pode ser observada a influência de eventos meteorológicos no nível do mar, identificada através da comparação com a previsão obtida por análise harmônica dos dados do marégrafo, onde apenas são incluídos os efeitos da maré astronômica.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho demonstraram que o sistema de modelagem operacional na atual configuração é capaz de prever os níveis do mar considerando os efeitos da maré astronômica, incluídos nas condições de contorno a partir das constituintes harmônicas do FES2014, e os efeitos de eventos meteorológicos, incluídos nas condições de contorno com base no modelo oceânico global do CMEMS e do forçamento atmosférico do modelo global GFS. Além das previsões de nível do mar considerando os efeitos de eventos

meteorológicos, o sistema de modelagem operacional permite completar séries de dados em casos de falhas, obter informações sobre o nível do mar e de outros parâmetros, como a velocidade da água, em locais onde não são realizados monitoramentos e de forma distribuída no espaço.

Tabela 1. Estatísticas obtidas da comparação das previsões de nível do mar dos modelos operacionais do Complexo Estuarino de Paranaguá e da Baía da Babitonga com dados de marégrafos

	Previsão x dados		Média móvel 40h	
	RMSE (m)	R^2	RMSE (m)	R^2
Galheta	0,16	0,87	0,09	0,74
Paranaguá	0,25	0,79	0,11	0,63
Antonina	0,34	0,71	0,11	0,67
Ilha da Paz	0,15	0,84	0,09	0,68
São Francisco do Sul	0,21	0,82	0,10	0,66

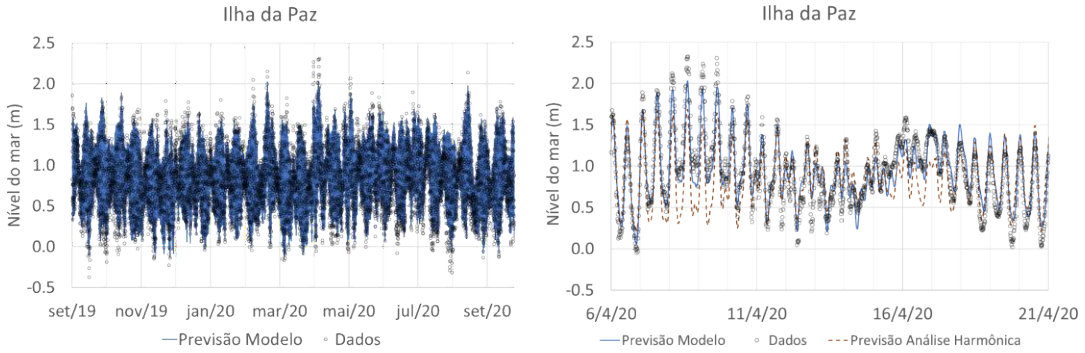


Figura 2. Comparação entre as previsões do modelo e da análise harmônica com dados do marégrafo da Ilha da Paz.

REFERÊNCIAS

EPAGRI (2020). Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri. 20p. (epagri, documentos, 310) – ISSN 2674-9521 (on-line)

Graybeal, D. Y., DeGaetano, A. T., & Eggleston, K. L. (2004). Complex quality assurance of historical hourly surface airways meteorological data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21(8), 1156-1169.

Franz, G.A.S., Leitão, P., Santos, A.D., Juliano, M. and Neves, R. (2016). From regional to local scale modelling on the south-eastern Brazilian shelf: case study of Paranaguá estuarine system. Brazilian Journal of Oceanography, 64(3), pp.277-294.

Franz, G., Garcia, C. A., Pereira, J., de Freitas Assad, L. P., Rollnic, M., Garbossa, L. H. P., ... & Polejack, A. (2021). Coastal Ocean Observing and Modeling Systems in Brazil: Initiatives and Future Perspectives. *Frontiers in Marine Science*, 1038.

Kourafalou, V.H., De Mey, P., Staneva, J., Ayoub, N., Barth, A., Chao, Y., Cirano, M., Fiechter, J., Herzfeld, M., Kurapov, A. and Moore, A.M. (2015). Coastal Ocean Forecasting: science foundation and user benefits. *Journal of Operational Oceanography*, 8(sup1), pp.s147-s167.

Pawlowicz, R., Beardsley, B. and Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28(8), pp.929-937.

PREVISÕES NUMÉRICAS DO VENTO E TEMPERATURA DO AR PARA UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO NA COSTA SE DO BRASIL

Mauricio Soares da Silva*, Ian Cunha D'Amato Viana Dragaud, Nilton Oliveira Moraes, Luiz Paulo de Freitas Assad, Luiz Landau

*Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE)/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. soares@lamma.ufrj.br

Palavras chave modelo WRF, desempenho numérico, escoamento atmosférico, Projeto Azul.

INTRODUÇÃO

O modelo de Previsão Numérica de Tempo *Weather Research and Forecasting* (WRF) (Skamarock *et al*., 2019), foi implementado em regime diário operacional com objetivo de fornecer previsão meteorológica e condições de contorno para modelos oceânicos regionais no âmbito do Projeto Azul (http://www.projetoazul.eco.br/). Este projeto tem por objetivo principal o desenvolvimento e operacionalização de um sistema de observação oceânica para a bacia de Santos e é desenvolvido por uma cooperação entre a SHELL Brasil, o Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE/UFRJ e a empresa de consultoria oceanográfica PROOCEANO. Os resultados das previsões numéricas de tempo são fundamentais para o dimensionamento de estruturas, planejamento e gestão de atividades e para a segurança de diversas operações associadas à indústria do petróleo, gás e energia. Além disso, ressalta-se a importância do conhecimento prognóstico e diagnóstico da dinâmica atmosférica em regiões marinhas para o melhor entendimento da dinâmica oceânica e de processos de interação oceano-atmosfera em ambientes costeiros. O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar o desempenho do modelo implementado na predicabilidade das variáveis vento e temperatura do ar próximos à superfície via o modelo WRF, a partir da análise comparativa com dados meteorológicos adquiridos em uma plataforma de petróleo localizada na costa Sudeste do Brasil.

METODOLOGIA

De maneira a atender os objetivos do projeto Azul, o modelo WRF (Skamarock *et al*., 2019) funciona em regime operacional gerando previsões para 3 dias e resultados com frequência de 3 h. As condições iniciais e de contorno utilizadas provêm do modelo Global Forecast System cuja resolução espacial horizontal é de 0,25° x 0,25°. O domínio do WRF (Figura 1) foi configurado com 9 km de resolução horizontal, 315 pontos na direção zonal por 222 na direção meridional e 45 níveis verticais. As parametrizações físicas utilizadas são: New Goddard Shortwave and Longwave Schemes, Pleim–Xiu Scheme for surface layer, Asymmetric Convection Model 2 Scheme for boundary layer, Unified Noah Land Surface Model, WRF single-moment three-class for microphysics and Kain–Fritsch Scheme for cumulus. O desempenho do WRF foi investigado tendo como referência dados de temperatura do ar e de intensidade e direção do vento medidos em uma plataforma de petróleo na Bacia de Campos (Plataforma Fixa Central de Enchova) (Figura 1). Esta plataforma fica localizada a 22,4 m acima do nível do mar e a 133 km da linha de costa, seguindo a mesma latitude. Estes dados são disponibilizados por meio da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) do Brasil (http://www.redemet.aer.mil.br/).

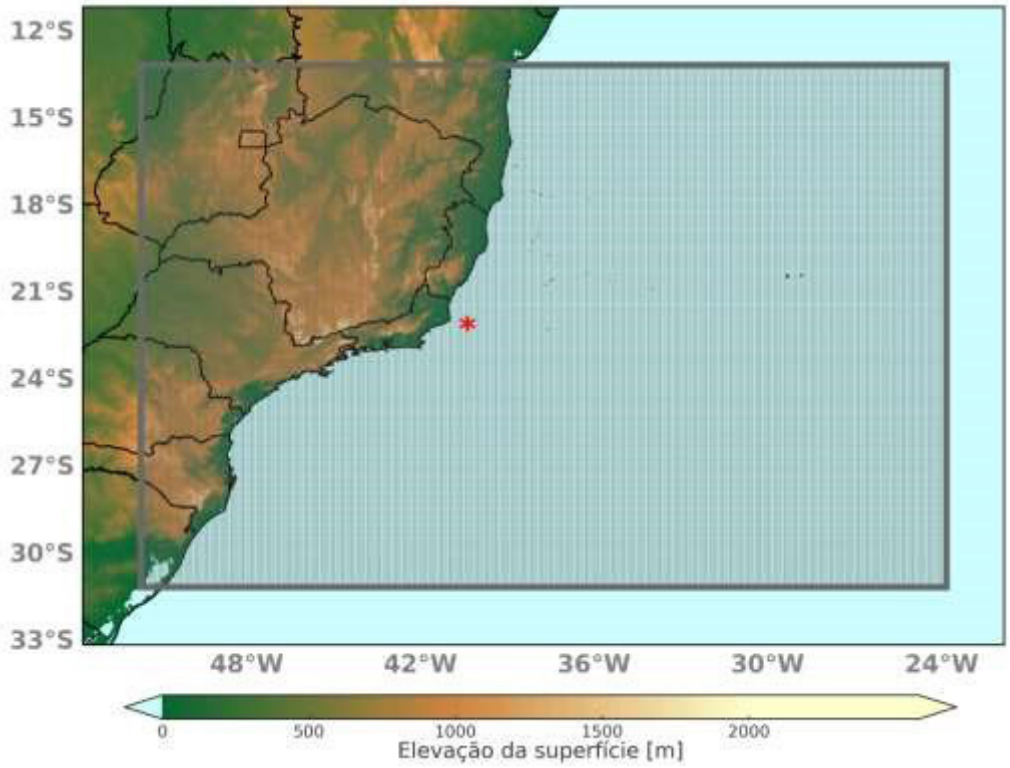


Figura 1. Região de estudo com domínio do modelo WRF ilustrado na cor cinza. Estão ilustradas as bordas e as células de grade na direção horizontal. O asterisco em vermelho ilustra a posição da plataforma petrolífera.

A avaliação do desempenho das simulações com o WRF foi realizada através de índices estatísticos consagrados na literatura científica. Os índices estatísticos aplicados são: bias (erro médio), Erro Médio Absoluto (MAE) e Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE). Para a estimativa dos índices estatísticos, foram extraídos os resultados numéricos do ponto de grade mais próximo do local de monitoramento. Visto que os resultados do modelo WRF foram configurados para serem armazenados a cada 3 horas, para fins de comparação foram utilizados os dados observados na mesma frequência temporal. Devido ao período de estabilização numérica (*spinup*) no início de cada simulação, as primeiras 12 h de cada previsão foram descartadas. Assim, avaliou-se as previsões realizadas entre 26/02/2020 a 31/12/2020 considerando-se a janela de 24 h posterior ao período de spinup, isto é, 12 a 36 horas.

RESULTADOS

Com relação à intensidade do vento, verificou-se viés negativo de -0,7 $m.s^{-1}$, que indica a subestimativa do vento modelado. Quanto aos índices MAE e RMSE, os valores obtidos, 1,9 e 2,4 $m.s^{-1}$ respectivamente, são classificados como resultados excelentes segundo a tabela de classificação de incertezas de Clifford (2011). Quanto à direção do vento, a obtenção de viés negativo indica que o vento previsto está rotacionado 7,9° na direção anti-horária em relação ao vento observado. O índice MAE indica que as simulações no geral apresentam erros inferiores a 1/4 de quadrante, isto é, < 22,5°. Este resultado pode ser caracterizado como acima do satisfatório. O valor de 35° obtido para o índice RMSE demonstra que não são frequentes erros muito maiores que o erro médio (22,1), visto que o valor de RMSE é significativamente menor que o dobro do valor obtido para o MAE.

Em relação à temperatura do ar, verificou-se um viés do modelo em subestimar a temperatura real na ordem de 1,5 °C. Como o valor obtido para o índice MAE é em módulo similar ao viés, pode-se afirmar que as simulações numéricas sistematicamente subestimam a temperatura do ar na região avaliada. Da maneira similar ao descrito para a direção do vento, o resultado para o índice RMSE da temperatura nos permite indicar que os eventos com incertezas muito maiores que 1,5°C são poucos frequentes.

Tabela 1: Resultados estatísticos da comparação entre o WRF e os dados medidos.

Índices	Intensidade do vento ($m.s^{-1}$)	Direção do vento (°)	Temperatura do ar (°C)
bias	-0,7	-7,9	-1,5
MAE	1,9	22,1	1,5
RMSE	2,4	35,0	1,9

CONCLUSÕES

Pode-se considerar que a implementação do modelo WRF no âmbito do Projeto Azul é satisfatória, apesar da avaliação apresentada ser limitada com relação ao número de pontos considerados na análise. Os resultados obtidos na análise objetiva indicam um desempenho promissor uma vez que a configuração do modelo WRF no projeto não se utiliza de alta resolução espacial. Um ponto que fica evidente neste estudo e deve ser remarcado, é a carência de investimentos em monitoramento meteo-oceanográfico na costa brasileira.

REFERÊNCIAS

Clifford, K.T. WRF-Model Performance for Wind Power Forecasting in the Coast Ranges of Central California. Master's Theses, Department of Meteorology and Climate Science, San José State University, United States, 2011, 61 p.

Skamarock, W. C. *et al*. A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4. NCAR/TN-556+STR, v. 1, p. 1–154, 2019.

PROJETO BAÍA VIVA: MODELAGEM HIDRODINÂMICA E DE DISPERSÃO DE ÓLEO PARA A BAÍA DE GUANABARA/RJ/BRASIL

D. M. Nehme*, C. S. Böck*, I. C. D. V. Dragaud*, R. C. Vieira*, L. P. F. Assad* +, L. Landau*

*Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia - LAMCE/COPPE/UFRJ e Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PEC/COPPE/UFRJ, Brasil, douglas.nehme@coc.ufrj.br,

+ Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de janeiro

Palavras chave: monitoramento ambiental, modelagem numérica operacional, modelagem hidrodinâmica, *Regional Ocean Modeling System*.

INTRODUÇÃO

O litoral do estado do Rio de Janeiro e, especialmente, de sua capital possui uma das maiores densidades demográficas do país e grande relevância socioeconômica. Nele se destaca a Baía de Guanabara (BG), onde estão duas refinarias de petróleo, o segundo maior porto do país, duas bases navais e uma bacia hidrográfica com mais de 8 milhões de habitantes. Ações contundentes de melhoria da qualidade ambiental deste ecossistema marinho costeiro devem ser embasadas pelo profundo conhecimento de suas características médias e variabilidade, especialmente de sua hidrodinâmica, pois ela influencia desde a distribuição do lixo flutuante e a dispersão de poluentes até as áreas de melhor balneabilidade e pesca. Para o monitoramento e previsão ambiental mais eficiente da BG, o Projeto Baía Viva desenvolveu um sistema operacional de modelagem hidrodinâmica com resolução temporal horária e espacial de 200 metros. Em superfície, o sistema é forçado por um modelo regional atmosférico com resolução espacial de 1 km também implementado no âmbito do projeto. De maneira complementar, esses resultados são aplicados operacionalmente em um modelo de dispersão de óleo, simulando todos os dias um hipotético vazamento na entrada da BG. Desta forma, o Projeto Baía Viva busca de maneira integrada monitorar este complexo ecossistema costeiro de grande importância para o Brasil e potencialmente fornecer subsídios e soluções para a melhoria de sua qualidade ambiental.

METODOLOGIA

O sistema de modelagem hidrodinâmica do Projeto Baía Viva simula operacionalmente a circulação da BG através do *Regional Ocean Modeling System* (ROMS; Shchepetkin & Mcwilliams, 2005), que é um modelo tridimensional, de superfície livre, que resolve as equações primitivas através do método de diferenças finitas e leva em conta as aproximações hidrostática e de Boussinesq. O ROMS considera a grade do tipo C de Arakawa, o seu sistema de coordenada vertical é do tipo S e o horizontal é curvilíneo. No projeto em si são aplicadas duas grades aninhadas, de forma que a de maior complexidade possui 200 metros de resolução espacial, 1 hora de resolução temporal, 20 níveis verticais e sua área costeira compreende, além de toda a BG, toda a zona sul do Rio de Janeiro e a cidade de Niterói. Em superfície o modelo é forçado pelos fluxos de calor, massa e momento com resolução espacial de 1 km e temporal de 1 hora produzidos por uma simulação também pertencente ao projeto e que usa o *Weather Research and Forecasting* (WRF; Skamarock *et al.*, 2019). A grade de menor resolução usa como condições de contorno e inicial o produto global operacional de previsão e análise do Mercator com resolução espacial de 9 km. O horizonte de previsão dos modelos é de 2 dias.

De maneira complementar e integrada, os resultados de temperatura e correntes simulados pelo ROMS e de ventos simulados pelo WRF são fornecidos operacionalmente como dados de entrada para uma simulação de dispersão de um hipotético vazamento contínuo de óleo na entrada da BG, a uma taxa de 100 toneladas por hora. O modelo aplicado é o MEDSLIK-II (De Dominicis *et al*., 2013a, 2013b) que, assim como o ROMS e o WRF, é de acesso livre e além de simular a dispersão do óleo e superfície também leva em consideração as modificações dessa substância em decorrência de processos físicos e químicos, como evaporação, emulsificação, dispersão na coluna d'água e adesão à costa.

RESULTADOS

Todos os resultados das simulações do Projeto Baía Viva são disponibilizados para visualização on-line (http://www.baiaviva.eco.br). O website é aberto ao público e responsivo, permitindo o acesso às informações com qualidade e através de diferentes dispositivos (Figura 1), o que facilita diferentes segmentos da sociedade utilizá-lo. A cada dia são apresentados os resultados para a data corrente através de figuras horárias.

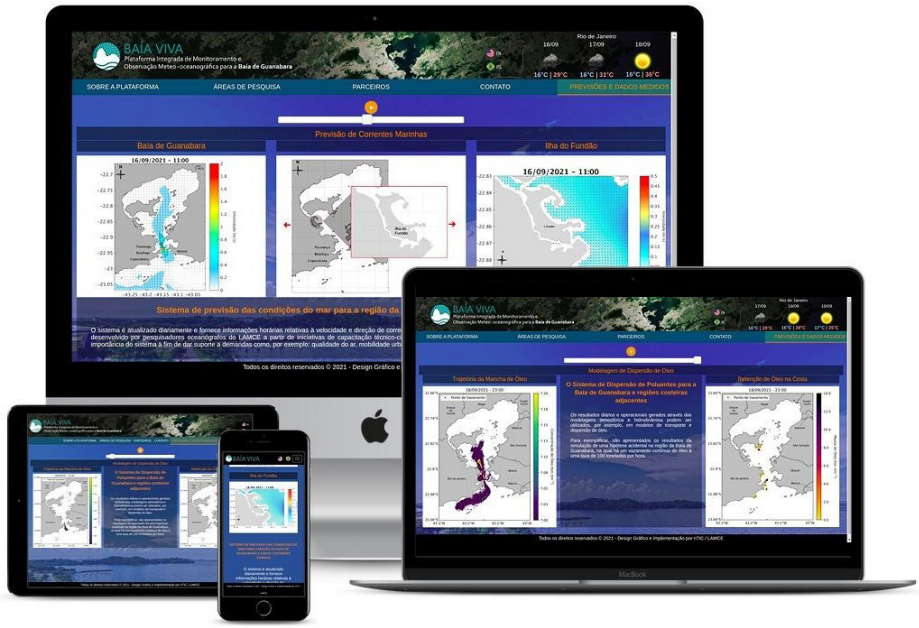


Figura 1. Visualização do site do Projeto Baía Viva em diferentes dispositivos para realçar a facilidade de acesso às informações. No desktop ao fundo e no celular à frente são ilustrados os resultados de velocidade de corrente na superfície do mar para toda a Baía de Guanabara e o entorno da Ilha do Fundão, enquanto no notebook à direita e no tablet à esquerda são ilustradas a trajetória da mancha de óleo e a retenção de óleo na costa.

CONCLUSÕES

No presente trabalho foi apresentado a parte do Projeto Baía Viva ligada ao sistema operacional de modelagem hidrodinâmica e de dispersão de óleo da BG, que é um ambiente costeiro altamente impactado pelas atividades humanas. O objetivo principal deste projeto é o monitoramento e a previsão ambiental deste ecossistema, de forma a subsidiar ações eficientes de melhoria da qualidade ambiental da BG. A disponibilização gratuita dos resultados com facilidade de acesso visa engajar diferentes setores sociais no uso dessas informações. O sistema de modelagem hidrodinâmica encontra-se em contínuo desenvolvimento e atividades específicas vêm sendo planejadas como, por exemplo, aquelas associadas a melhorias no processos de avaliação dos resultados prognósticos gerados pelo modelo hidrodinâmico. Com isso, espera-se ampliar a quantidade de

dados oceanográficos e meteorológicos *in situ* obtidos para a região, permitindo o acompanhamento a longo prazo das condições ambientais desse ecossistema costeiro, garantindo, especialmente, simulações cada vez mais realísticas e um monitoramento mais preciso.

REFERÊNCIAS

DE DOMINICIS, M.; PINARDI, N.; ZODIATIS, G.; LARDNER, R. 2013a. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting - Part 1: Theory. Geosci. Model. Dev.. 6:1851–1869.

DE DOMINICIS, M.; PINARDI, N.; ZODIATIS, G. & ARCHETTI, R. 2013b. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting - Part 2: Numerical simulations and validations. Geosci. Model. Dev.. 6:1871–1888.

SHCHEPETKIN, A. F.; MCWILLIAMS, J. C. 2005. The Regional Oceanic Modeling System (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. Ocean Modelling, v. 9, pp. 347–404.

SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; GILL, D. O.; LIU, Z.; BERNER, J.; WANG, W.; POWERS, J. G.; DUDA, M. G.; BARKER, D.; HUANG X. 2019. A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4.1 (No. NCAR/TN-556+STR). doi:10.5065/1dfh-6p97.

REPOSITÓRIO DE DOMÍNIOS DE CÁLCULO PARA PROJEÇÃO EXPEDITA DE CENÁRIOS DE EVOLUÇÃO DE TRECHOS COSTEIROS EM RISCO

Rita Pombo*, Carlos Coelho

*RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal, ritanovo@ua.pt

Palavras chave: modelação numérica, projeção da linha de costa, LTC, sistematização de processos, planeamento das zonas costeiras.

INTRODUÇÃO

Em Portugal, os trechos costeiros em risco (i.e., onde são detetados fenómenos de erosão ou de galgamentos e inundações que possam colocar em causa a segurança de pessoas e bens) estão identificados em diversos trabalhos científicos e definidos nas principais diretivas de ordenamento do litoral. Com efeito, estas zonas são com frequência alvo de diversos estudos prospetivos para fundamentar e garantir a adequabilidade das ações contínuas de intervenção, executadas pelas autoridades nacionais de gestão das zonas costeiras, com vista à prevenção e mitigação de riscos. Neste sentido, o presente trabalho identificou a necessidade e oportunidade de constituir, de forma sistemática e coerente, domínios de cálculo de modelação que permitam a qualquer momento iniciar a discussão de cenários de evolução da linha de costa para alternativas de intervenção (isoladas ou conjugadas) nas zonas litorais em risco. Para tal, constituiu-se um repositório com domínios de cálculo devidamente caracterizados e calibrados, que podem ser expeditamente reaplicados em estudos futuros. Não obstante as limitações inerentes à modelação numérica de processos hidro e morfodinâmicos, validou-se a utilidade do repositório criado, verificando a redução do tempo alocado à duplicação das tarefas de caracterização da física costeira e calibração dos modelos a cada nova análise.

METODOLOGIA

A aplicação de um modelo numérico (LTC; Coelho, 2005) para projeção de cenários de evolução da posição da linha de costa requer a caracterização física da área de interesse, o processamento dos dados recolhidos e a respetiva integração no domínio de cálculo. A posição da linha de costa é essencialmente definida pelos agentes forçadores (nível da superfície do mar e clima de agitação), através da aplicação da equação de continuidade aos balanços sedimentares. O processo posterior de calibração e análise dos resultados de modelação considera, por sua vez, as taxas de variação da posição da linha de costa e de transporte sólido longitudinal.

A fase inicial de caracterização das condições hidrodinâmicas, morfológicas e sedimentares pode ser realizada em paralelo e é precedida de visita técnica ao local e análise bibliográfica de processos históricos, para contextualização do caso de estudo. A caracterização hidrodinâmica inclui a comparação de diferentes climas de agitação tendo como referência os registos de onda ao largo, de boias ondógrafo ou provenientes de modelos computacionais geralmente disponíveis online, posteriormente propagados considerando os processos de empolamento, refração e difração. A caracterização morfológica é efetuada pela análise de levantamentos recentes. Por norma são utilizados os levantamentos topo-hidrográficos ou perfis totais, de acesso público, recolhidos no Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental - COSMO, da Agência Portuguesa do Ambiente. São igualmente analisadas as taxas de variação da posição da linha de costa em períodos passados. A caracterização da dinâmica sedimentar é normalmente realizada à escala da

unidade fisiográfica definida pelo conceito de célula sedimentar, quantificando o balanço interno das trocas de sedimento com os domínios adjacentes. Em função destas análises, são definidas as dimensões do domínio de cálculo necessárias para avaliar o impacto na vizinhança da área de interesse, com margem suficiente às fronteiras do modelo e ao limite de influência das intervenções a ponderar. Na definição da dimensão transversal devem ter-se como referência os limites da orla costeira. Em termos longitudinais, o domínio deve estender-se até aos elementos, existentes a barlamar e sotamar da área de interesse, que possam ser considerados pontos fixos no modelo (i.e., estruturas costeiras e zonas rochosas). A dimensão principal é definida pela orientação da linha de costa no trecho. Depois, realiza-se o processamento dos dados recolhidos e a sua integração no modelo, adotando processos de simplificação para parametrização das condições locais.

A calibração do modelo constituído é depois executada por comparação dos resultados obtidos com os elementos da bibliografia incluindo, se necessário, a consulta da opinião dos agentes locais que dispõem de conhecimento empírico adquirido no acompanhamento contínuo das zonas em questão. Neste passo são também executados testes de sensibilidade do modelo, tendo como referência a análise do cenário de evolução natural (não-intervenção). A validação é efetuada pela reanálise das projeções obtidas no domínio previamente calibrado.

A metodologia descrita foi aplicada no âmbito da participação no SIARL - SIstema de Administração do Recurso Litoral, onde foi objetivo analisar 10 trechos costeiros na zona centro do país: 1) Esmoriz-Furadouro, 2) Furadouro-São Jacinto, 3) Barra-Vagueira, 4) Vagueira-Mira, 5) Mira-Tocha, 6) Tocha-Cabo Mondego, 7) Praia da Figueira da Foz, 8) Cova Gala-Leirosa, 9) Leirosa-Vieira e 10) Vieira-Nazaré. Posteriormente, a metodologia foi validada através dos estudos enquadrados no projeto COAST4US - Aplicação da ferramenta COAST ao litoral português. Neste caso houve necessidade de analisar os setores São Jacinto-Gafanha da Boa Hora, Cabo Mondego-Cova Gala e Cova do Vapor-Cornélia, sendo que os 2 primeiros tinham já sido avaliados no âmbito do SIARL (enquadrados nos trechos 3, 7 e 8). Assim, o trabalho desenvolvido no projeto COAST4US permitiu não só testar e confirmar a funcionalidade da base de modelação previamente criada para os trechos São Jacinto-Gafanha da Boa Hora e Cabo Mondego-Cova Gala, como permitiu também ampliar o repositório por replicação do processo ao trecho novo, na zona da Costa da Caparica, designado 11) Cova do Vapor-Cornélia. Mais recentemente, foi incorporado ainda outro trecho, designado 12) Quarteira-Garrão, no âmbito de um estudo solicitado pela Câmara Municipal de Loulé.

RESULTADOS

Através da aplicação da metodologia descrita foi possível constituir um repositório que já incorpora 12 trechos, numa extensão total de cerca de 190 km de orla costeira (ver Figura 1). A validação dos domínios de cálculo criados para cada trecho permitiu assegurar a qualidade dos resultados nas novas modelações. Assim, os modelos concebidos demonstram-se versáteis e aptos para, em qualquer momento, avançar com a execução de estudos de projeção da linha de costa para diferentes escalas temporais, cenários de intervenção e níveis de detalhe. A coerência adotada nos pressupostos de base facilita também a comparação de opções de intervenção para a mesma zona costeira, e de opções conjugadas de intervenção simultânea em diferentes locais.

CONCLUSÕES

A sustentabilidade das zonas costeiras só poderá ser assegurada através do adequado planeamento, pelo que se considera fulcral a capacidade de previsão do impacto de medidas de gestão e intervenção no litoral. Neste sentido, o presente trabalho identificou a necessidade e demonstrou a mais-valia de constituir um repositório de domínios de cálculo de modelação para projeção expedita de cenários de evolução de trechos costeiros em

risco. O repositório vem assim auxiliar os trabalhos de investigação onde, por vezes, existe a necessidade de discutir e modelar novos cenários em zonas já anteriormente analisadas, podendo ser continuamente estendido, ou atualizado consoante a disponibilização de dados de monitorização.

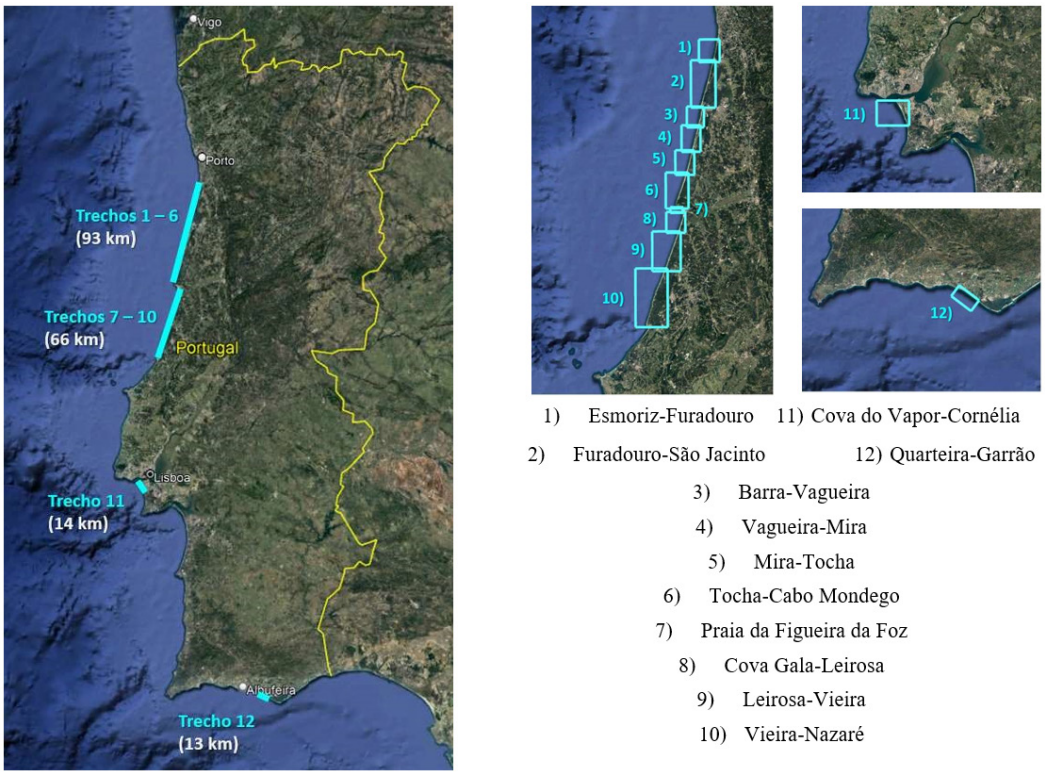


Figura 1. Repositório de domínios de cálculo para projeção expedita de cenários de evolução de trechos costeiros em risco: identificação e localização dos trechos caracterizados (imagem à esquerda) e dos domínios produzidos (imagens à direita).

AGRADECIMENTOS

Os resultados apresentados neste trabalho decorrem da participação no projeto COAST4US, financiado pelos EEA Grants, no âmbito do programa Crescimento Azul, operado pela Direção Geral de Política do Mar, e no estudo promovido pelo SIARL - Sistema de Administração do Recurso Litoral, através da Agência Portuguesa do Ambiente.

REFERÊNCIAS

COELHO, C. (2005). Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 405 pp.

SIMULAÇÃO DA PLUMA DE SEDIMENTOS CAUSADA PELA PESCA DE ARRASTO E ESTIMATIVA DE DANOS AOS RODOLITOS E CORAIS DE ÁGUAS PROFUNDAS NA BACIA DE CAMPOS

Pedro Mello Paiva[1], Jader Lugon Junior[2], Luciano Gomes Fischer[3], Emiliano Nicolas Calderon[4], Maria Manuela Fraga Juliano[5], Mauricio Mussi Molisani[6]

1 NUPEM, UFRJ. pedromellopaiva@gmail.com

2 PPEA, IFF-Macaé. jlugonjr@gmail.com

3 NUPEM, UFRJ. luciano.fischer@gmail.com

4 NUPEM, UFRJ. emilianocalderon@icloud.com

5 IMAR, Universidade dos Açores. manuela.juliano@gmail.com

6 NUPEM, UFRJ. molisanimm@yahoo.com.br

Palavras chave: pesca de arrasto, transporte de sedimentos, rodolitos, corais de águas profundas, Bacia de Campos, MOHID, OpenFlows

RESUMO

A pesca de arrasto é uma das técnicas mais utilizadas para a captura de peixes ao redor do mundo. Para avaliar os impactos ambientais desta prática, estudos de campo buscam quantificar a carga de material ressuspendida durante a atividade e compreender a dinâmica do transporte desses sedimentos na coluna d'água, até a deposição dos mesmos sobre o leito marinho, realizando medições de campo da concentração de sólidos suspensos, para caracterizar o comportamento espacial da pluma de sedimentos ao longo do tempo (O'NEILL; SUMMERBELL, 2011). A modelagem do transporte de sedimentos, por sua vez, apropria-se dos resultados destes estudos de campo, e se apresenta como uma ferramenta importante na avaliação de impacto ambiental, pois permite uma previsibilidade sobre o comportamento da pluma de sedimentos formada pela ressuspensão, estimando a concentração de sólidos suspensos na coluna d'água enquanto a pluma se movimenta, além das taxas de deposição destes sedimentos sobre o ambiente bentônico (MENGUAL *et al*., 2016).

O leito marinho da região oceânica da Bacia de Campos, no litoral norte fluminense, estado do Rio de Janeiro, é caracterizado pela presença de formações calcárias (rodolitos) e por bancos de corais de águas profundas, que se apresentam como ambientes sensíveis, e regiões prioritárias no estabelecimento de áreas de proteção marinha (MAGRIS *et al*., 2021). A condição ambiental de equilíbrio do leito oceânico pode ser perturbada por atividades antrópicas, a exemplo da perfuração de poços de petróleo, da pesca de arrasto, de operações de dragagem, mineração, extração de calcário, maricultura e piscicultura. Diversos estudos buscam compreender os impactos ambientais causados pela ressuspensão e deposição de sedimentos provocados por estas atividades, tanto em rodolitos (REYNIER *et al*., 2015; WILSON *et al*., 2004) quanto em corais de águas rasas e profundas (BROWNE; TAY; TODD, 2015; RAMIREZ-LLODRA *et al*., 2015). Em estudo recente, a ressupensão de sedimentos durante as operação de descomissionamento de dutos submarinos na região da Bacia de Campos foi avaliada com o software *MOHID* (PAIVA *et al*., 2020).

Com o apoio do módulo *Cohesive Sediments*, do software *MOHID*, o presente trabalho

teve por objetivo simular a sedimentação do material ressuspendido durante uma operação de pesca de arrasto em um estudo de caso na região da Bacia de Campos, e avaliar os possíveis impactos aos rodolitos e corais de águas profundas.

Primeiramente, foram impostas ao modelo as condições ambientais e de descarga de sedimentos de um estudo de campo que ocorreu durante uma operação de pesca de arrasto na Baía de Biscaia (França) (MENGUAL *et al*., 2016). Os resultados de altura máxima da pluma de sedimentos e média da concentração de sólidos suspensos na coluna d'água obtidos pelo modelo proposto, ao longo do eixo longitudinal da pluma de sedimentos, foram graficamente confrontados com os resultados obtidos em campo pelo estudo de referência, para validação do modelo (Figura 1).

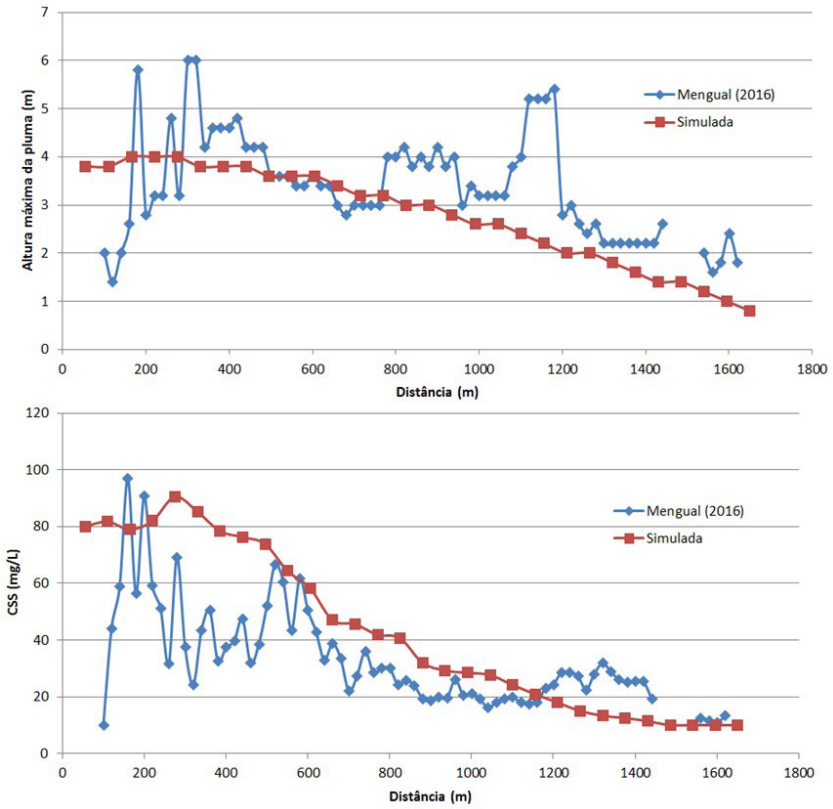


Figura 1. Resultados dos valores simulados e obtidos em campo (MENGUAL *et al*., 2016) para altura máxima da pluma de sedimentos e média da concentração de sólidos suspensos (CSS) na coluna d'água ao longo do eixo longitudinal da pluma de sedimentos.

Posteriormente, o modelo foi aplicado às condições ambientais da plataforma e do talude continental da região oceânica da Bacia de Campos. Para a simulação da dispersão da pluma de sedimentos, o presente estudo considerou dados obtidos em campo, de granulometria e medições de corrente de fundo na região, além do mapeamento da presença de rodolitos e corais de águas profundas. No ambiente da plataforma continental foram adotadas velocidades de corrente de fundo maior, e percentual de silte e argila menor, quando comparados aos valores utilizados no talude continental para estes mesmos parâmetros. Os resultados obtidos na simulação para concentração de sólidos suspensos e para espessura da camada de sedimentos depositada foram confrontados com os limites de tolerância estabelecidos por meio de uma revisão de literatura para os rodolitos (RIUL *et al*., 2008), na plataforma continental, e para corais de águas profundas (BAUSSANT *et al*., 2018; BROOKE; HOLMES; YOUNG, 2009; LARSSON; PURSER, 2011; SMIT *et al*., 2008), no talude continental.

A aplicação do modelo às condições ambientais da Bacia de Campos permitiu uma avaliação preliminar sobre os possíveis danos causados aos rodolitos e corais de águas profundas pela ressuspensão de sedimentos durante a atividade de pesca de arrasto na região. Os limites de tolerância adotados para a concentração de sólidos suspensos e espessura da camada de sedimentos para os corais de águas profundas não foram ultrapassados nos resultados simulados. Por outro lado, o limite de tolerância para a espessura da camada de sedimentos sobre rodolitos, de 0,13 mm (RIUL *et al*., 2008), foi ultrapassado, o que sugere que ações mitigadoras devem ser avaliadas, em especial quando considerado o efeito cumulativo desta atividade.

REFERÊNCIAS

BAUSSANT, T. *et al*. Effects of suspended drill cuttings on the coral *Lophelia pertusa* using pulsed and continuous exposure scenarios. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, v. 81, n. 10, p. 361–382, 19 maio 2018.

BROOKE, S.; HOLMES, M.; YOUNG, C. Sediment tolerance of two different morphotypes of the deep-sea coral Lophelia pertusa from the Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, v. 390, p. 137–144, 18 set. 2009.

BROWNE, N. K.; TAY, J.; TODD, P. A. Recreating pulsed turbidity events to determine coral–sediment thresholds for active management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 466, p. 98–109, maio 2015.

LARSSON, A. I.; PURSER, A. Sedimentation on the cold-water coral Lophelia pertusa: Cleaning efficiency from natural sediments and drill cuttings. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 6, p. 1159–1168, jun. 2011. MAGRIS, R. A. *et al*. A blueprint for securing Brazil's marine biodiversity and supporting the achievement of global conservation goals. *Diversity and Distributions*, v. 27, n. 2, p. 198–215, 2021.

MENGUAL, B. *et al*. Influence of bottom trawling on sediment resuspension in the 'Grande-Vasière' area (Bay of Biscay, France). *Ocean Dynamics*, v. 66, n. 9, p. 1181–1207, set. 2016.

O'NEILL, F. G.; SUMMERBELL, K. The mobilisation of sediment by demersal otter trawls. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 5, p. 1088–1097, maio 2011.

PAIVA, P. M. *et al*. Decommissioning of subsea oil and gas production pipelines: hydrodynamic modeling for preliminary assessment of sediment resuspension and burial onto benthic organisms. *Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 20, n. 3, p. 8, 2020.

RAMIREZ-LLODRA, E. *et al*. Submarine and deep-sea mine tailing placements: A review of current practices, environmental issues, natural analogs and knowledge gaps in Norway and internationally. *Marine Pollution Bulletin*, v. 97, n. 1–2, p. 13–35, ago. 2015.

REYNIER, M. V. *et al*. Long- and short-term effects of smothering and burial by drill cuttings on calcareous algae in a static-renewal test: Effects of drill cuttings on calcareous algae. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 34, n. 7, p. 1572–1577, jul. 2015.

RIUL, P. *et al*. Decrease in *Lithothamnion* sp. (Rhodophyta) primary production due to the deposition of a thin sediment layer. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 88, n. 1, p. 17–19, fev. 2008.

SMIT, M. G. D. *et al*. SPECIES SENSITIVITY DISTRIBUTIONS FOR SUSPENDED CLAYS, SEDIMENT BURIAL, AND GRAIN SIZE CHANGE IN THE MARINE ENVIRONMENT. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 27, n. 4, p. 1006, 2008.

WILSON, S. *et al*. Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation. *Biological Conservation*, v. 120, n. 2, p. 279–289, nov. 2004.

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PRAIAS PARA UMA MELHOR GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS, ILHAS BALEARES (ESPANHA)

Francisco Fabián Criado-Sudau[*,1,2], Àngels Fernandez-Mora, Marcos Gallo, Lluís Gómez-Pujol, Alejandro Orfila, Joaquin Tintoré

1 Beach Monitoring Facility, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System, Espanha, ffcriado@socib.es, franciscofabian@oceanica.ufrj.br

2 Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos, Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Brasil

Palavras chave: monitoramento, morfodinâmica praial.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras têm sido cada vez mais povoadas pelos diversos atrativos que apresentam para as atividades socioeconômicas (turismo, transporte, recursos marinhos). A crescente pressão que vem sofrendo os litorais altera o equilíbrio natural destes sistemas, criando a necessidade de procurar soluções para proteger os diversos ecossistemas, infraestruturas e as atividades assentadas no litoral. A erosão dos sistemas costeiros e o retrocesso da linha de costa têm uma série de impactos negativos tanto para os serviços ecossistêmicos quanto para os valores socioeconômicos relacionados às atividades de turismo e lazer. A pressão social e ambiental, assim como seu dinamismo, tornam a gestão das zonas costeiras um processo complexo ao mesmo tempo que necessário. Para uma boa gestão é necessário um profundo conhecimento dos processos físicos, assim como das diferentes respostas das zonas costeiras frente aos eventos mais energéticos, levando em consideração os efeitos regionais das mudanças climáticas, como o aumento do nível do mar e o incremento na intensidade e frequência dos eventos extremos (Luque *et al*. 2021). Sendo assim, bases de dados continuadas ao longo do tempo e com alta frequência de amostragem são fundamentais (Tintoré *et al*. 2009), sendo raros os programas de monitoramento de praias ao redor do mundo que contemplem as características mencionadas. Neste trabalho apresentamos o programa de monitoramento *Modular Beach Integral Monitoring System* (MOBIMS) do Sistema de Observação e Predição Costeiro das Ilhas Baleares (SOCIB) (Tintoré *et al*. 2013), consolidando 10 anos de coleta de dados continuados de alta resolução, accessíveis para o público geral em www.socib.es.

METODOLOGIA

O programa de monitoramento MOBIMS iniciado em 2009 por TMOSS-IMEDEA CSIC e operacionalmente ativo desde 2011 pelo SOCIB é uma combinação tanto de campanhas de campo quanto de medições contínuas em tempo real. As campanhas de campo consistem em medições batimétricas e topográficas, levadas a cabo duas vezes por ano, e coleta de sedimentos ao longo de transectos, realizadas uma vez por ano. As batimetrias são realizadas com uma embarcação pneumática equipada com uma ecossonda 200 Khz multifeixe que cobre a parte submersa da praia desde 1 m até 15 m de profundidade aproximadamente. A topografia é realizada com um RTK-GPS e cobre toda a praia emersa, assim como a parte submersa, até aproximadamente 1.5 m de profundidade. As estações contam com um sistema de video-monitoramento (SIRENA) (Nieto *et al*. 2010) , uma estação meteorológica e um perfilador acústico (AWAC). O sistema de video-monitoramento está

composto por 5 câmeras, instaladas a 46 metros de altura que capturam imagens a 7.5 Hz durante os 10 primeiros minutos de cada hora do dia, gerando produtos estatísticos de imagem (*Time Exposure*, *Snapshots*, *Variance* e *TimeStack*). A estação meteorológica fornece informação em tempo real de pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa, precipitação e velocidade e direção do vento. Os dados de onda e nível do mar são medidos por um perfilador acústico de ondas e correntes (AWAC) de 600 Khz, instalado a 17 m de profundidade a aproximadamente 1Km da costa. MOBIMS começou em 2011 em três praias das Ilhas Baleares e continua ativo até hoje em duas delas. A mesma metodologia é aplicada em todas as estações. Os dados da estação da praia de Cala Millor serão usados para mostrar o tipo de análises que podem ser feitas (ver resultados). Cala Millor é uma praia arenosa intermediária de 1700 m de comprimento, em um ambiente micromareal (~ 25 cm de amplitude máxima), localizada na costa leste de Maiorca (Ilhas Baleares, Espanha). Apresenta altura significativa média de 0.52 m e períodos de pico médios de 6.1 s. O clima de ondas da região e sazonal, com ondas menores e mais curtas durante o verão e ondas mais longas e maiores durante o inverno.

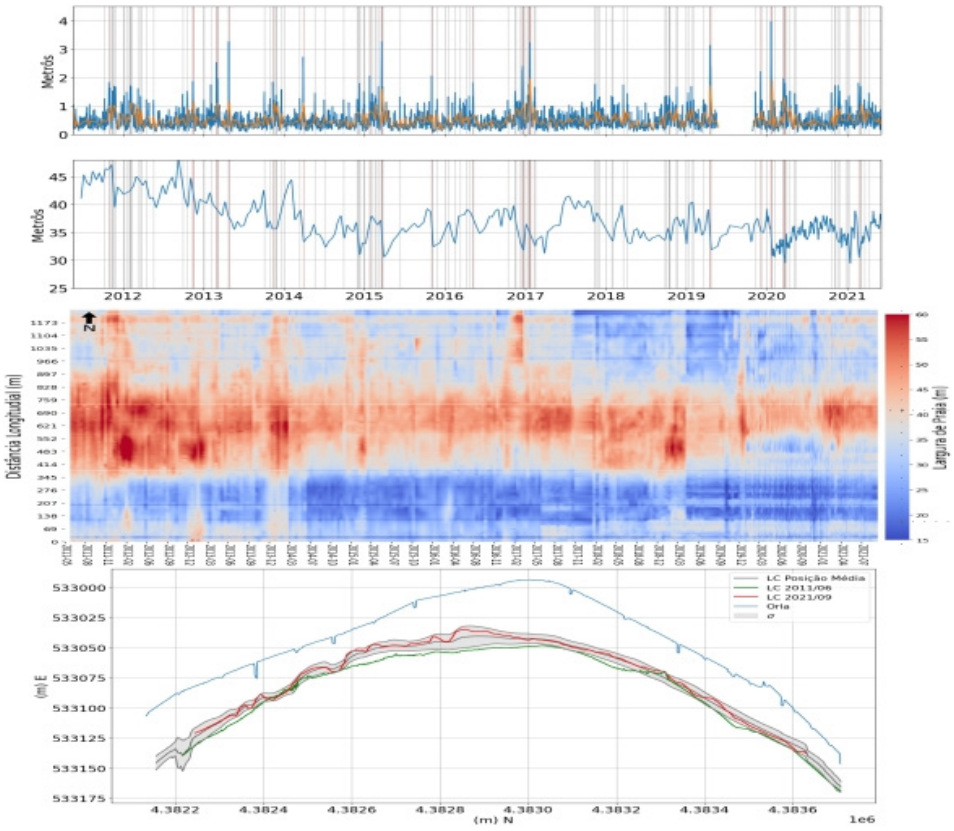


Figura 1. De acima para baixo: série temporal de altura significativa (em cinza *storms, acima* Qs_{95} *e em vermelho eventos extremos, acima do* Qs_{99}*); série temporal de largura média da praia; série temporal da largura da praia na longitudinal; posição da linha de costa média e desvio padrão.*

RESULTADOS

Após o processamento dos dados coletados pelo sistema MOBIMS, na Figura 1 apresentam-se alguns resultados da praia de Cala Millor. A partir das séries temporais de altura significativa e largura média da praia, foi possível observar uma relação entre a energia de onda e a erosão da praia, com o correspondente retrocesso da linha de costa após eventos com maiores alturas significativas. Destaca-se a tormenta mais energética

da que se tem registro pelo sistema MOBIMS, que no dia 21/01/2020 chegou a 10.5 m de altura máxima e 5.4 m de altura significativa, gerando um recuo da linha de costa de mais de 3.5 m. O sistema de monitoramento também se mostrou eficaz para as análises de longa escala, como as variações sazonais. Desde o início da coleta de dados até meados de 2014, observou-se uma perda de largura média de praia de aproximadamente 7.5 m, desde então não se observou perda significativa. A série temporal da largura de praia na longitudinal identificou as zonas mais largas (zona central) e as que apresentam menor largura (zona sul), ressaltando também a diminuição da zona central com o passar dos anos. Por último, apresenta-se a posição média da praia durante a última década, o desvio padrão assim como a primeira e última linha de costa medidas.

CONCLUSÕES

O sistema MOBIMS com sua combinação de dados de ondas, morfológicos, meteorológicos e de imagens mostra ser uma ferramenta eficaz para o monitoramento contínuo de praias. Permitiu gerar uma robusta base de dados accessíveis em tempo real ou quase real para o público geral e tomadores de decisão, o que permite melhorar o conhecimento sobre a dinâmica das praias tanto em curta como longa escala. Este conhecimento se torna imprescindível para uma adequada gestão das cada vez mais exploradas zonas costeiras, expostas aos efeitos das mudanças climáticas, como o aumento do nível do mar e o incremento da intensidade e frequência dos eventos extremos.

REFERÊNCIAS

Luque, Pau, Lluís Gómez-Pujol, Marta Marcos, and Alejandro Orfila. 2021. “Coastal Flooding in the Balearic Islands During the Twenty-First Century Caused by Sea- Level Rise and Extreme Events.” *Frontiers in Marine Science* 8 (August): 1–21.

Nieto, M. A., B. Garau, S. Balle, G. Simarro, G. A. Zarruk, A. Ortiz, J. Tintoré, Álvarez-Ellacuría, L. Gómez-Pujol, and A. Orfila. 2010. “An Open Source, Low Cost Video-Based Coastal Monitoring System.” *Earth Surface Processes and Landforms* 35 (14): 1712–19. https://doi.org/10.1002/esp.2025.

Tintoré, Joaquín, Raúl Medina, Lluís Gómez-Pujol, Alejandro Orfila, and Guillermo Vizoso. 2009. “Integrated and Interdisciplinary Scientific Approach to Coastal Management.” *Ocean and Coastal Management* 52 (10): 493–505.

Tintoré, Joaquín, Guillermo Vizoso, Benjamín Casas, Emma Heslop, Ananda Pascual, Alejandro Orfila, Simón Ruiz, *et al*. 2013. “SOCIB: The Balearic Islands Coastal Ocean Observing and Forecasting System Responding to Science, Technology and Society Needs.” *Marine Technology Society Journal* 47 (1): 101–17.

USO DE TECNOLOGIAS DE CÓDIGO ABERTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA PREVISÃO NUMÉRICA DA COSTA OCEÂNICA

Douglas Fraga Rodrigues*, Alessandro Mendonça Filippo, Alexandre Macedo Fernandes

*Departamento de Oceanografia da UERJ, Brasil, douglas.fraga@gmail.com

Palavras chave: MOHID, python, previsão hidrodinâmica, gestão costeira, modelagem operacional.

INTRODUÇÃO

Tecnologias de código aberto são aquelas de domínio público, desenvolvidas de forma colaborativa por uma comunidade de usuários que possuem interesses na solução de problemas em comum. A crescente disponibilidade dessas tecnologias tem possibilitado o desenvolvimento de sistemas operacionais capazes de entregar informações, de forma contínua e automatizada, a um custo relativamente baixo se comparado a sistemas comerciais similares. Neste contexto, é apresentado um estudo de caso no qual foi implementado uma versão inicial de simulação hidrodinâmica para as baías de Ilha Grande e Sepetiba. O sistema utiliza o módulo hidrodinâmico do modelo MOHID Water (Leitão, 2003) e disponibiliza diariamente, em um aplicativo para web desenvolvido em linguagem Python, as previsões de correntes para os próximos 3 dias.

METODOLOGIA

O sistema é composto por 3 blocos principais: o modelo numérico, as rotinas de operacionalização, o sítio de divulgação das informações.

1. O modelo numérico

O modelo numérico MOHID Water (http://www.mohid.com/) foi amplamente utilizado em simulações nas baías de Ilha Grande e Sepetiba, na qual apresentou resultados compatíveis com dados medidos no Canal da Ilha Grande (Rodrigues, 2021). As simulações operacionais foram configuradas para uma grade de resolução espacial de aproximadamente 1640 metros, 9 níveis verticais do tipo sigma, e passo de tempo de 60 segundos. O forçamento das simulações incluiu as variáveis oceânicas (elevação do nível do mar, campos tridimensionais de temperatura, salinidade e componentes u e v das correntes marinhas), provenientes diariamente do modelo global MyOcean (https://marine.copernicus.eu/). As simulações foram forçadas também com as constituintes harmônicas do modelo global de maré FES2012 (https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/auxiliary-products/global-tide-fes/description- fes2012.html).

2. As rotinas de operacionalização

As rotinas de operacionalização consistem em programas desenvolvidos em linguagem Python, que rodam diariamente no mesmo computador onde as simulações são executadas e incluem:

a) realizar o download das condições de contorno (CC) referentes aos dias de previsão;
b) converter os arquivos de CC para o formato compatível com o MOHID;
c) atualizar as datas de início e fim nos arquivos de configuração da simulação;

d) rodar o MOHID;
e) gerar os mapas de corrente provenientes da simulação atual;
f) realizar o carregamento dos mapas no sítio de divulgação das informações.

3. O sítio de divulgação das informações

O sítio de divulgação pode ser acessado a partir do endereço http://baywatch.douglasfraga.com/(Figura 1), e foi desenvolvido com o pacote Django (https://www.djangoproject.com/), quetambém utiliza a linguagem Python, o que permite a implementação de funcionalidades deatualização, consulta e visualização das informações. Este sítio foi hospedado em um servidorde aplicações denominado Heroku (https://www.heroku.com/), que consome as previsõesgeradas diariamente a partir do serviço S3 da Amazon (https://aws.amazon.com/). Este serviço,por sua vez, foi escolhido por permitir a atualização automática das previsões diárias, na formadefiguras(conjunto demapas horáriosdascorrentes).

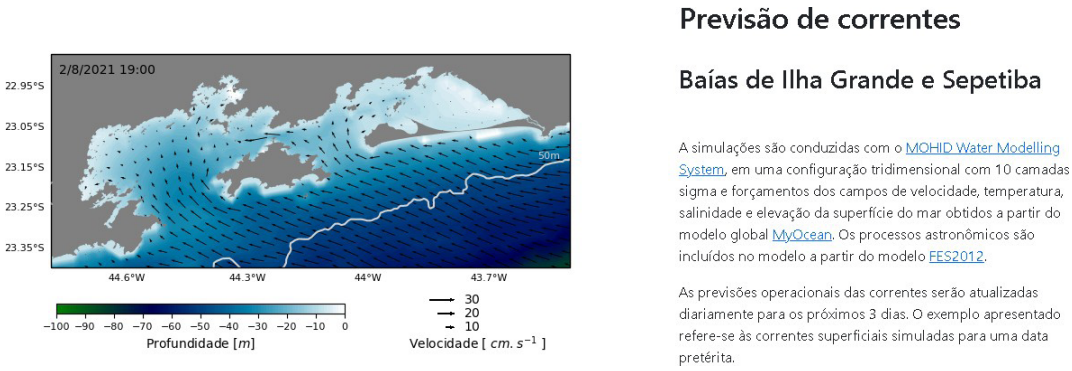


Figura 1. Interface de apresentação dos resultados (Fonte: http://baywatch.douglasfraga.com/).

A VERSÃO INICIAL

A versão inicial foi implementada em um computador de uso pessoal e consome cerca de 30miA versão inicial foi implementada em um computador de uso pessoal e consome cerca de 30 minutos, diariamente, para rodar todo o conjunto de programas até a disponibilização das informações no sítio de divulgação.

O endereço eletrônico http://baywatch.douglasfraga.com/ que redireciona para o sítio de divulgação foi personalizado, o que gerou um investimentos inferior a R$ 100,00 anuais. No entanto, o servidor Heroku fornece um endereço para a aplicação (https://baywatchbigbs.herokuapp.com/), sem custos.

Os resultados obtidos com a configuração atual do MOHID, a partir de uma rodada pretérita ao longo de junho de 1999, apresentaram correlação com dados medidos no Canal da Ilha Grande de 0,97, para a elevação do nível do mar, e de 0,69 para a componente u da corrente paralela ao canal.

A aplicação OpenFlows FLOOD® (https://www.bentley.com/), utilizada na geração da grade numérica das simulações, foi a única dentre todas as tecnologias utilizadas a não apresentar o código fonte aberto, do contrário, o sistema proposto seria 100% de código aberto. A criação de um programa em linguagem Python para tal finalidade seria viável, no entanto, como o Departamento de Oceanografia da UERJ possui um convênio com a Bentley, optou-se por utilizar este aplicativo. Além disso, uma licença acadêmica anual do OpenFlows FLOOD® custa cerca de R$ 5.000,00 e permite que inúmeros usuários da universidade utilizem seus recursos, o que torna sua aquisição relativamente barata.

APRIMORAMENTOS DO SISTEMA

A versão inicial do sistema foi capaz de fornecer previsões de correntes nas baías de Ilha Grande e Sepetiba, com alto grau de confiabilidade. No entanto, existem pontos de aprimoramento nos três blocos do sistema. Na modelagem numérica, o aumento da resolução espacial da grade e a inclusão do forçamento atmosférico (ERA5 ou COSMO) pode melhorar a correlação dos resultados alcançados, principalmente em relação as correntes simuladas. Tais melhorias implicam em maior custo computacional e no desenvolvimento de novas rotinas de pré- processamento das condições atmosféricas, o que demandaria um computador mais potente, ou a hospedagem do modelo numérico em alguma solução do tipo Amazon Web Services (AWS) ou GoogleCloud, o que geraria um investimento mensal em torno de R$ 200,00.

As rotinas de operacionalização devem receber novos programas de backup para buscar CCs alternativas (HYCOM, WFS), caso haja falha nas CCs operacionais (MyOcean). Além disso, as rotinas devem conter mecanismos para notificar o responsável pelo sistema em caso de qualquer falha no fluxo dos processos. Por fim, o sítio de divulgação das informações pode receber novas funcionalidades, como apresentação de outros parâmetros, além da corrente (mapas de temperatura, salinidade e elevação da superfície do mar), e funcionalidade de visão ampliada em determinadas regiões do domínio do modelo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso apresentado mostra que o uso de tecnologias de código aberto permite o desenvolvimento de sistemas de modelagem operacionais a um custo acessível. Iniciativas como esta são importantes para incentivar a disseminação de sistemas similares ao longo das inúmeras baías presentes na costa brasileira ampliando assim a capacidade de se prever as condições oceânicas ao longo da costa, dentre outros fatores.

REFERÊNCIAS

LEITÃO, P.M.C.F.L., 2003. “Integração de Escalas e de Processos na Modelação do Ambiente Marinho”. Tese de Doutorado - *Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa*. 296 p.

RODRIGUES, D.F., 2021. “Circulação de Baixa Frequência no Canal da Ilha Grande, Rio de Janeiro”. Tese de Doutorado em Oceanografia – *Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro*. 96 p.

VARIABILIDADE DO GRAU DE EXPOSIÇÃO À ENERGIA DE ONDAS

B.M.M. Eguchi*, J. Albino

*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, bmeguchi@hotmail.com

Palavras chave: SMC Brasil, Dissipação de ondas, Morfologia da antepraia, Plataforma interna, Orientação linha de costa, Ondas em águas rasas.

Ao se propagarem em direção a costa, as ondas estão sujeitas à interação com o leito marinho sobre a plataforma interna e a antepraia (Komar, 1998). Tal interação se traduz em processos de refração, difração e empinamento, que podem proporcionar incrementos ou dissipações da energia de ondas devido à: convergência ou divergência das ortogonais de ondas (Li *et al*., 2020), mudança no padrão de ondas na zona de arrebentação e/ou alteração da dinâmica de formação de bancos arenosos submersos devido a troca sedimentar entre a praia emersa e antepraia (Short, 1999). Estes processos são os principais controles dos impactos gerados na linha de costa (De Matos *et al*., 2014; Gon *et al*., 2020). Segundo Trombetta *et al*. (2018), a morfologia do leito marinho pode levar a uma dissipação de até 90% da energia de ondas sobre o litoral.

O presente estudo investigou o papel da plataforma interna e antepraia na dissipação ou incremento da energia de ondas no litoral sul do Espírito Santo (Figura 1). O clima de ondas extraído o banco de dados ERA 5 foi dividido a partir das alturas significativas e períodos de pico mais recorrentes para cada quadrante, sendo estes: Norte (337,5°-22,5°), Nordeste (22,5°-67,5°), Leste (67,5°-112,5°), Sudeste (112,5°-157,5°), Sul (157,5°-202,5°) e Sudoeste (202,5°-247,5°).

Posteriormente, realizou-se a propagação das ondas monocromáticas de cada quadrante através do modelo OLUCA-MC, parte do Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil). Com base nas alturas de ondas obtidas nas simulações, foram determinadas as variações energéticas das ondas entre a entrada da grade modelada e a isóbata de 3 m em 9 pontos ao longo da costa (Figura 1). A ocorrência de ondas de cada quadrante foi quantificada e dividida pelo total de ondas do banco dados ERA5. Este valor foi multiplicado pela variação energética, para que os quadrantes mais recorrentes possuam maior influência no comportamento da energia das ondas. Como resultado, foi determinado o potencial de incremento ou redução da energia de onda em cada ponto, em função da interação com a morfologia do leito marinho sob as diversas condições de ondas.

As médias de alturas significativas são semelhantes entre os quadrantes nordeste, leste, sudeste e sul. No entanto, o período de pico médio permite agrupar as ondas de nordeste e leste (mais baixos) e as ondas de sudeste e sul (mais altos). As ondas de sudoeste apresentam a maior média de altura significativa apesar de possuírem período de pico médio baixo, semelhante ao dos quadrantes nordeste e leste (Tabela 1). Em termos de probabilidade de ocorrência, aproximadamente 72% do banco de dados é representado por ondas dos quadrantes leste (37%) e sudeste (35%). Em seguida tem-se os quadrantes nordeste e sul com 16% e 12%, respectivamente. Por fim, o quadrante sudoeste compõe apenas 0,01% do banco de dados, apesar de apresentar as maiores alturas de ondas. A partir da resultante obtida com base no padrão de todos os perfis, ondas com maiores alturas significativas de sudoeste apresentam 50% de dissipação da energia ao se propagarem sobre a morfologia do leito marinho do litoral. Em seguida dos quadrantes sul e nordeste apresentam reduções de 46% e 38%, respectivamente. Já as ondas de sudeste e leste, que compõem a maior parte do banco de dados, apresentam reduções de apenas 4% e 6%. Como estas reduções estão abaixo do valor da variação média do conjunto de dados (±13%), caracterizam conservação energética das ondas incidentes (Tabela 2).

Ondas associadas a eventos de alta energia podem sofrer redução de seu potencial

energético devido a interação com o leito marinho através dos processos de refração, difração e empinamento à medida que se propagam em direção a costa. Bem como ondas relacionadas a eventos de tempo bom podem atingir a costa com alto potencial energético devido à baixa dissipação e/ou concentração de ortogonais decorrente da interação com o leito marinho. Assim, o processo de dissipação energética de ondas sobre a plataforma interna e antepraia ocorre de forma diferenciada para cada direção de incidência, ressaltando o papel da morfologia do fundo e da orientação da linha de costa no grau de exposição da costa às ondas incidentes.

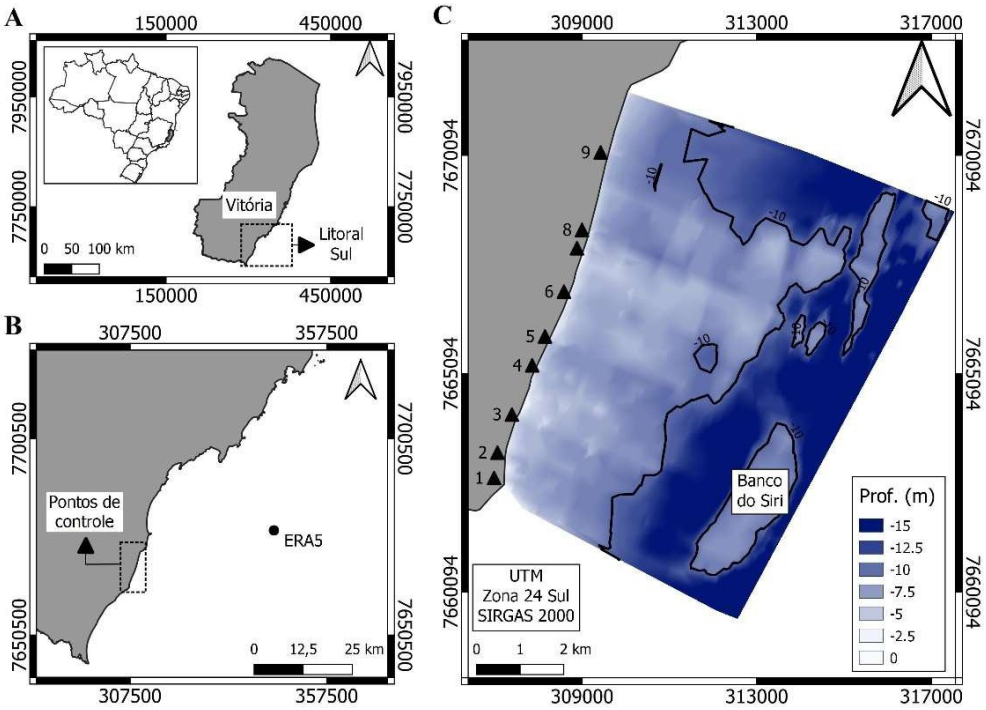


Figura 1. A) Localização da área de estudo; B) Localização do banco de dados de ondas ERA5 e do setor modelado; C) Pontos de controle e batimetria de detalhe da região modelada.

Tabela 1. Médias de altura significativa, período de pico e probabilidade de ocorrência para ondas características de cada quadrante.

Quadrante	Direção média (°)	Hs Médio (m)	Tp Médio (s)	Probabilidade de ocorrência
Norte	0	-	-	0,00
Nordeste	45	1,3	6,4	0,16
Leste	90	1,2	8,6	0,37
Sudeste	135	1,2	10,0	0,35
Sul	180	1,4	10,5	0,12
Sudoeste	225	1,6	7,9	0,0001
Oeste	270	-	-	0,00
Noroeste	315	-	-	0,00

Tabela 2. Variação da energia das ondas de cada cenário. A variação média da energia de ondas foi de ±13% e representa o limiar para determinação de incrementos ou reduções representativas da energia de ondas. Valores em azul, vermelho e preto indicam dissipação, incremento e estabilidade, respectivamente.

Δ Energia de onda por direção de incidência					
Ponto	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste
9	-31%	-33%	-8%	-64%	-44%
8	-23%	8%	-42%	-36%	-38%
7	-46%	-42%	-67%	-86%	-69%
6	-31%	25%	58%	-14%	-25%
5	-62%	-17%	17%	-29%	-19%
4	46%	-33%	-8%	-79%	-38%
3	-46%	42%	-8%	-36%	-56%
2	-77%	8%	17%	-29%	-88%
1	-77%	-8%	8%	-43%	-75%
Balanço	-38%	-6%	-4%	-46%	-50%

REFERÊNCIAS

De Matos, M.F.A., Amaro, V.E., Fortes, C.J., & Scudelari, A.C. 2014. Interação entre ondas oceânicas e fundo marinho: resultados na plataforma continental setentrional do rio grande do norte. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(3): 371-391.

Gon, C.J., Macmahan, J.H., Thornton, E.B., & Denny, M. 2020. Wave dissipation by bottom friction on the inner shelf of a rocky shore. *Journal of Geophysical Research*: Oceans, 125(10): 1-16.

Komar, P.D. 1998. *Beach processes and sedimentation*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 544p.

Li, C.Y., Shih, R.S., & Weng, W.K. 2020. Investigation of Ocean-Wave-Focusing Characteristics Induced by a Submerged Crescent-Shaped Plate for Long-Crested Waves. *Water,* 12(2): 1-17.

Short, A.D. 1999. *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. London, John Wiley, 379p.

Trombetta, T.B., Oleinik, P.H., Lopes, B.V., Guimarães, R.C., Marques, W.C., & Isoldi, L.A. 2018. Atenuação da Energia das Ondas sobre uma Rampa que atua como Estrutura de Proteção Costeira na Plataforma Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(4): 1303-1320.

VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA EM PRAIAS URBANAS DE PORTO SEGURO – BAHIA

Elfany Reis do Nascimento Lopes*, Igor Emiliano Gomes Pinheiro, Juliana Pereira de Quadros, Tatiana Dadalto

*Universidade Federal do Sul da Bahia. Centro de Formação em Ciências Ambientais. Cam´pus Sosígenes Costa, Bahia, Brasil, elfany@csc.ufsb.edu.br

Palavras chave: linha de costa, gestão costeira, geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

A linha de costa é um elemento geomorfológico dinâmico que está em constante modificação, em função de processos naturais com magnitudes e frequências (ondas, marés e oscilações médias do nível do mar) e/ou fatores antropogênicos (construção de estruturas costeiras e supressão de ecossistemas costeiros) (Luijendijk *et al*., 2018; Muehe, 2018). Suas mudanças de posição são de natureza complexa e envolvem processos ligados às variações do nível do mar (em curto e longo prazo), balanço sedimentar, movimentos tectônicos e mudanças antrópicas (Kays & Alder, 2005).

Segundo Luijendijk *et al*., 2018, 24% dos sistemas praiais mundiais estão sofrendo retração em sua linha de costa, enquanto 28% acumulam e 48% são consideradas estáveis. Na zona costeira brasileira, cerca de 40% da linha de costa passa por processo erosivo em diferentes intensidades. Compreender como a linha de costa evolui e caracterizar as áreas mais vulneráveis a processos erosivos são aspectos fundamentais para o gerenciamento costeiro (Muehe, 2018).

No município de Porto Seguro, no Sul da Bahia, os ecossistemas costeiros representam o principal atrativo econômico em razão do turismo, mas ainda são esparsos os estudos com foco local voltado ao entendimento das variações na linha de costa. Frente a todas as incertezas que permeiam os efeitos das mudanças climáticas, é de suma importância para a região o conhecimento a respeito das variações da sua linha de costa e a identificação de áreas vulneráveis e de maior risco de erosão, uma vez que cerca de 58 milhões de dólares já foram investidos pelo setor hoteleiro nesta região (Lamas *et al*., 2014). É neste contexto que este estudo se insere e objetivou avaliar as variações na linha de costa no município de Porto Seguro, como foco na orla norte, região que integra praias urbanas e intensamente utilizadas pela população e turistas.

METODOLOGIA

Área de estudo

A cidade de Porto Seguro localiza-se na mesorregião Sul do Estado da Bahia, no Brasil, sendo limítrofe aos municípios de Eunápolis, Prado e Santa Cruz Cabrália. Encontra-se no bioma Mata Atlântica e apresenta ecossistemas de restinga, manguezais, estuários e o principal corpo hídrico regional, o Rio Buranhém. As praias analisadas encontram-se na orla norte do município, em zona urbana e orientação SE, em uma extensão de 10 km de faixa praial, compatibilizando o uso residencial, deslocamento viário pela BR367 e atividades turísticas.

Coleta e análise de dados

Imagens multiespectrais dos satélites Lansat5 TM, sensor TM, com resolução espacial de 30 metros, georreferenciadas e reprojetadas para o sistema de referências SIRGAS 2000, zona 24 Sul, foram adquiridas na plataforma do Serviço Geológico dos Estados Unidos, de forma gratuita dos anos 1986 e 2020, considerando o intervalo de cinco anos e um período de trinta e quatro anos, totalizando oito linhas de costa. Realizou-se composições em falsa cor das bandas espectrais da imagem do espectro eletromagnético do infravermelho e verde. Realizou- se a vetorização da linha de costa de cada ano utilizando a técnica de interpretação visual. Para 2020 a linha foi validada por seis pontos controles e suas coordenadas geográficas (Figura 1).

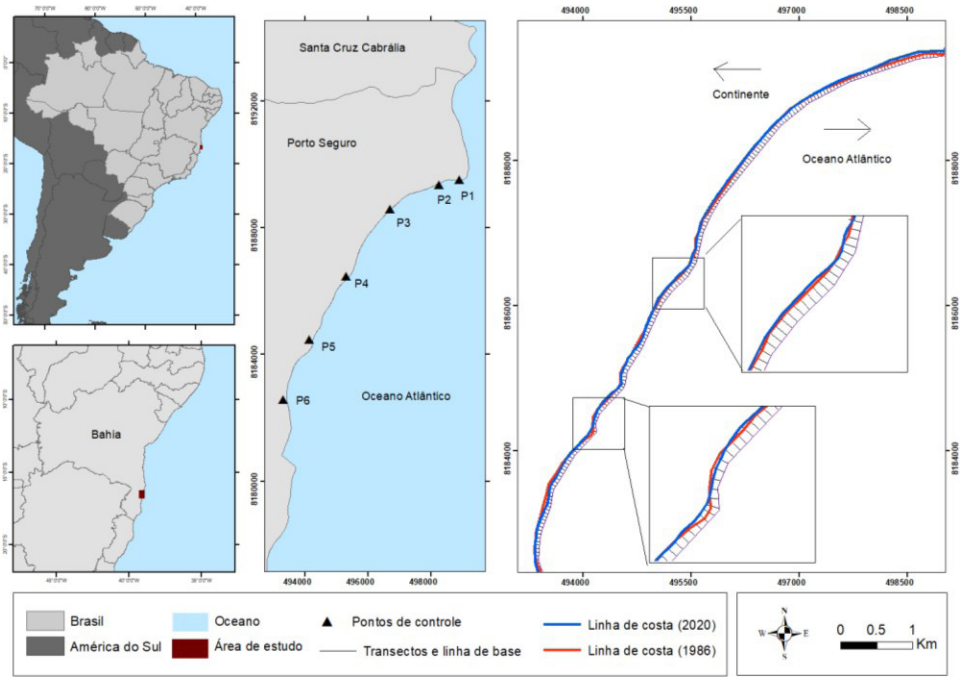


Figura 1. Localização da área de estudo, linhas de costa e transectos analisados.

A evolução de linha de costa foi analisada com Digital Shoreline Analysis System (DSAS), versão 5.0 (HIMMELSTOSS *et al*., 2018), com base em transectos perpendiculares a linha de costa e paralelos entre si, equidistantes a cada 50 metros, totalizando 199 transectos. Utilizou-se os métodos End Point Rate (EPR) e o Linear Regression Rate (LRR) para analisar a taxa de variação de linha de costa e as mudanças temporais em relação a deposição e erosão. Os procedimentos foram realizados no software ArcGis.

RESULTADOS

A extensão praial apresentou uma taxa de variação (EPR) que variou em um mínimo de -1,50 m/ano e máximo de 1,45 m/ano, com média no período igual a 0,17 m/ano (±0,56), reportando um caráter de deposição de sedimento. A faixa de praia avançou, em média, 0,08 m/ano (±0,56) em direção ao oceano, o que sugere um pequeno processo de progradação. A Figura 2 indica que a porção inicial da área responde pelas áreas de maior deposição enquanto a porção final corresponde as áreas de maior erosão na linha de costa. Em 67% dos transectos analisados predominam a deposição de sedimentos, com ligeira tendência de avanço da faixa sentido oceano.

Figura 2 Dados gerais de variação da linha de costa expressos em taxas anuais (valores positivos indicam deposição e negativos erosão).

Domingues *et al*. 2018, analisando o comportamento da linha de costa dos estados de Alagoas, Sergipe e Bahia em dois cenários (2001-2003 e 2016-2017), identificou que a linha de costa do município de Porto Seguro pode ser classificada como em aparente equilíbrio, com exceção de regiões com falésias ativas. Tais resultados corroboram em parte com os dados aqui apresentados que, de maneira geral, apresentam pequenas variações no período estudado.

No entanto, dado a menor escala de análise do presente estudo, um maior detalhamento da dinâmica da linha de costa pôde ser avaliado, trazendo assim informações importantes para fins de gestão costeira. Destaca-se na área analisada o processo de progradação na porção mais ao norte. Tal processo pode ser influenciado pela presença de barreiras de recife de corais que contribuem para a deposição de sedimento. Já a porção sul, em que se incide o processo erosivo, é uma região com a presença de fragmentos de restingas, que contribuem para manutenção do fluxo sedimentar, que apesar de negativo não gera prejuízos na infraestrutura local.

CONCLUSÕES

Na linha de costa analisada no município de Porto Seguro ocorreu reduzido processo de progradação no período de trinta e quatro anos.

REFERÊNCIAS

DOMINGUES, J., GUIMARÃES, J., BITTENCOURT, A. (2018). Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. (2018). Panorama da Erosão Costeira no Brasil. *Brasília, DF: MMA.* 759p

HIMMELSTOSS, E. A.; KRATZMANN, M. G.; THIELER, E. R. National assessment of shoreline change: Summary of statistics for updated vector shorelines and associated shoreline change data for the Gulf of Mexico and Southeast Atlantic Coasts. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 2018.

KAYS, R., & ALDER, J. (2005). *Coastal planning and management perspectives.* Taylor & Francis. Londres, 400p.

LAMAS, I., PEREIRA, R., & CUNHA, R. (2014). *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro*.

LUIJENDIJK, A., HAGENAARS, G., RANASINGHE, R., BAART, F., DONCHYTS, G., & AARNINKHOF, S. (2018). The State of the World's Beaches. Scientific Reports, 8(1), 1–11. MUEHE, D. (2018). Panorama da Erosão Costeira no Brasil. Brasilia, DF: MMA. 759p.

VARIAÇÕES HIDRODINÂMICAS NA BAIXADA SANTISTA (SP, BRASIL) ASSOCIADAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Samuel Hora Yang*, Joseph Harari, Tiago Cortez, Celia Regina de Gouveia Souza

** Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Brasil | E-mail: samyang@usp.br*

Palavras chave: Modelagem Hidrodinâmica, Mudanças Climáticas, Tendências Seculares.

INTRODUÇÃO

Estudos realizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em conjunto com o projeto *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), indicaram que até o ano de 2100, a média global do nível médio do mar poderá subir de 0,28 a 0,98 m; e que a média global de temperatura poderá aumentar de 0,30º a 4,80ºC (IPCC, 2014). Assim, a realização de estudos de monitoramento costeiro com modelos numéricos, para a análise e previsão do comportamento e variação de condições hidrodinâmicas, é de suma importância para fins de gerenciamento costeiro e para a tomada de medidas adequadas de proteção ambiental às zonas costeiras (RUIZ *et al.*, 2021). O objetivo do presente trabalho foi de analisar o comportamento do nível do mar, das correntes e da temperatura das praias da Enseada (Guarujá) e do Itaguaré (Bertioga), ambas situadas na Baixada Santista (Estado de São Paulo, Brasil), em condições meteoceanográficas referentes a mudanças climáticas, através de modelagem numérica.

METODOLOGIA

O modelo hidrodinâmico Delft3D-FLOW foi processado para uma grade computacional principal com espaçamento horizontal de 350 m e 15 camadas Sigma na vertical, que cobriu toda a Baixada Santista, e duas grades locais aninhadas, referentes às praias da Enseada e do Itaguaré (Figura 1), ambas com espaçamento horizontal de 100 m e 15 camadas verticais Sigma. Como forçantes meteorológicas na superfície dos domínios computacionais, foram considerados vento, pressão, nebulosidade, umidade relativa e temperatura do ar; e como forçantes oceânicas, prescritas nos contornos abertos das grades computacionais, foram consideradas marés, nível médio do mar, correntes, temperatura e salinidade. As marés foram adquiridas no modelo global *Topex/Poseidon Global Inverse Solution* (TPXO), e as modelagens foram realizadas sob dois cenários distintos: o **Cenário I** foi processado para fevereiro de 2017, com informações reais de forçantes meteorológicas e oceânicas provenientes respectivamente do modelo atmosférico global *Climate Forecast System Version 2* (CFSv2) e do modelo oceânico global do *Copernicus Marine Environment Monitoring System* (CMEMS), onde nesse processamento, com contornos do tipo *Riemann*, o Delft3D-FLOW foi validado com base no *Hybrid Coordinate Ocean Model* (HYCOM), através dos valores médios de *Absolute Mean Statistic Error* (AMSE) e de *Skill*, obtidos ao longo da grade principal (Baixada Santista); e o **Cenário II** foi simulado para 80 anos no futuro (fevereiro de 2097), com forçantes meteorológicas e oceânicas extraídas do modelo global *Hadley Centre Global Environment Model Version 3* (HadGEM3), referentes à projeção SSP5-8.5 das futuras variações climáticas do IPCC (GOOD, 2020), a mais pessimista do projeto *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6) (HAUSFATHER, 2019), com as grades novamente configuradas com contornos do tipo *Riemann* neste processamento.

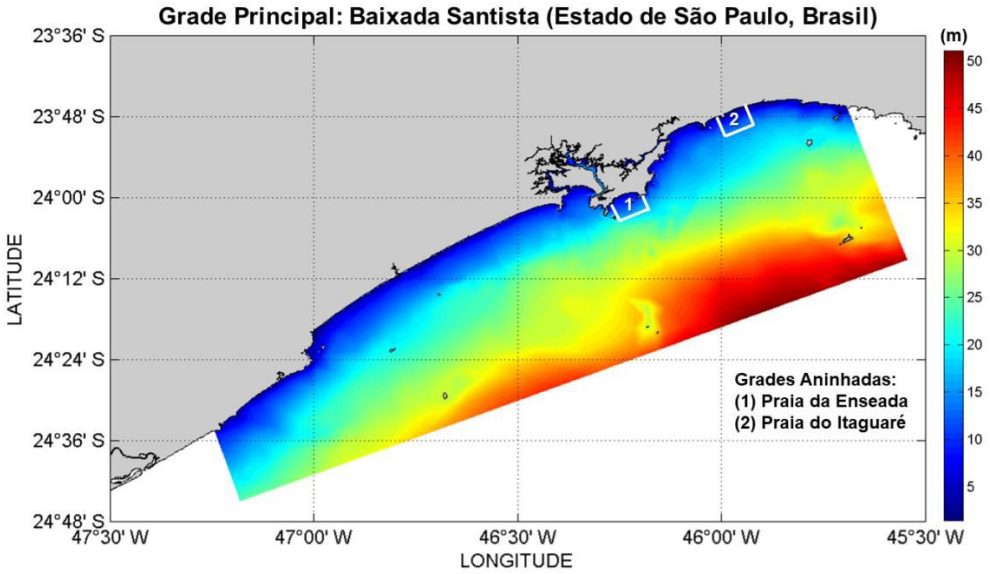


Figura 1: Grade principal (Baixada Santista) e grades aninhadas (Enseada e Itaguaré), com suas batimetrias associadas.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a validação do Delft3D-FLOW na grade principal; e a Figura 2 contém as séries temporais de nível do mar, magnitude das correntes e temperatura, registradas para o Cenário I (Real) e o para Cenário II (IPCC) na costa das praias da Enseada e do Itaguaré.

Tabela 1: Valores médios de AMSE e Skill obtidos ao longo da grade principal para a validação do Delft3D-FLOW.

Valores Médios	Nível do Mar	Corrente (Comp. U)	Corrente (Comp. V)	Temperatura
AMSE	**0,12 m**	**0,18 m/s**	**0,16 m/s**	**1,05 ºC**
Skill	**0,91**	**0,66**	**0,68**	**0,53**

Os valores de AMSE e *Skill* obtidos na grade principal indicam um alto grau de confiabilidade na representação da circulação ao longo da Baixada Santista no Cenário I (Real), de modo que o modelo Delft3D-FLOW pôde ser considerado como validado; e uma vez que as duas grades locais foram aninhadas à grade computacional principal e tiveram os seus contornos abertos configurados com valores de forçantes oceânicas oriundos da grade principal, o Delft3D-FLOW também pôde ser considerado como validado para a região das praias da Enseada e do Itaguaré. Já os resultados do Cenário II (IPCC) indicaram mudanças na hidrodinâmica nas praias da Enseada e do Itaguaré sob a projeção mais pessimista do projeto CMIP6 (SSP5-8.5) para o final do século XXI, com aumentos do nível do mar (média de + 0,03 m) e da temperatura da água (média de + 6,25 ºC), em decorrência das altas taxas de emissão de CO_2 da projeção SSP5-8.5 (HAUSFATHER, 2019); ademais, no Cenário II ocorreu uma diminuição da velocidade das correntes (média de – 0,02 m/s), situação também registrada em outros locais da Baixada Santista (São Vicente e Santos) por meio de simulações numéricas para o fim do século XXI com a projeção RCP 8.5 (a mais pessimista do projeto CMIP5) realizadas por Costa (2019), onde segundo esta autora, essas tendências previstas são devidas a futuras mudanças previstas na região da ciclogênese no Hemisfério Sul (em direção aos polos), além da futura diminuição prevista da intensidade dos ventos e da frequência de ciclones no Oceano Atlântico Sul.

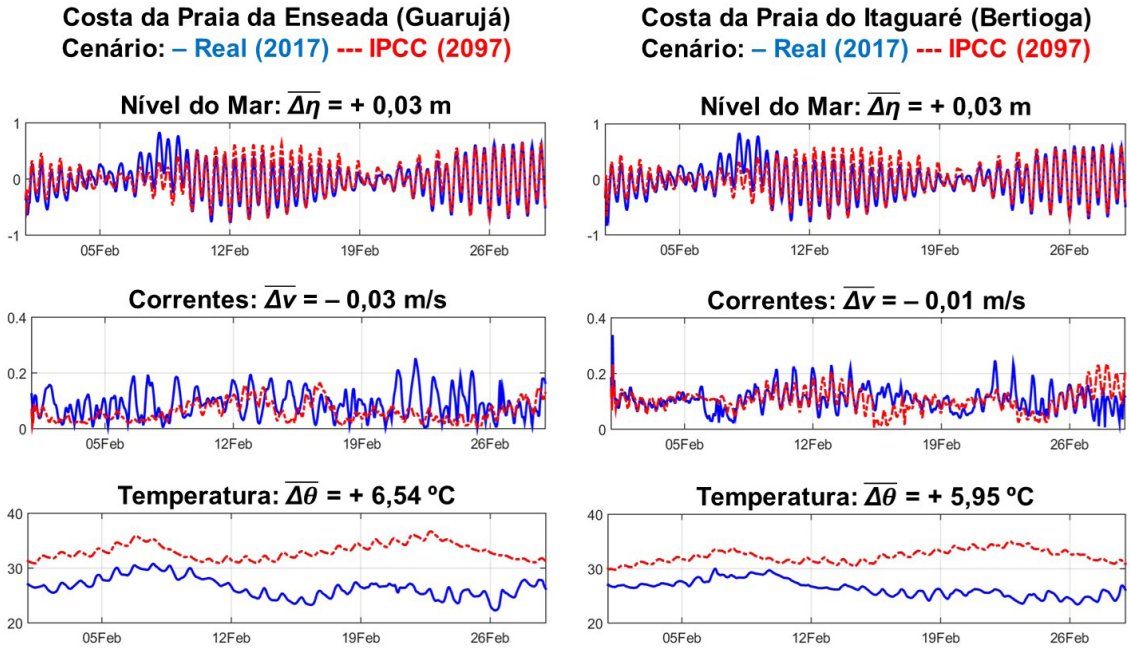


Figura 2: Variações temporais da hidrodinâmica costeira das praias da Enseada e do Itaguaré, nos dois cenários.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho são de extrema importância para fins de gerenciamento costeiro. No futuro, estudos de modelagem hidrodinâmica mais aprofundados, por exemplo, integrados com a modelagem de ondas e de evolução praial, a partir de cenários diversos de futuras mudanças climáticas, possibilitarão a tomada antecipada de medidas preventivas de proteção do meio ambiente e das zonas costeiras.

AGRADECIMENTOS

Para a CAPES, pela Bolsa de Doutorado concedida para o Projeto "*Resposta morfodinâmica de praias do sudeste brasileiro aos efeitos da elevação do nível do mar e eventos meteorológicooceanográficos extremos até 2100*" (Número de Processo: 88887.147715/2017-00).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, C.G.R. 2019. Physical processes in the Santos - São Vicente - Bertioga Estuarine System: from observations to forecasts. Tese de Doutorado (Universidade de São Paulo), 129p.

GOOD, P. 2020. MOHC HadGEM3-GC31-LL model output prepared for CMIP6 Scenario MIP SSP5-8.5. Ver. 2020/01/21. Earth System Grid Federation. DOI:10.22033/ESGF/CMIP6.10901.

HAUSFATHER, Z. 2019. CMIP6: the next generation of climate models explained. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>.

IPCC. 2014. Future climate changes, risk and impact. *In*: THE CORE WRITING TEAM, PACHAURI, R.K. & MEYER, L.A. (Eds.). *Climate change 2014: synthesis report*. pp. 56-74.

RUIZ, M.S.; HARARI, J.; RIBEIRO, R.B. & SAMPAIO, A.F.P. 2021. Numerical modelling of storm tides in the Estuarine System of Santos, São Vicente and Bertioga (SP, Brazil). *Regional Studies in Marine Science*. 44 (2021): Article 101791. DOI: 10.1016/j.rsma.2021.101791.

GESTÃO INTEGRADA DA ATIVIDADE PORTUÁRIA E ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

ANALISE PROBABILÍSTICA DOS EFEITOS NÃO ASTRONÔMICOS NO CALADO DINÂMICO PARA O PORTO DE TUBARÃO -ES

P.H.T. Rosa[1], M.N. Gallo[2], C.E. Parente[3], T.F. Freitas [4]

1 Laboratório de Instrumentação Oceanográfica – LIOc / COPPE, Brasil, pedrohtr14@gmail.com

2 Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos – LDSC / COPPE, Brasil,

3 Laboratório de Instrumentação Oceanográfica – LIOc / COPPE, Brasil,

4 Vale S/A – Porto de Tubarão -ES, Brasil,

Palavras chave: Nível do Mar, Efeito não astronômico, Uptime, Porto de Tubarão, Calado Dinâmico, ADCIRC.

INTRODUÇÃO

É notório que o transporte marítimo é uma das principais, se não a principal, atividade econômica para o desenvolvimento de qualquer país costeiro. Esse é um grande sistema no qual sua operação, em concomitância com outras áreas do transporte, realiza uma extensa gama de serviços tanto de passageiros quanto de carga, estabelecendo um comércio internacional e globalizado. Em um sistema de tamanha relevância, o aprimoramento de novas técnicas para a otimização da operação, aperfeiçoamento nos acessos portuários e estudos sobre áreas específicas no porto são de suma importância para o progresso desse complexo (KOS *et al*., 2012). Um desses estudos é sobre o *uptime* do porto, que pode proporcionar tanto obter maiores lucros quanto aumentar a segurança da navegação. Nessa categoria de estudo muitas vezes não são considerados os efeitos que o nível não astronômico pode ocasionar.

METODOLOGIA

Para tal, o presente trabalho avaliou esses efeitos para o Porto de Tubarão – ES, com base nos resultados de nível do mar e correntes provenientes do modelo numérico implementado na região da baía de Vitória (Figura 1), e considerando os parâmetros estabelecidos pela VALE e MARINHA (2017). Este documento determina, basicamente, duas restrições operacionais no canal de acesso para navios graneleiros com 405000 toneladas métricas de porte bruto, 365 m de comprimento e 66 m de boca. A primeira é uma combinação de valores entre o nível do mar e a altura significativa de ondas (Hs). Como o canal apresenta profundidade de 25,30 m e o calado estático do respectivo navio descrito acima é de 22,30 m, a VALE e MARINHA (2017) estabeleceram que os fatores relativos ao navio (menos o calado estático e já considerando 1,00 m de Hs) mais os fatores relativos ao fundo necessitariam de 3,00 m, enquanto o nível d'água projetado seria, no mínimo, de 0,70 m (Figura 2). Contudo, como as ondas no Porto de Tubarão podem ultrapassar 1,00 metro, determinaram-se algumas condições entre esse parâmetro e o nível do mar. Se o Hs for até 1,00 m o nível do mar deverá ter, no mínimo, 0,70 m. Com Hs entre 1,00 m e 1,10 m o nível do mar deverá ser, no mínimo, 0,80 m e assim sucessivamente. Até o Hs atingir 1,5 metros, a partir desse valor a operação do porto é cessada. A segunda restrição considera as correntes transversais ao eixo do canal. O documento afirma que o limite para este parâmetro é de 0,5 nós (0,26 m/s).

Para os resultados de nível do mar e correntes provenientes do modelo numérico, foram considerados dois cenários, o primeiro utiliza apenas o nível astronômico como forçante, já o segundo, além do nível astronômico é inserido também o nível não astronômico.

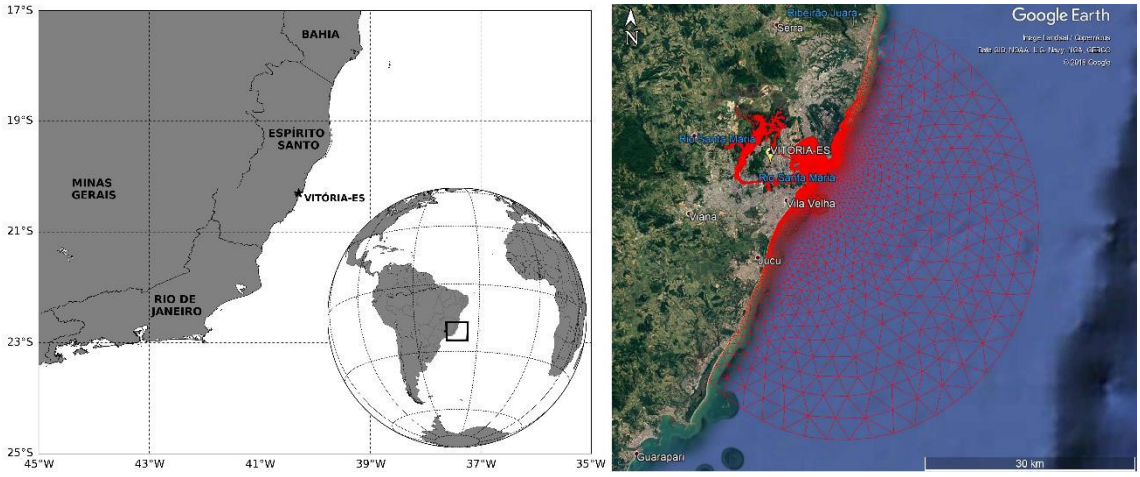


Figura 1 - A esquerda: Localização da cidade de Vitória - ES. A direita: Localização da cidade de Vitória - ES e do Porto de Tubarão, além da malha não estruturada (em vermelho) confeccionada para o modelo numérico.

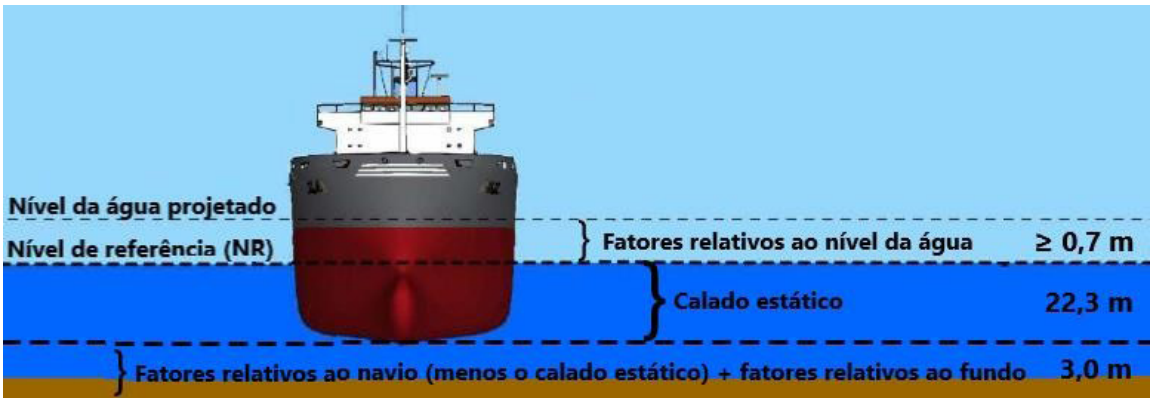


Figura 2 - Valores, determinado pela VALE e MARINHA (2017), para os fatores relacionados á profundidade do canal de acesso no Porto de Tubarão. Retirado e modificado de DPC (2019).

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de dados medidos *in situ* foi possível calcular a variância do nível não astronômico nesta região e a banda mais energética desse nível, considerando a metodologia realizada por MELO (2017). O valor foi de 79,55 cm², sendo a banda da maré meteorológica a mais dominante, com 52,08 % desta energia. Em relação às correntes, a influência do efeito não astronômico foi ainda maior. Quando se considerou o nível não astronômico como forçante na modelagem numérica, a direção predominante das correntes no canal de acesso ao porto passou de longitudinal para transversal, e o valor de desvio padrão da magnitude foi de 0,02 m/s, no primeiro cenário, para 0,10 m/s no segundo. As diferenças de *uptime* entre os dois cenários no período total analisado (2019-06-01 a 2020-06-01) não foram muito significativas, com 108,15 horas ou 4,51 dias a mais de operação do porto em um total de 187 dias, aproximadamente (Figura 3). Isso representa apenas 2,41% de *uptime* a mais em um ano. Contudo, 94,58% desses 4,51 dias ocorreram no período de outono. Nessa estação o *uptime* obteve um ganho de 102,29 horas quando se considerou o nível não astronômico como forçante. Essa diferença equivale ao tempo de carregamento de 4 navios Valemax ou 1,6 milhões de toneladas de minério (VALE, 2017). Já o resultado do primeiro evento extremo de sobrelevação (2019-07-05 a 2019-07-11) foi ainda mais significante. Nesse período o nível não astronômico aumentou o tempo de operação no porto em 22 horas ou quase um navio Valemax no espaço de 3 dias.

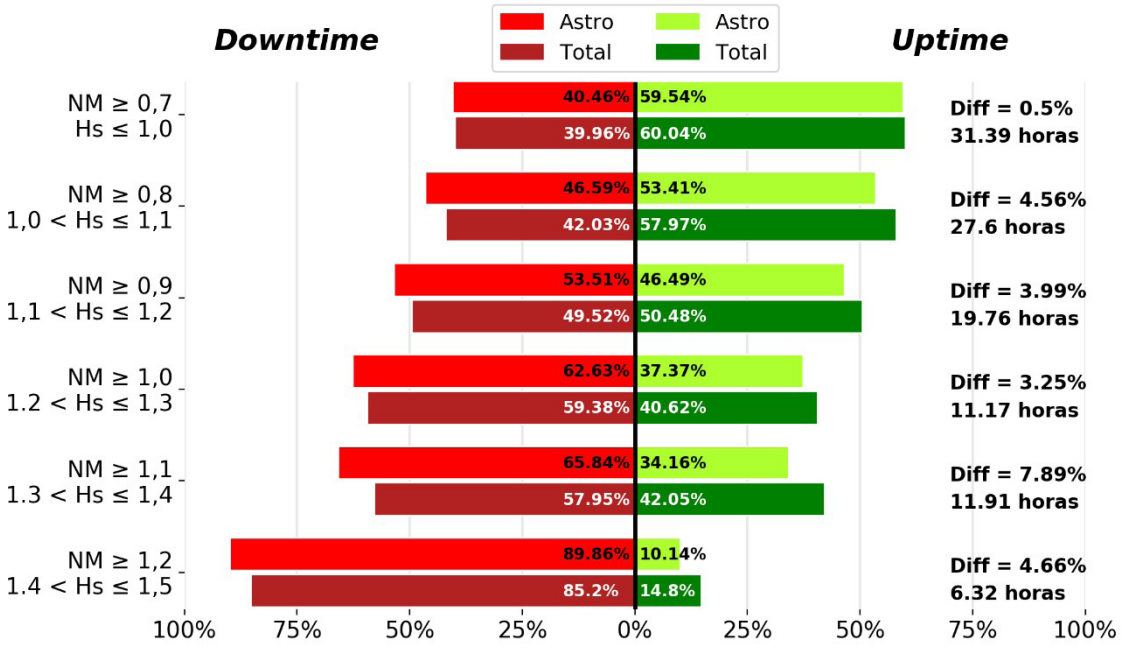


Figura 3 - Comparação entre as porcentagens (%) de uptime e downtime do Porto de Tubarão para cada combinação entre o nível do mar (NM) e a altura significativa de onda (Hs). As barras a esquerda (vermelho) correspondem as % de downtime, enquanto as barras a direita (verde) as % de uptime. O nível astronômico (Astro) é representando pelas cores mais claras, ao passo que, o nível astronômico mais não astronômico (Total) é representado pelas cores mais escuras. As diferenças de uptime ou downtime entre o Total e o Astro (Diff), para cada combinação de NM e Hs, estão expostas, em negrito, do lado direito da imagem em % e horas.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIOc) pela estrutura de trabalho, e ao Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e a Vale S.A pela disponibilização dos dados medidos na área de interesse.

REFERÊNCIAS

DPC, D. D. P. E. C., 2019. “Normas da autoridade marítima para implantação e operação de sistemas para determinação de folga dinâmica abaixo da quilha. NORMAM-33/DPC”. https://www.marinha.mil.br/dpc/node/4415. Acessado: 2021-07-22.

KOS, S., ŠAMIJA, S., BRČIĆ, D., 2012, “Multimodal transport in the function of the port system containerization development”, Fakulteta za pomorstvo in promet Portorož.

MELO, E., 2017, *Maré* Meteorológica na Costa Brasileira. Tese de Doutorado.

VALE, S., MARINHA, D. B., 2017, *Regulamento do Complexo Portuário de Tubarão e Praia Mole*. Relatório técnico, Vale S/A.

VALE, S., 2017. “Portos e Terminais”. Disponível em: <http://www.vale. com/brasil/PT/business/logistics/ports-terminals/Paginas/default.aspx>.

GESTÃO AMBIENTAL NO PORTO DE PORTO ALEGRE, SUL DO BRASIL: UMA ABORDAGEM ECOSSISTÊMICA

Laura Dias Prestes*, Tatiana Silva da Silva, Tomaz Bohrer Brentano, José Nunes de Aquino, André Schmidt Filgueras, Marco Antônio de Oliveira, Juan Adolfo Chica Ruiz, Daniela Forgiarini da Silva, Giuliana Andréia Sfredo, Javier Garcia Onetti

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, lauradp53@gmail.com

Palavras chave: Gestão ambiental portuária, aspecto ambiental significativo, gestão baseada em ecossitemas, Porto de Porto Alegre, DPSIR.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Gestão Ambiental Portuária (GAP), quando implementada, é orientada para o cumprimento do licenciamento ambiental (Loureço & Asmus, 2015). Esse modelo de gestão concentra-se no monitoramento das condições ambientais e não fornece ao gestor ferramentas reais para reduzir impactos e nem melhorar a qualidade ambiental do porto. Muitos estudos que avaliaram o sistema de gestão ambiental portuária no Brasil corroboram com essa afirmação (García-Onetti, 2017). Nesse contexto, o uso da abordagem dos serviços ecossistêmicos é excepcionalmente útil, uma vez que integra aspectos biofísicos e socioeconômicos (Agardy *et al*. 2011). Além disso, associada à estrutura DPSIR (Driver, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) (EEA, 1995), é possível vincular os processos de operação portuária a parâmetros/indicadores biofísicos específicos para melhor direcionar a GAP. O objetivo deste trabalho é combinar e aplicar as abordagens de Gestão Baseada em Ecossistemas (GBE) e GAP (baseadas no DPSIR) como pilar metodológico na proposição de um programa de gestão ambiental para o Porto de Porto Alegre, localizado na zona costeira do Brasil, no município de Porto Alegre e arredores, às margens do Lago Guaíba e interligado à Lagoa dos Patos.

METODOLOGIA

Para propor um sistema de gestão ambiental baseado em ecossistemas para o porto de Porto Alegre, o modelo apresentado por Asmus *et al*. (2015) foi adotada com adaptações. Este modelo integra GBE, DPSIR e a normativa NBR ISO 14001, permitindo identificar os aspectos ambientais significativos do sistema portuário, que fundamentam a formulação de planos e programas visando minimizar/prevenir impactos ambientais. A metodologia é composta por seis etapas. A Etapa 1 consiste na construção de uma matriz de serviços ecossistêmicos (Scherer & Asmus, 2016), onde são enumerados os serviços ecossistêmicos, benefícios e beneficiários dos sistemas ambientais. Na Etapa 2, identificamos as macroatividades e aspectos ambientais do porto, com base em Onetti (2017). Na Etapa 3, selecionamos os aspectos ambientais mais significativos, por meio do número de atividades característico de cada aspecto. A seguir (Etapa 4), a relação entre os aspectos ambientais significativos e os serviços ecossistêmicos é explorada. Na etapa 5 observamos a significância dos aspectos com relação aos seus impactos sobre atividades relevantes para o município, histórico de acidentes, acúmulo de reclamações, escala de alcance e se esses aspectos são conhecidos pela administração do Porto. Por fim (Etapa 6), as informações anteriores são organizadas em um framework DPSIR, onde: “Drivers (D)” correspondem às macroatividades; “Pressões (P)” aos aspectos ambientais significativos; “Estado (S)” aos serviços ecossistêmicos afetados pelos aspectos ambientais

significativos; “Impactos (I)” descrevem como “D” e “P” afetam “S” e; “Resposta (R)” são os programas de gestão para minimizar/mitigar os “I”. As macroatividades e aspectos ambientais foram observados *in loco*, com orientação do chefe da divisão portuária. Os dados relacionados as 6 etapas descritas acima foram organizados e validados por meio de cinco workshops com os autores.

RESULTADOS

Os sistemas ambientais do Porto de Porto Alegre foram divididos em diretos e indiretos. Os sistemas ambientais diretos representam a área de influência direta das atividades portuárias. São eles: Sistema Aquático Portuário (oferece os serviços de transporte de cargas e pessoas, aporte de água doce, receptor de efluentes, etc.) e o Sistema Estrutural Portuário (serviços de atracamento de embarcações, regulação socioeconômica, proteção contra inundações, etc.). Os sistemas indiretos representam a área de influência indireta adjacentes ao Porto organizado. São eles: Sistema Urbano-Industrial (serviços de suporte à ocupação residencial/domiciliar, provisão de bens e serviços, reprodução cultural e patrimonial); Sistema Aquático Não-Portuário (serviços de provisão de estoque pesqueiro, água doce, balanço sedimentar, etc.); Sistema de Ilhas (serviços de suporte ao habitat de espécies, ciclagem de nutrientes, atividades recreativas, etc); e Sistema de Apoio à Navegação (serviços de atracamento e manutenção de embarcações, etc.)

As macroatividades identificadas no Porto de Porto Alegre foram: Obras portuárias de infraestrutura e instalações; Dragagem de manutenção; Tráfego marítimo e terrestre; Carga, descarga e armazenamento de granéis sólidos, líquidos e carga geral; Fornecimento de combustíveis e abastecimento; Limpeza e manutenção de maquinário e instalações; Recolhimento de resíduos urbanos; Atividades industriais, náutico-desportivas e em áreas de uso público; Serviços sanitários, administrativos e outros serviços gerais do Porto. Com relação aos aspectos ambientais, quatro foram identificados como significativos: Descargas e vazamentos para a água, Lançamento para o solo (partículas e fluidos), Lançamento para os sedimentos subaquáticos e Geração de resíduos sólidos.

O Lago Guaíba é caracterizado como um ambiente lêntico, possui baixa circulação da água e consequentemente menor capacidade de diluição de poluentes (Andrade *et al*., 2018). Nesse sentido o aspecto ambiental “descarga e vazamentos para a água” pode ser considerado um vetor que contribui com a pressão sobre esse ambiente aquático. O aspecto ambiental “lançamento para os sedimentos subaquáticos” também está relacionado à problemática de poluição do Lago Guaíba e seu baixo potencial de diluição, pois as partículas finas em suspensão podem decantar e depositarem-se no substrato sedimentar (Nicolodi, Toldo & Farina, 2010). Outro ponto é que os sedimentos do Lago Guaíba apresentam índices de contaminação elevados e a ressuspensão desses sedimentos devolve à coluna d’água esses contaminantes (Castro & Almeida, 2015). Essa ressuspensão pode ocorrer em eventos de dragagem para manutenção do calado do porto. O aspecto ambiental “lançamentos para o solo” está vinculado às atividades que envolvem possíveis vazamentos de fluidos, resíduos à granel, resíduos sólidos e derramamento de hidrocarbonetos. Em particular, as áreas de bota-fora de material de dragagem demandam atenção, pois materiais dragados podem conter substâncias tóxicas e devem ser dispostos de maneira adequada. Outro passivo ambiental observado no Porto foi a presença de fauna sinantrópica, sobretudo pombos e roedores, o que demostra a necessidade de melhorar a disposição dos resíduos sólidos.

Para se chegar à proposta de Gestão Ambiental Portuário de Base Sistêmica para o Porto de Porto Alegre, a estrutura de avaliação foi organizada de forma a estabelecer a relação entre a ferramenta DPSIR e os resultados obtidos anteriormente. O DPSIR é um modelo que organiza a relação entre atividades e impactos para que a gestão possa atuar na origem do problema (Asmus *et al*., 2015). Os programas e planos foram formulados com foco na gestão sobre a

macroatividade, com atenção a cada aspecto ambiental significativo, e visam ações de controle para minimização de impactos e monitoramento da qualidade da água, sedimentos, resíduos sólidos, fauna sinantrópica, e ações de emergência, dragagem e de gerenciamento de risco. Além disso, foram formulados dois programas integrados de comunicação social e de supervisão ambiental, os quais visam a sustentabilidade das operações portuárias de modo geral. Dessa forma os indicativos de gestão abrangem o rol de aspectos e impactos que prejudicam a oferta de serviços ambientais, organizados como segue: Programa de Gestão de Resíduos Sólidos; Programa de Gestão de Efluentes Líquidos; Programa de Manejo da Fauna Sinantrópica; Programa de Monitoramento da Biota Aquática e da Qualidade Ambiental da Água e dos Sedimentos; Programa de Modelagem Hidrosedimentológica e da Qualidade da Água; Programa Integrado de Comunicação Social e Educação Ambiental; Programa Integrado de Supervisão Ambiental; Plano de Ação de Emergência; Plano de Dragagem e Manutenção e; o Plano de Gerenciamento de Risco.

CONCLUSÃO

A avaliação de base sistêmica integrada ao modelo DPSIR permitiu no âmbito do Porto de Porto Alegre: a visualização da cadeia de relação entre sistemas e serviços ambientais e as atividades portuárias que pressionam esses serviços; a identificação dos impactos cumulativos que afetam os sistemas; a incorporação de serviços de ordem antrópica e natural; a simplificação da realidade; a organização e integração de informações complexas; e, por fim, a priorização dos esforços de gestão. A metodologia proporcionou uma visão integrada e prospectiva e, também, facilitou a priorização dos esforços de gestão a partir da identificação dos aspectos ambientais significativos e a recomendação de ações de controle e monitoramento dentro dos programas vinculados diretamente às macroatividades portuárias e seus aspectos ambientais significativos.

REFERÊNCIAS

Agardy, T; Davis, J; Sherwood, K.; 2011. Taking Steps toward Marine and Coastal Management: An Introductory Guide. UNEP, Naibori.

Andrade, L.C. de, Andrade, R. da R.; Camargo, F.A. de O; 2018. The historical influence of tributaries on the water and sediment of Jacuí's Delta, Southern Brazil. Rev. Ambient. Agua, v. 3, n. 2.

Asmus, M.L; Scherer, M.E.G; García-Onetti, J; Abrahão, G; 2015. Metodologia para identificação, com base ecossistêmica, dos aspectos e impactos ambientais significativos do Porto de Imbituba, Relatório Técnico. LabTrans/UFSC.

Castro, S.M. de, Almeida, J.R. de, 2012. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. Soc. Nat. 24, 519–534.

EEA (European Environment Agency), 1995. Europe's Environment: the Dobris Assessment. Copenhagen, Dinamarca.

García-Onetti, J; 2017. Servicios ecosistémicos y gobernanza de sistemas portuarios. Ph.D. Thesis. University of Cádiz, Spain.

Lourenço, A.V; Asmus, M.L; 2015. Gestão Ambiental Portuária: fragilidades, desafios e potencialidades no porto do Rio Grande, RS, Brasil. J. Integr. Coast. Zo. Manag. 15, 223–235.

Nicolodi, J.L; Toldo, E.E; Farina, L; 2010. Dinâmica e ressuspensão por ondas no Lago Guaíba (RS, Brasil) e implicações nos locais de captação de água para abastecimento humano. Pesqui. em Geociências, 37, 25–39.

Scherer, M.E.G; Asmus, M.L; 2016. Ecosystem-Based Knowledge and Management as a tool for Integrated Coastal and Ocean Management: A Brazilian Initiative. J. Coast. Res. 75, 690– 694.

INFLUÊNCIA DA HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR NA VARIABILIDADE TEMPORAL DO ASSOREAMENTO NO PORTO DE TUBARÃO, BRASIL

Rafael Carvalho Neves*, Valéria da Silva Quaresma, Alex Cardoso Bastos

*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil, rcneves@outlook.com.br

Palavras chave: assoreamento, hidrodinâmica, dragagem, portos

INTRODUÇÃO

Os monitoramentos contínuos da batimetria nas vias navegáveis e do comportamento meteo-oceanográficos local se tornaram fundamentais para o entendimento dessas regiões, levando ao crescimento do fomento desses estudos em áreas portuárias pelos órgãos reguladores (PIANC, 2012; ABNT, 2017). A necessidade de manutenção batimétrica contínua dos portos brasileiros (IPEA, 2009), associada ao aporte sedimentar nas áreas portuárias tornam o entendimento do processo de assoreamento das vias de navegação um desafio necessário. O desafio se dá principalmente pela complexidade que envolve a identificação das diversas fontes de sedimento, o entendimento da interação entre as forçantes meteo-oceanográficas, morfologia costeira, topografia do fundo e dinâmica sedimentar.

O Porto de Tubarão é um dos principais portos de exportação de minério de ferro do Brasil e se insere em uma região de embaiamento (Baía do Espírito Santo - BES) com influência continental (Baía de Vitória - BV) e marinha. O entendimento da dinâmica sedimentar do porto é indispensável em decorrência do potencial impacto social e ambiental das intervenções periódicas para manutenção das profundidades navegáveis. O objetivo principal do estudo é fornecer um entendimento integrado sobre os processos responsáveis pelo assoreamento do Porto de Tubarão, a partir da análise de dados de vazão fluvial, pluviométricos, hidrodinâmicos, sedimentológicos e batimétricos coletados na área de interesse e adjacências.

METODOLOGIA

A definição das principais áreas de acreção e erosão, bem como o cálculo das taxas de assoreamento foram realizados a partir da comparação de três levantamentos batimétricos multifeixe realizados no porto (junho de 2015, maio de 2017 e abril de 2018) (Fig. 1). Os dados históricos de pluviosidade em Vitória-ES (estação A612 do INMET) e da vazão do rio Santa Maria da Vitória em Santa Leopoldina-ES (estação 57130000 da ANA) foram analisados entre maio de 2015 e outubro de 2018.

Perfis horários de velocidade e direção das correntes foram coletados com ADP em dois transectos. As coletas ocorreram ao longo de todo ciclo de maré de sizígia (13hs), durante um período chuvoso e um seco, na desembocadura da BV em 15 de maio e 24 de outubro de 2018 e nas proximidades da sobrebacia do Porto de Tubarão em 16 de maio e 25 de outubro de 2018. A análise temporal dos dados de corrente e onda coletados pelos ADPs fundeados nas boias 4 e 10 do Porto de Tubarão foi realizada entre julho de 2015 e julho de 2020. Os dados de vento (10 m) foram extraídos da CFSR-NCEP para o ponto em frente da BES no período de março de 2019 a julho de 2020.

Uma avaliação da mobilidade do sedimento superficial encontrado dentro do canal do porto foi realizada com os dados dos ADPs fundeados. No total, 21 amostras de sedimento

superficial foram coletadas, entre 28/05 e 30/05/2019, dentro do canal do porto. O teor de água do sedimento superficial foi obtido de acordo com Amos *et al*. (1996). O cálculo da tensão de cisalhamento de fundo pela ação combinada de corrente e onda) foi realizado a partir de Soulsby (1995) e o cálculo da tensão crítica para ressuspensão de sedimento do fundo foi realizado através da equação de Taki (2001) para sedimento coesivo.

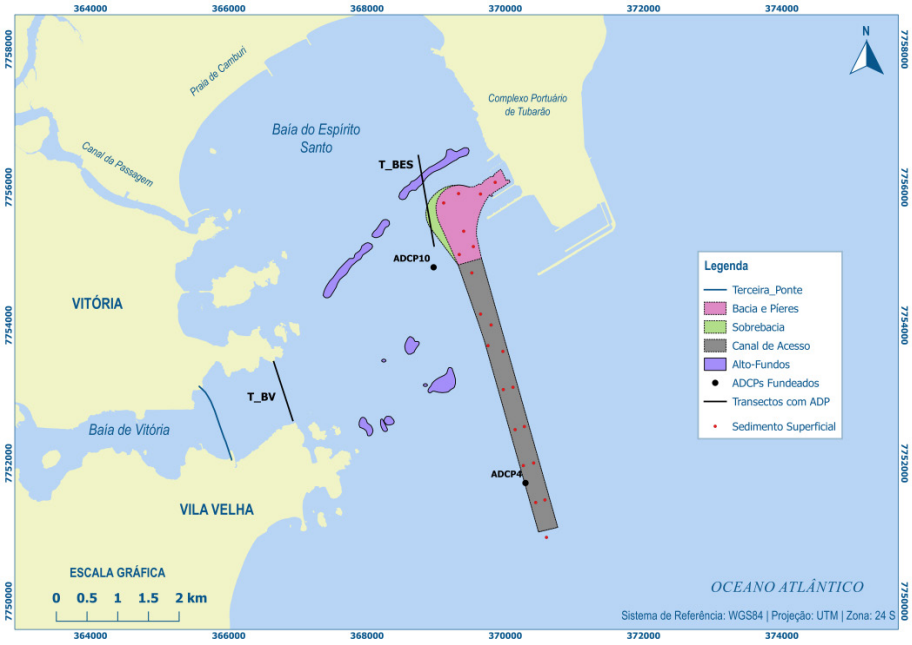


Figura 1 – Delimitação da geometria onde os dados batimétricos históricos foram comparados no Porto de Tubarão (áreas rosa, verde e cinza), bem como localização dos pontos de fundeio (pontos pretos) e transectos (linhas pretas) realizados com ADCPs para análise da hidrodinâmica. Os pontos de coleta de sedimento superficial estão com pontos vermelhos.

RESULTADOS

O Porto de Tubarão apresentou uma taxa de assoreamento de 15 cm/ano entre julho de 2015 a abril de 2018. Entretanto, a assoreamento ocorreu de forma não linear nesse período, com maiores taxas entre maio de 2017 a abril de 2018 (35 cm/ano) em todas as áreas analisadas, quando comparadas as taxas verificadas entre julho de 2015 a abril de 2017 (2 cm/ano).

Na desembocadura da BV, o sentido resultante das correntes foi oposto nos períodos monitorados, com vazão resultante de 2583 m^3/s para BES no período chuvoso e vazão resultante de -1579 m^3/s para BV no período seco. No transecto da BES, o monitoramento no período seco observou correntes fracas (< 0,4 m/s) preferencialmente orientadas para O-SO ao longo de todo o ciclo de maré. Já no período chuvoso, as correntes se mantiveram fracas e não houve uma direção preferencial das correntes, variando de acordo com o momento do ciclo de maré (O-SO na maré enchente e NE-E na maré vazante).

Entre fevereiro de 2019 e julho de 2020, as ondas comumente incidiram do quadrante E-S na BES, com tendência de altura significativa entre 1 e 2 m na entrada (ADCP4) e abaixo de 1 m na região central (ADCP10) da BES. A maior frequência do período de pico primário foi de ondas locais entre 5 e 10 s. As correntes observadas durante a atuação de ondas de E-SE tenderam a se dirigir para O-SE na entrada da BES, enquanto a direção resultante das correntes para NE-E foi observada durante ondas de SE-S. Na área interna da BES, durante a atuação de ondas de E-SE, as correntes se direcionaram para N-NO abaixo da camada superficial (prof >3 m), ocorrendo uma deflexão das correntes predominantes

para N-E com a atuação das ondas de SE-S. Já na camada superficial, as correntes se mantiveram entre SE-SO para ondas de E-SE, enquanto as correntes oscilaram entre NE e SO para ondas de SE-S. Quanto à mobilidade do sedimento, verificou-se que o sedimento superficial siltoso encontrado no canal do porto é ressuspendido e transportado em mais de 90% do tempo.

CONCLUSÕES

Apesar de movimentos de massa nos taludes e influência da propulsão dos navios próxima ao fundo estar associada a maior acreção de sedimento em algumas regiões do Porto de Tubarão (ao sopé dos taludes, bacia e berços), a variabilidade da taxa de assoreamento observada na área do porto foi controlada pela maior ou menor disponibilidade de sedimento em suspensão na BES e pelas mudanças na dinâmica meteo-oceanográfica da área de estudo.

Observa-se um período seco entre maio de 2015 a abril de 2017 (928,9 mm/ano), enquanto entre maio de 2017 e abril de 2018 pode ser considerado um período mais úmido (1699,8 mm/ano), uma vez que a média histórica de pluviosidade da região é 1300 mm/ano. Quanto às ondas, observa-se um incremento da frequência de ondas de SE-S entre 2017 a 2018, associadas à chegada de frentes frias, quando comparado ao período entre 2015 a 2017. Portanto, os padrões gerais de circulação na BES também tenderam a serem diferentes entre os períodos dos levantamentos batimétricos realizados, assim como verificado na análise dos dados hidrodinâmicos entre 2019 e 2020 para diferentes condições de incidência de ondas.

Portanto, a maior ocorrência de ondas mais energéticas de SE-S ocasionou um padrão de circulação onde as correntes transversais (NE-SO) passaram a ser mais constantes e influentes entre 2017 e 2018. Esse fato associado à maior disponibilidade de MPS na coluna d'água da BES pela exportação da BV e a maior ressuspensão de sedimento local nesse período tenderam a gerar um transporte resultante de sedimento para NE/E. Consequentemente, isso ocasionou o aumento de transporte sedimentar em direção à região do canal do porto entre 2017 e 2018. Apesar das correntes durante "tempo bom" também promoverem transporte sedimentar da plataforma continental para BES e canal do porto, há uma menor disponibilidade de MPS nesse período em decorrência do menor aporte da BV, menor ressuspensão do sedimento de fundo e o impedimento de um efetivo transporte por correntes transversais da região interna da BES para região do porto por conta do alto-fundo presente na área central da baía.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2017. "NBR 13246: Planejamento Portuário - Aspéctos Náuticos - Procedimento." : 162.

Amos, C. L., T. F. Sutherland, B. Radzijewski, and M. Doucette. 1996. "A Rapid Technique to Determine Bulk Density of Fine-Grained Sediments by X-Ray Computed Tomography." *Journal of Sedimentary Research* 66(5): 1023–24.

Ezzeldin, Mohsen Mohamed, Osami Rageh, and Mahmoud E. Saad. 2019. "Navigation Channel Problems Due to Sedimentation." : 18.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2009. *Gargalos e Demandas Da Infraestrutura Portuária e Os Investimentos Do PAC*.

PIANC, Permanent International Association of Navigation Congresses. 2012. Report N° 117 - *Use of Hydro/Meteo Information for Port Access and Operations.* Bruxelas: PIANC.

Soulsby, R L. 1995. "Bed Shear-Stresses Due to Combined Waves and Currents." In *Advances in Coastal Morphodynamics: An Overview of the G-8 Coastal Morphodynamics Project*, eds. M.J.F. Stive *et al*. Delft: Delft Hydraulics, 420–423.

Taki, K. 2001. Proceedings in Marine Science: Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes *Critical Shear Stress for Cohesive Sediment Transport*. 3rd ed. eds. W.H. McAnally and A.J. Mehta. Amsterdam: Elsevier.

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DE NAVIOS NOPORTO DE SINES

Andreia H. Gomes*, Liliana V. Pinheiro, Conceição J.E.M. Fortes, João A. Santos

**Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, ahgomes@lnec.pt*

Palavras chave: Risco navegação, navios amarrados, portos.

INTRODUÇÃO

Um dos critérios que garantem a segurança e a operacionalidade dos portos consiste em manter as movimentações dos navios dentro dos limites estabelecidos, quer durante as manobras de entrada/saída do porto, quer durante as manobras de acostagem e enquanto estes se encontram amarrados.

Para navios em manobra, é fundamental conhecer o estado do mar na zona de aproximação ao porto bem como no interior do porto. As condições de mar adversas podem impedir a entrada do navio no porto e a sua aproximação ao cais em segurança. Movimentos excessivos dos navios durante a transferência de pilotos entre o navio e a lancha ou em operações de resgate e de evacuação de passageiros também podem revelar-se um fator crítico. Para a evacuação de passageiros, a amplitude dos movimentos do navio influencia a capacidade de movimentação dos passageiros e pode determinar o uso de equipamentos de resgate aéreos ou marítimos. Para o reboque, é importante avaliar os movimentos do navio ao longo da rota planeada. Assim sendo, saber antecipadamente como o navio responde à agitação marítima incidente é muito útil para planear as operações e coordenar as equipes de emergência.

No caso de navios amarrados sujeitos a estados de agitação extremos, a rotura de um elemento de amarração (amarras, cabeços de amarração ou defensas) pode revelar-se um evento extremamente perigoso. Por esse motivo, existem limites de segurança impostos aos esforços no sistema de amarração e aos movimentos horizontais, verticais e de rotação, e limites operacionais a partir dos quais a movimentação de carga fica condicionada ou mesmo impossibilitada. Estes valores admissíveis são definidos tendo em conta as consequências para as atividades de carga e descarga e para a segurança de pessoas, de bens, do navio e das estruturas. Para grandes navios porta- contentores, a limitação do movimento de avanço é fundamental, uma vez que, hoje em dia, os guindastes não conseguem acompanhar esse movimento de forma eficiente.

No âmbito do projeto BlueSafePort encontra-se em desenvolvimento o sistema SAFEPORT, para a segurança do porto de Sines (Pinheiro *et al*. 2020), que consiste num sistema de previsão e alerta para a segurança da navegação em zonas portuárias, mais concretamente para navios em trânsito ou amarrados.

METODOLOGIA

Nesta comunicação descreve-se a aplicação numérica para a determinação do comportamento de 3 navios amarrados em terminais do porto de Sines, sujeitos à ação das ondas e do vento. Utiliza- se a ferramenta numérica integrada, SWAMS – Simulation of Wave Action on Moored Ships, capaz de caracterizar a resposta dum navio amarrado ou em manobra no interior dum porto sujeito à ação da agitação marítima, vento e correntes.

A ferramenta SWAMS consiste numa interface gráfica com o utilizador e num conjunto de módulos que tratam da execução dos modelos numéricos da propagação de ondas e do

comportamento dos navios amarrados no interior das bacias portuárias. A interface com o utilizador permite a introdução e a manipulação dos dados, a execução dos modelos numéricos, bem como a visualização dos resultados. Cada modelo corresponde a um módulo ao qual estão associadas as bases de dados que reúnem toda a informação do projeto. O SWAMS divide-se em dois módulos: o módulo WAVEPROP – para a propagação das ondas e o módulo MOORNAV – para o comportamento do navio amarrado. A representação gráfica dos dados e resultados dos módulos do SWAMS é feita recorrendo a programas específicos (Tecplot 360™, Autocad™, MS Excel™), dependendo do modelo numérico.

O módulo de propagação de ondas WAVEPROP inclui 3 modelos numéricos para a propagação de ondas e um gerador de malhas de elementos finitos:

- SWAN é um modelo não linear espectral, Booij et al. (1996), baseado na equação de conservação da acção da onda e capaz de simular a propagação de espetros ondas irregulares;
- DREAMS é um modelo linear de elementos finitos, Fortes (2002) , baseado na equação de declive suave para simular a propagação de ondas regulares;
- BOUSS-WMH é um modelo não linear de elementos finitos, Pinheiro et al. (2011), baseado nas equações de Boussinesq estendidas deduzidas por Nwogu (1993), sendo capaz de simular a propagação de ondas regulares e irregulares;
- GMALHA é um gerador de malhas de elementos finitos triangulares, Pinheiro et al. (2008), especialmente definidas para serem utilizadas pelos modelos DREAMS e BOUSS-WMH, sendo a densidade de nós das malhas variável de acordo com o comprimento de onda local e a sua construção otimizada de forma a reduzir recursos computacionais.

O módulo de comportamento de navios amarrados MOORNAV inlcui 2 modelos numéricos, (Santos, 1994):

- WAMIT (Korsemeyer et al., 1988) que resolve, no domínio da frequência, os problemas de radiação e de difracção da interacção de um corpo flutuante livre com as ondas nele incidentes;
- BAS (Mynett et al. 1985) que monta e resolve, no domínio do tempo, as equações de movimento de um navio amarrado no posto de acostagem levando em conta as séries temporais das forças devidas às ondas incidentes no navio, as funções de resposta ao impulso do navio e as relações constitutivas dos elementos do sistema de amarração (amarras e defensas).

O SWAMS permite determinar as curvas de resposta do navio nos 6 graus de liberdade sob a ação de ondas numa gama alargada de frequências e 5 direções diferentes. De seguida, com a informação hidrodinâmica definida, é possível determinar a resposta do navio amarrado. Para tal foram colocados no porto de Sines: um petroleiro no terminal petroquímico, na zona norte; um cargueiro no terminal de carga geral; e um porta-contentores, no terminal XXI.

RESULTADOS

Na Figura 1 apresenta-se os movimentos do navio porta-contentores colocado no terminal XXI do porto de Sines e as forças exercidas no respetivo sistema de amarração. Estes resultados decorrem da aplicação do modelo numérico BAS com uma onda de 1 metro de altura significativa, 3.67 segundos de período de pico e uma direção de 45º. Nesta simulação também foram consideradas 8 amarras e 2 defensas.

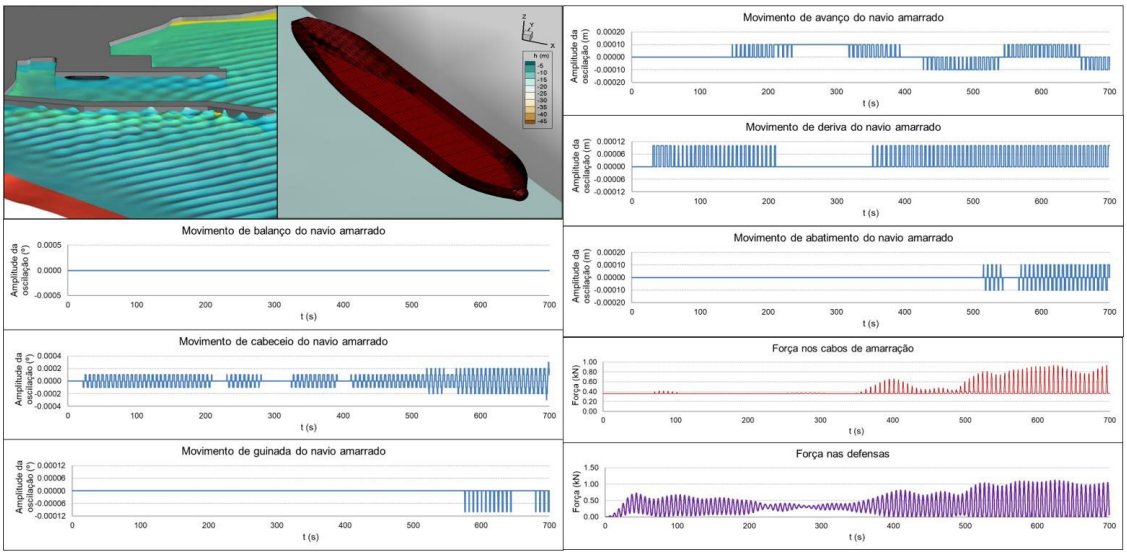


Figura 1. Comportamento do navio porta-contentores amarrado no terminal XXI do porto de Sines.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresenta uma aplicação da ferramenta SWAMS para caracterizar as respostas de navios amarrados no porto de Sines, sujeitos à ação da agitação marítima. Os desenvolvimentos efetuados serão posteriormente integrados no sistema SAFEPORT, de previsão e alerta para a segurança da navegação em zonas portuárias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto BLUESAFEPORT (ref: FA_04_2017_016), à Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída (INCD) pelo acesso à infraestrutura digital de suporte à investigação e à Administração dos Portos de Sines e do Algarve.

REFERÊNCIAS

Korsemeyer, F.T., Lee, C.-H., Newman, J.N., Sclavounos, P.D. (1988). The analysis of wave effects on tension-leg platforms. Proc. 7th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Houston, Texas, pp. 1-14pp.

Mynett, A.E., Keunig, P.J., Vis, F.C. (1985). The dynamic behaviour of moored vessels inside a harbour configuration. Int. Conf. on Numerical Modelling of Ports and Harbours, Birmingham, England, 23-25 April 1985. Cranfield: BHRA. The Fluid Engineering Centre.

Pinheiro, L., Lopes, P., Poseiro, P., Fortes, C.J.E.M., Santos, J.A. (2017). SWAMS ALERT – Sistema de previsão, alerta e avaliação do risco associados à navegação em áreas portuárias. Novos desenvolvimentos. 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. 13 a 15 de setembro, Porto.

Pinheiro, L., Fortes, C., Reis, M. T., Santos, J., Soares, C. G. (2020). Risk forecast system for moored ships, In proceedings of vICCE (virtual International Conference on Coastal Engineering), 6 a 9 de outubro.

Santos, J.A. (1994) MOORNAV – Numerical model for the behaviour of moored ships. Final report. Lisbon: Report 3/94-B, Projecto NATO PO-Waves.

PROVENIÊNCIA DOS SEDIMENTOS FINOS PARA O PORTO DE TUBARÃO, BRASIL

Rafael Carvalho Neves*, Valéria da Silva Quaresma, Alex Cardoso Bastos

*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil, rcneves@outlook.com.br

Palavras chave: geoquímica, isótopos, agrupamento de observações, portos

INTRODUÇÃO

As áreas dragadas e geralmente protegidas para as atividades portuárias se tornam regiões de rápido acúmulo de sedimento fino (Fettweis *et al*., 2016)meteorological, climatological, and seasonal forcings have an influence on the horizontal and vertical distribution of the SPM in the water column and on the bed and control the inflow of fine-grained sediments towards harbors and navigation channels. About 3 million tons (dry matter, isso gera necessidade de constantes atividades de dragagem. Os potenciais impactos negativos do descarte desse material dragado são bem conhecidos quanto à dispersão de poluentes, alteração nas comunidades bentônicas e pelágicas, aumento da turbidez e mudanças na profundidade e hidrodinâmica local. O Porto de Tubarão por estar situado em uma área de baía semi-exposta a fatores meteo-oceanográficos, próximo a regiões com aponte fluvial e adjacente a depósitos de material fino na plataforma continental, apresenta uma complexidade no entendimento da dinâmica responsável pelo seu assoreamento e requer uma análise holística do comportamento da área de estudo.

Sob a ótica da análise do sedimento superficial presente na área navegável do Porto de Tubarão e no seu entorno, esse estudo tem o objetivo de fornecer subsídios para o entendimento dos processos sedimentares responsáveis pelo aporte de sedimento inconsolidado no porto, bem como determinação da sua proveniência. Para tanto, análises sedimentológicas e geoquímicas da matéria orgânica neste foram realizadas, sendo avaliadas as características granulométricas, densidade superficial, teor de MO e $CaCO_3$, além das concentrações de COT, NT e isótopos estáveis de carbono (13C) e nitrogênio (15N).

METODOLOGIA

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES), através do edital FAPES/VALE/FAPERJ Nº 01/2015 – Pelotização, Meio Ambiente e Logística, financiou a presente pesquisa. No total, 91 amostras de sedimento superficial foram coletadas entre 28/02/2018 e 15/10/2019. A granulometria das frações cascalho e areia foram determinadas por peneiramento a seco de 0,5 em 0,5 phi e a fração lama foi levada ao granulômetro a laser. O cálculo dos parâmetros estatísticos das amostras foi realizado no software GRADISTAT e a classificação granulométrica de Folk conforme descrita em Dias (2004). O teor de CaCO3, foi determinado por queima com HCl à 10%. Já o teor de MO foi determinado por queima em mufla a 550 ºC por 4 horas. A densidade e o teor de água do sedimento superficial foram determinados de acordo com Amos *et al*. (1996). Para realização da análise elementar e isotópica da MO, as amostras de sedimento passaram por liofilização e retirada do CaCO3 com HCl 1M. A análise elementar (COT e NT) foi realizada pelo método de combustão a seco, proposto por Hedges e Stern (1984). Os 13C e 15N foram obtidos a partir da inserção de cerca de 5 mg de sedimento seco e sem CaCO3 em cápsulas de estanho para análise no espectrômetro de massa de razão isotópica. A correlação de Spearman foi utilizada para identificar a similaridade entre os parâmetros analisados nas amostras de sedimento. Posteriormente, a *Cluster Analysis* foi

aplicada para obtenção da similaridade entre as amostras coletadas. O método de ligação de Ward e a medida de distância Euclidiana foram utilizados para realização da análise de agrupamento com os valores das variáveis padronizadas. Os grupos identificados passaram por uma análise multivariada da variância para comprovar estatisticamente a diferença dos parâmetros entre os agrupamentos formados.

RESULTADOS

A densidade do sedimento teve uma mediana de 1031kg/m^3, sendo as menores densidades observadas nas proximidades de regiões com conhecido aporte de esgoto na Baía de Vitória (BV) e Canal da Passagem (CP), enquanto na BES, as menores densidades foram encontradas na área externa ao canal do porto. O teor médio de lama foi de 40%, sendo que dentro do canal do porto, o fundo é composto basicamente por lama ao longo de toda a sua extensão (94% de lama). A mediana do teor de MO foi de 3,8% nas amostras, com variação de 1% e 15,7% dentro do canal do Porto de Tubarão. O teor de $CaCO_3$ apresentou mediana de 19% nas amostras, com maiores teores encontrados na área externa da BES e norte da Praia de Camburi próxima ao Porto de Tubarão.

Quanto aos marcadores geoquímicos, a mediana dos valores de COT foi de 1,3% para as amostras, enquanto a mediana de NT foi 0,15%. Esses parâmetros tiveram uma correlação positiva com o teor de lama, sendo os maiores valores observados próximo às saídas de esgoto no CP e Porto de Vitória. Houve uma baixa variação dos valores de COT (0,69% e 2,5%) e NT (0,09% e 0,3%) no canal do Porto de Tubarão. A Razão C/N observada na área de estudo variou entre 2,3 e 137, com os maiores valores ocorrendo nas regiões dentro do CP, BV e área mais interna da BES, caracterizando locais com uma influência de aporte de MO terrígena no sedimento superficial. O variou entre -28,4‰ e -1,8‰, enquanto as porcentagens de oscilaram entre 0,2‰ e 20,6‰, com maiores valores em algumas regiões da BV e área interna da BES. A variação dos valores de e no canal do Porto de Tubarão foi de -24,42‰ e -21,75‰ e de 3,7% e 6%, respectivamente.

A partir da análise de *cluster analysis*, 4 grupos de amostras claramente distintos foram formados (Fig. 1). O Grupo 1 com as maiores medianas de CaCO3 (30,5%) e lama (89,6%), bem como alta mediana de (-22,8‰) para a região estudada, foi observado principalmente na área externa da BES e dentro do canal do porto devido a influência marinha. O Grupo 2 apresenta característica de sedimento terrígeno, estando principalmente presente na região de transição da BES e a norte do CP, e sendo composto por areia média a grossa, baixas presenças de MO (0,8%), COT (0,1%), CaCO3 (5,9%), (-25,1‰), (0,5‰) e os menores valores de Razão C/N (5,8). O Grupo 3 ficou concentrado principalmente a região próxima à praia de Camburi com altos valores de (-22,7‰), (8,6‰) e CaCO3 (21,8%) o que indicam grande contribuição de MO marinha. Entretanto, o seu alto valor de mediana de Razão C/N (60,8) sugere o aporte de carbono antrópico em algumas regiões. O Grupo 4 somente foi observado nas regiões internas da BV e CP. A maior presença de MO no sedimento desse grupo, acompanhado das maiores medianas de COT (3,5%), NT (0,34%) e (9,7‰) evidencia a forte influência antropogênica na MO presente nesses locais.

CONCLUSÕES

Observa-se uma alternância da presença dos Grupos 4 e 3 ao longo da BV e CP, indicando um ambiente de transição (continental e marinho) (Fig. 1). O aporte de MO de ação antrópica também foi evidente nesses ambientes internos em decorrência dos elevados valores de COT, NT e nas amostras. A presença do Grupo 2 com características isotópicas de MO terrígena ao norte da BV sugere o aporte dos manguezais na região (Jesus *et al*., 2004).

A classificação de grande parte do sedimento arenoso observado na região interna da BES como Grupo 3, parece ser uma resposta a deposição de MO de fitoplâncton marinho na região. Através da batimetria se observa um alto-fundo na porção central da BES (Fig.

1) com profundidades mínimas de 2 m. Essa feição parece ser um obstáculo que impede a troca efetiva desse sedimento mais grosso entre a área mais interna e externa da BES. A porção central e externa da BES apresentou uma alternância entre sedimento arenoso (Grupo 2) e material lamoso (Grupo 1). A similaridade observada, entre o sedimento arenoso presente nessa região da BES com as amostras coletadas a norte da BV, além da ocorrência de valores mais baixos de e (Grupo 2), demonstram o aporte de sedimento e MO terrestre da BV na BES. Os elevados valores de COT (2%) e NT (0,24%) presentes no sedimento lamoso da porção central e externa da BES, bem como no canal do Porto de Tubarão, também sugerem a BV como a principal fonte de MO terrestre e antrópica na BES. Como a MO aquática de origem terrígena tende a ter muitas substâncias húmicas refratárias(Primo, Menezes, and Silva 2011)methods of extraction, fractionation, purification and characterization, by using spectroscopic techniques, and provides an overview of the developments of scientific studies related to the subject in Northeastern Brazil. The soil organic matter (SOM, quando comparado a MO marinha lábil composta por mais proteínas, a maior oxigenação do sedimento superficial arenoso, causado pela sua maior porosidade, tende a proporcionar uma degradação preferencial dos compostos nitrogenados marinhos e oriundos do esgoto, mantendo preservada a MO terrestre no Grupo 2. Por sua vez, a MO rica em nitrogênio advinda da BV se mantém presente no sedimento lamoso observado na BES, tornando a mistura entre o material fino terrestre com o sedimento e a MO marinha característica das lamas observadas na BES (Grupo 1).

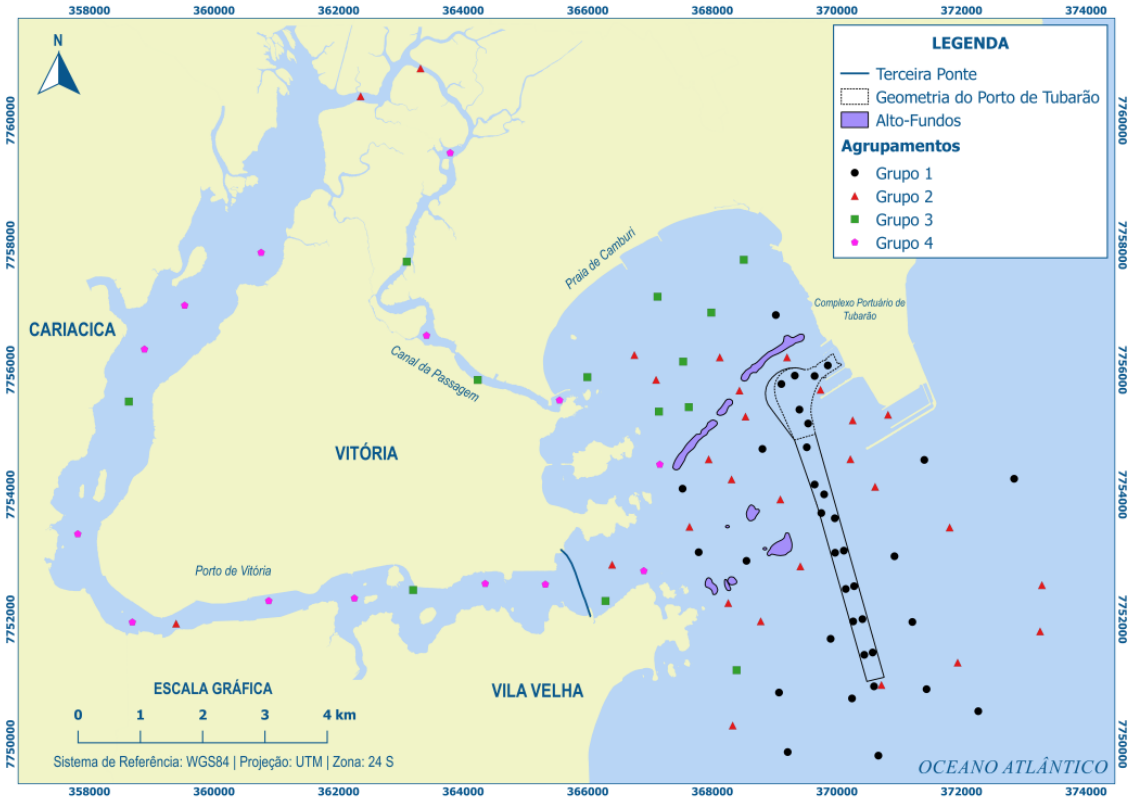


Figura 1 – Distribuição espacial dos quatro agrupamentos na área de estudo.

REFERÊNCIAS

Amos, C. L., T. F. Sutherland, B. Radzijewski, and M. Doucette. 1996. “A Rapid Technique to Determine Bulk Density of Fine-Grained Sediments by X-Ray Computed Tomography.” *Journal of Sedimentary Research* 66(5): 1023–24.

Dias, J.A. 2004. *A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos: A Curva Granulométrica*. Faro: Universidade de Algarve.

Fettweis, Michael *et al*. 2016. “The Impact of Disposal of Fine-Grained Sediments from Maintenance Dredging Works on SPM Concentration and Fluid Mud in and Outside the Harbor of Zeebrugge.” *Ocean Dynamics* 66(11): 1497–1516.

Hedges, John I, and Jeffrey H Stern. 1984. “Carbon and Nitrogen Determinations of Carbonate-Containing Solids.” *Limnology and Oceanography* 29(3): 657–63.

Jesus, Honério Coutinho de, Elza de Abreu Costa, Antônio Sérgio Ferreira Mendonça, and Eliana Zandonade. 2004. “Distribuição de Metais Pesados Em Sedimentos Do Sistema Estuarino Da Ilha de Vitória-ES.” *Química Nova* 27(3): 378–86.

Primo, D C, R S C Menezes, and T O Silva. 2011. “Substâncias Húmicas Da Matéria Orgânica Do Solo : Uma Revisão de Técnicas Analíticas e Estudos No Nordeste Brasileiro.” *Scientia Plena* 7(5): 1–13.

SISTEMA DE SEGURANÇA PARA O PORTO DE SINES

Liliana V. Pinheiro *, Andreia H. Gomes, Conceição J.E.M. Fortes, João A. Santos, Carlos Guedes-Soares

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, lpinheiro@lnec.pt

Palavras chave: Risco navegação, navios amarrados, portos.

INTRODUÇÃO

No âmbito do projeto BlueSafePort encontra-se em desenvolvimento um sistema de segurança para o porto de Sines. Consiste numa plataforma web e numa aplicação para dispositivos móveis onde é possível consultar, numa base diária, uma série de parâmetros que permitem aferir os riscos associados à segurança e operação de navios em trânsito e amarrados no interior do porto.

Baseado no sistema Hidralerta (Poseiro, 2019, Pinheiro *et al*., 2020), o sistema implementado na plataforma SAFEPORT é um sistema de previsão e alerta para a segurança da navegação em zonas portuárias, englobando situações de emergência associadas a navios em trânsito ou amarrados, devidas a condições meteo-oceanográficas extremas. O sistema fornece previsões com 3 dias de antecedência da agitação marítima, das condições de vento, de maré assim como dos movimentos dos navios, que possam ter consequências gravosas nos navios em circulação assim como nos navios acostados e amarrados dentro do porto. Os níveis de risco associados baseiamse em critérios de segurança e de operacionalidade, nomeadamente com base nos movimentos do navio e nos esforços nos elementos de amarração.

Neste trabalho apresenta-se o sistema SAFEPORT em termos do seu desenvolvimento e arquitetura, do fluxo e tratamento de dados e do funcionamento dos modelos numéricos utilizados. Apresenta-se ainda o funcionamento da plataforma web e da aplicação móvel.

METODOLOGIA

As principais ações a desenvolver para chegar a um sistema de previsão e alerta de situações de emergência relacionadas com a navegação, manobras de atracagem e de amarração em zonas portuárias, dividem-se em três etapas.

A primeira etapa passa pela recolha, levantamento e tratamento de dados. Nesses dados incluemse as características do porto, dos fundos adjacentes e dos navios a simular. Foram selecionados três tipos de navios distintos: um petroleiro, um porta-contentores e um navio de carga geral. Outra tarefa a realizar é a instalação equipamentos de medição para caracterizar, quer a agitação marítima próximo dos postos de acostagem - dois sensores de pressão -, quer os movimentos de um dos navios amarrados - um giroscópio a colocar num navio amarrado. Por fim pretende-se gerar e alimentar uma base de dados com os registos operacionais dos três postos de acostagem escolhidos com vista a aprendizagem e ajuste do sistema. A correlação entre todos os dados recolhidos permitirá uma afinação dos sistema de forma a que este seja o mais fiável e robusto possível.

A segunda etapa passa pelo desenvolvimento e adaptação dos modelos numéricos. Serão efetuadas simulações numéricas e testes sistemáticos para validar os resultados com as medições *in situ*. Serão ainda efetuadas simulações de manobras de navios na entrada e saída do porto com base nas informações fornecidas pelo sistema.

Por fim a terceira etapa diz respeito à implementação do sistema num protótipo operacional,

neste caso será o Porto de Sines e englobará duas rotas de acesso dos navios (uma à zona do terminal petroquímico, zona norte protegida pelo molhe Oeste; e outra à zona do terminal de contentores, terminal XXI, protegido pelo molhe Leste) e ainda três navios amarrados em três zonas distintas do porto (um petroleiro no terminal petroquímico, na zona norte; um cargueiro no terminal de carga geral; e um porta-contentores, na zona do terminal XXI). Nesta etapa são desenvolvidas as aplicações web e mobile.

O sistema está estruturado conforme a figura 1, em cinco módulos: I – Características da agitação marítima, II – Navegação em zonas portuárias, III – Monitorização, IV – Avaliação e previsão do risco, V – Sistema de segurança e alerta.

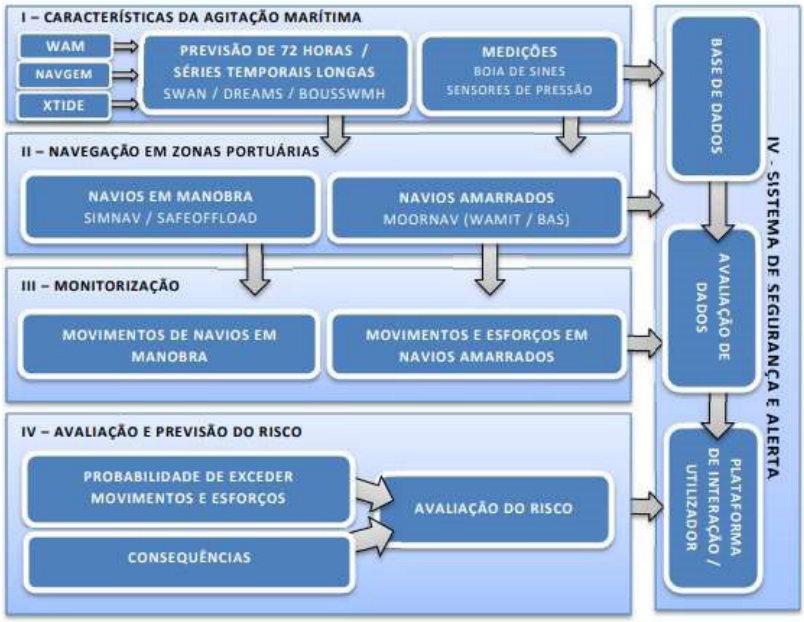


Figura 1. Estrutura do sistema SAFEPORT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antecipar estados de mar e atmosféricos potencialmente perigosos não é suficiente para prever todas as situações potencialmente perigosas. Com efeito, a segurança da navegação depende de uma diversidade de fatores e de uma complexa interação de fenómenos. Exemplo disso são a ocorrência de oscilações de longo período na elevação da superfície livre, provenientes de estados de tempestade ao largo ou de fenómenos de ressonância da bacia portuária que podem induzir movimentos no plano horizontal de grande amplitude e consequentemente a forças consideráveis nas amarrações. Muitas vezes estes fenómenos não são percetíveis e ocorrem quando a agitação marítima é pouco importante.

Ser capaz de antecipar os efeitos sobre os navios da agitação marítima e das condições atmosféricas potencialmente perigosas, isso sim, permite tomar decisões informadas sobre as rotas de navegação e os procedimentos de atracação e aumentar a segurança dos navios amarrados e em navegação. Nesse sentido, poder dispor de informações sistemáticas e fidedignas sobre os movimentos dos navios e sobre os esforços no sistema de amarração contribuirá certamente para coordenar as atividades portuárias e tomar medidas com o objetivo de lidar com os eventos extremos, reduzir os acidentes e aumentar índices de segurança geral do porto, requisito essencial para o seu sucesso económico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetos BLUESAFEPORT (ref: FA_04_2017_016) e ECOMARPORT (ref: PO INTERREG MAC 2014-2020), à Infraestrutura Nacional de

Computação Distribuída (INCD) pelo acesso à infraestrutura digital de suporte à investigação e à Administração dos Portos de Sines e doAlgarve.

REFERÊNCIAS

Pinheiro, L., Fortes, C., Reis, M. T., Santos, J., Soares, C. G. (2020). Risk forecast system for moored ships, In proceedings of vICCE (virtual International Conference on Coastal Engineering), 6 a 9 de outubro.

Poseiro, P (2019). Forecast and Early Warning System for Wave Overtopping and Flooding in Coastal and Port Areas: Development of a Model and Risk Assessment. PhD Thesis. IST-UL.

USO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DE DEFINIÇÃO DE DATA HIDROGRÁFICOS EXTREMOS: ESTUDO DE CASO NA COSTA DO BRASIL

Gregório L. G. Teixeira *, Vinícius Fuchs, Teodósio N. M. Nzualo

*Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino, Diretoria de Hidrografia e Navegação / Departamento de Engenharia Costeira e Oceanográfica, Universidade Federal do Rio de Janeiro Brasil, gregorio.luiz@marinha.mil.br / gregorioteixeira@oceânica.ufrj.br

Palavras chave: Nível de Redução Estatístico, Datum extremo, Estações maregráficas da costa brasileira, segurança da navegação.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os estudo sobre os efeitos dos eventos extremos do nível do mar na zona costeira ocasionados pela mudança do clima tem merecido mais destaque e atenção por cientistas, engenheiros costeiros e governos ao redor do mundo. A estimativa precisa dos níveis de água em áreas portuárias é crucial em benefício da indústria do transporte marítimo, sobretudo, com o rebaixamento do nível de água, abaixo do limiar do Nível de Redução (NR). O NR é um datum utilizado como referência para o estabelecimento das profundidades nas sondagens batimétricas e na confecção de cartas náuticas. De forma, a garantir a segurança ao navegante, o NR é definido utilizando as características da mare de cada porto, de forma tal que apenas raramente sejam encontradas profundidades menores do que as registradas na carta náutica (IOH, 2005). Os métodos harmônicos de determinação de NR mais seguros, como o proposto por BALAY (1952), dependem do registro de pelo menos 18,6 anos de nível do mar, permitindo encontrar o nível mais baixo do período devido a ação conjunta de forçantes astronômicas e não-astronômicas (FRANCO E ROCK, 1971; PUGH, 1987). Entretando em regiões cuja as compenentes não-astronomicas do nível do mar sejam mais significativas, o uso do método harmônico (MH) se torna falho, prejudicando a estimativa dos níveis de água inferiores quanto superiores . Para tal, PUGH E VESSIE (1978) propuseram um método estatístico (ME) para cálculo dos data. Neste método, as componentes astronômicas (determinística) e as não astronômicas (não- determinísticas) são consideradas, permitindo inserir o impacto das variabilidades meteoceanográficas do nível do mar. Deste modo, este trabalho propõe a estimativa dos níveis extremos do mar com base no ME e analisa as principais discrepâncias em relação ao método harmônico convencional. Ressalta-se que serão apresentados apenas os cálculos para os data extremos inferior, denominado Nível de Redução (NR).

METODOLOGIA

O tipo de estação maregrafica e os dados das alturas de marés foram oferecidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanograficos, da Marinha do Brasil (BNDO) (https://www.marinha.mil.br/chm/bndo). Para o feito, foram utilizados os dados obtidos das estações maregráficas de Pecem, Recife, Estaleiro Base Naval (EBN), Porto de Itajaí e do Servico de Sinalizacao Nautica do Sul (SSN-5). Para o calculo dos data extremos do nível do mar foi utilizado como base o método estatístico proposto por PUGH E VESSIE (1978). O ME diferente do método harmônico, considera tanto as componentes astronômicas quanto as componente não astronômica do nivel do mar para a determinação dos data, tornando-se sua aplicabilidade mais ampla. De forma a realizar essa analise, foram desenvolvidas simulações estatísticas com base no ME, em liguagem Python, para estimar os data extremos, identificando o Nível de Redução Estatístico (NRE) para as probabilidades acumuladas de 0,5%, 1% e 5%. O Datum de referência utilizado para comparação do datum

extremo inferior calculado foi o Nível de redução calculado pela equações da classificação de maré (COURTIER, 1939), e da composição harmônica do Z_0, que representa a cota entre o NR e o nível médio do mar (NM) (BALAY, 1952).Utilizou-se o filtro de GODIN(1972) para retirar a componente não-astronômica dos dados observados, permitindo uma melhor comparação entre a maré prevista e a observada.

RESULTADOS

De forma, a discutir a robustez do ME frente ao MH foram analisados os dados de mare observados em diversos portos do litoral brasileiro, sendo que em cada um deles foram analisados os períodos de 15 dias, 30 dias, 3 meses, 6 meses, 1 ano e 5 anos, tendo como limite superior o tamanho da amostra fornecida pelo BNDO. Os valores compilados do Z_0 de cada estação estão apresentados na Tabela 1. Com base no conceito de NR apresentado por FRANCO (2009), e dentre os resultados obtidos, o NRE de 0,5% se mostrou o mais seguro, por possuir menor ocorrência de alturas negativas. As exceções ocorreram na amostra de 3 meses para o Porto do Recife, e na amostra de 15 dias para o EBN. E importante considerar que, com exceção da maré observada pelo marégrafo do SSN-5, os resultados obtidos nas previsões de maré foram capazes de representar de forma semelhante as marés astronômicas para os períodos de 6 e 3 meses, indicando que a variação presente no NRE de 0,5% foi resultante dos efeitos extra da maré, os quais, por sua vez, possuem caráter predominantemente aleatório. Em todos os portos, a maior proximidade entre os valores de Z_0 calculados para as diferentes simulações foi observada no NRH, permitindo considerar este como o método mais estável. A variação máxima do NRH dentre os períodos analisados foi de 1,87 cm, enquanto o do NRE a 0.5% foi de 18 cm. A grande diferença observada entre os NRH e NRE a 0,5% calculados para a amostra de 6 meses e um indicativo da capacidade de identificar com maior segurança o NR, utilizando-se o método estatístico, quando a influência da componente não-astronômica do nível do mar for superior que o da mare astronômica de um dado local. A partir dos dados da Tabela 1, vemos que o NRH calculado para o SSN-5 a partir do conjunto de dados com período de 1 ano foi de aproximadamente 255cm, apenas 11cm acima do nível médio do mar calculado para o período de 6 meses.

CONCLUSÕES

Dentre as vantagens apresentadas pelo ME se destaca o uso da energia das componentes não- astronômicas do nível do mar na definição do Datum. O Datum extremo inferior, representado aqui pelo NR, quando calculado através de composição de constantes harmônicas se apresentou mais estável, resultando em valores muito próximos para cada uma das estações. Dentre as estações analisadas, verifica-se uma variabilidade dos valores do NRE dez vezes maior que a do NRH, isso muito provável devido a inversão da importância do nível astronômico e nível não- astronômico no nível do mar ao longo da costa brasileira. As maiores variações entre o NRH e o NRE estão relacionados com as estações mais ao sul, nomeadamente, Porto de Itajaí e SSN-5. Esse fato deve-se possivelmente á grande contribuição das componentes não-determinísticas para o nível do mar nessa região. Dessa forma é verificada a aplicabilidade do ME devido as diferentes contribuições das componentes determinísticas e das não-determinísticas no nível do mar das diversas regiões do Brasil.

Tabela 1. Valores de Z_0, calculados, em centímetros, separados por estação maregráfica e tamanho da série temporal.

		15 dias	30 dias	3 meses	6 meses	1 ano	5 anos
Terminal do Porto do Pecém	0,50%	168	167	161	xx	xx	xx
	1%	161	158	152	xx	xx	xx
	5%	131	123	120	xx	xx	xx
	Balay	156,54	155,38	155,21	xx	xx	xx
	NMM	327,16	326,3	325,1	xx	xx	xx
Porto do Recife	0,50%	134	131	121	127	125	126
	1%	130	125	115	120	118	118
	5%	111	102	95	97	96	95
	Balay	128,07	127,94	126,68	119,69	122,05	124,33
	NMM	153,31	153,14	152,75	154,28	153,94	155,17
Estaleiro Base Naval	0,50%	83	104	100	99	100	xx
	1%	78	95	91	91	91	xx
	5%	62	70	67	67	66	xx
	Balay	87,68	86,94	87,89	85,91	86,12	xx
	NMM	296,24	289,36	280,76	279,34	281,37	xx
Porto de Itajaí	0,50%	66	64	68	75	73	xx
	1%	62	59	62	68	66	xx
	5%	49	46	45	50	49	xx
	Balay	61,79	59,76	58,03	57,94	56,96	xx
	NMM	141,12	144,58	142,67	139,33	136,99	xx
SSN-5	0,50%	42	48	50	56	60	xx
	1%	39	45	44	50	54	xx
	5%	29	35	31	33	39	xx
	Balay	19,43	19,05	19,02	19,48	17,61	xx
	NMM	260,94	258,94	246,98	244,39	255,38	xx

REFERÊNCIAS

BALAY, M. A. Determination of Plane of Reduction of Soundings in any Place. *The International Hydrographic Review*, Mocano, v. XXIX, n. 2, p. 105-122, november 1952.

COURTIER, A. Classification of Tides in Four Types. *Hydrographic Review*, Monaco, v. XVI., n. International Hydrographic Bureau., maio 1939.

FRANCO, A. S.; ROCK, H. J. The Fast Fourier transform and its aplication to tidal oscilation. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, 1971.

GODIN, G. *The Analysis of Tides*. Toronto: University of Toronto Press, 1972.

IOH. *MANUAL ON HYDROGRAPHY*. 1. ed. Monaco: INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC BUREAU, 2005. ISBN C-13.

PUGH, D. T. *Tides, Surges and Mean Sea-level*. Chichester: John Wiley & Sons, 1987.

PROCESSOS FÍSICOS E AMBIENTAIS EM ZONAS COSTEIRAS ADJACENTES (ESTUÁRIOS, BAÍAS, LAGOAS/ LAGUNAS E MANGUEZAIS)

X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa
Rio de Janeiro | De 06 a 10 de dezembro de 2021

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CULTIVO DO PEIXE BIJUPIRÁ (*RACHYCENTRON CANADUM*) E A RELAÇÃO COM A MACROFAUNA BENTÔNICA DE SUBSTRATO INCONSOLIDADO

Ana Carolina Lustosa Gomes de Campos, Marcos Bastos Pereira, Alexandre de Freitas Azevedo, Alexandre Macedo Fernandes, Mônica Dias Corrêa da Silva

**Universidade do Estado do Rio de janeiro- UERJ,Brasil,lustosa.anacarolina@gmail.com*

Palavras chave: maricultura, bentos, sedimentação marinha.

INTRODUÇÃO

Apesar de promissora, a aquicultura marinha requer alguns cuidados. Uma das objeções à piscicultura é o efeito da taxa de sedimentação na coluna d'água, visto que os peixes em cativeiros irão produzir novas fontes de material particulado oriundo da ração não ingerida por esses animais e através dos processos metabólicos (MAHMOOD *et al*., 2017). Outro problema associado à decomposição dessas partículas é o quanto irá se depositar no fundo marinho e como a comunidade bentônica irá responder às mudanças ocorridas no substrato, podendo gerar inclusive alterações na teia trófica (ASSAD; BURSZTYN, 2000). Diante desse fato, o objetivo desse estudo foi analisar a sustentabilidade da fazenda marinha de bijupirá (*Rachycentron canadum*) na enseada do Bananal - Baía de Ilha Grande através do monitoramento da comunidade bentônica local de substrato inconsolidado.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado na enseada do Bananal (23°11'S - 44°26'W) a noroeste da Baía da Ilha Grande. Três estações de amostragens foram determinadas: a fazenda marinha (cultivo) e duas áreas controles (C1 e C2). A circulação das correntes ao longo da coluna d'água foi medida por meio de um perfilador acústico de corrente por efeito Doppler a 17 metros da boia do tanque- rede. Dois fundeios de 24 dias de duração foram realizados em 2019, o primeiro no período de 4 a 28 de abril e o segundo durante o período de 25 de junho a 19 de julho. A direção e a magnitude das correntes foram avaliadas através do computo de rosas de correntes em diferentes profundidades da coluna d'água, no ponto de medição. Foram realizadas 5 campanhas para a coleta de sedimento e da macrofauna bentônica. Três em 2019 (abril, setembro e dezembro) e duas em 2020 (agosto e novembro). Em cada estação de coleta foram realizadas 5 réplicas, totalizando 15 amostras. A análise de sedimentos foi realizada segundo as técnicas clássicas de Krubein & Pettijohn, (1938) e a distribuição do tamanho médio dos grãos foi classificada de acordo com a escala Udden-Wentworth. A fauna associada ao sedimento foi extraída através da técnica utilizada por Gray & Rieger (1971) e identificada até o menor nível taxônomico possível.

Para avaliação da distribuição da fauna foram considerados os índices de riqueza e diversidade de espécies, além da equitabilidade. A distribuição da comunidade bentônica quanto ao grau de sensibilidade a um ambiente impactado por enriquecimento orgânico foi verificada por meio do índice de qualidade ambiental, AMBI: AZTI's Marine Biotic Index (BORJA *et al*., 2003). Os dados desse estudo foram considerados não normais e, portanto, foi aplicada uma análise não paramétrica. Foi efetuado o escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) e aplicado um teste de permutação (PERMANOVA) para avaliação dos agrupamentos formados pelo nMDS. Além disso, o teste de correlação de Spearman

foi utilizado para avaliar como os índices ecológicos(riqueza, diversidade e AMBI) se comportam em relação a matéria orgânica presente no sedimento. As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.6.1, utilizando o pacote vegan.

RESULTADOSEDISCUSSÃO

A velocidade das correntes no fundo do cultivo mostrou-se semelhante à de estudos anteriores na região, demostrando um ambiente de fundo estável (Bastos,2005; Landuci,2018). As medições de correntes obtidas em abril de 2019 apresentaram intensidade máxima de 10 cm/s junto ao fundo (12 m) e 25 cm/s na camada mais próxima à superfície (3m). As velocidades abaixo dos 3 metros apresentam direção predominantemente zonal com sentido predominante para oeste/sudoeste e leste, associados à vazante e a enchente da maré, respectivamente. Na camada mais próxima da superfície, apesar das intensidades e direções apresentarem similaridades com as camadas mais profundas, os valores de intensidade de corrente foram maiores, sobretudo, no sentido sudeste, possivelmente devido a ação dos ventos e das ondas de gravidade em superfície. No mês de julho, a intensidade máxima foi de 12 cm/s na camada mais profunda e próximo à superfície atingiu 35 cm/s. O padrão das velocidades foi similar ao observado para abril de 2019 em todas as profundidades. Na camada mais próxima da superfície assim, como observado na coleta de abril, as intensidades e direções foram similares ao observado nos níveis mais profundos, porém com variação um pouco maior das direções e maiores intensidades, de forma geral. Simulações numéricas realizadas por Rodrigues (2021, no prelo), mostram que a onda de maré que incide sobre as entradas oeste e posteriormente leste da Baia da Ilha Grande possui uma pequena defasagem. Com isso, a propagação da maré para o canal da Ilha Grande se dá por ambos os lados do canal e a sobreposição dessas ondas, cujo ponto de convergência ocorre na porção leste do canal, gera um efeito destrutivo que atenua a energia das correntes de maré nessa região com possíveis efeitos sobre o ponto onde se localiza o cultivo. Não houve diferenças significativas entre as estações de coleta no que se refere ao teor de matéria orgânica presente no sedimento ($p = 0.1307$). Entretanto, as campanhas apresentaram diferenças significativas na matéria orgânica ($p < 0,05$). A análise do sedimento mostrou a presença de quatro tipos texturais, com níveis variados de mistura de dois graus texturais areia média e areia siltosa. A maior parte das amostras foi composta de sedimento, com 50% ou mais de areia, e todas as campanhas apresentaram sedimento predominante grosso (<60%). Quase 30 mil organismos foram identificados. Os gastrópodes representaram 95% da dominância relativa de indivíduos presentes nas amostras. Não houve diferenças significativas entre as estações de coleta para riqueza ($p= 0,3127$) e diversidade ($p = 0,4903$). Porém, houve diferenças significativas entre as campanhas ($p < 0,05$). O nMDS apresentou uma similaridade entre as campanhas 1,2 e 3 e entre as campanhas 4 e 5. A PERMANOVA mostrou diferenças significativas ($p = 0.001$) de organismos para as estações, coletas e estações versus coletas. Os valores do AMBI para as três estações de coleta foram < 1 e, portanto, as três estações de coleta foram classificadas como sem perturbação por material orgânico. A correlação entre a MO e o AMBI foi forte (Spearman = 0,733). Houve diferenças significativas $p = 0.004$ para a correlação entre as variáveis. A correlação entre a MO quantificada no sedimento e a riqueza de espécies foi fraca (Spearman = 0,0119). O mesmo, foi observado para a correlação entre a MO e a diversidade de espécies (Spearman = 0,0126). Não houve diferença significativa para ambas as correlações, $p = 0,530$ (riqueza) e $p = 0,947$ (diversidade). A MO presente no sedimento não foi suficiente para mostrar um gradiente dos organismos abaixo do cultivo e nas regiões controle e a granulometria do substrato é pouco variável e não interferiu na distribuição da macrofauna bentônica. Apesar da necessidade de pesquisas futuras, os resultados desse estudo têm implicações positivas para a continuidade da atividade no local, não demostrando efeitos negativos no ambiente de fundo pela entrada de MO e o resultado do levantamento taxonômico das espécies contribui para o banco de dados e o desenvolvimento cientifico na região.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados apresentados neste estudo e em estudos pretéritos, é possível considerar que a fazenda marinha no local é ambientalmente sustentável e a atividade possivelmente não está ocasionando impactos associados aos resíduos produzidos pelos peixes na comunidade bentônica de substrato inconsolidado.

REFERÊNCIAS

ASSAD, L.T.; BURSTZYN, M. Aqüicultura Sustentável. In: VALENTI, W.C. (Ed.). Aqüicultura no Brasil – Bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p.33-70.

BASTOS, M. P. Avaliação do efeito da biodeposição da malacocultura sobre a comunidade bentônica na Baía da Ilha Grande: subsídio à sustentabilidade ambiental da maricultura no Estado do Rio de Janeiro. 2005. 156 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BORJA, A., MUXIKA, I. & FRANCO. J. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin,* v. 46, p. 835-845, 2003.

MAHMOOD, T. FANG, J. JIANG, Z. YING, W.ZHANG, J. Seasonal distribution, sources and sink of dissolved organic carbon in integrated aquaculture system in coastal waters. *Aquaculture International*, v. 25, n. 1, p. 71–85, 2017.

CARACTERÍSTICAS DO TRANSPORTE DE VOLUME PARA A BAÍA DE GUANABARA

Dan B. B. Rosado*, Alexandre M. Fernandes, Marcos N. Gallo, Gabriela V. Buraschi

Faculdade de Oceanografia - UERJ, Brasil, dan.rosado@uerj.br

Palavras chave: Baía de Guanabara, circulação, transporte de volume, maré.

INTRODUÇÃO

A Baía de Guanabara (BG) é uma baía costeira localizada no estado do Rio de Janeiro, Brasil, entre as longitudes de 43º00'O e 43º20'O e latitudes de 22º40'S e 23º05'S e cujo volume d'água em seu interior caracteriza-se pelo predomínio das massas d'água oriundas da plataforma contígua e pelo aporte continental. Visando caracterizar os fluxos determinantes na comunicação entre esta baía e a plataforma adjacente foram obtidos dados correntométricos, através de perfilador acústico, coletados no âmbito do programa Ciências do Mar da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Apresentam-se resultados para dois dias amostrados, representativos das marés de sizígia e quadratura, no mês de outubro de 2017, obtidos em transecto com orientação Leste-Oeste atravessando perpendicularmente o canal central em região próxima ao maior estreitamento deste, representativo da boca da BG (Figura 1).

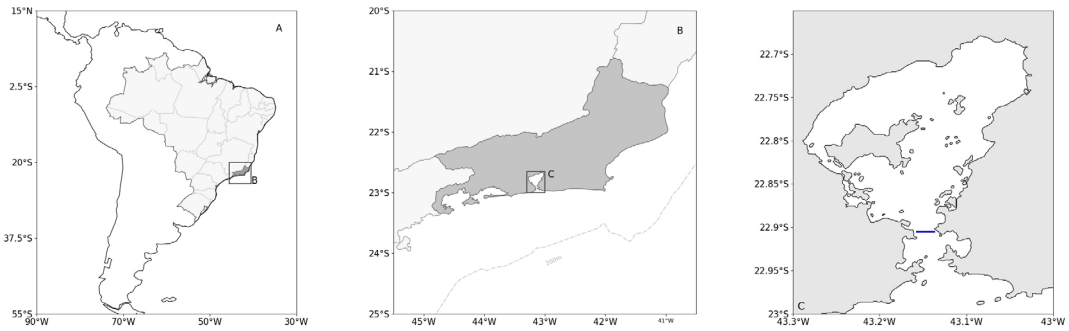


Figura 1. Localização da Baía de Guanabara, com destaque em vermelho para o transecto onde coletaram-se os dados de corrente.

METODOLOGIA

Para medir as velocidades das correntes utilizou-se um perfilador acústico de correntes por Efeito Doppler, ADCP, modelo WorkHorse Monitor RDI 600KHz com capacidade para rastreio do fundo ("*Bottom Tracking*") acoplado à um DGPS para posicionamento dinâmico. O ADCP foi posicionado junto ao casco de uma embarcação, insonificando a coluna d'água da superfície ao fundo, que navegou repetidamente de uma ponta à outra do transecto, aproximadamente de 43º9,5'O a 43º8,1'O ao longo da latitude aproximada de 22º54'S.

Os dados adquiridos foram então interpolados em grade regular para melhor comparação entre os transectos ao longo do tempo. Apresentam-se também previsões de maré astronômica para a estação da Ilha Fiscal, localizada em 22º53,8'S e 43º9,9'O de latitude e longitude, elaboradas através do programa Pacmaré (FRANCO, 2009).

Efetuou-se também o cálculo do transporte de volume para este transecto, apresentado juntamente com resultados para o transporte de volume referentes a um transecto mais interno e ao norte, aproximando-se da cabeça do estuário.

RESULTADOS

Durante a coleta em sizígia as velocidades longitudinais, ao longo do canal, apresentaram valores compreendidos entre os extremos -0,7017ms^{-1} e 0,9470ms^{-1}, em que valores positivos indicam velocidades em sentido norte. Estes valores estão condizentes com aqueles encontrados por Bérgamo (2006); Kjerfve et al. (1997); e Rêgo (2017). Na figura 2 apresenta-se, para maré de sizígia, perfis das velocidades longitudinais interpoladas em grade regular que destacam a não homogeneidade das correntes, como descrito por Bérgamo (2006) e também destacado por Rêgo (2017), em que observam-se cisalhamentos verticais e horizontais destas velocidades próximo aos momentos de estofa da maré. Evidencia-se o estuário vazando (transporte para o sul) próximo à borda leste e ao longo da superfície e enchendo (transporte para norte) perto da borda oeste e pelo fundo.

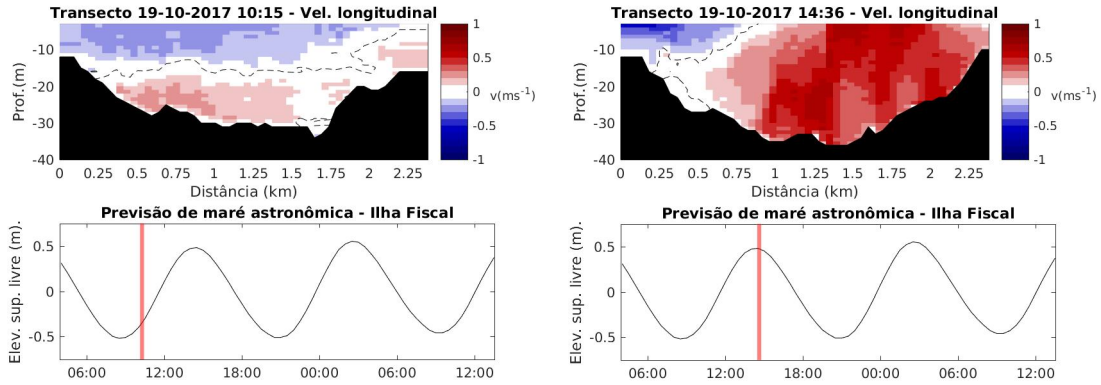


Figura 2. Quadros superiores: Perfis de velocidade longitudinal interpolados em grade regular. Em vermelho marcam-se as correntes positivas em sentido norte e entrando na BG e em azul as correntes negativas, sentido sul, saindo da Baía. A linha tracejada marca o contorno de velocidade nula (v = 0 ms-1). Quadros inferiores: previsão de maré astronômica para a Ilha Fiscal onde a barra vertical vermelha indica o momento médio em que o perfil exposto acima foi obtido.

Durante a quadratura as correntes longitudinais adquirirem valores menos expressivos, raramente ultrapassando a casa dos 0,3ms-^{1} ou 0,4ms^{-1}, e o cisalhamento lateral das correntes aparenta ter esmaecido. No entanto o cisalhamento vertical em que a água tende a entrar no embaiamento pelo fundo e sair pela superfície permanece, mesmo não sendo tão bem marcado quanto durante a sizígia.

Quanto aos transportes de volume, foram encontradas resultantes de -782,5m^{3}s^{-1} (saindo da BG para a plataforma adjacente) durante a sizígia e 319,68m^{3}s^{-1} (entrando na BG) durante a quadratura. As variações no transporte de volume ao longo do ciclo de maré antecedem a curva da previsão de maré para a Ilha Fiscal com uma defasagem variando aproximadamente de uma hora e meia a três horas para a maré de sizígia, porém tal padrão não observa-se na quadratura (Figura 3). Estes resultados alinham-se a alguns dos observados por Bérgamo (2006) que descreveu valores de transporte de volume coerentes com os aqui apresentados e uma defasagem de cerca de uma hora entre o transporte de volume e a elevação da maré.

O transecto mais interno apresentou menores valores de transporte durante a sizígia, quando comparado com a seção mais externa e com sua fase antecedendo a do transecto externo em quase uma hora, como esperado para uma seção mais próxima à cabeceira do complexo estuarino. Durante a sizígia a diferença de fase, e a magnitude dos valores, entre a curva dos transportes para ambos transectos foi substancialmente menor.

No período compreendido entre os dois transectos, das 8h30min às 19h30min no dia 19 e das 7h30min às 19h no dia 26, o valor de transporte apresentou coerência durante a sizígia, com resultante de 13753,5m^{3}s^{-1} no transecto externo e 16146m^{3}s^{-1} no interno, apresentando grande aporte de água oceânica para dentro do embaiamento o que é condizente com o momento de maré alta predominante durante este período.

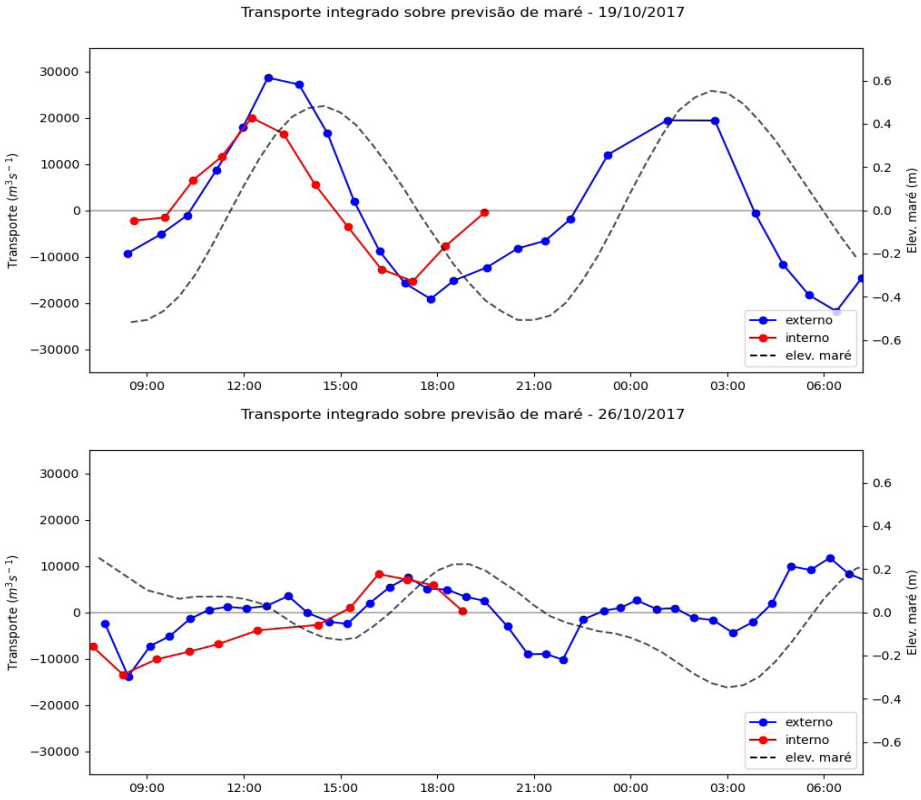


Figura 3. Transporte de volume integrado sobre os perfis de velocidade longitudinal. A linha azul indica o transecto mais ao Sul, próximo à boca da BG, a linha vermelha representa um transecto mais ao norte, aproximando-se da cabeça do estuário e a linha preta tracejada indica a elevação de maré astronômica prevista para os intervalos determinados.

Já a quadratura apresentou valores discrepantes de transporte integrado para os dois transectos, com a resultante do transecto externo de 447m^3s^{-1} entrando na BG e a do transecto interno saindo com -30864m^3s^{-1}. Como a resultante para todo este dia no transecto próximo à boca da BG foi positiva, com resultante de 319,68m^3s^{-1}, este resultado pode ser representativo de um processo de recirculação interno ao embaiamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui apresentados reforçam o caráter complexo da hidrodinâmica da BG e ressaltam a necessidade de avaliarem-se múltiplos fatores para plena compreensão se suas características. Sugere-se para estudos futuros fundeios de longa duração associados à coleta regular de dados e estudos numéricos para incrementar a compreensão dos processos predominantes neste corpo d'água.

REFERÊNCIAS

BÉRGAMO, A.L. 2006. 200p. Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações sazonais e Moduladas Pela Maré. Tese (Doutorado em Oceanografia Física), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

FRANCO, A.S. Marés: Fundamentos, análise e previsão. 2 ed. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2009.

KJERFVE, B., RIBEIRO, C.H.A., DIAS, G.T.M, FILIPPO, A.M. & QUARESMA, V. S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. Continental Shelf Research, v.17, n.13. p..1609-1643. 1997.

RÊGO, F. 2017. 80p. Estimativa do Transporte de volume da Baía de Guanabara (RJ) ao longo de um ciclo de maré. Monografia de Bacharelado, Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

DINÂMICA MAREAL E MORFOSSEDIMENTOLOGIA DA LAGUNA DO MANGAL DE MALANZA

Maria da Conceição Freitas*, Mário Cachão, Rui Taborda, Tiago Stoffel, Tatiana Gameiro, Vera Lopes, Joshua Heumüller, Filipa Afonso, Bruno Silva, Ricardo Lima, Pedro M. Félix

IDL – Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal, cfreitas@fc.ul.pt

Palavras chave: Maré, sedimentos, nanofósseis calcários, evolução costeira.

INTRODUÇÃO

O mangal de Malanza situa-se no litoral sul da ilha de S. Tomé (Fig. 1). A área lagunar em estudo corresponde ao espelho de água próximo da praia de Malanza e que com ela comunica de forma condicionada pela existência de uma ponte que faz parte da EN nº 2. A data exata da construção desta ponte não é conhecida, mas pela análise da cartografia, deverá ser posterior aos anos 60.

No âmbito do projecto "Gestão participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas", financiado pelo Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), que tem como objectivo principal promover, actualizar e implementar os planos de gestão participativa para os mangais de Malanza e Praia das Conchas, foi efetuado um estudo sobre a dinâmica mareal e morfossedimentologia da zona lagunar do mangal de Malanza, apresentando-se aqui resultados preliminares.

Figura 1 – Localização da laguna do mangal de Malanza, em S. Tomé. Localização dos transdutores de pressão e das sondagens Malanza 3 e Malanza 4. Localização da antiga ponte.

METODOLOGIA

No que respeita à dinâmica mareal, caracterizou-se a maré oceânica e a maré lagunar pela análise de dados maregráficos adquiridos através da colocação de transdutores de pressão Level Troll 400 na praia de Malanza (novembro de 2020 e abril de 2021) e na laguna (novembro de 2020, abril e julho de 2021) (Fig.1), para registo de ciclos de maré oceânica e lagunar, permitindo comparar os níveis e duração da maré em ambos os locais.

No que respeita à morfossedimentologia, foram recolhidas com o auxílio de tubos de PVC cravados manualmente duas sondagens designadas Malanza 3 e Malanza 4 (Fig. 1), com 46 e 68 cm de comprimento, respetivamente. Malanza 3 localiza-se a cerca de 480 m da linha de costa e Malanza 4 situa-se a cerca de 630 m, numa zona condicionada pela presença de ruínas de uma antiga ponte (Fig. 1), ainda visíveis atualmente em maré baixa. No laboratório, os tubos foram abertos e o sedimento cortado longitudinalmente em duas metades, fotografado, descrito visualmente e efetuou-se a medição da suscetibilidade magnética (com sensor MS2E surface scanning sensor Magnetic susceptibility meter, que está acoplado a um medidor MS2 Magnetic susceptibility meter da Bartington Instruments). De seguida, foram obtidas subamostras de 2 em 2 cm as quais foram liofilizadas para secagem. As subamostras foram usadas para caracterização da textura (separação das frações > e < que 63 µm, por crivagem por via húmida), teor de matéria orgânica (por queima na mufla), carbonato de cálcio (pelo método gasométrico com calcímetro da Eijkelkamp) e conteúdo em nanólitos calcários e outros microbioclastos (em Malanza 3) por observação ao microscópio petrográfico Olympus BX40-pol, com ampliação x1250.

RESULTADOS

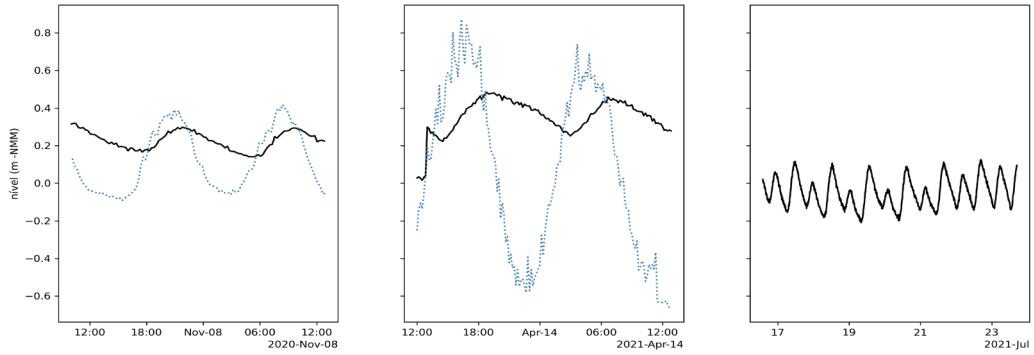


Figura 2 – Representação da maré lagunar (curva a cheio) nas três campanhas de observação. Nas campanhas onde também foi observada a maré oceânica, esta está representada pela curva azul a ponteado. De notar que o eixo horizontal (tempo) é diferente nos três gráficos.

Os níveis da maré oceânica e lagunar medidos nas campanhas de campo estão representados na figura 2. Verifica-se que, relativamente à maré oceânica, a maré dentro da laguna apresenta forte redução na amplitude e atraso na fase também significativo. A curva de maré lagunar apresenta uma assimetria evidente, com a enchente a apresentar menor duração relativamente à vazante.

A sondagem Malanza 3 é constituída por areias pouco vasosas e areias vasosas de cor preta na base, que passam a vasas arenosas e pouco arenosas também de cor preta nos 20 cm do topo (Fig. 3). O teor de carbonato de cálcio, que reflete o teor de bioclastos (conchas e fragmentos de concha), decresce da base para o topo, desde valores entre 50 e 30% na unidade arenosa até valores entre cerca de 20 e 10% na unidade vasosa. O teor de matéria orgânica cresce da base para o topo, apresentado valores entre 7 e 15% na unidade arenosa e valores entre 14 e 23% na unidade vasosa (Fig. 3).Os valores de

suscetibilidade magnética são elevados (geralmente entre 400 e 600 x10^{-5} SI), refletindo a presença de abundantes minerais magnéticos. A componente arenosa é fina e de modo geral moderadamente bem calibrada. Relativamente aos microfósseis observados, o nº de exemplares de espículas aragoníticas de ascídeas e siliciosas de esponjas diminuem da base para o topo da sondagem e as diatomáceas surgem nos 20 cm superficiais (Fig. 3). De salientar que a abundância relativa em elementos de ascídeas sugere que este grupo colonize o interior da laguna já que não são comumente encontrados nos sedimentos das praias ao redor da ilha. Os nanofósseis calcários resultantes da desagregação de rodófitas calcárias (tubilitos) são muito abundantes ao longo de toda a sondagem, o que confirma a grande presença de restos rodolíticos que são encontrados na região costeira e praia. Já os elementos resultantes dos exosqueletos calcíticos de nanoplâncton calcário (cocólitos) são menos abundantes nos sedimentos arenosos e mais abundantes nas vasas.

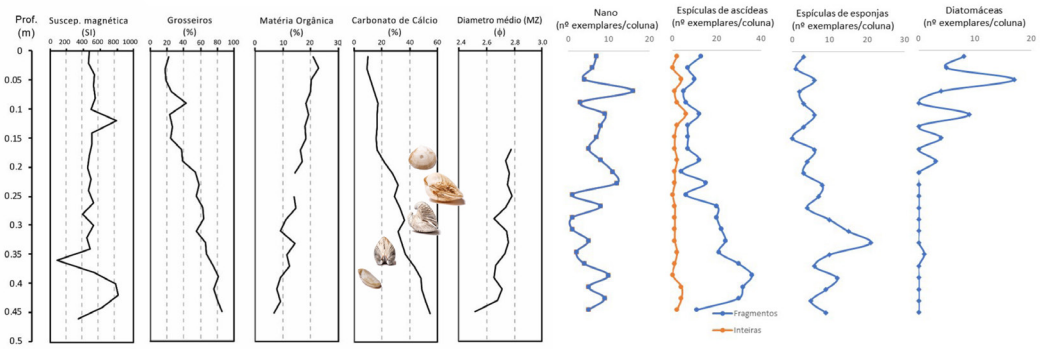


Figura 3 – Variação em profundidade dos parâmetros sedimentológicos e micropaleontológicos de Malanza 3. Estão igualmente representadas imagens de alguns bivalves encontrados na sondagem.

Malanza 4 é constituída por vasas arenosas e algumas areias vasosas, de cor preta, com teores de matéria orgânica muito elevados (entre 20 e 45%) e teores de $CaCO_3$ inferiores a 10%, à exceção de um nível entre 10 e 20 cm onde variam entre 15 e 33%. Os valores de suscetibilidade magnética são baixos, inferiores a 50 x10^{-5} SI, refletindo sedimentos menos minerogénicos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o sistema lagunar do mangal de Malanza é um sistema fortemente condicionado pela presença da ponte que o limita a jusante e que restringe as trocas de água com o mar, provocando uma redução muito significativa da amplitude da maré oceânica (em cerca de 75%.) Os dados da maré na laguna mostram ainda que este é um sistema dominado pela enchente (com duração aproximada de 4 horas). A análise preliminar dos sedimentos das sondagens Malanza 3 e 4 sugere uma redução do hidrodinamismo no interior da laguna, provavelmente também potenciada pela presença das ruínas de uma antiga ponte a jusante de Malanza 4. Em Malanza 3 é notória uma variação das características sedimentológicas e micropaleontológicas ao longo da sondagem, refletindo os últimos 20 cm da sondagem um material mais fino e mais orgânico e com menos bioclastos. Embora não existam ainda datações destes sedimentos, esta variação pode refletir a construção da ponte que faz parte da EN nº 2 e que provocou maior confinamento deste sistema.

INFLUÊNCIA DO TIPO DE SEDIMENTO NA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE MACROINVETEBRADOS BENTÓNICOS NA BAÍA DE LUANDA

Elsa Magda Mendes Dias dos Santos Carlos[1],
Carmen Ivelize Van-dúnem do Sacramento Neto dos Santos[2],
Suzana João da Conceição Nicolau[3]

1 Universidade Agostinho Neto, Angola,magdadossantos97@gmail.com

2 Universidade AgostinhoNeto,Angola, camyvandunem@gmail.com

3 InstitutoNacionaldeInvestigação PesqueiraeMarinha,Angola,suzananicolau84@gmail.com

INTRODUÇÃO

Macroinvertebrados bentónicos são animais com tamanhos a partir de 1 mm, embora nem todos os autores sejam unanimes na escolha do tamanho mínimo, podendo este variar entre os 0,5 mm e o 1 mm (Parsons *et al*., 1984).

A compreensão das relações entre a estrutura das comunidades bentónicas e as características do habitat em que vivem está se tornar progressivamente mais importante, à medida que os sistemas costeiros enfrentam um aumento de estresse causado por impactos antropogênicos e mudanças climáticas (Oliveira, 2009).

O sedimento tem influência na composição da comunidade de macroinvertebrados bentónicos (Ciofi, G. F., et all, 2013), o acumulo de sedimentos pode alterar o comportamento dos organismos dificultando a sua mobilidade, afetando deste modo a disponibilidade de habitats, o que diminui as fontes alimentares, incluindo o fornecimento de matéria orgânica, facto que altera a qualidade dos seres vivos (Schofield *et al*., 2004).

O presente trabalho pretende analisar as relações entre a dinâmica sedimentar e a macrofauna bentônica, e a influência dos outros parâmetros ambientais, na Baía de Luanda; os parâmetros físicos e químicos da coluna de água e do sedimento; identificar a comunidade de macroinvertebrados existente na Baía de Luanda; determinar a abundância, a biomassa e a diversidade das comunidades de macroinvertebrados.

METODOLOGIA

Foram efectuadas quatro campanhas de amostragens ao longo das 14 estações na Baía de Luanda, os parâmetros ambientais foram medidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparamétrica U10 e a transparência da água foram determinadas apartir da leitura do Disco de Secchi.

Para a caracterização da macrofauna bentônica, determinação da granulometria e do conteúdo da matéria orgânica foi recolhido à amostra de sedimento em cada estação com replicados, utilizando uma draga do tipo Van Veen com capacidade máxima de 3dm^3.

RESULTADOS

Na macrofauna bentónica da área de estudo foi identificado um total de 285 indivíduos, classificados em 29 taxa até a espécie, 14 até género, divididos nos filos Sipuncula (39%), Mollusca (37%), Anellida (17%), Arthropoda (5%), Echinodermata e Chordata (1%) respectivamente, fig 1.

A maioria dos estudos sobre as comunidades de macroinvertebrados bentónicos, os poliquetas mostram-se quase sempre predominantes, principalmente em zonas onde há enriquecimento orgânico dos sedimentos, estes organismos são os primeiros a colonizar locais impactados (Pearson & Rosenberg, 1978).

No presente estudo verificou-se uma distribuição granulométrica constituída essencialmente por fracções arenosas (grossas, médias e finas) em quase todas as estações, apesar da existência de lama, cascalho fino e muito fino em pequena quantidade, fig 1.

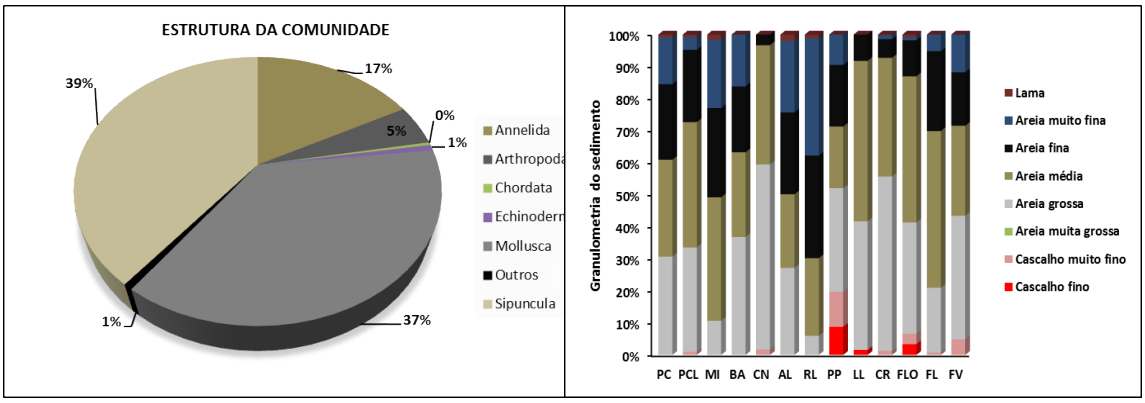


Fig. 1 Representação dos principais grupos taxonómicos e composição da granulometria do sedimento.

CONCLUSÃO

As estações de amostragem apresentaram diferenças pouco significativas entre as variáveis físicas e químicas, os resultados sugerem que a granulometria e o conteúdo de matéria orgânica do sedimento são responsáveis principalmente pela alternância da composição da comunidade de macroinvertebrados, sendo que sedimentos mais diversificados oferecem maior disponibilidade de habitats, revelando uma maior riqueza de organismos e o mínimo de perturbação.

BIBLIOGRAFIA

ANTONELLI, F., PERASSO, C. S., RICCI, S. & PETRIAGGI, B. D., (2015). *Impact of the sipunculan A. muelleri diesing, 1851 on calcareous underwater cultural heritage. International Biodeterioration and Biodegradation*.100 :133–139.

CIOFI. F. et all., (2013), *A Influência do Substrato na Composição da Comunidade de Macroinvertebrados Bentónicos*, vol. 9

FERRO-VICENTE, L.M. MARCO-MENDEZ, C., LOYA-FERNANDEZ, Á. &

SANCHEZ-LIZASO,J.L., (2013). *Limiting factors on the distribution of shell/tube- dwelling sipunculans.Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 446: 345- 354.

NICOLAU, S.J.C., (2016), *Caracterização da Macrofauna Bentónica da Baía de Luanda – Angola*, Universidade de Algarve, Dissertação para Mestrado, Gambelas, Portugal.

OLIVEIRA, P, C, R.; *Comunidade de macroinvertebrados bentónicos e qualidade da águae do sedimento das bacias hidrográficas dos Rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, Município de Botucatu (SP) e região*. Butucatu: s.n, 2009.

PARSONS TR, Takahashi M, Hargrave B: *Biological oceanographic processes*. 3rd Ed, Pergamon Press; 1984.

PEARSON, T. H. & ROSENBERG, R. (1978), *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. Oceanography and Marine Biology Annual Review.

VULNERABILIDADE RELACIONADA À EXPANSÃO URBANA E LIGAÇÕES ARTIFICIAIS AO MAR: CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DA ZONA COSTEIRA URBANIZADA DA LAGOA DE MARICÁ

Kevin Martins[1]; Leonardo Amora-Nogueira[2]; Allana Faustino[1]; Vitor Barreiros[2]; Rodrigo Abuchacra[3], Humberto Marotta[1,2]

1 Universidade Federal Fluminense, Centro de Gerenciamento de Água e Biomassa, Programa de PósGraduação em Geociências (Geoquímica Ambiental), Laboratório de Ecossistemas e Mudanças Globais, Av. Edmundo March, s/n°, CEP: 24210-310, Niterói, RJ, Brasil. E-mail: kcampos@id.uff.br.

2 Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Geografia Física, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n°, CEP: 24210-346, Niterói, RJ, Brasil.

3 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, RJ, Brasil.

Palavras chave: Lagoa Costeira. Eutrofização. Vulnerabilidade. Gestão de Zona Costeira

INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras estão situadas na interface oceano-continente, constituindo importantes sítios globais de acumulação de carbono (C) e nutrientes, tais como nitrogênio (N) e fósforo (P), provenientes de fontes autóctones e/ou alóctones (Cataudella *et al*. 2015; Beraldi *et al*. 2019; Pérez-Ruzafa *et al*. 2019). No presente estudo, foi coletado um testemunho de sedimento na porção central de uma lagoa costeira em processo de eutrofização (Lagoa de Maricá, região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, Brasil). Análises de datação por $^{210}Pb_{ex}$, densidade e conteúdo de C e P permitiram estimar as taxas de acumulação sedimentar (TAS), carbono orgânico (COrg.), fósforo total (PT), fósforo inorgânico (PI) e fósforo orgânico (PO) para os últimos 135 anos. O objetivo foi relacionar as mudanças na acumulação de C e P ao levantamento historiográfico de alterações antrópicas (~100 anos) e ao mapeamento das mudanças de uso e cobertura da terra na bacia de drenagem (~45 anos).

MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da historiografia e das mudanças observadas ao longo do perfil sedimentar, foram identificados 4 períodos de tempo: (I) de 1881 a 1950, (II) de 1951 a 1974, (III) de 1975 a 2009 e (IV) de 2010 à atualidade (Figura 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que a crescente urbanização da cidade de Maricá desde a década de 1970 tem sido associada a significativos aumentos das taxas de acumulação sedimentar tanto de COrg quanto de P. Além disso, intervenções físicas na lagoa ou em sua bacia de drenagem e mesmo picos de precipitação têm sido relacionadas a respostas mais variáveis dessas taxas ao longo das décadas. Como consequência, as principais mudanças nas taxas de acumulação de COrg e P na lagoa de Maricá foram observadas após 1974, quando a construção da ponte do Boqueirão foi iniciada, representando uma barreira que reduziu sua renovação de água com a lagoa da Barra e o mar. Durante esta expansão urbana inicial, os valores de TAS, COrg, PT, PI e PO foram, em média, de 2 a 3 vezes maiores do que no período anterior. Por sua vez, fortes chuvas em 2010, associadas

à abertura da barra de areia na Lagoa da Barra, foram seguidas de intensos aumentos nas taxas de assoreamento na Lagoa de Maricá (Figura 2).

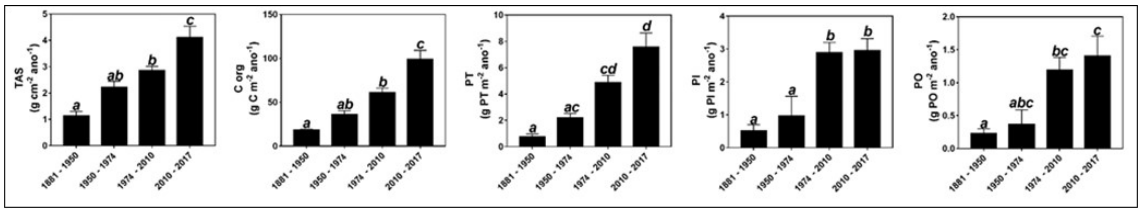


Figura 1: Comparação estatística entre os períodos, considerando as váriáveis de TAS, COrg, PT, PI e PO (Anova One Way, teste Tukey post hoc (p<0,05)). As barras representam a média e o erro padrão da média. Letras iguais representam amostragens sem diferença estatística, enquanto letras diferentes representam grupos distintos estatisticamente.

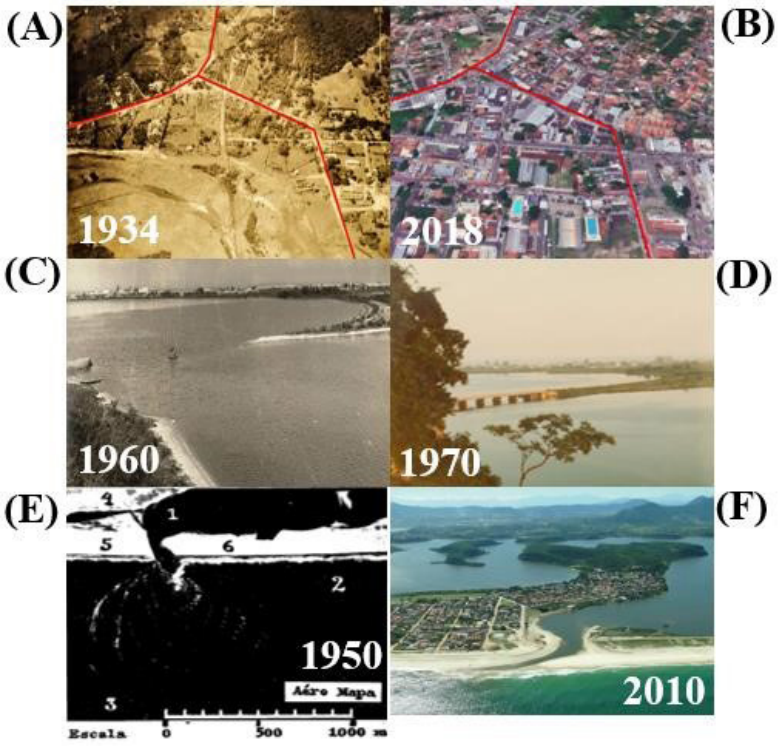


Figura 2: Centro de Maricá em (A) 1934 e (B) 2018. Determinadas ruas foram destacadas em vermelho para facilitar a comparação entre os painéis. Fontes: Fotografia Aérea do Arquivo Histórico do Museu Aeroespacial e Imagem de Satélite Landsat 8 (USGS), respectivamente; em (C) a área de interseção entre as lagoas de Maricá e da Barra, na década de 60 (Boqueirão, Maricá – RJ). Foto: acervo de Maria Penha de Andrade e Silva, Renata Aymoré Gama e Renata Toledo Pereira – Sítio "Maricá Antigo" (Facebook); em (D) a ponte do Boqueirão e seus largos pilares de sustentação, na década de 70. Foto: Biblioteca do IBGE; em (E) e (F) a barra da Lagoa da Barra aberta em 1950 e 2010. Foto: em (E) diretoria de hidrografia e navegação do ministério da marinha (Oliveira *et al.* 1955) e (F) Prefeitura de Maricá (2010).

CONCLUSÕES

As intervenções que visavam aumentar a renovação de água marinha, tais como a abertura do canal de Ponta Negra (1951) e da barra de areia (2010) ao mar, não foram suficientes para mitigar os impactos dos efluentes antropogênicos à lagoa estudada. O presente estudo revelou um aumento de variabilidade das taxas de assoreamento e da acumulação de C e P com o avanço da urbanização, típicos de ecossistemas em estados transicionais para condições degradadas de difícil retorno. O aumento da incerteza frente

à eutrofização também foi confirmado pelas maiores alterações dessas taxas após picos similares de precipitação no período mais recente do que naqueles menos urbanizados, reduzindo a capacidade preditiva do planejamento para mitigar os danos socioeconômicos (Figura 3). Neste sentido, a presente abordagem indica que embora ainda negligenciado, um melhor entendimento dos potenciais efeitos da eutrofização na escala de bacia de drenagem se torna indispensável às atuais práticas de manejo das lagoas costeiras.

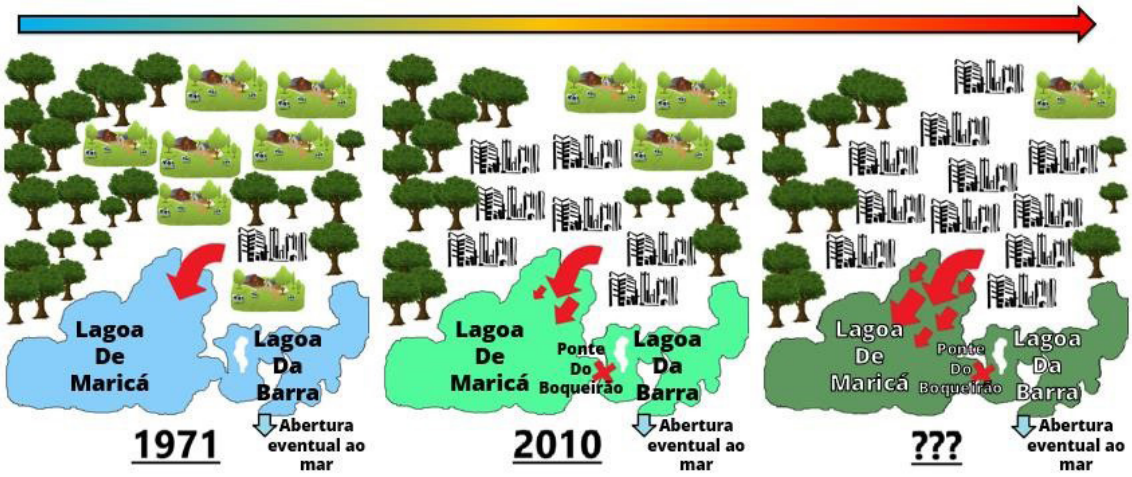


Figura 3: Vulnerabilidade revelada em decorrência do impacto ambiental na lagoa de Maricá decorrente das atividades antrópicas, somado à precária manutenção do ecossistema.

REFERÊNCIAS

Beraldi, G. Q. F., C. E. de Rezende, M. G. de Almeida, and others. 2019. Assessment of a coastal lagoon metal distribution through natural and anthropogenic processes (SE, Brazil). Mar.

Pollut. Bull. 146: 552–561. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.07.007

Cataudella, S., D. Crosetti, and F. Massa. 2015. Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, cpture fisheries and the environment. Organization 293.

Oliveira, L. de, R. Nascimento, L. Krau, and A. Miranda. 1955. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a lagoa de Marica. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 53: 171227.

Pérez-Ruzafa, A., I. M. Pérez-Ruzafa, A. Newton, and C. Marcos. 2019. Coastal Lagoons: Environmental Variability, Ecosystem Complexity, and Goods and Services Uniformity. Coasts and Estuaries 253–276. doi:10.1016/b978-0-12-814003-1.00015-0

ORGANIZAÇÃO

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS

ABRhidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

acrh
Associação Caboverdeana de Recursos Hídricos

AMAIA

UERJ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

UNISANTA
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

APOIO

ABEQUA
BRASIL

Associação Brasileira de Oceanografia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
UERJ PPG-OCN