

# Revista de Gestão Costeira Integrada

*Journal of Integrated Coastal  
Zone Management*

**Volume 22(1): March 2022**

*ISSN 1646-8872*





# Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal  
Zone Management



## Volume 22, Issue 1 March 2022

### Editorial Board

**Francisco Taveira Pinto**  
Editor-in-Chief  
<fpinto@fe.up.pt>

**Paulo Rosa-Santos**  
Associate Editor  
<pjsantos@fe.up.pt>

**Tiago Ferradosa**  
Associate Editor  
<tferradosa@fe.up.pt>

**Marcus Pollete**  
Section Editor  
<mpollete13@gmail.com>

**Marinez Scherer**  
Section Editor  
<marinezscherer@gmail.com>

**André Fortunato**  
Section Editor  
<afortunato@inec.pt>

**Carlos Coelho**  
Section Editor  
<cocoelho@ua.pt>

**José Pinho**  
Section Editor  
<jpinho@civil.uminho.pt>

**Rita Zarcos Carrasco**  
Section Editor  
<jzarcos@ualg.pt>

**Guillermo Jorge Villalobos Zapata**  
Section Editor  
<gvillal@uacam.mx>

RGCI/JICZM (ISSN: 1646-8972) is published quarterly  
by an editorial pool composed by APRH, FEUP, CIMA, UNIVALI, UFRN and UPORTO  
Correspondence: [aprh@aprh.pt](mailto:aprh@aprh.pt)



## **Publishers**

Editorial consortium comprising:

- APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal.  
e-mail: [aprh@aprh.pt](mailto:aprh@aprh.pt). web page: <http://www.aprh.pt>
- CIMA - Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Edifício 7, Campus Universitario de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.  
e-mail: [cima@ualg.pt](mailto:cima@ualg.pt). web page: <http://www.cima.ualg.pt>
- UNIVALI - Universidade do Vale do Itajai, Rua Uruguai, 458 - Centro, Itajai, SC, 88302-901 , Brazil  
web page: <http://www.univali.br>
- UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524, Natal, RN, 59078-970 Brazil  
web page: <https://www.sistemas.ufm.br>
- FEUP/UPORTO - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto Portugal. web page: [https://sigarra.up.pt/feup/pt/web\\_page.inicial](https://sigarra.up.pt/feup/pt/web_page.inicial)

## **Secretariat**

Ana Estêvão (APRH), André Cardoso (APRH)

## **Copy editing**

Francisco Taveira Pinto, Paulo Rosa Santos, Tiago Ferradosa

## **Formatting and pagination**

André Cardoso (APRH)

## **Web page**

André Cardoso (APRH)

## **SciELO DTD markup**

André Cardoso (APRH)

## **Cover design**

Francisco Taveira Pinto, Paulo Rosa Santos

ISSN: 1646-8872



# Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal  
Zone Management

22(1) – March 2022

## Table of Contents

### Editorial Note

*Francisco Taveira-Pinto, Paulo Rosa-Santos, Tiago Fazeres-Ferradosa e A. Rita Carrasco*  
Coastal Zones and Archipelagos..... 5-8

### Articles

*Nana Kariada Tri Martuti, Rudhi Pribadi, Nur Kusuma Dewi, Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq, Dhita Pracisca Mutiatari*  
Analysis of environment, socio-economic, and stakeholder partnership for integrated coastal management in  
Semarang City, Indonesia..... 9-22

*Arsenio José Areces Mallea, Eduardo Salinas Chávez, Grisel Barranco Rodríguez*  
La delimitación de espacios terrestres bajo influencia marina en condiciones de insularidad. Estudio de caso: grandes  
islas del archipiélago cubano..... 23-41

*Natasha Travenisk Hoff, Leonardo Silveira Takase (in memoriam), Eduardo Siegle, June Ferraz Dias*  
Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo do arquipélago dos Alcatrazes (São Paulo, Brasil)..... 43-80

*José Luiz Pontes da Silva Júnior, Marcos Antonio Pedlowski*  
Elevação do nível médio do mar em São João da Barra, RJ, Brasil..... 81-94



## Editorial note / *Nota editorial*

### COASTAL ZONES AND ARCHIPELAGOS

Francisco Taveira-Pinto<sup>1</sup>, Paulo Rosa-Santos<sup>1</sup>, Tiago Fazerer-Ferradosa<sup>1</sup>, A. Rita Carrasco<sup>2</sup>

According to the United Nations (UN, 2017), by 2017, about 40% of the World's population was living within 100 km of the coast. This number has been increasing, partially, given the rising tendency for population growth in large cities and the migrations from inland to coastal regions, as registered by several Portuguese-speaking countries, e.g. Portugal, Angola, Brazil, among others. The consequent anthropogenic pressures caused by the increasing numerous socio-economic activities contribute to an increase in the instability of coastal habitats and ecosystems (Taveira-Pinto *et al.*, 2021).

Additionally, Climate Change effects in coastal areas, including the increasing variability of natural phenomena, namely sea level rise, among others, give rise to challenging times for all the stakeholders engaged in the fields of integrated coastal management. While the management of some coastal zones becomes complex due to the large number of inhabitants and the number of social-economic activities that are performed within their geographical space, others are quite sensitive given the specificity of local biodiversity and intricate natural dynamics occurring in rather reduced areas of land. The archipelagos are a paradigmatic case of the latter.

In this context of complex and intricate challenges in both coastal zones and archipelagos, the research performed on the management and sustainability of such regions is of added value towards an informed decision-making and policy definition, that can be further applied to the environmental, social and economic aspects of coastal life in general.

In this sense, the first issue of 2022, published by the Journal of Integrated Coastal Zone Management, covers a set of four articles focusing on interesting and multidisciplinary topics related to coastal engineering and natural science. The present issue provides continuity to other works and case studies recently published on the equally interesting and important topics of sustainable and integrated coastal management, e.g. Fortunato *et al.* (2015), Angulo *et al.* (2020) or Palma *et al.* (2021), among others.

In Martuti *et al.* (2022) a descriptive study concerning Semarang city, the Mangkang Kulon, the Tugurejo sub-district and the Tugu district (Indonesia) is presented. The study aimed to measure the resilience score of environmental and socio-economic conditions of those regions and to identify stakeholder's partnerships suitable for proper integrated coastal zone management at the local scale. Among the several aspects analysed, this research work showed that in spite of the changes in the coastline, caused by the mangrove disappearance, the high score obtained in the socio-economic index indicates the potential of community empowerment programs to increase the local communities' coastal resilience. This work highlighted the importance of conducting multidisciplinary analysis of socio-economic and environmental aspects, as a tool to assess the coastal communities' resilience to changes in coastal habitats.

---

1 Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto, Grupo de Estruturas Hidráulicas e Energia do Mar.

2 Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Campus of Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal



Still focusing on the human impacts on coastal regions and their importance to assess and reduce the vulnerability of coastal populations, Júnior and Pedlowski (2022) elaborated a study with predictions of potential flooding areas in São João da Barra (Rio de Janeiro, Brazil). The study encompassed two projections for “mean sea level rise” scenarios, an optimistic and a pessimistic scenario, based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the period of 2081 to 2100. The research, carried over an area of 453 km<sup>2</sup>, indicated that the flooded areas may vary from 193 km<sup>2</sup> to 253 km<sup>2</sup>, depending on the considered sea level rise projection. Furthermore, the authors show that the areas most prone to be affected by mean sea level rise consist of low altitude urban and rural areas where small-scale farmers, with fragile socio-economic conditions exist. This part of the population is particularly exposed to the impacts caused by the flooding events, hence representing a considerable liability in case of flooding events. The characterization of the flooding areas, made in this study, provides an important contribution to the definition of Climate change adaptation strategies for São João da Barra. Additionally, it serves as an example for other similar cases across Brazil and other coastal zones world-wide.

While populated coastal zones face many challenges that ultimately impact the community’s resilience to coastal change and coastal phenomena, other regions, such as the archipelagos, are often characterized by habitats and ecosystems with a sensitive and complex natural equilibrium. In such locations, the occurrence of anthropogenic effects and environmental disasters, such as oil spilling, or the activities related to the environmental and coastal management tend to have long lasting and profound impacts. Mallea *et al.* (2022) provide a case study on the spatial planning and definition of the insularity conditions of the Grand Islands of the Cuban Archipelago. In this study, a panel of 25 specialists in earth sciences provide inputs that enabled the definition of 24 microscale, 25 mesoscale and 28 macroscale descriptors, which were considered essential to define the insularity conditions of the study area. The study provides an interesting and applied case that highlights the necessary steps but also the difficulties of defining the insularity of archipelagos, which is crucial for further integrated management actions. Furthermore, this research concludes that the legal mechanisms for the local coastal management are outdated and in need of a detailed revision, that should include a minimum of 5 criteria and 23 descriptors to delimit and subdivide the archipelago’s coastal zones.

Finally, Hoff *et al.* (2022) bring us a detailed study concerning the mapping of environmental sensitivity to oil spills in the Alcatrazes Archipelago (Brazil), including the analysis of its two Marine Protected Areas, ESEC Tupinambás and REVIS Alcatrazes. The study develops an Environmental Sensitivity Index map that can be used for further definition of coastal management strategies focused on the protection of the studied conservation areas. The map was elaborated using primary data from demersal ichthyofauna and secondary data for other biological, socioeconomic and oceanographic variables. The conducted analysis showed that the areas with the highest rates of environmental sensitivity were the sheltered regions of the archipelago, mainly consisting of exposed cliffs with lower slope or rocks sheltered from wave action. Hoff *et al.* (2022) also highlighted that the Alcatrazes archipelago has 835 taxa, of which a considerable portion is threatened according to different criteria. Furthermore, this research shows that Marine Protected Areas are not necessarily safe from oil spills that occur beyond their geographic limits, which emphasizes the importance of the Environmental Sensitivity Index map as an essential tool for actions to mitigate oil spills and for drawing up contingency plans.

## ZONAS COSTEIRAS E ARQUIPÉLAGOS

*De acordo com as Nações Unidas (UN, 2017), em 2017, cerca 40% da população mundial vivia a menos de 100 km da costa. Este número tem vindo a aumentar devido, em parte, à crescente tendência de crescimento populacional nos grandes centros urbanos e devido à migração do interior para o litoral, que se regista em muitos países de língua portuguesa, designadamente Portugal, Angola, Brasil, entre outros. As consequentes pressões antropogénicas, causadas por diversas atividades socioeconómicas, contribuem para o aumento da instabilidade dos habitats e dos ecossistemas costeiros (Taveira-Pinto et al., 2021).*

*Por outro lado, os efeitos das Alterações Climáticas nas zonas costeiras, incluindo a crescente variabilidade dos fenómenos naturais, nomeadamente o aumento do nível médio da água do mar, entre outros, dão origem a novos desafios para todos os*

stakeholders que atuam nos domínios da gestão costeira integrada. Enquanto a gestão de algumas zonas costeiras se torna complexa pelo grande número de habitantes e pela quantidade de atividades socioeconômicas que nelas se desenvolvem, outras demonstram elevada sensibilidade, devido à biodiversidade local e às intrincadas interações naturais que ocorrem em espaços muito delimitados. Os arquipélagos são um caso paradigmático destas zonas de elevada sensibilidade.

É neste contexto de desafios complexos e intrincados que ocorrem nas zonas costeiras e nos arquipélagos, que a investigação referente à gestão e sustentabilidade destas regiões adquire valor acrescentado para a tomada de decisões e para a definição de políticas, que possam posteriormente ser aplicadas a aspetos ambientais, sociais e económicos da vida costeira em geral.

Neste sentido, o primeiro número de 2022, publicado pela Revista de Gestão Costeira Integrada, cobre um conjunto de quatro artigos com tópicos interessantes e multidisciplinares relativos à engenharia e ciências naturais. Este número dá assim continuidade a outros trabalhos e casos de estudo igualmente interessantes e de relevo, e que foram recentemente publicados nos tópicos da sustentabilidade e gestão costeira integrada, e.g. Fortunato et al. (2015), Angulo et al. (2020) ou Palma et al. (2021), entre outros.

Martuti et al. (2022) apresentam um estudo descritivo relativo à cidade de Semarang, aos subdistritos Mangkang Kulon e Tugureja e ao distrito Tugu (Indonésia). O estudo procura quantificar os índices de resiliência ambiental e socioeconómica das regiões referidas e identificar parcerias de stakeholders adequadas a uma gestão integrada à escala local. Entre os diversos aspetos analisados, esta investigação demonstrou que, apesar das mudanças na linha de costa causadas pelo desaparecimento das zonas de mangue, o elevado índice socioeconómico aponta para o potencial dos programas de capacitação das populações como forma de aumentar a resiliência das comunidades costeiras locais. Este trabalho realçou a importância de se conduzir análise multidisciplinar de aspetos socioeconómicos e ambientais, como ferramenta para avaliar a resiliência das comunidades costeiras às mudanças nos habitats costeiros.

Ainda com enfoque nos impactos humanos nas zonas costeiras e na sua importância para avaliar e reduzir a vulnerabilidade das populações litorais, Júnior e Pedlowski (2022) apresentam um estudo com previsão de potencial de áreas inundáveis em São João da Barra (Rio de Janeiro, Brasil). Este estudo considera dois cenários de projeção de subida do nível médio da água do mar, nomeadamente cenário otimista e outro pessimista. Estes cenários são baseados nas projeções do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), para o período entre 2081 e 2100. A investigação, realizada numa área de 453 km<sup>2</sup>, indicou que as zonas inundáveis podem variar entre 193 km<sup>2</sup> e 253 km<sup>2</sup>, dependendo do cenário de subida de nível médio do mar considerado. Os autores acrescentam ainda que as áreas mais sensíveis à alteração do nível médio da água do mar são zonas urbanas e rurais de baixa altitude onde existem pequenos agricultores e condições socioeconómicas frágeis. Esta parte da população está particularmente exposta aos impactos das inundações, pelo que representam um risco perante a ocorrência destes fenómenos. A caracterização das áreas inundáveis, feita neste estudo, fornece uma importante contribuição para a definição de estratégias de adaptação às Alterações climáticas em São João da Barra. Este trabalho serve ainda de exemplo a outras regiões semelhantes no Brasil e no mundo.

Enquanto as regiões costeiras habitadas enfrentam inúmeros desafios que, em última análise, afetam a resiliência das populações às alterações e aos fenómenos costeiros, outras regiões, como os arquipélagos, são frequentemente caracterizados por habitats e ecossistemas com um equilíbrio natural complexo e delicado. Nestas localizações, a ocorrência de efeitos antropogénicos e desastres ambientais, como os derrames de óleo ou as atividades relacionadas com a gestão costeira e ambiental, tendem a ter impactos profundos e duradouros. Mallea et al. (2022) apresentam um caso de estudo de planeamento espacial e definição das condições de insularidade das Grandes Ilhas do Arquipélago Cubano. Neste estudo, um painel de 25 especialistas em Ciências da Terra apresenta contribuições que permitiram aos autores definir 24 indicadores de micro-escala, 25 de meso-escala e 28 de macro-escala, que foram considerados essenciais para definir as condições de insularidade do caso de estudo. Este estudo fornece um interessante caso de aplicação que reforça a importância dos passos necessários e das dificuldades associadas à definição da insularidade dos arquipélagos, que é crucial para as ações de gestão costeira integrada. Esta investigação conclui ainda que os mecanismos legais usados na gestão costeira local se encontram desatualizados e necessitam de uma revisão detalhada, sendo que esta deveria incluir, no mínimo, 5 critérios e 23 descritores na delimitação e subdivisão das zonas costeiras do arquipélago.

Finalmente, Hoff et al. (2022) apresentam-nos um estudo detalhado sobre o mapeamento da sensibilidade ambiental aos derrames de óleo do Arquipélago dos Alcatrazes (Brasil), incluindo a análise das suas duas Áreas Marinhas Protegidas, ESEC Tupinambás e REVIS Alcatrazes. Esta investigação fornece um mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental, que pode ser usado na definição de estratégias de gestão costeira focadas na proteção das unidades de conservação estudadas. O mapa foi elaborado utilizando dados primários da ictiofauna demersal e dados secundários para outras variáveis biológicas, socioeconómicas e oceanográficas. A análise demonstrou que as áreas com maiores índices de sensibilidade ambiental correspondiam a zonas do Arquipélago dos Alcatrazes com falésias expostas com menor declive ou rochas protegidas da ação das ondas. Hoff et al. (2022) sublinham ainda a existência de 835 táxons, dos quais uma porção considerável se encontra ameaçada segundo diferentes critérios. Mais ainda, esta investigação concluiu que as Áreas Marinhas Protegidas do arquipélago não estão necessariamente a salvo dos derrames de óleo que possam ocorrer fora dos seus limites geográficos, o que dá ênfase à importância do mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental, para o Arquipélago dos Alcatrazes, como ferramenta essencial para a definição de planos de contingência.

## REFERENCES/REFERÊNCIAS

- Angulo, R.J., De Souza, M.C., Noernberg, M.A. (2020). Anthropic impacts on the morphological and sedimentary processes in the coast of State of Paraná, in Southern Brazil: Past and future perspectives. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 20 (1), pp. 5-25. DOI: 10.5894/rgci-n19
- Fortunato, A.B., Bertin, X., Coco, G., Concejo, A.V., Dias, J.M., Fernandes, E.H., Larson, M., Matias, A., Oliveira, A., Silva, P. (2015). Estuarine and coastal morphodynamics. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15 (1), pp. 5-7. DOI: 10.5894/rgci595
- Hoff, N., Takase, L., Siegle, E., Dias, J. (2022) *Mapeamento da sensibilidade Ambiental a derrames de óleo do Arquipélago dos Alcatrazes* (São Paulo, Brasil). . 22 (1), pp. 49-89. DOI: 10.5894/rgci452
- Júnior, J., Pedlowski, M. (2022). Elevação do nível médio do mar em São João da Barra, RJ, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 22 (1), pp. 91-104. DOI: 10.5894/rgci466
- Mallea, A., Chavéz, E., Rodríguez, G. (2022). La delimitación de espacios terrestres bajo influencia marina en condiciones de insularidade. *Estudio de caso: Grandes Islas del Archipiélago Cubano*. 22 (1), pp. 27-47. DOI: 10.5894/rgci438
- Martuti, N., Pribadi, R., Dewi, N., Sidiq, W., Mutiatari, D. (2022). Analysis of environmental, socio-economic, and stakeholder partnership for integrated coastal management in Semarang city, Indonesia. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 22 (1), pp. 11-25. DOI: 10.5894/rgci431
- Palma, M., Dias, J., Freitas, J. (2021). It's not only the sea: a History of Human intervention in the beach-dune ecosystem of Costa da Caparica (Portugal). *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 21(4), pp. DOI: 10.5894/rgci-n432
- Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Fazerres-Ferradosa, T. (2021). Coastal Management: Ecosystems and Habitats. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 21 (4), pp. 197-201. DOI: 10.5894/rgci-n487
- UN (2017). Factsheet: People and Oceans. *Sustainable Development Goals - 17 Goals to Transform Our World*. Ocean Conference, United Nations, New York, 5-9 June. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheet-package.pdf>



## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL, SOCIO-ECONOMIC, AND STAKEHOLDER PARTNERSHIP FOR INTEGRATED COASTAL MANAGEMENT IN SEMARANG CITY, INDONESIA

Nana Kariada Tri Martuti<sup>@ 1,4</sup>, Rudhi Pribadi<sup>2</sup>, Nur Kusuma Dewi<sup>1</sup>,  
Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq<sup>3</sup>, Dhita Pracisca Mutiatari<sup>4</sup>

**ABSTRACT:** Land transformation is the main factor that may increase ecological vulnerability in coastal areas in Semarang City, Indonesia. Therefore, environmental damage in coastal areas should be restored using an integrated management strategy based on the ecosystem, social and economic condition, as well as stakeholder partnership. This research aimed to measure the resilience score of environmental and socio-economic conditions and to identify stakeholder partnership in arranging integrated coastal area management in Semarang City. A descriptive observational study was conducted in Mangkang Kulon and Tugurejo Sub-district, Tugu District, Semarang City using in-depth interviews, field observations and survey-mapping following environmental and geophysical characteristics of the region. Meanwhile, the social-community conditions data were diagnosed using a socio-economic assessment. The result showed that changes in the coastline occurred due to the disappearance of some area of mangrove that were turned indented close to the ocean. However, the socio-economic index showed a medium to a high score, which means high opportunities for the local community to develop their livelihood. Therefore, various community empowerment programs initiated by government, academics, the private sectors, and non-government organizations have increased the resilience of the community.

**Keywords:** coastal area, integrated coastal management, Semarang, sustainable development.

**RESUMO:** A transformação da terra é o principal factor que pode aumentar a vulnerabilidade ecológica nas zonas costeiras da cidade de Semarang, Indonésia. Por conseguinte, os danos ambientais nas zonas costeiras devem ser restaurados utilizando uma estratégia de gestão integrada baseada no ecossistema, na condição social e económica, bem como na parceria com as partes interessadas. Esta investigação visa medir a resiliência das condições ambientais e socioeconómicas e identificar parcerias de partes interessadas na organização da gestão integrada da zona costeira na cidade de Semarang. Foi realizado um estudo observacional em Mangkang Kulon e no Sub-districto de Tugurejo, Distrito de Tugu, Cidade de Semarang, utilizando entrevistas em profundidade, observações de campo e levantamento topográfico. Os dados das condições ecológicas foram recolhidos utilizando a análise de imagens de fotografias aéreas com base nas características ambientais e geofísicas da região. As condições sócio-comunitárias foram diagnosticadas utilizando uma avaliação sócio-económica. O resultado mostrou que ocorreram alterações na linha costeira devido ao desaparecimento de alguma área de mangue, sendo que esta se tornou indentada perto do oceano. Contudo, o índice socioeconómico mostrou uma pontuação média a alta, o que indicou a existência de oportunidades para a comunidade local desenvolver o seu modo de vida. Por conseguinte, vários programas de capacitação da comunidade iniciados pelo governo, pelos académicos, pelos sectores privados e organizações não governamentais têm vindo a aumentar a resiliência da comunidade.

**Palavras-chave:** área costeira, gestão costeira integrada, Semarang, desenvolvimento sustentável.

---

@ Corresponding author: [nanakariada@mail.unnes.ac.id](mailto:nanakariada@mail.unnes.ac.id)

1 Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia.

2 Department of Marine, Faculty of Fisheries and Marine, Universitas Diponegoro, Indonesia.

3 Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia.

4 Study Center of Community Services and Empowerment, Research and Community Services Institution of Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia.

## 1. INTRODUCTION

Semarang City is the capital of Central Java, Indonesia ( $6^{\circ}50' - 7^{\circ}10' \text{ S } 109^{\circ}35' - 110^{\circ}50' \text{ E}$ ), located on the northern coastline directly adjacent to the Java Sea (Figure 1). This makes it a strategic point for building, commercial, industrial and trading activities..

In the current decade, massive destruction of coastal areas and their ecosystems was caused by land conversion into residential (Wijaya *et al.*, 2018) and industrial areas (Sariffuddin *et al.*, 2017), as well as fish and shrimp ponds. On the other side, land transformation and mangrove destruction due to climate change caused a shift in the coastline of 49.54 m to the mainland that causes environmental loss (Mehvar *et al.*, 2018). The data obtained from Semarang City Fisheries Office (2015) showed that coastal destruction due to an increase in sea level caused economic losses in the amount of 729 million per year, and 110 million from damaged 2.889 ha of pond areas. Sea level rise results in erosion 10.425 houses and damaged coastal infrastructure (Maimunah *et al.*, 2011).

The coastal area provides mangrove forests as a protection against climate change (Blankespoor *et al.*, 2017), and it is the primary source of economic income (Chang, 2018; Wahyudin *et al.*, 2018), and cultural development (Syakir, 2019). Furthermore, the destruction of coastal areas threatens community life and city resilience from natural disasters (Komugabe-Dixson *et al.*, 2019). Many parties have been involved in coastal restoration over the past decade. These include planting mangroves by the national and private sectors and empowering community through university and

non-governmental organizations (NGOs). However, due to the lack of synergies in the implementation of the programs, the result is not sustainable. An integration from all stakeholders is needed to take action in coastal rehabilitation from physical and community life (Dentoni *et al.*, 2018; Gerkenmeier and Ratter, 2018; Martuti *et al.*, 2020). The integrated program for improving ecological and social life as well as the cooperation of actors should be well prepared based on the current conditions to increase the resilience of the coastal area. Concerning these issues, this study aimed to measure the environmental, socio-economic conditions score and identify stakeholder partnership to arrange integrated coastal area management and support sustainable rehabilitation in Semarang City.

## 2. MATERIALS AND METHODS

This qualitative study is based on an explanatory observation conducted in coastal areas of Tugurejo and Mangkang Kulon Sub-district, Tugu District, Semarang City (Figure 2), from June to July 2019. The research area was selected based on the following inclusion criteria: 1) high mangrove coverage areas; 2) the primary location for the rehabilitation program; 3) one of the sites for the acceleration of economic development, and 4) a well-developed community.

### 2.1 Land-Conversion of Mangrove Ecosystems

Ecological data was arranged using Digital Globe High-Resolution Imagery. All ecosystem condition maps were collected in July of each year to obtain high-quality resolution data at the beginning of the dry season. During this time the cloud cover decreases, and the images are clearer. Furthermore, a land conversion was

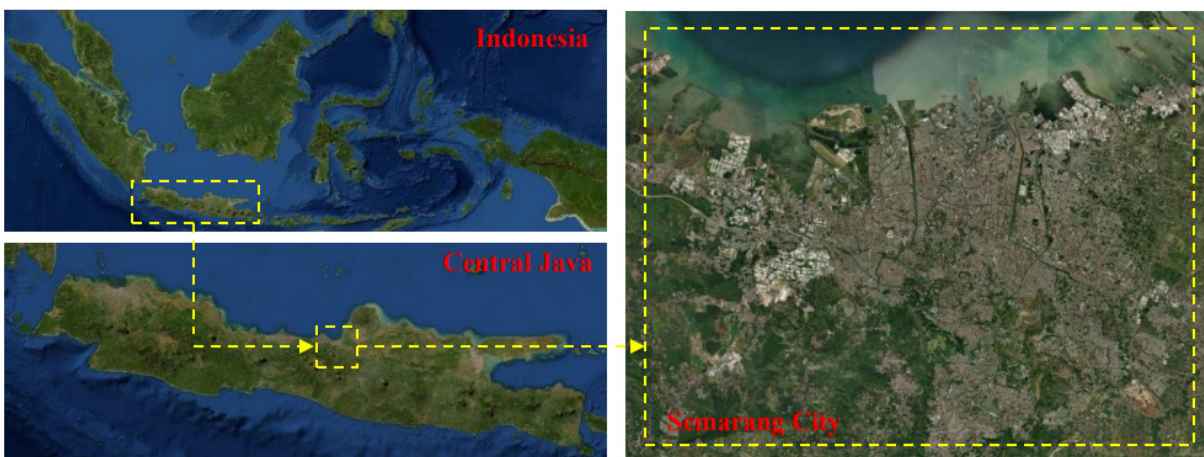


Figure 1. Location of Semarang City.

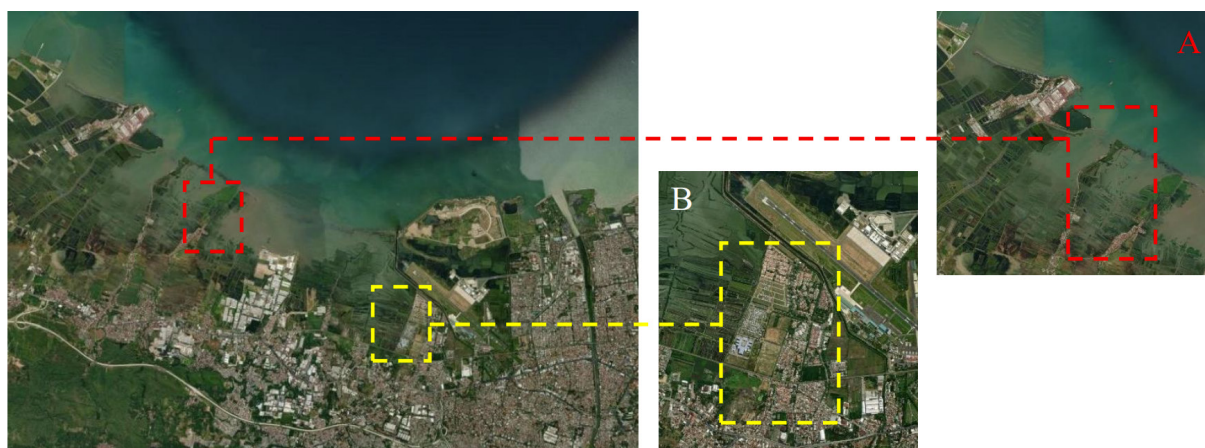


Figure 2. Location of data collection on the coast of Semarang City. A) Mangkang Kulon subdistrict and B) Tugurejo Subdistrict.

also confirmed with field observation, community statements, government documents from the city spatial plan, mangrove conversion, and rehabilitation.

Primary data collection was conducted to support digital data by field observation and verify the mangrove ecosystem's damage level. The satellite imagery data was recorded in the time series format for the last five years. Furthermore, the interpretation was conducted by comparing the Digital Globe satellite imagery data and determining the spatial distribution of mangrove density in the two villages. The land use data were also analyzed to determine the destructed land areas, which was originally a mangrove ecosystem. However, it was converted into productive lands, such as fish and prawn ponds.

## 2.2 Socio-Economic of the Local Community

A total of 105 members from 6 groups were determined as the research population, then the number of the respondent was calculated following Slovin's formula (1960). From the calculation, several respondents rejected to be involved. Finally, socio-economic data was compiled from 63 respondents from local community groups in two sub-districts randomly (Table 1).

The data on community resilience were collected using a survey and then confirmed using in-depth interviews and focus group discussions. The analysis was performed through a developed instrument based on the sustainable livelihood framework (SLF) to understand socio-economic assets that support community welfare. Five aspects were then further mentioned as socio-economic assets (Serrat, 2017), and the SLF indicators of human resources, natural, social, financial, and physical capital were arranged into positive statements to develop resilience index (Hahn *et al.*, 2009; Huong *et al.*, 2019; Koirala, 2015;

Sujakhu *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2020). The socio-economic assets instrument was divided into 12 components, and was sub-divided into 38 indicators (Table 2).

## 2.3 Data analysis

Most of the indicators were calculated and expressed on different units or scales, then standardized using equation index. The standardized index was calculated to estimate the socio-economic assets indices and determined as the final resilience index score for the community through Equation (1) (Hahn *et al.*, 2009; Huong *et al.*, 2019; Koirala, 2015; Sujakhu *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2020).

$$Index = \frac{Observedvalue - Minimumvalue}{Maximumvalue - Minimumvalue} \quad (1)$$

The scoring index was calculated for all aspects and presented in scale points from 0.00 to 1.00. In addition, the average score per capital aspect represented the capital value and expressed by following criteria (Table 3).

## 3. RESULTS

### 3.1 Identification of Land Use and Coastal Ecological Destruction

The coastline changing at Tugurejo is still relatively small compared to Mangkang Kulon. Furthermore, the stable condition in Tugurejo may be caused by a massive mangrove ecosystem that moderately increased in the past ten years. This can be seen in the annual increase in the size and spatial distribution of mangroves (Figure 3). The mangrove ecosystem has around 49.41 ha with an elongated pattern on the agricultural fields and pond embankments.



Table 1. Origin of the respondent.

Community groups	Business Field	Members		Samples (person)		
		$\Sigma$ (a)	% (c)	Proposed (b+c)	Unwilling	Involved
<i>Tugurejo Subdistrict</i>						
Putra Samudra	Fisherman	12	11.43	10	2	8
KWT Sumber Hasil	Urban farming	20	19.05	16	4	12
Subur Makmur	Fish processing	43	40.95	34	13	21
Putri Tirang	Fish processing	5	4.76	4	-	4
<i>Mangkang Subdistrict</i>						
Bank Sampah Melati	Waste management and urban farming	25	23.81	20	2	18
Total		105		84	21	63
Slovin's calculation (b)		83				

Table 2. Variables and indicator for socio-economic assets instrument.

Capitals	Components	Indicator Issues
Human Resources	Knowledge and Skills	Five issues including formal education, business experience, vocational training, business development skill, and business understanding
	Health care	Three issues including health facility access, health insurant, and chronic or acute disease issue
Natural Resources	Land	Three issues including land ownership, utilized land, and land productivity.
	Water	Three issues including: clean water access, water quality, environmental service on water availability.
Financial	Finance	Four issues including monthly income, jobs, bank account, and additional expenses.
	Assets	Assets value issue
	Financial support	Three issues about financial service, type, and number of the receiver.
Social	Networking and relationship	Six issues including social-mutual cooperation, religious activity, neighbourhood interaction, social organization, donation, and social networking.
	Technology and Social media	Two issues including technology skill and social media access.
Physical	Transportation	Private vehicle ownership
	House	Three issues including house ownership, habitable permanent house, and sanitation.
	Public services	Two issues including electricity power and public facilities.

Note: the indicator was developed from Hahn *et al.* (2009); Huong *et al.* (2019); Koirala (2015); Sujakhu *et al.* (2019); and Williams *et al.* (2020).

Table 3. Resilience criteria of capital value.

Score	Resilience Criteria
$\geq 0.75$	High
0.50 - 0.75	Moderate
$\leq 0.50$	Low

In Mangkang Kulon, more than 50% of the total area was converted into fishponds. However, it was then destroyed and vanished due to high seawater levels associated with climate change. Subsequently, the mangrove ecosystem in the Mangkang Kulon increased from 2005 to 2012 (Table 2; Figure 4), due to mangrove replantation activities carried out by government agencies, the private sector, universities, and the local community. However, the mangrove ecosystem has shrunk considerably in 2019, and it resulted in significant loss of the fishpond.

The mangroves species of the two areas are dominated by *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, and *Avicennia alba*, *A. marina* species, and some additional *R. stylosa* and *Sonneratia alba*. However, high mangrove planting activities in Tugurejo may affect the agricultural field areas that have decreased in 2019. The massive mangrove plantation changes land coverage from the open areas to estuarine green-belt. The mangrove forests protect irrigated rice fields, therefore, they can be harvested

twice a year and used as the main product of community income.

In both sites, the mangrove areas extend from the river bank to the coastline and those with a sizeable swarming pattern. The green-line and square block on the maps showing in the constant distance indicates unnatural mangrove growth as a rehabilitation effort. In contrast, the agricultural field in Mangkang Kulon, directly exposed to the sea, makes it vulnerable to sea water rises. The effect of seawater rises has been proven by decreasing open space area alongside increasing the water bodies (Figure 5).

### 3.2 Socio-Economic Calculation

This study analyzed human capital as a function of community access to wealth variables, including education and health care system. The variables were selected following the main priority programs of Indonesian government in increasing community welfare (Dini and Fauzan, 2020; Sumarto, 2017). The calculation showed that coastal communities in Tugurejo

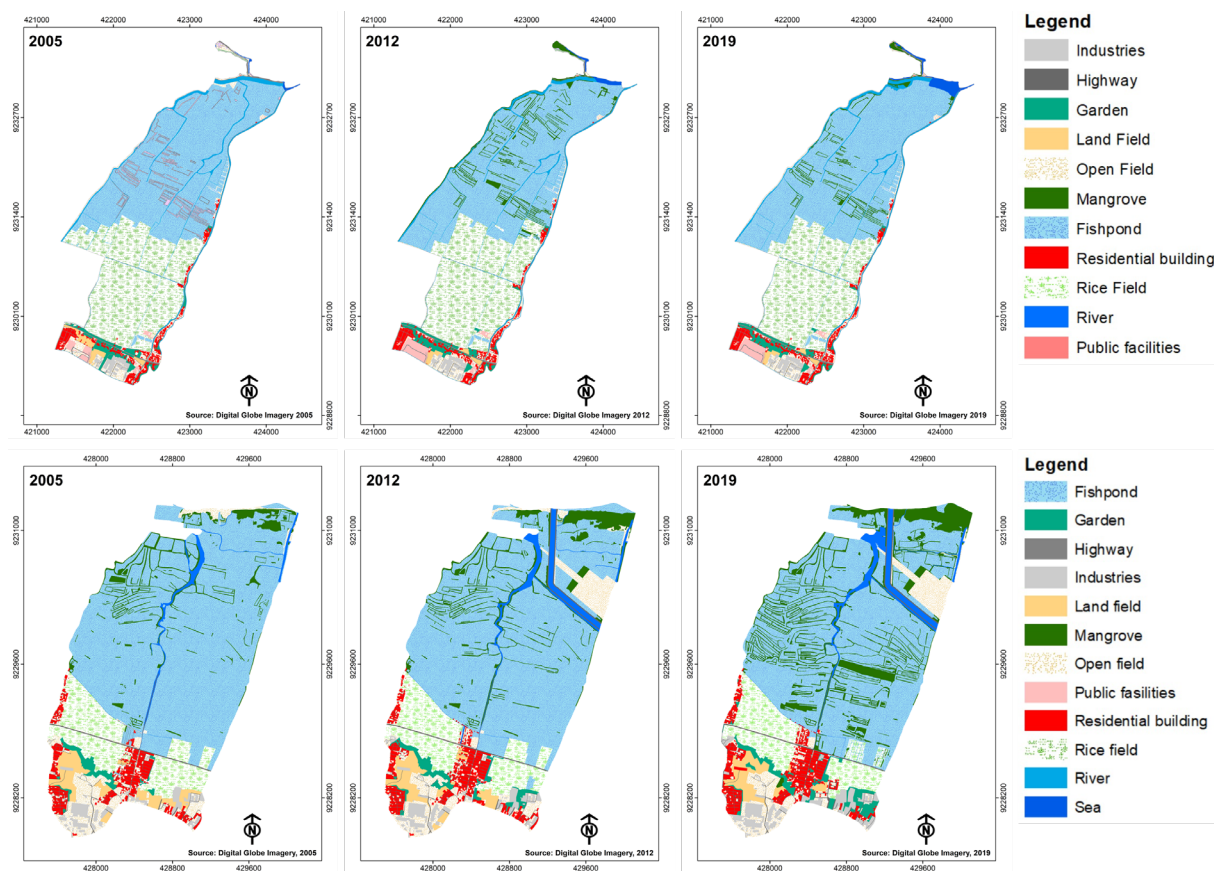


Figure 3. Land-use changes from 2005 to 2019 in Tugurejo (A) and Mangkang Kulon (B) Sub-district.

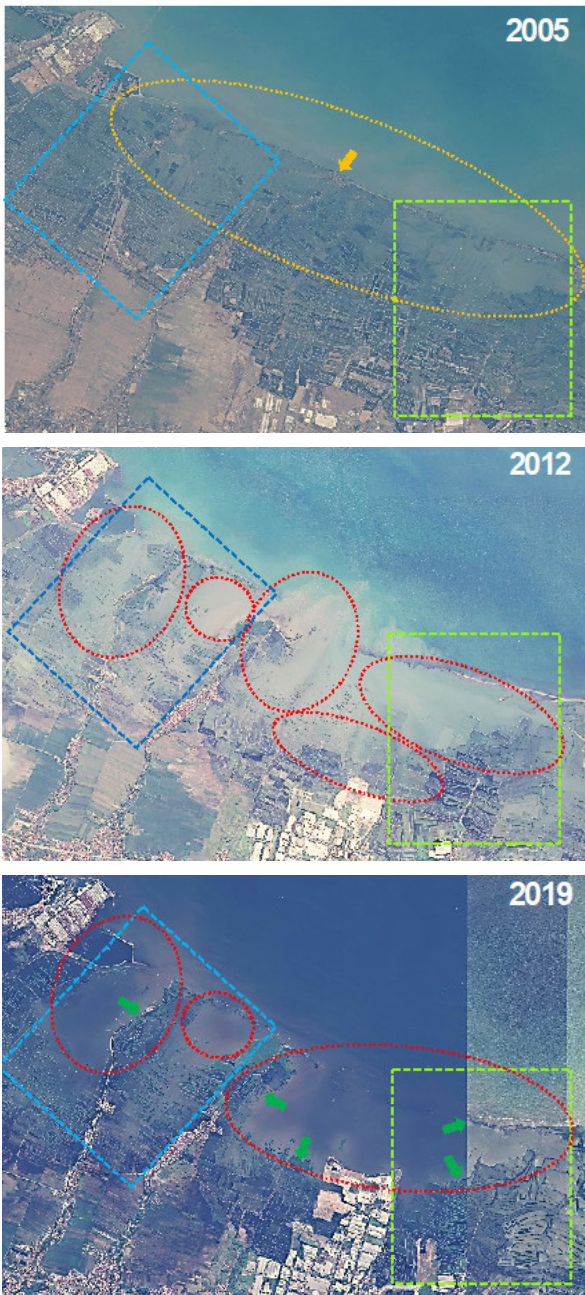


Figure 4. Coastal areas condition in Tugurejo (green square) and Mangkang Kulon (blue square) sub-district in 2005, 2012 and 2019. Yellow line representing existed mangrove forest; red ellipse indicating coastline destruction; green arrow representing mangrove replanting.

have a higher score or are more resilient than the Mangkang Kulon (Table 5). This is a good value for the human capital of Tugurejo to improve the quality of life in the communities and manage the capital asset more efficiently and sustainably.

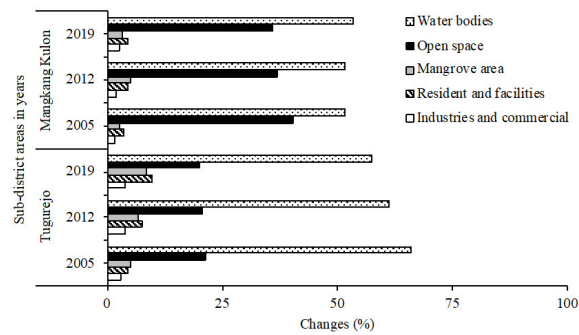


Figure 5. Changes of the land-use in Tugurejo and Mangkang Sub-district in 2005, 2012 and 2019.

In addition, all socio-economic assets were higher in Tugurejo compared to Mangkang Kulon, except financial capital. The assets are the lowest capital owned by the community, along with human resources (Figure 6).

Low financial capital remains an obstacle for the community to develop their business capacity. Most of the respondents stated that they spend more money to make their house and fishpond still safe from the inundation and flood. Then, they rely on their financial capital for the development of their business through government or external empowerment programs. Most of the entrepreneur has an unwell education background and unskilled in business development. Furthermore, the community has not optimally utilized natural assets. The coastal area offers a mangrove forest and its biota that can be managed sustainably to increase income.

Social and physical assets have the best value among other capital. In the current condition of Tugurejo or Mangkang Kulon, the community's houses are permanently habitable and relatively safe from tidal floods. Then, all houses unit have installed electricity, supporting their livelihood, and education. The city administration offers shuttles or inexpensive buses and is easily accessible from the place of transport.

### 3.3 Conducted Programs and Stakeholder Mapping

Several programs conducted by many stakeholders mainly focused on Tugurejo were identified as the reasons why high mangrove coverage areas and substantial socio-economic assets exist. However, they were implemented in the unintegrated plan in the last decade, therefore resulting in slow and unsustainable output achievement. The implementation was mainly oriented on the short-time programs and has to produce a product, but with lack of awareness on the community.



Table 4. Time series of Tugurejo sub-district land use (2005, 20012, 2019).

Land Use	Tugurejo						Mangkang Kulon					
	2005		2012		2019		2005		2012		2019	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
<i>Industries and commercial</i>												
Industries	1.83	10.48	2.03	11.66	2.08	11.91	0.71	3.79	0.77	4.12	1.12	5.99
Highway	1.22	6.99	1.72	9.87	1.82	10.46	1.08	5.76	1.23	6.57	1.36	7.26
<i>Resident and facilities</i>												
Government office	0.02	0.13	0.02	0.13	0.03	0.17	0.00	-	-	-	-	-
Residential building	3.49	20.03	4.09	23.46	4.57	26.23	2.86	15.33	3.14	16.80	3.19	17.07
Public facilities	1.12	6.40	3.46	19.86	5.33	30.58	0.83	4.44	1.39	7.43	1.39	7.45
<i>Open space</i>												
Garden	1.17	6.72	1.84	10.54	1.50	8.61	2.02	10.80	2.06	11.01	2.03	10.87
Land field	3.01	17.29	2.65	15.19	2.20	12.63	1.00	5.37	0.54	2.89	0.53	2.81
Open field	4.98	28.56	4.70	26.97	5.57	31.97	4.11	22.00	3.00	16.03	3.40	18.19
Court	0.13	0.77	0.13	0.77	0.13	0.77	0.00	-	-	-	-	-
Rice field	11.91	68.29	11.29	64.77	10.58	60.68	33.11	177.18	31.27	167.36	30.21	161.66
<i>Mangrove area</i>												
Mangrove plantation	5.02	28.79	6.82	39.12	8.61	49.41	2.67	14.31	5.10	27.30	3.34	17.86
<i>Water bodies</i>												
River	1.56	8.92	3.22	18.46	3.21	18.40	4.18	22.38	3.67	19.64	3.85	20.60
Fishpond	64.54	370.18	58.02	332.75	54.35	311.73	47.42	253.78	47.84	255.99	49.59	265.38
Total land		573.55		573.55		573.55		535.14		535.14		535.14

Source: Image Processing Results (2019).

The knowledge and awareness about integrated management have changed the stakeholder mindset, especially from the government and private sectors. In addition, it engages academies and NGOs to build community resilience. The eight most active and standard existing programs conducted in both sub-district from the last ten years were grouped, and the collaborative implementations were found (Table 6).

The collaborative management of the implementation of coastal rehabilitation and community empowerment in Semarang City showed a pentagonal multi-stakeholder partnership model. In this model, the key partnership is built up by equal cooperation work among academies, private sectors, government, communities, and NGOs (Figure 7). Currently, several programs jointly conduct by the multi-stakeholders in the study site were identified (Table 6).

The main programs were arranged by the city's government as the policymaker executed by the academies and NGOs as the implementer and knowledge transfer. The private sector was involved as the program founder through their CSR program. As the beneficiary target, the community is the success key, therefore, the upgraded skill, willingness, and motivation should pop up to guarantee the program's sustainability. Social media and mass media play essential roles in program scaling up/ dissemination successfulness, introducing the program, policy, and activities, and providing a product marketing platform. The press media can also educate people in Semarang City and others to keep the environment sustainable.

Table 5. Score of resilience potent of Tugurejo and Mangkang Kulon Sub-district.

Variables	Capital	Indicators	Unit	Data Sources	Score index (point)		Explanatory Notes
					Mangkang Kulon	Tugurejo	
Human Capital	Knowledge and Skills	Respondents who finishing the 12 years compulsory education.	%	Survey	0.53	0.49	most of the community group's members have received empowering programs from university, government, and private sector
		Respondents experienced in developing business	%	Survey	0.70	0.75	
		Respondents have taken any kind of vocational training	%	Survey	0.61	0.67	
		Respondents who skilled in business development	%	Survey	0.60	0.61	
		Average assessment score of the business understanding	Ratio	Survey	0.49	0.53	
	Health care	Average time needed to go to the nearest health facility	Minutes	Survey	0.72	0.80	the health indicators was developed based on the social safety net program from the government by providing health services for vulnerable and underprivileged families
		Respondents with insurant	%	Survey	0.75	0.93	
		Respondents with no disease's issues	%	Survey	0.68	0.76	
		Capital score			0.64	0.69	
		Resilience criteria			Moderate	Moderate	
Natural Capital	Land	Respondents who are owning their land	Count	Survey	0.61	0.73	Clean, freshwater is the main issue in Semarang coastal, due to sea intrusion to the soil-water and polluted surface-water
		Utilized land	Meters	Survey	0.70	0.79	
		Average of land productivity index	Ratio	Survey	0.74	0.69	
	Water	Average score of water sources access	Meters	Survey	0.86	0.98	
		Average score of water quality	Count	Survey	0.78	0.79	
		Amount of water resources	Count	Survey	0.52	0.94	
		Average score of the environmental services	Ratio	Survey	0.39	0.68	
	Capital score			0.66	0.80		
	Resilience criteria			Moderate	High		
	Financial Capital	Finance	Average of monthly income	Count	Survey	0.68	
Respondents with a side job			%	Survey	0.45	0.52	
Respondents with the bank account			%	Survey	0.63	0.65	
Average score of bank deposit			Count	Survey	0.55	0.45	
Average of additional expenses			Count	Survey	0.43	0.74	
Assets		Average score of respondents' assets value	Count	Survey	0.68	0.69	
Financial support		Respondents who are taking advantage of financial services	%	Survey	0.69	0.57	
		Average score of financial services type	Count	Survey	0.79	0.84	
		Financial support receiver	%	Survey	0.40	0.33	
		Capital score			0.59	0.59	
	Resilience criteria			Moderate	Moderate		

Table 5. Score of resilience potent of Tugurejo and Mangkang Kulon Sub-district (continuation).

Variables	Capital	Indicators	Unit	Data Sources	Score index (point)		Explanatory Notes
					Mangkang Kulon	Tugurejo	
Social Capital	Networking and relationship	Respondents with social-mutual cooperation	Ratio	Survey	0.85	0.93	the modification was conducted based on the observation of coastal community culture in Semarang City
		Respondents who attend the religious activity in routine	Frequency	Survey	0.86	0.89	
		Respondents who has high neighborhood interaction	%	Survey	0.74	0.90	
		Respondents who joined in social-organizations	%	Survey	0.74	0.91	
		Respondents who are receiving the donation from family or relatives	%	Survey	0.84	0.71	
		An average score of social networking	Count	Survey	0.80	0.73	
	Technology and Social media	Respondents who able to use the smartphone	%	Survey	0.70	0.80	
		Respondents who accessed social media	%	Survey	0.72	0.73	
		Capital score			0.78	0.83	
		Resilience criteria			Moderate	High	
Physical capital	Transportation	Respondents with private transportation	%	Survey	0.61	0.66	
	House	Respondents who are owning the house	%	Survey	0.87	0.92	
		Average score of habitable permanent house	Count	Survey	0.86	0.99	
		Average score of proper sanitation	Count	Survey	0.87	0.97	
	Public services	Respondents with electricity power above 900 kWh	%	Survey	0.88	0.97	
		Average score of public facilities	Count	Survey	0.71	0.58	
		Capital score			0.80	0.85	
	Resilience criteria			High	High		

\*) The instrument was developed by following previous research (Hahn *et al.*, 2009; Huong *et al.*, 2019; Koirala, 2015; Sujakhu *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2020).

\*\*\*) The justification from the researcher is based on the current condition and adapted from the Indonesian government program.

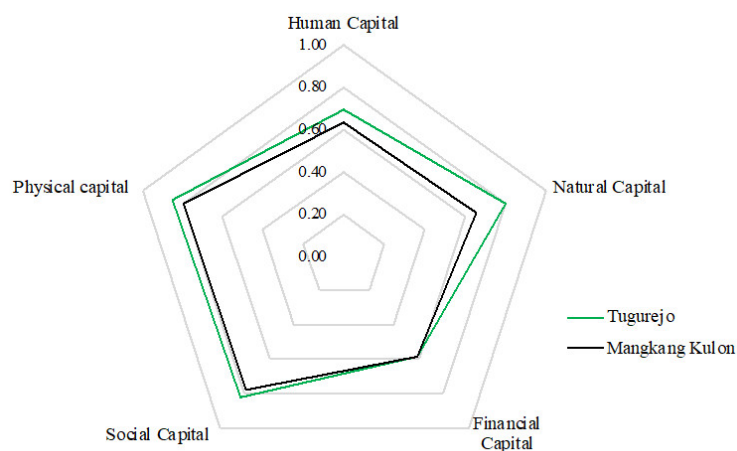


Figure 6. Capital value of socio-economic in Tugurejo and Mangkang Kulon Sub-district.

Table 6. Existing program in Tugurejo and Mangkang Kulon in terms of environmental rehabilitation and community empowerment.

Programs	Tugurejo	Mangkang Kulon	Implementer
Counseling and training on mangrove rehabilitation.	++++	++++	FFM, RCS
Supervision of activities that can damage the mangrove ecosystem.	++++	+++	FFM, NGOs
Coaching to encourage capacity building for Adaptation and Mitigation of the impact of climate change at the local level through the Climate Village Program (ProKlim).	+++++	+++	NGOs, Indonesia Power, Pertamina, MFD, AO, FFM, RCS, and companies through its CSR program
Providing mangrove seedlings and supervising mangrove forests, providing ecotourism packages, and shrimp/fish cultivation carried out in ponds around the coast (ProKlim).	++++	+++	MF, MFD, AO, EB, CEA, Facilitated by the NGOs
Women of Coastal Area: Fish-based food production, mangrove-based processed foods, and batik coloring with mangrove patterns and natural dyes (ProKlim).	++++	++	MFD, FFM, RCS, and companies through its CSR program, NGOs
The increasing diversity of mangrove ecosystem types by planting and monitoring on an ongoing basis, build a beach belt.	++++	++	FFM, RCS, NGOs, MFD, CSR, AO for mangrove diversity. ME, MF, EB, RDPA for sea belt
Utilization of the community and fishers group management.	++++	++	FFM, RCS, MFD
Arrangement of Mangrove Damage Standard in Central Java.	++++	++++	FFM, RCS, MFD

Note: plus mark (+) indicates how often/ intensity the programs are conducted in the research areas. Central Government: ME = Indonesian Republic of Ministry of Environment; MF = Indonesian Republic of Ministry of Marine and Fisheries; City Government: RDPA = Regional Development Planning Agency; EB = Environmental Bureau; MFD = Marine and Fisheries Department, AO = Agriculture Office; CEA = Community Empowerment Agency; Academician: FFM = Faculty of Fisheries and Marine; Universitas Diponegoro; RCS = Research and Community Services Institute of Universitas Negeri Semarang; Private Sectors: CSR = Corporate Social Responsibility.

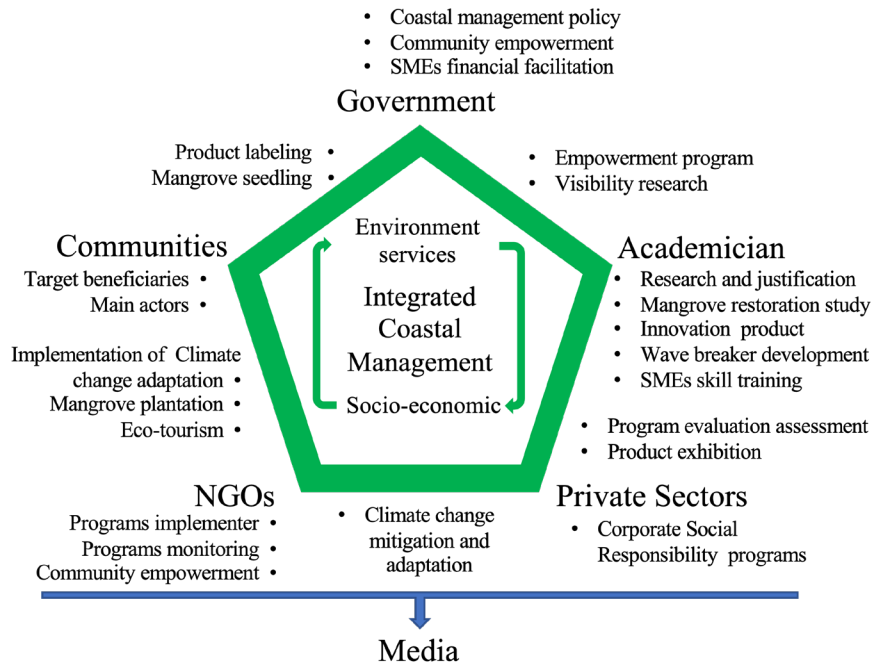


Figure 7. Adaptation of pentagonal partnership model for a rehabilitation effort of coastal areas in Semarang from Halibas *et al.* (2017); Prabantarikso *et al.* (2018).

#### 4. DISCUSSION

In 2019, there were 13 classes of land use in Tugurejo, and the most extensive area were ponds (water bodies) of about 311.73 ha for milkfish and shrimp. The ponds were partitioned with large mud and soil embankment for mangrove cultivation. In Tugurejo, there was a 1.76 m abrasion from 2005 to 2012 and an increase of 1.32 m as an accretion process from 2012 to 2019 (Irsadi *et al.*, 2019). The coastal line abrasion increases as an impact of the profound change of land and mangrove forest into the cultivation pond, with only a few young mangroves trees in the embankment (Martuti *et al.*, 2019). The cost of production ponds increased, after which the productivity of the fish decreased. It was also responsible for the annual increase in water masses in Mangkang Kulon (Figure 2 and 3), eroding the land surface and destroying mangrove ecosystems on the embankment (Nugraha *et al.*, 2018; Widyasamratri and Aswad, 2017).

In the past decade, the erosion has increased as the result of the new airport runway construction near the coast. The concrete structure of the runway makes current ocean turbulence on the west side, deflects and increases the destructive energy, and destroys the land. Meanwhile, the accretion between 2012 – 2019 was caused by the sediment load from the rivers, which eventually settles and solidifies. Therefore, it enlarges the land surface and can be the substrate for the growth of the mangrove plant (Ismanto *et al.*, 2016). In Mangkang Kulon, the erosion lead by the wood industry's pier also makes ocean wave turbulence and destroys the coastline. The coastline is more robust due to the dock's construction, which is slightly tilted to the east and sea currents originating from the west (data not published). The physical structures including doc, water breakers and industrial buildings are predicted as a main anthropogenic factor changing the ocean currents on the surface and underwater (Kim *et al.*, 2018; Surya *et al.*, 2019).

Climate change also has a spatial effect on sea-level rise, storms, high rainfall, and rising temperatures. The change affects mangrove forests in a coastal area at the local level (Ward *et al.*, 2016). This study found that the lack of mangroves forests as front protectors may contribute to seawater intrusion and destroys the agricultural fields. However, a previous study stated that increased housing development is considered the main contributor to the reduced area of rice fields (Wijaya *et al.*, 2018). In Mangkang Kulon, low mangrove coverage has proved to be destructive for the coastline as a result of abrasion, and it is a massive destructed area compared to Tugurejo.

The coastal communities, e.g., fisherman, fish-growers, fish

traders, etc., conduct socio-economic activities related to resources in coastal areas and oceans (Freduah *et al.*, 2017). Therefore, coastal communities have a high dependence on the potential and conditions of coastal and marine resources that affect their quality of life (Husain *et al.*, 2019; Widyasamratri e Aswad, 2017). Land use and destruction of the coastal ecosystem can reduce independence and make it vulnerable, but communities have socio-economic assets that contribute to their sustainability.

##### 4.1 Socio-Economic Assets of Coastal Community

Climate change affects the environment, society, and economy of the people of Tugurejo and Mangkang Kulon. Satellite analysis showed that the Tugurejo and Mangkang Kulon coastlines have a high-level of vulnerability against climate change (Husnayaen *et al.*, 2018). This will decrease the carrying capacity of nature and physical capital for the socio-economic life of coastal communities.

The reduced risk of vulnerability can be seen from physical aspects such as land ownership status, where the community's lands are primarily sited in the inundated area. Furthermore, productive land, such as agricultural areas, is shrinking, resulting in a decrease in rice productivity. In contrast, the shrinkage of fish ponds reduces milkfish production as the pond's leading commodity. Vulnerability reduction needs to be done by considering socio-economic aspects such as improving education quality, health, and job availability (Sariffuddin *et al.*, 2017).

Adaptation activities by raising and maintaining fishpond embankment are continuously pursued annually and require a lot of money. To deal with this, planting mangroves as a mitigation and adaptation effort has helped keep the pond dam's shape while increasing environmental services for local livelihoods. Furthermore, the construction of a hybrid model of wave breaker is made from used tires and mangrove wood and bamboos to increase the accession process. It is also built along the fragmented coastlines in the Tugurejo and Mangkang Kulon areas to reduce wave energy and ocean currents.

Generally, Tugurejo and Mangkang Kulon communities have developed good adaptation capacities by utilizing coastal natural resources as materials for making food, fabric dye, and handicrafts. This becomes a side job or an alternative livelihood. However, access to carrying capacities such as education and training in business development and marketing, modernization of information flows, and financial support increase coastal communities' resilience through improved economic aspects (Astuti and Handayani, 2020). Health aspects such as the



availability of health services and health insurance are still considered trivial, even though the need for this is considered very large since coastal areas are heavily affected by climate change. Besides, the government as the policymaker should to consider about an assertiveness, holistic and integrated programming for improving communities' resilience (Suhelmi and Triwibowo, 2018).

#### 4.2 Developed Multi-Stakeholder Partnership Strategy in Integrated Coastal Management

The importance of integrated coastal management can be divided into four reasons, 1) empirically, there are ecological and functional relationships between coastal ecosystems with mainland and community; 2) in a coastal area, there is more than one type of natural resource, artificial resource, and environmental services that can be utilized for development purposes; 3) the communities group capable to run various business job; 4) both ecologically and economically, the use of a coastal area in monoculture is very vulnerable to internal and external changes that can lead to business failure.

The development of collaborative works among stakeholders should be managed in an integrated cooperative approach to gain profit and sustain coastal areas (Prabatarikso *et al.*, 2018). The parties interested in using natural resources should prepare an integrated management plan that applies to all stakeholders, especially the government and the community (Sariffuddin *et al.*, 2017). Since 2005, ecosystems rehabilitation and community empowerment have been conducted by several parties (Table 3). Hence, independently, the community in Tugurejo has made nursery and mangrove planting, making water breakers from tires, and environmental education through ecotourism. These increase ecological services and community resilience from climate change disasters (Sari and Prayoga, 2018).

The interaction of multi-stakeholders made a pentagonal partnership that can be defined as a coastal rehabilitation model. This can encourage the restoration and balance of the ecosystem through profitable collaboration and teamwork (Halibas *et al.*, 2017). The program approach with the multi-stakeholder partnership model increases the legality and program success (Martuti *et al.*, 2020; Soesilowati *et al.*, 2017). On the contrary, mass media plays an essential role in making the program popular, especially for community product marketing (Ahmad *et al.*, 2016). It plays a role in introducing social change (agent of social) broader, disseminating the program, and engaging other parties in collaborative works. It shows that the mass media introduces modernization efforts

(Ekanayake, 2016), stimulate the decision-making process (Mukhtar, 2020), and accelerates the process of transitioning from a traditional society to a modern one (Colbran, 2020; Narayana and Ahamad, 2017; Schrape, 2017).

## 5. CONCLUSIONS

This study showed that the capital aspect in Mangkang Kulon and Tugurejo had moderate to high resilience. Meanwhile, the human resource and financial capital have moderate capacity, and social and physical capital have a high capacity in supporting the community resilience in both sub-districts. However, the natural capital in Tugurejo performed high value because of the existing well-managed mangrove forest, compare to Mangkang Kulon. The lack of mangrove forests and massive dock construction increase the coastal erosion and seawater intrusion to agricultural fields. The financial capital is the lowest value that indicates a low community income and support to develop their business. Most of the economic income from fishing or food processing business spend on adjusting houses, environment, and fishpond to avoid the destruction from sea level rises.

The communities in directly involved in the empowerment program from the government, private sector, academies, and NGO as the target beneficiaries. It gives various activities for local people to be involved in managing and rehabilitating coastal quality, including build the water-breaker, mangrove nurseries, and planting. However, most of the programs in the coastal area were conducted separately and overlapping. A multi-stakeholder partnership approach should be conducted to strengthen integrated coastal management and increase program effectiveness. It is necessary to identify and profile the role of each party to make a collaborative action plan. The government as a policymaker can involve the academies and NGOs as the professional expert in arranging annual regulation or short and long-term plans. Corridors should also be created for direct empowerment programs, which should be then implemented by the private sector together with academies and NGOs through CSR program. In addition, the media should disseminate and educate the community about resiliency against climate change catastrophes in coastal areas.

## CONTRIBUTIONS

NKTM: research concept.; RP: enhance research concept.; NKTM: research funding.; NKD, NKTM: instrumentation and

administration.; WABNS, DPM: data collection. NKTM, RP, DPM: analyzed the data.; WABNS: area mapping and illustration.; NKTM, DPM: wrote the manuscript.; DPM, NKD: publication. All authors read and approved the final version of the document.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the Universitas Negeri Semarang for funding the research by Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) Scheme was carried out by funding the 2019 UNNES PNPB.

## REFERENCES

- Ahmad, N. S., Musa, R., and Harun, M. H. M. (2016). The Impact of Social Media Content Marketing (SMCM) towards Brand Health. *Procedia Economics and Finance*, 37(16), 331-336. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)30133-2](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)30133-2)
- Astuti, M. F. K., and Handayani, W. (2020). Livelihood vulnerability in Tambak Lorok , Semarang : an assessment of mixed rural-urban neighborhood. *Review of Regional Research*. <https://doi.org/10.1007/s10037-020-00142-7>
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., and Lange, G. M. (2017). Mangroves as a protection from storm surges in a changing climate. *Ambio*, 46(4), 478-491. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0838-x>
- Chang, D. (2018). Modeling and Analysis of Marine Product Trade on the Coordinated Development of Economy and Resource in Border and Coastal Area. *Journal of Coastal Research*, 83(83), 229-236. <https://doi.org/10.2112/SI83-037.1>
- Colbran, M. P. (2020). Policing, social media and the new media landscape: can the police and the traditional media ever successfully bypass each other? *Policing and Society*, 30(3), 295-309. <https://doi.org/10.1080/10439463.2018.1532426>
- Dentoni, D., Bitzer, V., and Schouten, G. (2018). Harnessing Wicked Problems in Multi-stakeholder Partnerships. *Journal of Business Ethics*, 150(2), 333-356. <https://doi.org/10.1007/s10551-018-3858-6>
- Dini, S. K., and Fauzan, A. (2020). Clustering Provinces in Indonesia based on Community Welfare Indicators. *EKSAKTA: Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*, 20(1), 56-63. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol1.iss1.art9>
- Ekanayake, E. M. S. (2016). Social Stratification , Modernization and Restructuring of Sri Lankan Society. *International Journal of Arts and Commerce*, 5(2), 96-107. [www.ijac.org.uk](http://www.ijac.org.uk)
- Freduah, G., Fidelman, P., and Smith, T. F. (2017). The impacts of environmental and socio-economic stressors on small scale fisheries and livelihoods of fishers in Ghana. *Applied Geography*, 89(September), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.009>
- Gerkenmeier, B., and Ratter, B. M. W. (2018). Governing coastal risks as a social process—Facilitating integrative risk management by enhanced multi-stakeholder collaboration. *Environmental Science and Policy*, 80(June 2017), 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.011>
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., and Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>
- Halibas, A. S., Sibayan, R. O., and Maata, R. L. R. (2017). The penta helix model of innovation in Oman: An hei perspective. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 12, 159-172.
- Huong, N. T. L., Yao, S., and Fahad, S. (2019). Assessing household livelihood vulnerability to climate change: The case of Northwest Vietnam. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(5), 1157-1175. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1460801>
- Husain, A., Satria, A., Kusmana, C., and Riyatno. (2019). Study on living environment and quality of life of coastal community in Gorontalo City, Indonesia. *Advances in Agriculture and Botany*, 11(1), 48-55. <https://search.proquest.com/docview/2292893233?accountid=17242>
- Husnayaen, Rimba, A. B., Osawa, T., Parwata, I. N. S., As-syakur, A. R., Kasim, F., and Astarini, I. A. (2018). Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data. *Advances in Space Research*, 61(8), 2159-2179. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.01.026>
- Irsadi, A., Anggoro, S., Soeprobawati, T. R., Helmi, M., and Khair, A. S. E. (2019). Shoreline and mangrove analysis along semarang-demak, Indonesia for sustainable environmental management. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.17892>
- Ismanto, A., Zainuri, M., Hutabarat, S., Sugianto, D. N., Widada, S., and Wirasatriya, A. (2016). Sediment Transport Model In Sayung District, Demak. *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Kim, M. J., Kim, C. S., Choi, B. J., and Lee, S. H. (2018). Plume Current Change by Seawall Construction for a Harbor Development in South Korea. *Journal of Coastal Research*, 85(85), 126-130. <https://doi.org/10.2112/SI85-026.1>
- Koirala, S. (2015). Livelihood Vulnerability Assessment to the Impacts of Socio-Environmental Stressors in Raksirang VDC of Makwanpur District Nepal. *The Department of International Environment and Development Studies, Noragric*. <https://doi.org/10.1177/1098214011411573>
- Komugabe-Dixon, A. F., de Ville, N. S. E., Trundle, A., and McEvoy, D. (2019). Environmental change, urbanisation, and socio-ecological resilience in the Pacific: Community narratives from Port Vila, Vanuatu. *Ecosystem Services*, 39(July), 100973. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100973>
- Maimunah, S., Rosli, N., Rafanoharana, S., Sari, K., and Higashi, O. (2011). Strengthening Community To Prevent Flood Using Participatory Approach (a Case of the Semarang City). *Journal*

- of *International Development and Cooperation*, 18(2), 19–28. <https://doi.org/10.15027/32463>
- Martuti, N. K. T., Anggraito, Y. U., and Anggraini, S. (2019). Vegetation Stratification in Semarang Coastal Area. *Biosaintifika*, 11(1), 139–147.
- Martuti, N. K. T., Pribadi, R., Sidiq, W. A. B. N., and Mutiatari, D. P. (2020). Community-Based Integrated Coastal Management Strategy in Tugurejo Subdistrict, Semarang. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 390(ICRACOS 2019), 73–80. <https://doi.org/10.2991/icracos-19.2020.15>
- Mehvar, S., Filatova, T., Syukri, I., Dastgheib, A., and Ranasinghe, R. (2018). Developing a framework to quantify potential Sea level rise-driven environmental losses: A case study in Semarang coastal area, Indonesia. *Environmental Science and Policy*, 89(February), 216–230. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.06.019>
- Mukhtar, M. U. (2020). Building Bridges: The Relevance of Mass Media in Community Policing: Study of Kano Metropolis. *International Journal of Development Strategies in Humanities, Management and Social Sciences*, 10, 24–35.
- Narayana, A., and Ahamad, T. (2017). Role of media in women empowerment. *International Journal of Advanced Education and Research*, 2(5), 50–53.
- Nugraha, A. L., Awaluddin, M., and Sasmito, B. (2018). Modelling Multi Hazard Mapping in Semarang City Using GIS-Fuzzy Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 123(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012002>
- Prabantarikso, M., Fahmi, I., Fauzi, A. M., and Nuryantono, N. (2018). Strategic Collaborative Model of BGAC+ for Sustainable Housing Development in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 145(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012128>
- Sari, A. D., and Prayoga, N. (2018). Enhancing citizen engagement in the face of climate change risks: A case study of the flood early warning system and health information system in Semarang city, Indonesia. In S. Hughes (Ed.), *Climate Changes in Cities: Urban Book Series* (pp. 121–137). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-65003-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-65003-6_7)
- Sariffuddin, Astuti, K. D., Farhaeni, G., and Wahdah, L. (2017). Vulnerability Assessment: The Role of Coastal Informal Settlement Growth to Social Vulnerability in Genuk Sub-District, Semarang City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 55(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012047>
- Schrape, J. F. (2017). Reciprocal irritations: Social media, mass media and the public sphere. *Society, Regulation and Governance: New Modes of Shaping Social Change?*, 138–150. <https://doi.org/10.4337/9781786438386.00016>
- Serrat, O. (2017). Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance. *Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance*, 1–1140. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9>
- Slovin, E. (1960). Slovin's formula for sampling technique. Retrieved on February, 13, 2013.
- Soesilowati, E., Kariada, N., and Margunani, M. (2017). Model for Empowering Farmers at Dry Land through Quadruple Helix Approach. *Journal of Arts and Humanities*, 6(4), 01. <https://doi.org/10.18533/journal.v6i4.1131>
- Suhelmi, I. R., and Triwibowo, H. (2018). Coastal Inundation Adaptive Strategy in Semarang Coastal Area. *Forum Geografi*, 32(2), 195–203. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v32i2.5672>
- Sujakhu, N. M., Ranjitkar, S., He, J., Schmidt-Vogt, D., Su, Y., and Xu, J. (2019). Assessing the livelihood vulnerability of rural indigenous households to climate changes in Central Nepal, Himalaya. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102977>
- Sumarto, M. (2017). Welfare Regime Change in Developing Countries: Evidence from Indonesia. *Social Policy and Administration*, 51(6), 940–959. <https://doi.org/10.1111/spol.12340>
- Surya, M. Y., He, Z., Xia, Y., and Li, L. (2019). Impacts of sea level rise and river discharge on the hydrodynamics characteristics of Jakarta Bay (Indonesia). *Water (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/w11071384>
- Syakir. (2019). Semarang Batik as an Artistic Representation of Coastal and Egalitarian Communities. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 271(ICONARC 2018), 207–210.
- Wahyudin, Y., Kusumastanto, T., Adrianto, L., and Wardiatno, Y. (2018). A Social Ecological System of Recreational Fishing in the Seagrass Meadow Conservation Area on the East Coast of Bintan Island, Indonesia. *Ecological Economics*, 148(December 2017), 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.013>
- Ward, R. D., Friess, D. A., Day, R. H., and Mackenzie, R. A. (2016). Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(4). <https://doi.org/10.1002/ehs2.1211>
- Widyasamratri, H., and Aswad, A. (2017). A preliminary study: An agent-based spatial simulation of human-coastal environment interaction. *The Third International Conference on Coastal and Delta Areas, C*, 593–601.
- Wijaya, H. B., Kurniawati, H., and Hutama, S. T. E. W. (2018). Industrialization Impact on Worker Mobility and Land Use in Peri Urban Area (Case study of Semarang District, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 123(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012037>
- Williams, P. A., Crespo, O., and Abu, M. (2020). Assessing vulnerability of horticultural smallholders' to climate variability in Ghana: applying the livelihood vulnerability approach. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2321–2342. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0292-y>

## LA DELIMITACIÓN DE ESPACIOS TERRESTRES BAJO INFLUENCIA MARINA EN CONDICIONES DE INSULARIDAD. ESTUDIO DE CASO: GRANDES ISLAS DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO

Arsenio José Areces Mallea<sup>1</sup>, Eduardo Salinas Chávez<sup>@ 2</sup>, Grisel Barranco Rodríguez<sup>3</sup>

**RESUMEN:** La zona costera constituye un espacio singular por la compleja interacción que ejercen los dominios oceánico, terrestre y aéreo. Para la planificación y gestión ambiental es fundamental delimitar el espacio terrestre donde se originan los procesos naturales que definen la influencia del dominio oceánico, así como las características socioeconómicas que modulan el proceso de gobernanza. Con el objetivo de definir bajo condiciones de insularidad algunos criterios básicos e identificar los principales descriptores de posible uso en la delimitación del espacio comprendido entre el borde litoral y el límite interior de la faja terrestre sometida a la influencia oceánica, se efectuó un ejercicio grupal con 25 especialistas de las Ciencias de la Tierra. Los juicios se relacionaron a la litología, tectónica, relieve, clima, suelos, paisajes, ecosistemas y hábitats así como a los peligros, vulnerabilidades y riesgos. A microescala, fueron identificados 24 descriptores, a mesoescala 25 y a macroescala 28. Se reconoció la importancia que todos ellos tienen para la delimitación de ese espacio, en particular los vinculados al paisaje y al relieve, concluyendo que la magnitud del proceso de antropización, determina la importancia relativa de los mismos. Cuando la naturalidad es elevada, los límites de las formaciones vegetales adquieren notoria importancia, pero cuando la "litoralización" es total solo las conurbaciones y los factores de riesgo determinan la extensión de esta faja terrestre. La identificación de este espacio geográfico resulta de gran importancia ya que su conservación o recuperación depende del transporte de materia y contaminantes derivado del escurrimiento terrestre, particularmente de aquel proveniente de las cuencas hidrográficas asociadas, casi siempre con un notable deterioro ambiental.

**Palabras claves:** Zona costera, Dominio oceánico, descriptores, Cuba.

**RESUMO:** A zona costeira constitui um espaço único devido à complexa interação que existe entre os domínios oceânico, terrestre e aéreo. Para o planeamento e gestão ambiental, é essencial delimitar o espaço terrestre onde se originam os processos naturais que definem a influência do domínio oceânico, bem como as características socioeconómicas que influenciam o processo de governança. Neste trabalho apresentam-se as experiências adquiridas na delimitação da zona costeira em condições insulares. Para os devidos efeitos, realizou-se um exercício com um grupo de 25 especialistas em Ciências da Terra para definir alguns critérios básicos que podem ser utilizados na delimitação do espaço entre a orla costeira e o limite interior da faixa de terra sujeita à influência oceânica. Os critérios foram associados: à litologia, à tectónica, ao relevo, ao clima, aos solos, às paisagens, aos ecossistemas e habitats e ainda aos perigos, vulnerabilidades e riscos ambientais, considerando-se que todos eles são importantes na delimitação desse espaço, em particular aqueles relacionados com a paisagem e o relevo. Foram identificados 24 descritores de micro-escala, 25 de meso-escala e 28 de macro-escala, tendo-se concluído que a magnitude do processo de antropização determina sua importância relativa. Quando a naturalidade é elevada, os limites das formações vegetais adquirem particular importância, no entanto quando a "litoralização" é total são as perturbações e os fatores de risco que determinam a extensão desta faixa terrestre. A identificação deste espaço geográfico é de grande importância, uma vez que sua conservação ou recuperação está ligada não apenas à sua extensão, mas também à sua relação com as bacias hidrográficas nele incluídas, devido ao transporte de matéria e poluentes que ocorrem a partir delas.

**Palavras-chave:** Zona costeira, Domínio oceânico, descriptores, Cuba.

---

@ Corresponding author: [esalinasc@yahoo.com](mailto:esalinasc@yahoo.com)

1 Instituto de Geografía Tropical, Cuba. Email: [jareces22@gmail.com](mailto:jareces22@gmail.com)

2 Universidad de Granada, España.

3 Instituto de Geografía Tropical, Cuba. Email: [grisell@geotech.cu](mailto:grisell@geotech.cu)



## 1. INTRODUCCIÓN

La zona costera constituye un espacio singular por concurrir en ella una compleja interacción de los dominios oceánico, terrestre y aéreo sobre los denominados socioecosistemas (Walker *et al.*, 2002; Berkes *et al.*, 2003; Folke *et al.*, 2005 Barragán-Muñoz, 2003). Incluye además como patrimonio natural un conjunto de hábitats y ecosistemas altamente productivos y específicos, atendiendo a su diversidad y a los flujos de materia y energía y está sometida a tensiones naturales de gran magnitud debido a la interrelación existente entre estos tres dominios. En la zona costera, los nexos entre los tres subsistemas: natural, jurídico-administrativo y socioeconómico (Barragán-Muñoz, 2005), son muy variados y generan problemáticas diversas que dan lugar a impactos irreversibles y acumulativos, a la génesis de pasivos ambientales de difícil recuperación y a un sinnúmero de presiones socioeconómicas, conflictos de uso e intervenciones de todo tipo (Barragán-Muñoz, 2003; Kuleli, 2017; Ahmad, 2019; Malzac e Cabral da Silva, 2019).

La artificialización que esta zona experimenta debido al proceso conocido como "litoralización" (Barragán, 1994), se manifiesta en una sostenida transformación de dichos espacios con la consiguiente alteración de la dinámica de los procesos físico-químicos y biológicos que confluyen en su ámbito, originados en particular por la construcción de infraestructuras, la arborización de las dunas, el cambio en el uso del suelo y la creciente urbanización. De tal modo, la influencia del dominio oceánico sobre el terrestre, además de ser perenne o circunstancial, con frecuencia suele amplificarse a consecuencia de las acciones humanas (Figuras 1 y 2).

No existe aún una definición universalmente aceptada de zona costera y su clasificación y regionalización se realiza atendiendo a diversas consideraciones basadas en atributos geomorfológicos, hidrodinámicos y ecológicos de acuerdo a fines científicos, administrativos, políticos o de manejo (Silva-Casarín *et al.*, 2011). En casi todos los países la zona costera o al menos un sector de ella, es de dominio público o se asume así, y en su gobernanza se consideran variadas pautas político-administrativas para regular su jurisdicción y competencias.

Para la gestión ambiental de esta zona, y en particular de su segmento terrestre, es crucial determinar el espacio geográfico donde tienen lugar o se expresan los procesos naturales que la definen como tal y las singularidades socioeconómicas que modulan su gobernanza.

Las ventajas de dicha delimitación son:

- Relaciona mejor su administración pública a enfoques basados en los ecosistemas.
- Permite distinguir con más claridad las prioridades de gestión, las políticas ambientales y toda la gama de intereses sectoriales y actores involucrados.
- Favorece la gestión de los riesgos de manera más precisa.
- Restringe el uso del suelo a condiciones y limitaciones específicas.
- Relaciona entre sí de manera precisa los efectos provocados por la contaminación "aguas arriba" y formaliza los estudios acerca de la explotación de los servicios ecosistémicos o ambientales, basados en su conectividad con las cuencas hidrográficas aledañas.
- Proporciona elementos para distinguir las unidades espaciales de una manera óptima durante cualquier proceso de zonificación.
- Permite determinar de modo preciso las cenoclinas y los límites naturales de comunidades y hábitats, para las acciones de conservación y reensamblaje ecosistémico.

La influencia del dominio oceánico sobre cualquier archipiélago es siempre notoria. El archipiélago cubano, que cuenta con más de 4 000 cayos e islotes (Decreto Ley 212, 2000) dispersos en 69 880.57km<sup>2</sup> de plataforma insular (CNAP, 2013) no es ajeno a esta realidad. Tan solo la isla de Cuba, tiene un perímetro de 9 942 km (Grupo de Macroproyecto, 2017) y el 55.09% de sus 167 municipios, con un área total de 67 287.15 km<sup>2</sup> son costeros. Con el objetivo de evaluar algunos criterios que pueden ser utilizados para la delimitación del espacio terrestre, comprendido entre el borde litoral y los límites de la zona terrestre aledaña, sometida a la influencia oceánica, tuvo lugar un ejercicio grupal cuyos resultados se exponen en el presente artículo. Para ello se tomaron en cuenta las condiciones de insularidad de este espacio geográfico y la génesis geológica de las grandes islas que lo componen.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado fue de naturaleza observacional, basado en el juicio de los expertos participantes. Para ello, fueron convocados 25 profesionales dedicados a las Ciencias de la Tierra o a la Gestión Ambiental provenientes de diversas instituciones del país, los que sesionaron en panel durante el día 28 de septiembre del 2017, en la sede del Instituto de



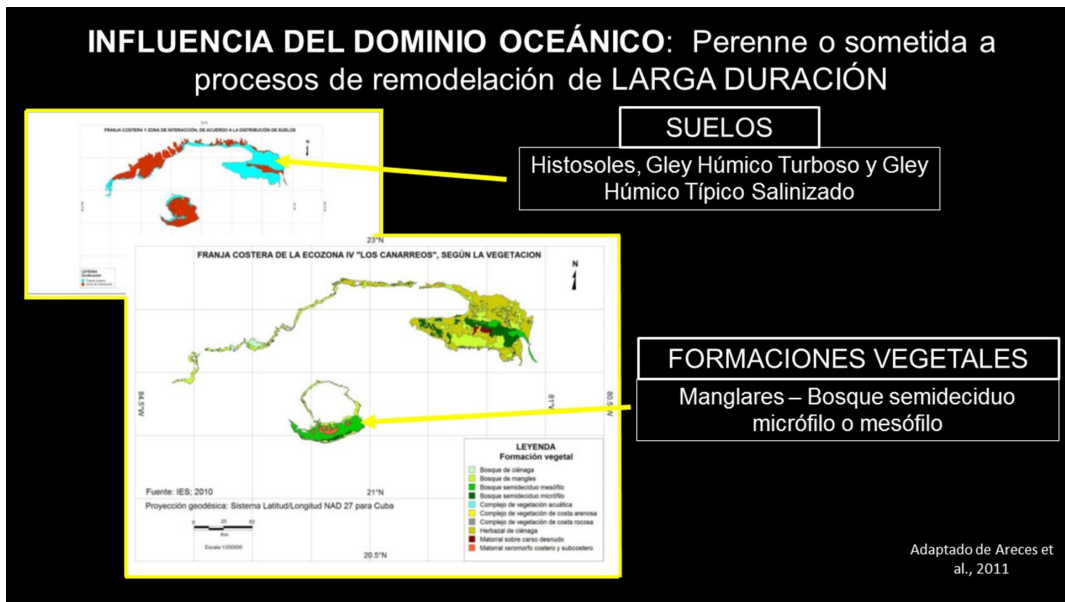


Figura 1. La influencia a escala geológica del dominio oceánico sobre la interfase terrestre, genera suelos y ecotonos de vegetación susceptibles de ser empleados como criterios para su delimitación espacial.



Figura 2. Ocasionalmente, los eventos meteorológicos extremos y algunos terremotos con epicentro oceánico, provocan inundaciones y penetraciones del mar con la consiguiente alteración de las condiciones naturales de las áreas litorales.

Geografía Tropical del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba. A partir de una selección inicial de cinco de los criterios comúnmente empleados para la caracterización geosistémica de cualquier espacio geográfico, se analizó la importancia relativa que los mismos pueden tener para el establecimiento de los límites terrestres de nuestra franja costera. Para ello se consideraron los criterios siguientes: Climáticos (CLI), Riesgos asociados a peligros y vulnerabilidades (PVR), Paisajes, formaciones vegetales, ecosistemas y hábitats (P-E-H), Elementos geomorfológicos y tectónicos (Geo-T) y Litología y composición de los suelos (Li-Su).

Con el fin de evaluar la percepción acerca de estos criterios por parte de los miembros del panel se circuló entre ellos previamente una encuesta (Supporting information I), cuyos resultados fueron evaluados antes del ejercicio grupal. El análisis de los resultados de la encuesta permitió diseñar una segunda consulta concerniente a la importancia que estos criterios tenían atendiendo al tipo de costa (Supporting information II), la que fue aplicada a los miembros del panel con anterioridad al ejercicio. De este modo se minimizó cualquier sesgo surgido durante el debate, causado por ideas dominantes u opiniones provenientes de especialistas con reconocida experticia en áreas costeras. Ambas encuestas, de carácter anónimo, se basaron en elementos Likert con escalas ordinales comprendidas entre 1 (sin ninguna incidencia), hasta 10 (con máxima afectación; Supporting information I), o desde 1 (mínima importancia), a 5 (máxima importancia; Supporting information II). La tipología costera se estableció a mesoescala, de acuerdo a las consideraciones de Iturralde-Vinent (2015), sin considerar los doce subtipos comúnmente establecidos para la clasificación del borde costero cubano (Decreto-Ley No.212; Denis-Valle *et al.*, 2016). A partir del contraste de opiniones entre los expertos y sus sugerencias se confeccionó con cada criterio, el listado de descriptores que podrían ser utilizados a diferentes escalas cartográficas para la delimitación del segmento terrestre de la franja costera o la identificación de sus unidades espaciales.

En la definición del grado de influencia que pueden tener otros criterios no contemplados en la propuesta inicial se tuvo en cuenta la frecuencia con que fueron propuestos por parte de los miembros del panel (>40% = Alto; 15-40% =Medio; <15%= Bajo). Para el cálculo de las medias, modas y medianas fue empleada la hoja de cálculo EXCEL del paquete para PC Office 2016. El contraste estadístico se efectuó mediante el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis (Siegel, 1974) y una comparación múltiple par a par, según el procedimiento

de Dunn y la corrección de Bonferroni (Dunn, 1961), realizada mediante el programa XLSTAT 2009.3.02.

### 3. RESULTADOS

A partir de la distribución en cinco categorías de la importancia relativa evaluada por cada juez para cada criterio de delimitación (1 y 2=Mínima; 3 y 4=Baja; 5, 6 y 7=Media; 8=Alta; 9 y 10=Muy Alta), mostrada en la figura 3 se representó de forma gráfica, el segmento de la tabla dinámica asociado a importancias relativas altas o muy altas.

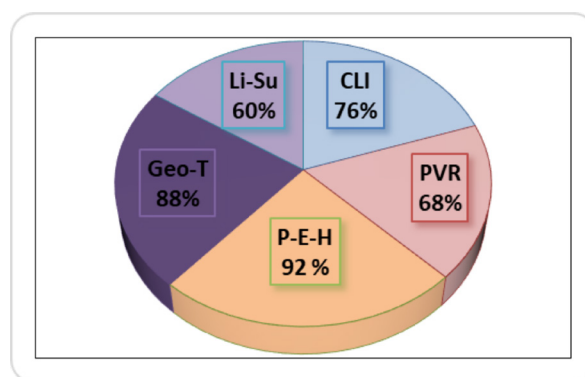


Figura 3. Por ciento de expertos que asignaron valores altos y muy altos de importancia relativa a los cinco criterios propuestos para la delimitación del segmento terrestre de la zona costera (CLI: Clima; Su-Li: Suelos y Litología; Geo-T: Elementos geomorfológicos y Tectónicos; P-E-H: Paisajes, formaciones vegetales, ecosistemas y hábitats; PVR: Riesgos asociados a peligros y vulnerabilidades).

El 60% o más de los expertos participantes en el taller reconocieron que todos los criterios examinados tienen gran importancia en la delimitación de este espacio geográfico. De ellos, los vinculados al paisaje, a las formaciones vegetales, a los ecosistemas y a los elementos geomorfológicos y tectónicos resultaron al parecer los más relevantes.

Si se consideran solo los valores de la mediana (Figura 4), en cualquier tipo de costa ocurre en apariencia una diferenciación entre los criterios Climáticos y los vinculados a la Litología y Suelo en cuanto a la importancia relativa que tienen con respecto a los tres restantes evaluados, ya que estos presentaron valores comparativamente más elevados. Sin embargo, si se toma en cuenta también la dispersión de los valores alrededor de sus medianas respectivas, en casi ninguno de los cinco criterios evaluados estas diferencias acontecen con significación estadística entre ellos o con respecto al tipo de costa. Solo se manifestaron diferencias de carácter

significativo en la importancia relativa asociada a dos criterios: los climáticos en costas de cualquier tipo con respecto a los criterios geomorfológicos y tectónicos para las costas rocosas con terrazas y, los climáticos solo en las costas rocosas con terrazas en relación a los paisajísticos y ecosistémicos en las costas rocosas sin terrazas (Bonferroni,  $\alpha$  corregido = 0.0005). Estas pocas diferencias estadísticas sugieren de forma general, que ningún criterio posee a priori una importancia especial en relación a la tipología costera considerada.

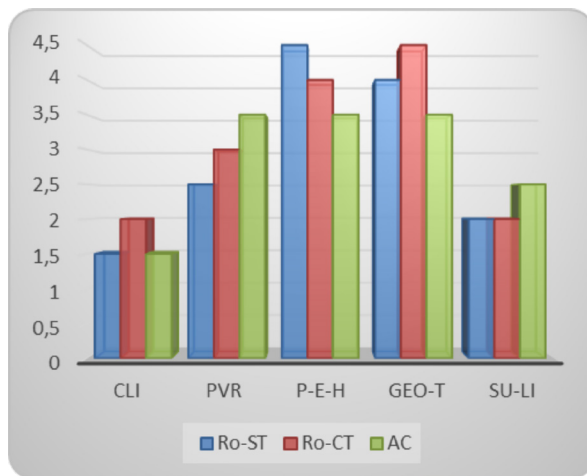


Figura 4. Mediana de los valores de importancia relativa en una escala de 1 (Baja) a 5 (Alta), asignados por el panel de expertos a los cinco criterios (CLI: Clima; PVR: Riesgos asociados a peligros y vulnerabilidades; P-E-H: Paisajes, formaciones vegetales, ecosistemas y hábitats; GEO-T: Elementos geomorfológicos y tectónicos; SU-Li: Suelos y Litología) considerados para la delimitación del segmento terrestre de la franja costera en relación a tres tipos de costa diferentes (Ro-ST= Costa rocosa sin terrazas; Ro-CT= Costa rocosa con terrazas; AC= Costa acumulativa).

De acuerdo con algunos miembros del panel de expertos, otros aspectos también merecen ser tomados en cuenta para la delimitación de los espacios costeros. Algunos aluden a la normativa jurídica existente, otros como las actividades turísticas o mineras están englobados en el uso del suelo e incluso hay elementos de carácter metodológico asociados a la jerarquización de los atributos geosistémicos según su resolución cartográfica (Tabla 1).

#### 4. DISCUSIÓN

En idioma español, el término costa suele aplicarse a una franja estrecha, tanto marina como terrestre, asociada por lo general al espacio intermareal y a sus inmediaciones. Las iniciativas de gestión integrada que tradicionalmente se han propuesto para su administración pública suelen contemplar los tres dominios que

conforman este medio de transición e interacción, pero por lo general de acuerdo a divisiones jurídicas o político-administrativas concebidas a partir de la zona intermareal tomada como referencia. Sin embargo, el cambio de paradigma de una gestión basada en la integración de sectores y actores presentes en la zona costera hacia una sustentada en el manejo de ecosistemas (UNEP, 2011), requiere identificar unidades ambientales y ecotonos a diferentes escalas a partir del inventario y distribución de los ecosistemas existentes, con el fin de articular entre sí los bienes y servicios ambientales disponibles o monitorear de forma apropiada su calidad ambiental.

Tabla 1. Criterios que deben ser también contemplados para la delimitación de los espacios terrestres asociados al borde costero (En el uso y función del suelo, se incluyen actividades socioeconómicas de diferente naturaleza con valoraciones personales diversas).

No.	CRITERIOS	Grado de Influencia		
		Alto	Medio	Bajo
1	Elementos constructivos y otros factores de origen antrópico que afectan la dinámica litoral	X	X	
2	Uso y función del suelo	X	X	X
3	Contaminación "Aguas Arriba"	X		
4	Asentamientos de población	X		
5	Elementos paleo climáticos	X		
6	Influencia riparia		X	
7	Decreto Ley 212 (Ley de Costas vigente para la República de Cuba)	X		
8	Intrusión salina	X		
9	Escurrimiento superficial		X	
10	Escala de trabajo	X		
11	Características físico-químicas del agua marina	X		
12	Tipos de hábitats bentónicos aledaños al borde costero	X		
13	Altimetría e inclinación de la pendiente		X	
14	Topo-batimetría		X	
15	Límites político-administrativos		X	

Fuente: Los autores

De acuerdo con este novedoso enfoque, para la conceptualización de los límites costeros desde un punto de vista socioecológico, Barragán e de Andrés (2016) proponen como área litoral una faja subdivida en tres espacios: las aguas litorales, la costa, que combina las aguas marinas aledañas a la misma con la zona intermareal y el espacio limitado por su borde hacia tierra y finalmente las tierras litorales. Para la costa propiamente dicha, estipulan una extensión desde cientos de

metros a unos pocos kilómetros y para las tierras litorales, hasta varios kilómetros, pero no precisan los criterios aplicables para su delimitación. A los efectos de la gestión asumen también que el área litoral influye sobre dos zonas contiguas, una hacia el océano: las aguas marinas sometidas a la influencia litoral y costera y la otra hacia tierra firme: las áreas terrestres sometidas a la influencia litoral (Barragán e de Andrés, 2016).

Aunque el Decreto Ley 212 de la normativa cubana, actualmente en revisión, permitió regular las intervenciones en su zona costera de manera muy consistente, incluyendo para ello disposiciones concernientes a la delimitación tanto de este espacio, así como de la zona de protección aledaña (Decreto Ley 212; Arts. 1, 3, 4, 5.1). Los límites estipulados para la zona costera son restrictivos y salvo en la desembocadura de los ríos, no exceden nunca los 40 m hacia tierra a partir de algunos elementos físico-geográficos. De acuerdo con su artículo 12 la zona costera, con excepción de algunas instalaciones y áreas, es además de carácter público, lo cual ya define per se su uso. Por otra parte, y sin instituir tácitamente los criterios en los que podría basarse, la zona de protección precisa de un ancho mínimo de 20 o 40 m que, en caso necesario podría extenderse, pero no contempla bajo que premisas.

En consonancia con el artículo 18 de este Decreto Ley, la zona de protección, tiene usos casi tan restringidos como la zona costera. De hecho, el concepto «de protección» se asocia más bien a consideraciones de manejo y no tanto a otros espacios excluidos de las definiciones contempladas en los artículos de este Decreto Ley, pero también sometidos de una u otra forma a la interacción de los tres dominios presentes en el borde costero. Bajo el contexto jurídico que brinda el Decreto Ley 212, la aplicación de algunos instrumentos de la gestión ambiental como el ordenamiento y en general el planeamiento espacial, con la consiguiente zonificación y asignación de usos en las tierras litorales stricto sensu Barragán e de Andrés (2016), se torna una compleja tarea en la actualidad, limitándose asimismo el desarrollo prospectivo de nuevos instrumentos como la «Ordenación Espacial Marítima (Farinos, 2011; Sanabria, 2014) o el manejo integrado y simultáneo de cuencas hidrográficas y áreas costeras (UNEP/MAP/PAP, 1999).

En el ámbito latinoamericano, muchas legislaciones establecen con claridad la extensión de los espacios de dominio público (bienes imprescriptibles, inalienables, inembargables y no sujetos a tributo alguno), y prescriben las excepciones que pueden concurrir para este tipo de uso. Sin la presencia de

elementos como marismas, lagunas, albuferas y manglares, restringen asimismo la extensión de la zona costera a longitudes preestablecidas a partir del flujo y reflujo de la marea, que comprenden por lo general entre 5 y 2 000 m de ancho (Supporting information III) En algunos estados insulares del Caribe con poca o mediana extensión, se propone incluso la incorporación como área litoral de toda o casi toda la superficie insular. Por el contrario, en otros países caribeños el entorno costero aparece indefinido desde el punto de vista legislativo o no se reconoce la existencia de alguna franja terrestre (Supporting information III).

Quizás a consecuencia de la insuficiente disponibilidad de información sinóptica acerca de los atributos geosistémicos que caracterizan la zona costera, un enfoque holístico basado en la representación cartográfica de los mismos con el fin de delimitar su segmento terrestre mediante la combinación de varios de ellos, raramente acontece en la región. Solo en la legislación venezolana, se contempla dicho enfoque para su delimitación, incorporando también a los efectos del manejo, una franja contigua diferenciada, que se asume como zona de interacción.

La demarcación de los espacios terrestres de la zona costera en el archipiélago cubano también ha seguido la vía tradicional, a pesar de algunas propuestas metodológicas realizadas, basadas en la combinación de elementos naturales y patrimoniales e instrumentos de gobernanza, como la declaración de zonas bajo régimen de manejo integrado costero (Milanés *et al.*, 2017) y la disponibilidad de cuantiosos datos sobre múltiples atributos geosistémicos a diferentes escalas de trabajo. El empleo con un sentido holístico y precautorio de algunos de estos atributos, para generar una faja costera susceptible de ser manejada expeditamente, pero bajo condicionantes precisas causadas por la interacción de estos tres dominios, apenas se ha ensayado como ejercicio académico. Cuando así ha ocurrido, sus límites se han sustentado en descriptores asociados a la gestión de riesgos o a la génesis bajo influencia marina de diversos componentes ecosistémicos (Figura 5, Arces *et al.*, 2011).

Como evidencian los resultados del taller realizado, cuando se consigna desde un punto de vista geográfico el ámbito del segmento terrestre asociado al dominio o influencia oceánica, este puede ser delimitado de acuerdo a diferentes criterios, todos igualmente válidos. De esta forma, y en dependencia tanto de los fines del estudio como de la escala empleada y de la información disponible, múltiples descriptores pueden ser utilizados (Figuras 6, 7 y 8).



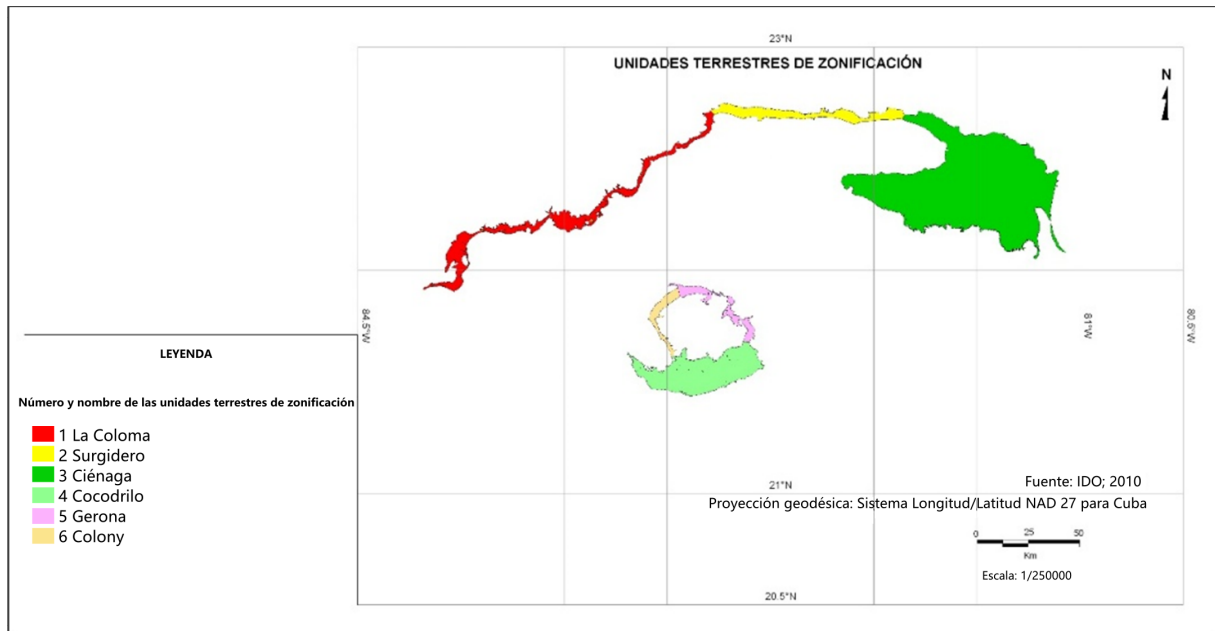


Figura 5. Delimitación de los seis segmentos que componen las «Tierras Litorales» en el ecodistrito Los Canarreos (plataforma SW de Cuba) y la Isla de la Juventud, los mayores territorios insulares del archipiélago cubano, a partir de descriptores asociados a las características edafológicas, las formaciones vegetales y el área de inundación causada por la elevación de 1.36 m del nivel del mar como consecuencia del paso de un ciclón tropical de categoría 1 en la escala SAFFIR-SIMPSON. Según Areces *et al.* (2011).

MICROESCALA (≤1:50000)					
COMUNIDADES Y HÁBITATS		PVR	GEOMORFOLOGÍA Y TECTÓNICA	SUELOS Y LITOLOGÍA	
ABRASIVAS	Con Terrazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límites del matorral xeromorfo costero y subcostero y eventualmente del bosque semidecídúo micrófilo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límites de la intrusión salina.</li> <li>Límites de la cuña salina.</li> <li>Planos de inundación pluvial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elementos del relieve: playas, caletas, esteros, dunas, acantilados, colinas fósiles, planicies fluviales.</li> <li>Presencia de:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Escarpes.</li> <li>Fracturas de distensión.</li> <li>Fenómenos tectónico-gravitacionales.</li> <li>Diaclasas, dolinas y cuevas lacustres.</li> <li>Presencia de huracanolitos y sus barras de tormenta.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensión y límites de las formaciones: <i>Cabo Cruz</i> (Mioceno superior), <i>Canimar</i> (Plioceno indiferenciado), <i>Vedado</i> y <i>Río Maya</i> (Plioceno superior-Pleistoceno inferior), <i>Jaimanitas</i> (Pleistoceno), <i>Santa Fe</i>, <i>El Salado</i>, <i>La Cabaña</i> y <i>Cocodrilo</i> (Sobre <i>Jaimanitas</i>), <i>Guanao</i> (Sobre formaciones del Mioceno), <i>Alegrias</i> (Pleistoceno), <i>Siguanea</i>, <i>Cauto</i>, <i>Guevara</i> y <i>Guane</i> (Pleistoceno, formaciones terrígenas asociadas a terrazas fluvio-marinas).</li> <li>Carsificación, depresiones carsticas y tipos de carcos.</li> <li>Arenas de origen biogénico o terrígeno.</li> <li>Presencia de barras de arenitos.</li> <li>Litosoles.</li> </ul>
	Sin Terrazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia y límites de los complejos de vegetación de costas rocosas y arenosas (incluye representación del manglar).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensión y límites de las penetraciones del mar causadas por eventos meteorológicos extremos.</li> <li>Planos de inundación pluvial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensión de la planicie costera.</li> <li>Grado de fracturación tectónica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución de los suelos del agrupamiento <i>Histosol</i> y los suelos <i>Gley Nodular Ferruginoso</i> y <i>Gley Húmico Turboso</i> del agrupamiento <i>Hidromorfico</i>.</li> </ul>
ACUMULATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonación y dominancia del manglar.</li> <li>Límites del bosque y herbazal de ciénaga.</li> <li>Presencia y extensión del complejo de vegetación de agua dulce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límites de la intrusión salina.</li> <li>Límites de la cuña salina.</li> <li>Planos de inundación pluvial.</li> <li>Extensión y límites de las penetraciones del mar causadas por eventos meteorológicos extremos.</li> </ul>			

Figura 6. Criterios y descriptores propuestos para la delimitación del ámbito terrestre del borde costero a microescala.

Con una resolución cartográfica más detallada es posible delinear el borde terrestre del área litoral stricto sensu Barragán e de Andrés (2016) y su superficie total, a partir de diversos descriptores relacionados con la litología y los suelos, la geomorfología y la tectónica, las comunidades y hábitats o a las vulnerabilidades y riesgos (Figuras 6 y 7).

En cuanto a la litología, se dispone de información pertinente sobre las formaciones encontradas en diferentes horizontes del cuaternario cubano (Peñalver-Hernández, *et al.*, 1992; Cabrera y Peñalver, 2001). Al considerar los suelos, se cuenta con datos acerca de la distribución de las rendzinas, gleysoles e histosoles del agrupamiento hidromórfico (INSTITUTO DE SUELOS/CUBA, 1971;1973;1975;1980;1999) así como de litosoles en las costas abrasivas con suelos poco desarrollados.

Con respecto a las formaciones vegetales, de acuerdo a la clasificación de suelos con vocación forestal y a su equivalencia con la cobertura que sustentan, han sido reconocidas 17 formaciones vegetales bien diferenciadas (NC 66, 2000). Cinco grandes grupos componen estas formaciones (Capote y Berazaín, 1984), y todos ellos pueden estar bien representados en las costas en correspondencia con el grado de naturalidad que las mismas posean. De las formaciones boscosas, aparecen con frecuencia el bosque siempreverde micrófilo, el bosque de ciénaga, y el manglar. Las formaciones arbustivas mejor representadas son el matorral xeromorfo costero y

subcostero. Como formaciones herbáceas pueden aparecer las comunidades acuáticas de agua dulce, las comunidades halófilas y el herbazal de ciénaga.

Los complejos de vegetación de costa rocosa y costa arenosa le imprimen también a esta zona características particulares desde el punto de vista florístico. Estas formaciones pueden reconocerse mediante el uso de imágenes satelitales multispectrales y bajo condiciones de trabajo que posibiliten una clasificación supervisada, el tratamiento geomático de las mismas permite precisar sus límites con exactitud. De igual modo, se dispone de datos concernientes a la amplitud de la penetración del mar causada por eventos meteorológicos extremos, así como sobre la magnitud y características de la intrusión salina y de otros descriptores asociados a los riesgos y vulnerabilidades a lo largo de todo el litoral de las grandes islas del archipiélago cubano.

A escalas más generales, los criterios y descriptores fundamentales para delimitar el borde terrestre del área litoral son: el clima, los paisajes, los ecosistemas y comunidades y la geomorfología y tectónica, utilizando para esto la amplia información existente en diversos estudios y publicaciones como son: el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1989) y las investigaciones realizadas por instituciones oficiales y diversas universidades nacionales entre otros, sobre la zona marino-costera del archipiélago cubano.

MESOESCALA ( $\leq 1:250000$ $> 1:50000$ )				
COMUNIDADES Y HÁBITATS		PVR	GEOMORFOLOGÍA Y TECTÓNICA	SUELOS Y LITOLÓGIA
ABRASIVAS	Con Terrazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grado de escurrimiento fluvial.</li> <li>Penetración de la intrusión salina.</li> <li>Penetración de la cuña salina.</li> <li>Extensión y límites de las penetraciones del mar causadas por eventos meteorológicos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costas circundando valles fluviales inundados (rías).</li> <li>Presencia de llanuras no glaciares.</li> <li>Tipos de influencia estructural.</li> <li>Grado de influencia de cuencas hidrográficas aledañas.</li> <li>Disposición del perfil costero con respecto a los vientos predominantes.</li> <li>Carácter y génesis del relieve costero.</li> <li>Profundidad del nivel freático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensión y límites de las formaciones del Mioceno superior, Plioceno y Pleistoceno.</li> </ul>
	Sin Terrazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia y ancho del bosque de galería asociado a la desembocadura de ríos.</li> <li>Límites de las formaciones vegetales asociadas a rendzinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensión de la planicie costera.</li> <li>Profundidad del nivel freático.</li> </ul>	
ACUMULATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límites de las formaciones vegetales asociadas a suelos cenagosos.</li> <li>Grado de Naturalidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grado de escurrimiento fluvial.</li> <li>Penetración de la intrusión salina.</li> <li>Penetración de la cuña salina.</li> <li>Extensión y límites de las penetraciones del mar causadas por eventos meteorológicos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución de los suelos del agrupamiento <i>Histosol</i> y los suelos <i>Gley No-dular Ferruginoso</i> y <i>Gley Húmico Turboso</i> del agrupamiento <i>Hidromórfico</i>.</li> </ul>	

Figura 7. Criterios y descriptores propuestos para la delimitación del ámbito terrestre del borde costero a mesoescala.

		MACROESCALA (> 1:250000)		
		CLIMA	PAISAJES, ECOSISTEMAS Y COMUNIDADES	GEOMORFOLOGÍA Y TECTÓNICA
ABRASIVAS	Con Terrazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fajas bioclimáticas.</li> <li>Dirección y fuerza de los vientos predominantes.</li> <li>Oleaje.</li> <li>Influencia de sures.</li> <li>Influencia de frentes polares.</li> <li>Índice de disipación energética.</li> <li>Temperatura media superficial del agua en invierno.</li> <li>Temperatura media superficial del agua en verano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Naturaleza de las unidades biogeográficas.</li> <li>Existencia y distancia a la costa de barreras y crestas arrecifales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelado y composición de la costa.</li> <li>Ancho de la planicie marina aledaña.</li> <li>Dirección de la línea de costa con respecto a los vientos predominantes.</li> <li>Distancia al talud insular.</li> <li>Presencia y características de las cayerías.</li> <li>Altimetría e inclinación de las pendientes.</li> <li>Elevamientos neotectónicos de la costa.</li> </ul>
	Sin Terrazas			
ACUMULATIVAS			<ul style="list-style-type: none"> <li>Naturaleza de las unidades biogeográficas.</li> <li>Existencia y distancia a la costa de barreras y crestas arrecifales.</li> <li>Presencia de manglares en el borde costero.</li> <li>Presencia de humedales oligohalinos en el borde costero.</li> <li>Grado de protección de ecosistemas costeros por la existencia de macrolagunas con barreras exteriores de cayos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelado y composición de la costa.</li> <li>Presencia de macrolaguna frontal.</li> <li>Dirección de la línea de costa con respecto a los vientos predominantes.</li> <li>Ancho de la planicie marina aledaña.</li> <li>Presencia y características de las cayerías.</li> <li>Elevamientos neotectónicos de la costa.</li> </ul>

Figura 8. Criterios y descriptores propuestos para la delimitación del ámbito terrestre del borde costero a macroescala.

En el proceso de delimitación de las tierras litorales, una aproximación holística y precautoria presupone dos premisas que son: 1, la combinación cartográfica de los descriptores usados y 2, considerar en cualquier proyección perpendicular al borde costero como el límite hacia tierra, solo el de aquella faja que genera la mayor amplitud. No puede tampoco soslayarse el grado de antropización que la costa tiene. En condiciones idóneas de conservación, cuando la naturalidad es muy elevada, la distribución de las formaciones vegetales reviste gran significado (Figura 9) A medida que progresa el proceso de asimilación con su consiguiente artificialización (Figura 10), este significado se pierde y da paso a descriptores asociados a la litología y a los suelos. Cuando ya no es posible basar la delimitación en atributos naturales, los descriptores asociados a vulnerabilidad y riesgos adquieren una mayor relevancia y, bajo una «litoralización» total, el uso y la función definen los límites, que incluso pueden ceñirse solo a las conurbaciones (Figura 11).

Se admite que los atributos geosistémicos se asocian entre sí de acuerdo a escalas jerárquicas anidadas (Escofet, 2006). Dicha asociación permite vincularlos con fines diversos. De este modo, una vez que estas han sido delimitadas, el empleo de las mayores escalas posibilita zonificar a las tierras litorales en unidades ambientales. Con este propósito puede tomarse en cuenta otros descriptores propuestos (Figuras 7 y 8), relacionados tanto a los componentes del paisaje y el relieve, como ecosistémicos, de vulnerabilidad y riesgos o climáticos.

De los últimos, se destacan aquellos afines al hidroclima oceánico, cuyos elementos pueden estar asociados al oleaje, a la temperatura y a la disipación energética, o las fajas bioclimáticas sugeridas por Borhidi (1974), de las cuales dicho autor asume la existencia de al menos ocho que incluyen las zonas costeras de Cuba. El mismo propone también para la regionalización florística del país, 36 distritos fitogeográficos enmarcados dentro de tres subprovincias y nueve sectores (Borhidi, 1991). Tan solo mediante la combinación de aquellos distritos florísticos confinados a la línea de costa con las fajas bioclimáticas derivadas de climogramas locales, podría generarse una matriz bien diferenciada de unidades ambientales asociadas al área litoral.

La implementación de enfoques novedosos en los estudios sobre la conectividad cuencas-hidrográficas-tierras litorales, requiere necesariamente de la generación previa de espacios de referencia. Estos estarían representados por el continuo conformado entre el área de las nacientes y los parteaguas y el ámbito costero aledaño, debidamente identificado y relacionado de una u otra forma al dominio oceánico y su influencia. Solo así el análisis de sus efectos sobre las funciones de carga, regulación, producción e información o la visualización de escenarios a partir de la construcción de sistemas análogos a los naturales para estudiar la distribución e intensidad de los flujos de entrada y salida (UNEP/MAP/PAP,1999), podría llevarse a cabo con relativa facilidad.

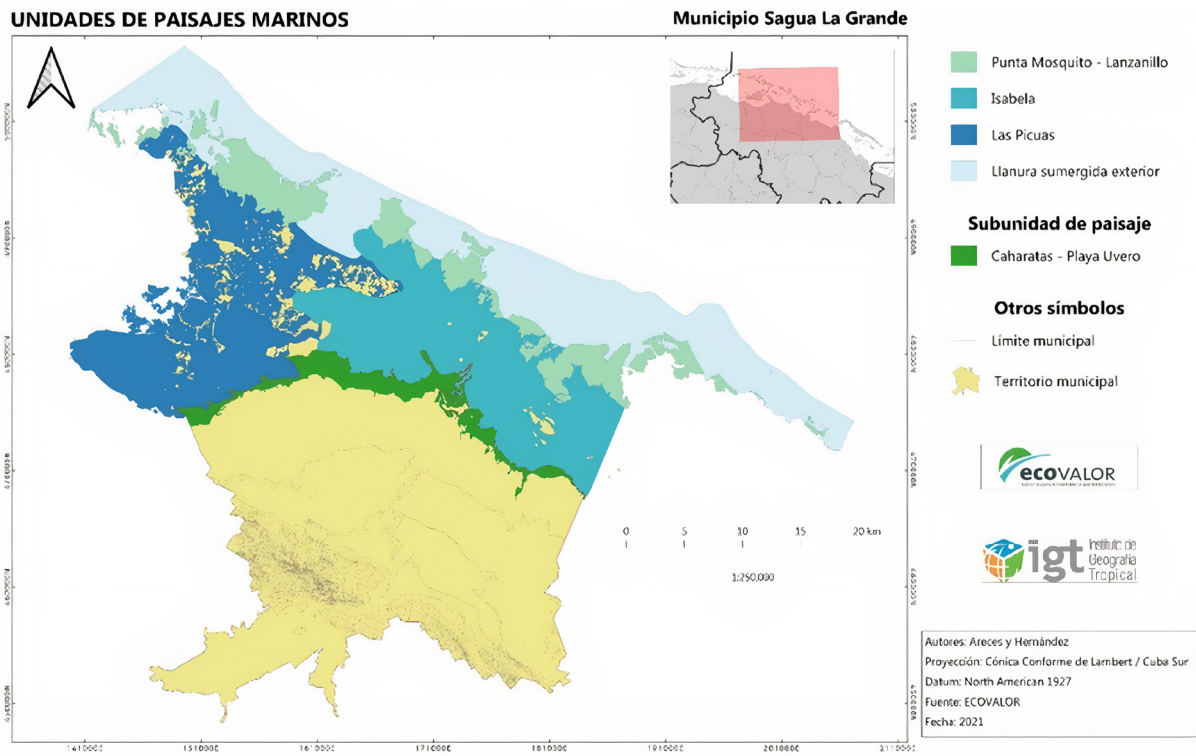


Figura 9. Paisajes marinos y la comarna litoral, una subunidad de paisaje terrestre íntimamente asociada al borde costero, en un polígono de trabajo del litoral centro norte de Cuba. En condiciones de naturalidad muy elevada, la comarna litoral puede coincidir con las Tierras Litorales. Según Hernandez *et al.*, 2021.



Figura 10. El grado de antropización define la importancia relativa que adquieren los diferentes descriptores en la delimitación del ámbito terrestre asociado a la costa. Una zonificación posterior en unidades ambientales de naturaleza costera, basada, bien en atributos naturales o alternativamente en el uso y la función asignada al suelo, podría llevarse a cabo con facilidad después de ser efectuada dicha delimitación.



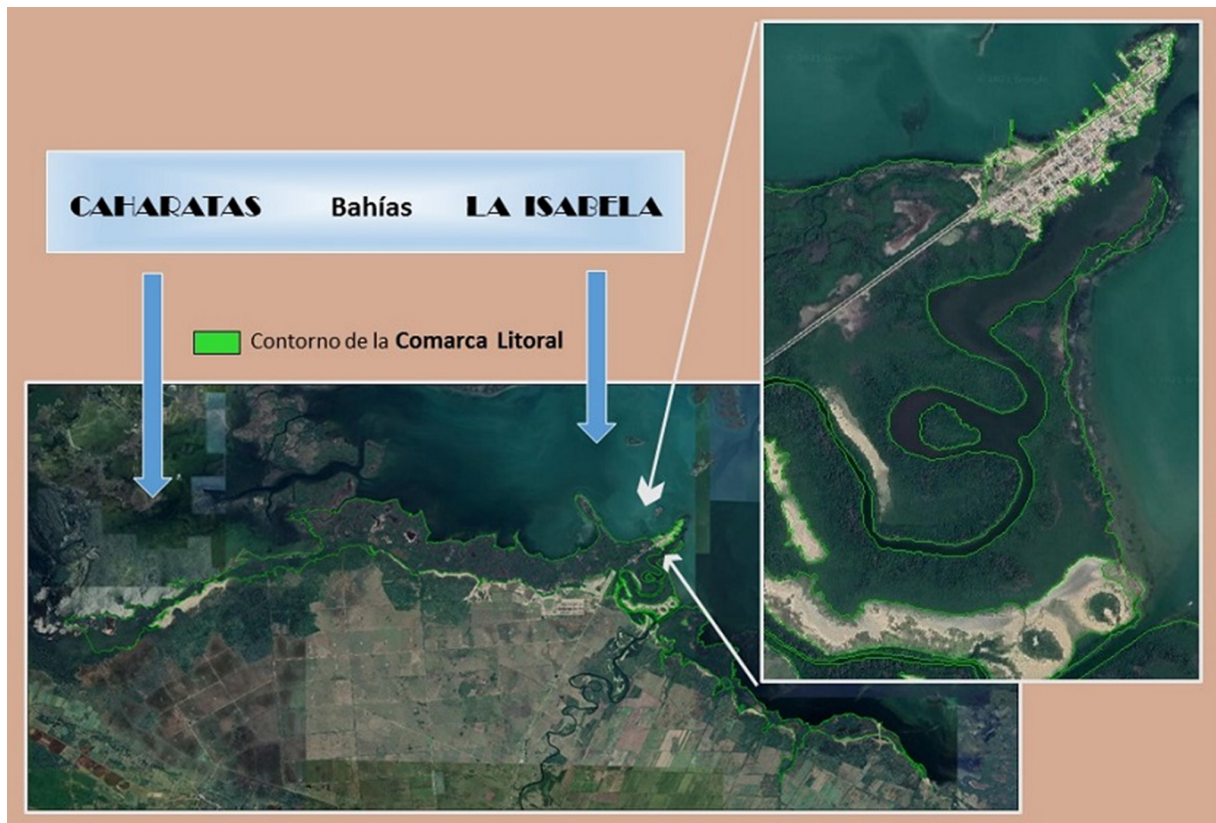


Figura 11. Ventana de la comarca litoral Caharatas-Playa Uvero en el municipio Sagua la Grande, con fachada en la costa en el centro norte de Cuba. Véase la conurbación del poblado La Isabela, que en dependencia de la escala de trabajo será distinguida del resto de las «Tierras Litorales». Según Hernández *et al.*, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

El cambio de paradigma en los procesos de gobernanza, tan necesarios para asegurar la sustentabilidad de la sociedad humana, puede ejemplificarse a cabalidad en el ámbito marino-costero. En dicho espacio geográfico confluyen además de toda la problemática ambiental existente en la actualidad, una globalización acelerada de la economía que provoca diversas externalidades negativas y múltiples problemas transfronterizos. Bajo este panorama, una débil gestión pública, tan común en la arena internacional, solo tiende a incrementar las vulnerabilidades y riesgos que la concentración de la población y las insuficiencias en el uso y asignación del suelo le ocasionan.

La sociedad humana, tan proclive a plataformas ideológicas de variada naturaleza, al rejuego político y a un aprendizaje económico que solo maximiza las ganancias sin considerar elementos como la equidad o la mitigación de las asimetrías

en la distribución de la riqueza, no ha aprendido del todo a basar su desempeño en indicadores objetivos de progreso y sustentabilidad. Las circunstancias descritas determinan que la voluntad política, particularmente en los países subdesarrollados, juegue un papel primordial en el éxito de los procesos de gestión ambiental. En el entorno latinoamericano, esta voluntad puede ser volátil a tales fines y la conservación del patrimonio natural mediante una intensión administrativa en los procesos de gobernanza, varía en cada uno de los países que integran dicha comunidad.

La socialización del conocimiento, el dominio académico existente para la asimilación y transferencia de nuevas conceptualizaciones y tecnologías, así como la experiencia práctica alcanzada en la implementación de modelos de gestión ambiental exitosos, también influyen notablemente en estos logros. Por ello son tan importantes los enfoques actuales de gestión ambiental en la zona litoral que trasciendan

la compatibilización de actores e intereses sectoriales y se enfoquen en la identificación de espacios geográficos con características propias que vinculen entre sí las cuencas hidrográficas con sus áreas costeras aledañas incorporando enfoques ecosistémicos. Esta nueva concepción requiere como actuación previa, de la implementación de procesos de regionalización y determinación de unidades ambientales que favorezcan la identificación de los usos con fines de preservación de sus bienes y servicios ecosistémicos, al igual que de todos aquellos hábitats representativos y singulares.

Sin embargo, los vacíos existentes en las normativas legales disponibles, no contribuyen a esta transformación y ponen en evidencia el lento proceso de transferencia a la superestructura social como herramienta jurídica ejecutiva, de los nuevos constructos conceptuales acerca del medio ambiente. Por tal razón, la delimitación en la zona litoral de los espacios terrestres sometidos a influencia marina, donde ocurre o ha tenido lugar la interacción entre los tres dominios, adolece en la actualidad de profundas imprecisiones. En líneas generales, una parte importante de la normativa jurídica que sustenta la administración pública de este ámbito, en lo que concierne a su gestión ambiental, no favorece la concepción holística asentada en los ecosistemas. En el caso del archipiélago cubano y a pesar de la aceptada voluntad política existente, el decreto 212 concerniente a la gestión de la zona costera resulta insuficiente y debe ser revisado, ya que se dispone de cuantiosa información de carácter geosistémico susceptible de ser representada cartográficamente, que en las mayores islas del archipiélago cubano, permite considerar como mínimo cinco criterios de delimitación para la sectorialización de su zona costera y no menos de 23 descriptores asociados a ellos.

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados del presente estudio, que están centrados en técnicas observacionales y en el concurso de diversos expertos que examinaron cinco criterios geosistémicos y múltiples descriptores asociados a ellos para la delimitación de espacios terrestres bajo la influencia del dominio oceánico, no podrían haber sido obtenidos sin el trabajo entusiasta y competente de los participantes en el ejercicio grupal. Se agradece en particular a la geógrafa Carmen González por la preparación y coordinación de dicho ejercicio y a los especialistas Roberto Denis, Magaly Sosa y Marcelino Hernández por sus significativos aportes al debate.

## REFERENCIAS

- Ahmad, H. (2019). Bangladesh Coastal Zone Management Status and Future Trends, *Journal of Coast Zone Management*, Vol. 22 Iss. 1 No. 466, DOI:10.24105/2473-3350.22.466.
- Areces, A.; Jaimez, J.; Sotillo, E.; Capote, A.; Martínez-Bayón, R. T.; Aldana, C.; López-Kramer, J. M. (2011). Delimitación de espacios geográficos para el proceso de gestión ambiental en zonas costeras. Estudio de caso: la franja litoral del Golfo de Batabanó, Cuba, *Serie Oceanológica*, 9: 96-111.
- Barragán, J. M. (1994). *Ordenación, planificación y gestión del espacio litoral*, Barcelona: Oikos-tau, ISBN:8428108102.
- Barragán-Muñoz, J.M. (2003). Hacia una mejor comprensión de un espacio singular, In: Barragán-Muñoz, J. M. *Medio Ambiente y Desarrollo en Áreas Litorales. Introducción a la Planificación y Gestión Integradas*, Cádiz: Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz, p. 17-29. ISBN: 978-84-7786-829-3
- Barragán-Muñoz, J.M. (2005). Fin de siglo para las costas de Latinoamérica, In: Barragán-Muñoz, J. M *La Gestión de Áreas Litorales en España y Latinoamérica*, Cádiz: Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz, p. 15-46. ISBN: 978-84-9828-807-0
- Barragán, J. M.; de Andrés, M. (2016). Aspectos básicos para una gestión integrada de las áreas litorales de España: conceptos, terminología, contexto y criterios de delimitación. *Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada*, 16(2):171-183, ISSN: 1646-8872.
- Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (2003). Introduction. In: Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (Eds.) *Navigating Social-Ecological Systems: building resilience for complexity and change*, p. 1-30, Nueva York: Cambridge University Press.
- Borhidi, A. (1974). *Kubá bantérképeztünk* (Mapping in Cuba). In: Hungarian Budapest Gondolat.
- Borhidi, A. (1991). *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Cabrera, M.; Peñalver, L. (2001). Contribución a la estratigrafía de los depósitos cuaternarios de Cuba, *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 15 (3-4): 37-49. ISSN: 0214-1744.
- Cajiao-Jiménez, M.V.; Salazar-Cambronero, R.; Valverde-Soto, M.; Naranjo-Vargas, I.; Arauz-Vargas, R. (2003). *Régimen legal de los recursos marinos y costeros en Costa Rica*. 1ª Edición, Fundación AMBIO, San José, Costa Rica, 38 p. ISBN: 9968820083.
- Capote, R. P.; Berzaín, R. (1984). Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 5(2): 27-75. ISSN: 2410-5546.

- CERC (2000). Coastal engineering manual. US Army Corps of Engineers, Virginia, MA.
- Centro Nacional de Áreas Protegidas (2013). *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020*. Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (Cuba).
- Cortina-Segovia, S.; Brachet-Barro, G.; Ibañez de la Calle, M.; Quiñonez-Valades, L. (2007). *Océanos y Costas. Análisis del marco jurídico e instrumentos de política ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)/Instituto Nacional de Ecología, México.
- Decreto-Ley No. 212 (2000). *Gestión de la Zona Costera*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*.
- Denis-Valle, R.; Cabrera-Castellanos, M.; Núñez-Labañino, A.; Triff-Oquendo, J.; Peñalver-Hernández, L.; Rodríguez-Fernández, R.; Valdés-Peralta, R.; Martín-Izquierdo, D.; Iglesias-Rodríguez, E.; Domínguez-López, E.; Ugalde-Fariñas, C.; Rivada-Suárez, R.; Núñez-Cambra, K.; Tejas-Pita, M. (2016). *Caracterización geológica - geomorfológica de la zona costera cubana como contribución a la estimación de escenarios de peligro y vulnerabilidad asociados al ascenso del nivel medio del mar*. Informe Inédito, Arch. Científico, Agencia de Medio Ambiente, CITMA, Cuba.
- Dunn, O. J. (1961). Multiple comparisons among means. *Journal American Statistic Assesment*, 56 (293): 52-64. <https://doi.org/10.1080/01621459.1961.10482090>.
- Escofet, A. (2006). Escalas jerárquicas anidadas. In: *Ordenamiento ecológico marino: Visión temática de la regionalización*, pp. 87-102, INE, México. ISBN 978-968-817-944-4.
- Farinós, J. (2011). La Gestión Integrada de Zonas Costeras, una nueva práctica de gobernanza y un paso adelante en materia de Spatial Planning. In: Farinós, J. *La Gestión Integrada de Zonas Costeras. ¿Algo más que una ordenación del litoral revisada?* pp. 13-31, Valencia: Publicacions de la Universitat de València, ISBN: 978-84-370-8009-3
- Folke, C.; Hahn, T.; Olsson, P.; Norberg, J. (2005). Adaptive governance of socialecological systems. *Annals Review Environmental Resources*, 30: 441-473.
- GESAMP (Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección Ambiental Marina) (1996). *La contribución de la ciencia al manejo costero integrado*, IMO/FAO/ UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/ UN/UNEP, *Estudios e Informes de GESAMP*, No. 61.
- Government of Barbados (2000). Chapter 394. Coastal Zone Management Act. In: *The Laws of Barbados*. Government Printer, Saint Michael, Barbados.
- Government of Belize (2000). Chapter 329. Coastal Zone Management Act. In: *The Substantive Laws of Belize, Revised Edition 2000*, pp. 3-29, Government Printer, Belmopan.
- Government of Saint Lucia (2004). *Coastal Zone Management in Saint Lucia: Policy, Guidelines and Selected Projects*, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries/ Ministry of Physical Planning, Environment and Housing.
- Grupo de Macroproyecto (2017). Mapa del borde costero de Cuba y su archipiélago. Inédito, *Archivo Científico*, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.
- Hernández, D.; Reyes-León, D.; Areces-Mallea, A. J. (2021). Inventario y clasificación tipológica de los paisajes marino-costeros en sitios seleccionados de la plataforma insular cubana. *Inédito*, Repositorio de Instituto de Geografía Tropical, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.
- Instituto de Geografía/instituto de Geodesia y Cartografía/Cuba (1989). Nuevo Atlas Nacional de Cuba, impreso en el Instituto Geográfico Nacional de España, (sin paginar).
- Instituto de Suelos/Cuba 1971. Mapa Genético de los Suelos de Cuba, a escala 1: 250 000. Editado por Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 19 hojas.
- Instituto de Suelos/Cuba (1973). *Génesis y Clasificación de los Suelos de Cuba* (Texto explicativo del Mapa Genético de Suelos, escala 1: 250 000). Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Instituto de Suelos/Cuba (1975). II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. *Serie Suelos*, 23: 1 - 25.
- Instituto de Suelos/Cuba (1980). *Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, La Habana: Editorial Academia.
- Instituto de Suelos/Cuba (1999). Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, La Habana: *Agrinfor*, Ministerio de Agricultura.
- Iturralde-Vinent, M. A. (2015). Tipología, formación y transformación de las costas de Cuba, In: González, P. (coord.) *Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba. Estado actual, retos y desafíos*, pp. 129-150, La Habana: Editorial Imagen Contemporánea, ISBN: 978-959-293-028-5.
- Juman, R. (2017). IMA's role in coastal and ocean governance in Trinidad and Tobago.
- Kuleli, T. (2017). Measuring Sustainability of Turkish Coastal Regions based on Quality Coast Indicators by Local Experts Evaluation, *Journal of Coast Zone Management*, Volume 20, Issue 4, 6 p.
- Malzac, M. E.; Cabral da Silva, T. (2019). Delimitações da zona costeira Sul do estado da Paraíba, Brazil, *Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada* 19 (2):123-141, ISSN: 1646-8872.
- Milanés Batista, C.; Suarez, A.; Botero Saltarén, C. M. (2017) - Novel method to delimitate and demarcate coastal zone boundaries, *Ocean & Coastal Management*, 144:105-119, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.021>.



- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente/Venezuela (2010) – Plan y Gestión Integrada de las Zonas Costeras de Venezuela (El Plan-Proyecto de Decreto), *Serie Ordenación y Gestión Integrada de las Zonas Costeras de Venezuela*, Caracas.
- NC 66.2000 - *Calidad del suelo. Suelos forestales. Clasificación y utilización*, Oficina Nacional de Normalización (Cuba).
- Peñalver-Hernández, L.; Franco-Álvarez, G.L.; Acevedo-González, M.; Ortega-Sastriques, F.; Cabrera-Castellano, M.; de la Torre-Callejas, A.; Pérez-Lazo, J.; Orbera-Hernández, L.; Gutiérrez-Domech, M.R.; Barrientos-Duarte, A.; Artime-Peñeñori, C.; Moncada-Ferrera, M. (2011). 2.5 Cuaternario. In: Guillermo L. Franco-Álvarez, et al., 2011. *Léxico Estratigráfico de Cuba*, p. 87-92, Primera Versión, 1992, Centro Nacional de Información Geológica, La Habana.
- República de Chile (1994). Decreto Supremo No. 475 Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la Republica. In: Salzwedel, H.; Zapata, N.; Eilbrecht, M.; Arzola, A.M. (2002) *Zonificación del Borde Costero – Guía metodológica para el nivel comunal: La experiencia de la Región del BíoBío*. 5 pp., Proyecto de Cooperación Técnica Chileno-Alemana Ordenamiento Territorial de la Zona Costera de la Región del BíoBío.
- República de Colombia (2013). Decreto No. 1120 “Por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras –UAC- y las comisiones conjuntas, se establecen las reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos y se dictan otras disposiciones”.
- República Dominicana (1968). Ley No. 305, que modifica el artículo 49 de la Ley No. 1474, sobre Vías de Comunicación, de fecha 22 de febrero de 1938, *Gaceta Oficial*, N° 9082: 361-363.
- República de Nicaragua (1996). Ley No. 217, *Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales*.
- República de Nicaragua (2009). Ley No. 690, *Ley para el Desarrollo de las Zonas Costeras*, *Gaceta Oficial*, No 141.
- República de Venezuela (2001). *Ley de Zonas Costeras*, *Gaceta Oficial* N° 3.734. In: Abogado-Ríos, M.T. y Méndez-Alves, M.V. (2003). Propuesta metodológica para la delimitación de zonas costeras, *Terra Nueva Etapa*, XIX (28): 103-121, ISSN: 1012-7089.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y los Recursos Naturales, México) (2006). Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable.
- Sanabria-García, J. (2014). *Hacia la gestión integrada del medio marino: análisis de un nuevo marco conceptual y metodológico*, 615 p., Tesis doctoral, Universidad de Cádiz.
- Siegel, S. (1974). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Editorial Trillas.
- Silva-Casarin, R.; Villatoro-Lacouture, M.; Ramos-Duron, F.J.; Pedroza-Paez, D.; Ortiz-Pérez, M.A.; Mendoza-Baldwin, E.G.; Delgadillo-Calzadilla, M.A.; Escudero-Castillo, M. C.; Felix-Delgado, A.; Cid-Salinas, A. (2014). *Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable*, UNAM/SEMARNAT, México.
- Tundi, A.; Davis, J.; Sherwood, K.; Vestergaard, O. (2011). *Taking Steps Toward Marine and Coastal Ecosystem-Based Management, An Introductory Guide*. UNEP, Marine Affairs Research and Education (MARE).
- United States of America (1972). Coastal Zone Management, Act. Public Law: 92-583.
- UNEP/MAP/PAP (1999). *Conceptual Framework and Planning Guidelines for Integrated Coastal Area and River Basin Management. Priority Actions Programme*
- UNEP/GPA. (2003). Part 5: Country Report, III. Jamaica. In: *Review of national legislation related to coastal and marine resources management and the adequacy/inadequacy of the institutional arrangements under which this takes place*, Reporte preparado por el Dr. Winston Anderson, p. 27-35.
- Walker, B.; Carpenter, S.; Anderies, J.; Abel, N.; Cumming, G.; Janssen, M.; Lebel, L.; Norberg, J.; Peterson, G.D.; Pritchard, R. (2002). Resilience Management in Social ecological Systems: a Working Hypothesis for a Participatory Approach, *Conservation Ecology* 6(1):14.
- Walker, L.A. (200?). *Towards the Development of a Coastal Zone Management Strategy and Action Plan for Saint Lucia*, Nippon Foundation of Japan/United Nations.
- Young, J. (2009). Legislación de bosques y de áreas protegidas (manglares y otras vegetaciones marino-costeras) y su relación con la gobernanza ambiental en las zonas costero marinas, *Fundación MarViva*.

### INFORMACIÓN DE SOPORTE I -

#### ENCUESTA DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE ALGUNOS CRITERIOS GEOSISTEMICOS EN LA DIFERENCIACION DE LOS TIPOS DE COSTA

a) Marque con una cruz la importancia relativa que usted le asignaría a la influencia de los aspectos climatológicos en la demarcación del segmento terrestre de la franja costera (escala=1, nulo o mínimo; 10, máximo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

b) Marque con una cruz la importancia relativa que usted le asignaría a los gradientes PVR (peligros-vulnerabilidades-riesgos) para la identificación de espacios geográficos del segmento terrestre de la franja costera (escala=1, nulo o mínimo; 10, máximo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

c) Marque con una cruz la importancia relativa que usted le asignaría a las unidades de paisajes, formaciones vegetales, ecosistemas y hábitats para la demarcación de la franja marino-costera (escala=1, nulo o mínimo; 10, máximo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

d) Marque con una cruz la importancia relativa que usted le asignaría a los elementos geomorfológicos y tectónicos en la demarcación de espacios geográficos de la zona marino-costera (escala=1, nulo o mínimo; 10, máximo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

e) Marque con una cruz la importancia relativa que usted le asignaría a la composición de suelos y a la litología en la demarcación de espacios geográficos del segmento terrestre de la zona marino-costera (escala=1, nulo o mínimo; 10, máximo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Otros criterios que por su grado de influencia podrían ser considerados en la identificación de espacios de la zona marino-costera

No.	CRITERIOS	Grado de Influencia		
		Alto	Medio	Bajo

Nota: Incorpore tantos criterios como considere necesarios.



## INFORMACIÓN DE SOPORTE II -

### DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA EN RELACION AL TIPO DE COSTA DE LOS CRITERIOS GEOSISTEMICOS EVALUADOS

- Numere en una escala del 1 (mínima importancia) al 5 (máxima importancia) el peso relativo de los cinco criterios propuestos para la demarcación del ancho de costas ROCOSASSINTERRAZAS.

Climáticos	PVR	Paisajes-Ecosistemas-Habitats	Geomorfológicos y tectónicos	Suelos y Litología

- Numere en una escala del 1 (mínima importancia) al 5 (máxima importancia) el peso relativo de los cinco criterios propuestos para la demarcación del ancho de costas ROCOSAS CON TERRAZAS.

Climáticos	PVR	Paisajes-Ecosistemas-Habitats	Geomorfológicos y tectónicos	Suelos y Litología

- Numere en una escala del 1 (mínima importancia) al 5 (máxima importancia) el peso relativo de los cinco criterios propuestos para la demarcación del ancho de costas ARENO-TURBOSAS-LIMOSAS.

Climáticos	PVR	Paisajes-Ecosistemas-Habitats	Geomorfológicos y tectónicos	Suelos y Litología

Especialidad:

---

## INFORMACIÓN DE SOPORTE III - CONCEPTUALIZACIÓN DEL SEGMENTO TERRESTRE DE LA ZONA COSTERA EN EL ÁMBITO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE

### CONCEPTUALIZACIÓN

Científico-Ingenieril	Fuente	Gestión	Fuente	Jurídica	Fuente
Zona de transición entre el ambiente marino y terrestre, directamente bajo la influencia de los procesos hidrodinámicos marinos o lagunares, extendiéndose desde la plataforma continental en el límite oceánico, hasta el primer cambio topográfico importante por encima del alcance del máximo oleaje de tormenta.	CERC,2000.	Área de los municipios con frente de costa y hacia mar adentro hasta las 12 millas de Mar Territorial.	SEMARNAT, 2006.	Faja de tierra firme de 20 m de ancho con inclinación de 300 o menos, transitable y contigua a la playa o a partir de adonde lleguen los límites del mayor embalse anual o de la mayor pleamar. Se consideran la totalidad de los cayos y arrecifes situados en el mar territorial y un espacio desde la desembocadura del río hasta el punto donde llegue el mayor reflujó anual pero nunca mayor de 200 m.	Artículo 119 de la Ley General de Bienes Nacionales de la República de México y Reglamento para el uso y aprovechamiento del Mar Territorial, Vías navegables, Plazas, Zona Federal Marítimo Terrestre y terrenos ganados al mar (Cortina-Segovia <i>et al.</i> , 2007).
Dos escalas propuestas; nivel nacional y nivel local. Segmento terrestre hasta los 200 m de altitud o 200 km de distancia al mar para el nivel nacional. A nivel local una matriz de variables para establecer límites precisos.	Silva-Casarin <i>et al.</i> , 2014.	Poligonal de anchuravariante pero nunca menor de 500 m desde la línea de marea más alta, cuya profundidad dependerá de criterios físico-naturales, jurídico-administrativos, socio-culturales y económicos con contornos determinados mediante criterio de expertos.	República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para Eco-socialismo y Aguas, Decreto No 1468 con Fuerza de Ley de Zonas Costeras, Gaceta Oficial No 37.349, 2001; Abogado-Ríos y Méndez-Alves, 2003.	Área descubierta entre la bajamar y la pleamar, más 50 m de la marca de marea máxima promedio hacia tierra firme. En islas con más de 2 km <sup>2</sup> y un poblado permanente, la zona costera es de 5 m hacia tierra firme a partir del promedio histórico del nivel máximo de las aguas en invierno, o en su caso, las mareas. La zona costera de uso restringido se extiende 200 m hacia tierra firme, desde el límite terrestre de la anterior.	República de Nicaragua. Leyes No. 690 del 2000 "Ley para el Desarrollo de las Zonas Costeras" y 217 del 1996 "Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales".

## CONCEPTUALIZACIÓN

Científico-Ingenieril	Fuente	Gestión	Fuente	Jurídica	Fuente
Área asociada con la línea de costa, compuesta por materiales no consolidados, típicamente arena, o cementados formando roca, hasta donde cambie de naturaleza o condición fisiográfica de manera natural, o hasta una distancia mínima hacia tierra de 500 m desde el nivel más alto de marea.	Barbados. "Coastal Zone Management Act", 1998	Franja de 1000 m de ancho tierra adentro, con inclusión, de ser necesario, de ecosistemas clave que pudieran extenderla más.	Puerto Rico. United States Public Law 92-583.86 Stat. 1280, 1972. The Coastal Zone Management Act, 1451-1464, Chapter 33.	Franja comprendida desde la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP) hasta una línea paralela ubicada a dos km tierra adentro a partir del borde externo de los ecosistemas de manglar y el bosque de transición en el Pacífico, la cota máxima de inundación de las lagunas costeras que no posean bosque de manglar asociados, las áreas marino-costeras declaradas como protegidas, y el perímetro urbano de los centros poblados costeros.	República de Colombia. Decreto No. 1120, 2013.
Segmento terrestre comprendido desde los 100 m de altitud hasta el borde litoral cuando no haya acantilados o montañas que excedan esta altitud, o cuando la excedan, desde los 75 m de altitud a partir de su eje, hasta el litoral aledaño.	Santa Lucia. Walker, 200?	Área y conurbación de los municipios con fachada al mar.	República Federativa de Brasil. Art. 225 §4º de la Constitución Federal; Ley Federal N° 7.661/88; Anexo B; Resolución CIRM N° 005/ 97	Terrenos ubicados dentro de una faja de 80 m de ancho medidos desde la línea de la marea más alta de la costa del litoral.	República de Chile. Decreto Supremo No. 475 "Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República", 1994.
		"Island System Management": Inclusión de totalaisla como área de manejo costero.	Santa Lucia. Government of Saint Lucia., 2004.	200 m hacia tierra firme a partir del Límite Promedio de Marea Alta (LPMA). Los primeros 50 m son de dominio público (incluida toda la extensión del manglar cuando ocurra), más 150 m que en caso de islas puede ser todo el terreno, como "zona restringida" con regulación y control de usos.	República de Costa Rica. Ley No. 6043 "Ley de la Zona Marítimo Terrestre, 1977 (Cajiao-Jimenez et al., 2003).
		Área terrestre por encima del nivel de pleamar con anchura variable. zonificada en dos unidades: Zona T1 (área inmediata y de impacto directo) y Zona T2 (área de influencia). Ambas zonas comprenden una extensión significativa de las dos islas.	Trinidad & Tobago. Juman, 2017.	Faja de terreno con uso público paralela al mar de 60 m de ancho, medidos desde la línea a que asciende la pleamar ordinaria hacia la tierra. Comprende los ríos y corrientes, lagunas y lagos navegables y flotables bajo la acción de las mareas.	República Dominicana. Leyes No. 305, 1968 y 64-00 del 2000 "Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales".

CONCEPTUALIZACIÓN					
Científico-Ingenieril	Fuente	Gestión	Fuente	Jurídica	Fuente
		Hacia tierra, área comprendida entre la línea de costa y el nivel medio de pleamares y hacia el mar, desde este hasta el límite exterior del mar territorial	Belize. "Coastal Zone Management Act", 1998	Límite promedio de la marea baja hasta 200 m tierra adentro.	República de Panamá. (Young, 2009).
				Hasta la fecha del reporte, no contemplaba una definición jurídica para la zona costera.	Jamaica (UNEP/GPA, 2003).

Fuente: Elaborada por los autores según fuentes diversas.





## MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMES DE ÓLEO DO ARQUIPÉLAGO DOS ALCATRAZES (SÃO PAULO, BRASIL)

Natasha Travenisk Hoff<sup>@ 1</sup>, Leonardo Silveira Takase<sup>2</sup> (*in memoriam*), Eduardo Siegle<sup>3</sup>, June Ferraz Dias<sup>4</sup>

**RESUMO:** Na transição tropical-subtropical, no litoral norte do estado de São Paulo (Brasil), a presença de um porto e um terminal petrolífero, associados a outras atividades humanas como pesca, turismo e industrialização, pressionam a integridade ecológica e a biodiversidade do arquipélago de Alcatrazes, que compreende duas áreas marinhas protegidas (ESEC Tupinambás e REVIS Alcatrazes). Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo (carta SAO) para subsidiar a proteção dessas unidades de conservação. A carta SAO utilizou dados primários da ictiofauna demersal e dados secundários para outras variáveis biológicas, socioeconômicas e oceanográficas. O mapa operacional produzido (escala 1: 50000) destaca pontos estratégicos de importância biológica e para as atividades desenvolvidas em Alcatrazes. As regiões abrigadas do arquipélago, compostas por falésias expostas com menor declive, ou rochas protegidas da ação das ondas, apresentaram os maiores índices de sensibilidade ambiental. A biodiversidade de Alcatrazes apresenta 835 táxons, e muitos são considerados ameaçados, de acordo com diferentes níveis de proteção, ou por seu endemismo ou por serem espécies comercialmente importantes. As áreas marinhas protegidas não estão necessariamente seguras contra derramamentos de óleo que ocorram além de seus limites geográficos, tornando a carta SAO do arquipélago de Alcatrazes uma ferramenta essencial para ações de combate a derramamentos de óleo, para a elaboração de planos de contingência, e como uma fonte de dados para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Unidade de Conservação Marinha, Carta SAO, Biodiversidade, Alcatrazes, Litoral norte de São Paulo.

**ABSTRACT:** *In the tropical-subtropical transition, on the northern coast of the state of São Paulo (Brazil), the presence of a port and an oil terminal, associated with other human activities such as fisheries, tourism, and industrialization, pressure the ecological integrity and biodiversity of the Alcatrazes archipelago, which comprises two marine protected areas (ESEC Tupinambás and REVIS Alcatrazes). This work aims to elaborate an Environmental Sensitivity Index (ESI) map to subsidize the protection of these conservation units. ESI map used primary data from demersal ichthyofauna and secondary data for other biological, socioeconomic and oceanographic variables. The operational map produced (scale 1:50000) highlights strategic points of biological importance and for the activities developed in Alcatrazes. The sheltered regions of the archipelago, composed of exposed cliffs with lower declivity, or rocks sheltered from wave action, showed highest rates of environmental sensitivity. The Alcatrazes' biodiversity presents 835 taxa, and many are considered threatened according to different protection levels, endemism and commercially important species. Marine protected areas are not necessarily safe from oil spills that occur beyond its geographic limits, making the Alcatrazes archipelago map an essential tool for actions to fight oil spills and for drawing up contingency plans, as well as a data source for future work.*

**Keywords:** Marine Protected Area, Oil spill sensitivity map, Biodiversity, Alcatrazes, Northern coast of São Paulo State.

---

@ Autor correspondente: [tashahoff@gmail.com](mailto:tashahoff@gmail.com)

- 1 Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191, Butantã, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3633-8516>.
- 2 Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191, Butantã, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil. [leonardo.takase@gmail.com](mailto:leonardo.takase@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5189-4620>.
- 3 Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191, Butantã, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil. [esiegle@usp.br](mailto:esiegle@usp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-1710>
- 4 Departamento de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191, Butantã, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil. [junedias@usp.br](mailto:junedias@usp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7843-4082>

## 1. INTRODUÇÃO

A exploração de petróleo e gás na bacia de Santos, decorrente das descobertas nas camadas exploratórias do pré-sal na costa brasileira, e os processos inerentes à exploração de petróleo e gás tendem a crescer, aumentando o risco de derramamentos de óleo no ambiente marinho e costeiro (Romero *et al.*, 2012; Dias-Brito *et al.*, 2014). As áreas costeiras são, portanto, locais suscetíveis a acidentes, resultantes de colisões de navios, da operação de portos, refinarias e unidades de armazenamento, de navios encalhados, de rupturas de oleodutos, entre outros, trazendo grandes prejuízos aos ecossistemas costeiros, à vida humana e às atividades socioeconômicas (Lima *et al.*, 2008).

Embora a preocupação sobre os danos causados por derramamento de petróleo tenha aumentado nas últimas décadas, com um maior controle e cuidado em operações envolvendo a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, a ocorrência dos acidentes ainda é significativa, sendo responsável por danos ecológicos e socioeconômicos elevados (Poffo *et al.*, 2001; Cantagallo *et al.*, 2007). Exemplo disso foi o grande vazamento de óleo que aconteceu na região nordeste do Brasil em 2019, que se alastrou pela costa até o litoral do Rio de Janeiro, acumulando-se em diversas regiões (Lourenço *et al.*, 2020), como observado em mais de 900 praias (Soares *et al.*, 2020), e causando graves consequências à biota marinha, como relatado por Magalhães *et al.* (2020).

Ainda que se observe uma redução progressiva do número de ocorrências e das melhorias no pronto atendimento aos vazamentos, não se deve menosprezar pequenos vazamentos, uma vez que estes acontecem com maior frequência e constituem a denominada poluição crônica (Poffo *et al.*, 2001; Cantagallo *et al.*, 2007). Na costa norte do estado de São Paulo, como apontado por Poletto e Batista (2008) e Rocha *et al.* (2010), a presença do Porto de São Sebastião e do Terminal São Sebastião (TRANSPETRO, também conhecido como TEBAR) agregam diferentes cenários aos impactos potenciais (*e.g.* Turra *et al.*, 2017) e à poluição ambiental em São Sebastião, que já enfrenta conflitos socioambientais gerados pelas diversas atividades humanas na região, como a pesca, o turismo e a indústria. Os municípios mais afetados por acidentes relacionados a atividades com óleos e outros produtos nocivos são Ilhabela e São Sebastião (Poletto e Batista, 2008). Além disso, a integridade ecológica dos ecossistemas marinhos da região encontra-se pressionada pelo avanço destes centros urbanos e, conseqüentemente, pela poluição, pela especulação imobiliária sem planejamento, pelo enorme fluxo de turistas,

pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, pela operação de terminais marítimos e pela introdução crônica de petróleo no mar (Lima *et al.*, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2010).

Em particular, essa região costeira está inserida no Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, em que se encontram diversas unidades de conservação (UCs), como o Parque Estadual de Ilhabela, as Áreas sob Proteção Especial (ASPE) de Boissucanga, Costa do Navio e do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo. As únicas UCs marinhas de proteção integral da costa norte do estado de São Paulo, administradas de forma integrada, são a Estação Ecológica (EE) Tupinambás (criada em 1987) e o Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) de Alcatrazes (criada em 2016), através das quais o arquipélago dos Alcatrazes encontra-se protegido. Por pertencer ao município de São Sebastião e estar localizado próximo a Ilhabela, o arquipélago se encontra em área contígua ao Porto de São Sebastião e ao Terminal São Sebastião, estando suscetível a derramamentos de óleo esporádicos em pequenas ou em grandes proporções, ambos com potenciais de risco à biota local, conhecida por seu endemismo na parte terrestre e por sua alta biodiversidade marinha (ICMBio, 2017).

Especificações e normas técnicas estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, Zamboni, 2004) já resultaram no mapeamento de diversas ilhas, costões e regiões costeiras paulistas, como pode ser visto nos trabalhos de Lima *et al.* (2008), Poletto e Batista (2008), Rocha *et al.* (2010), Romero *et al.* (2012). Além desses, um mapeamento mais abrangente de toda a costa paulista (Dias-Brito *et al.*, 2014) incluiu o arquipélago dos Alcatrazes, porém com baixo grau de detalhamento e considerando apenas a fisiografia da região. Deste modo, a fim de contribuir com uma maior proteção do arquipélago dos Alcatrazes, este trabalho visa a elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Carta SAO) desta região com maior grau de detalhamento, considerando-se suas características biológicas, fisiográficas e socioeconômicas.

Além de seu uso como fonte primária de informações para o planejamento de contingência e para a implementação de ações de resposta a incidentes de poluição por óleo, a carta SAO aqui gerada pode ser utilizada na gestão costeira, constituindo-se em ferramenta essencial ao planejamento ambiental da zona costeira e marinha (*e.g.* Gherardi *et al.*, 2008) do arquipélago dos Alcatrazes, permitindo identificar e eleger ambientes prioritários para proteção.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O arquipélago dos Alcatrazes (24°07' - 24°11' S, 45°65' - 45°70' W; Figura 1) está localizado no município de São Sebastião (São Paulo, Brasil), a cerca de 33 km da costa. Ele tem sua origem relacionada ao soergimento da serra do Mar, sua regressão erosiva durante o Cretáceo Superior e o Paleoceno, e do afundamento da Bacia de Santos (Furtado *et al.*, 2008). O arquipélago é composto por seis ilhas, cinco ilhotas, três lajes e dois parciais, que abrigam grande biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas, migratórias e o maior ninhal de fragatas (*Fregata magnificens*) do sudeste brasileiro (ICMBio, 2017).

Além disso, é uma região que sofre a ação de processos costeiros e oceânicos pela sua proximidade com o continente, estando sob influência de águas costeiras, com frequente penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), principalmente durante a primavera e o verão (Castro *et al.*, 2008). O clima de ondas, uma das principais forçantes hidrodinâmicas costeiras do arquipélago, indica *swell* de sul e vagas de leste ao longo do ano. A força de ondas na ilha de Alcatrazes é maior na costa

voltada para o oceano aberto e menor na costa voltada para o continente e dentro do saco do Funil, uma vez que a ilha atua como uma barreira para as ondas e a difração acarreta maiores forças de onda nas regiões sudoeste, porção exposta da ilha, e noroeste, adjacente ao saco do Funil (Takase *et al.*, 2021).

Estudos apontam que a região compreendida entre 25°S e a ilha de São Sebastião marca o limite entre duas zonas sedimentares caracterizadas por diferenças nas frações orgânicas e inorgânicas no sedimento e nos processos ambientais controlados por forçantes hidrodinâmicas distintas, incluindo a influência da Corrente Costeira do Brasil, transportando sedimentos originados no *Río de La Plata* - Uruguai (Mahiques *et al.*, 2008, 2011). Ao analisar a composição química dos sedimentos marinhos superficiais dos arredores do arquipélago, Hoff *et al.* (2015) constataram a ocorrência de baixas concentrações de metais, atribuídas ao relativo distanciamento da costa, à baixa intensidade de atividades antrópicas e à hidrodinâmica local, que resultam na predominância de sedimentos arenosos, com menor tendência à acumulação de contaminantes, além de uma significativa contribuição biogênica, com altos teores de  $\text{CaCO}_3$ .

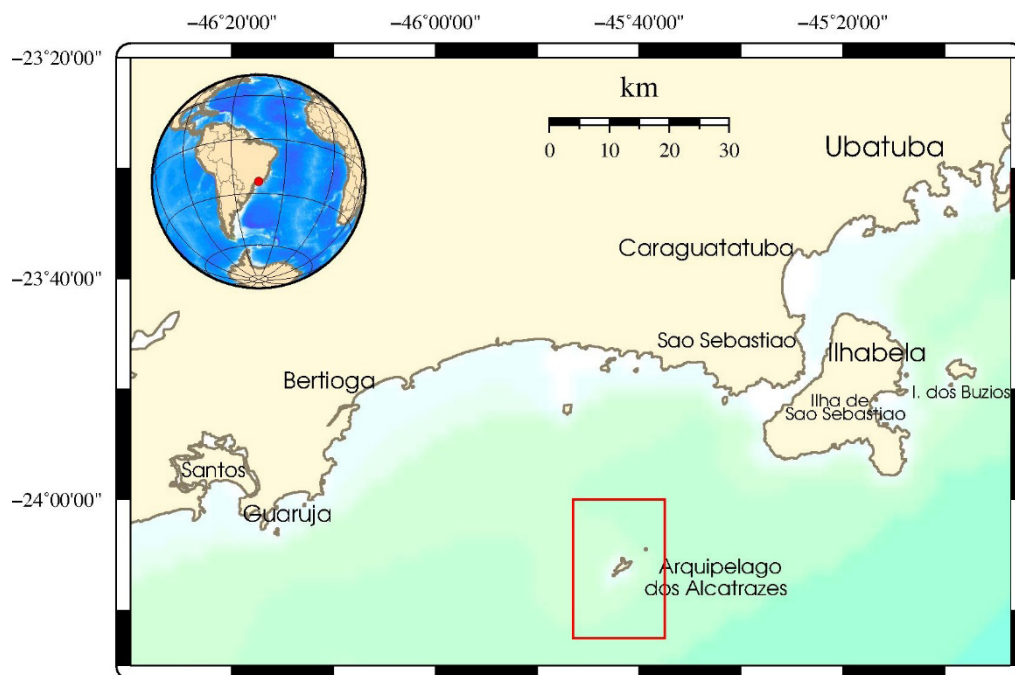


Figura 1. Mapa de localização do arquipélago dos Alcatrazes (São Sebastião - SP).

## 2.2 Composição da Carta SAO

Para compor a Carta SAO, integrou-se dados de diferentes naturezas - fisiográfica, biológica e socioeconômica -, provenientes de coletas de dados *in situ*, bibliografia e documentos oficiais, nos quais foi registrada a ocorrência de dados específicos do arquipélago nas últimas décadas.

### 2.2.1 Índice de Sensibilidade do Litoral - ISL

A estimativa do ISL baseou-se na classificação proposta pelo MMA (Zamboni, 2004), aplicada a vídeos e imagens disponibilizados pelo ICMBio/ESEC Tupinambás. Para essa determinação, foram avaliadas as características geomorfológicas, como declividade, consolidação, compactação e permeabilidade, além do grau de exposição à energia das ondas.

### 2.2.2 Recursos Biológicos

Foram realizados dois trabalhos de campo para coleta da ictiofauna demersal em setembro de 2011 (15 estações oceanográficas) e janeiro de 2014 (6 estações oceanográficas), utilizando-se uma rede de arrasto de fundo com portas em arrastos de 10 minutos a bordo do N/Pq. Soloncy Moura (ICMBio) e do B/Pq. Alpha Delphini (Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo), respectivamente. Os elasmobrânquios foram fotografados a bordo para posterior identificação (Gomes *et al.*, 2010), sendo devolvidos com vida ao mar. Já os actinoptérgios, foram congelados a bordo e identificados em laboratório baseando-se nos manuais de Figueiredo e Menezes (1978, 1980), Menezes e Figueiredo (1980, 1985), e Figueiredo e Menezes (2000).

Espécies de aves, mamíferos, testudíneos, invertebrados e da ictiofauna registradas na área da carta e disponíveis na literatura também foram consideradas. Todos os táxons foram verificados e atualizados pelo *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS, 2020) e pelo *World Register of Marine Species* (WoRMS, 2021).

Em relação à avifauna, as espécies foram classificadas de acordo com o índice de sensibilidade de aves ao óleo (*bird sensitivity to oil index*, BSOI), proposto por Romero *et al.* (2018), baseado em seus padrões de nidificação e alimentação. As informações não fornecidas pelos autores foram complementadas com dados do Wikiaves (2021).

Para cada registro, foi verificado o tipo de proteção nacional e internacional, de acordo com o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018), o decreto estadual n. 63.853 (SÃO PAULO, 2018) e a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2020).

### 2.2.3 Aspectos Socioeconômicos

Foram analisadas as atividades socioeconômicas incluídas no Plano de Uso Público do Refúgio de Alcatrazes (ICMBio, 2020) que podem ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou afetadas pelas ações de resposta, assim como outros aspectos de gerenciamento especial, como unidades de conservação, e sítios históricos ou culturais.

### 2.3 Representação gráfica

Dentre os três níveis de mapeamento, as cartas operacionais ou de detalhe destinam-se ao planejamento de contingência em nível local e a orientar a implementação de ações de resposta a derramamentos localizados, em pontos específicos da costa (Zamboni, 2004). Assim, devem representar com o detalhe necessário os locais de alto risco e/ou sensibilidade existentes na área mapeada utilizando-se grandes escalas (Gherardi *et al.*, 2008). Dessa forma, a elaboração da carta SAO em escala de detalhe foi a maneira mais adequada de representar a sensibilidade ao derramamento de óleo do arquipélago dos Alcatrazes.

A carta, cuja identificação é ALC-100, foi produzida em formato digital em uma escala 1:50000, utilizando-se o software livre *Generic Mapping Tools* - GMT (Wessel e Smith, 1991), e resume os dados biológicos, e socioeconômicos aqui compilados, além da classificação do ISL da linha de costa das ilhas do arquipélago e das características da circulação local. Inclui também as áreas da ESEC Tupinambás, do REVIS Alcatrazes e informações relativas à Área Delta da Marinha do Brasil, como a proibição da pesca e de fundeio na região. Os recursos biológicos e os aspectos socioeconômicos foram representados na Carta por ícones específicos e padronizados de acordo com a orientação do MMA (Zamboni, 2004).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Cartas SAO surgiram em 1998 com a finalidade de reduzir as consequências ambientais de derramamentos visto que canalizam respostas objetivas para ações em caso de derrame de óleo (Jensen *et al.*, 1998). No Brasil, apenas a partir do vazamento de 1300 m<sup>3</sup> de óleo na Baía de Guanabara (RJ), em janeiro de 2000, iniciaram-se ações para prevenção e resposta aos derramamentos de óleo (Vasconcelos *et al.*, 2010). Entretanto, apenas em 2003 as atividades de mapeamento foram iniciadas, tendo sido escolhidas como piloto as bacias do Ceará e Potiguar (Zamboni, 2004).

Hoje, além de fazerem parte de Planos de Emergência Individuais (PEI), que visam aperfeiçoar, facilitar e ampliar a capacidade de resposta aos incidentes de poluição por óleo, e dos Planos de Área (cujo propósito é integrar e consolidar os PEI), as Cartas SAO são também requisitos obrigatórios em vários processos de licenciamento ambiental (Vasconcelos *et al.*, 2010).

### 3.1 Índice de Sensibilidade do Litoral – ISL

Os segmentos classificados quanto ao Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) das ilhas e lajes pertencentes ao arquipélago dos Alcatrazes podem ser observados na Carta SAO (Figura 2). Nota-se, primariamente, que são formados por costões rochosos, em sua maioria expostos e com alta inclinação, fazendo com que sejam classificados com ISL 1. Na costa voltada para o oceano aberto de Alcatrazes, a força de onda é maior que nos arredores, principalmente quando há incidência de vagas de leste. Nos meses de inverno e outono, ondas (*swell*) do quadrante sul, mais energéticas, resultam em maior força de onda no entorno da ilha, quando comparada à força de onda média local (Takase *et al.*, 2021). Com as características comuns dessas formações rochosas de Alcatrazes, a penetração do óleo é baixa e sua remoção tenderia a ocorrer rapidamente e de modo natural, com a ação das ondas.

Alguns pontos do costão exposto e do saco do Funil na ilha de Alcatrazes, além da laje do Paredão e um trecho da ilha da Sapata foram classificados com ISL 2, por serem compostos de costões expostos, mas de menor declividade. O comportamento do óleo seria semelhante àquele observado em um costão rochoso classificado com ISL 1, principalmente porque a morfologia da ilha principal em “Y” (Muscat *et al.*, 2014) permite com que haja um pequeno acúmulo de energia de ondas na região mais exposta do Saco do Funil, onde há a presença desses costões rochosos menos inclinados, devido a difração das vagas de leste (Takase *et al.*, 2021).

Os setores abrigados da ilha de Alcatrazes, na porção norte das ilhas do sul, a ilha do Farol e as lajes do Farol e Dupla, foram classificadas com ISL 8 por serem compostas por encostas de rocha lisa ou não lisa, mas abrigadas da ação das ondas, o que aumenta a persistência do óleo no ambiente. Nessas regiões, Takase *et al.* (2021) demonstram que a energia das ondas costuma ser baixa o ano inteiro, principalmente no verão, uma vez que a porção da ilha voltada para o continente está oposta ao fluxo principal de ondas. Essas características fazem com que o impacto na biota seja alto e a limpeza do ambiente seja necessária, devido à baixa remoção natural.

Deve-se atentar ao fato de haver muitas fendas nos costões, sejam eles expostos ou não, o que facilitaria a penetração de óleo e aumentaria seu potencial tóxico na biota. Adicionalmente, o efeito de remoção do óleo pelas ondas, é reduzido nessas fendas.

Como visto, o arquipélago é composto por ilhas, lajes e parcéis formados por substratos rochosos, resultando na predominância do ISL 1. Por isso, não oferece substratos tão suscetíveis à contaminação por óleo quanto ecossistemas costeiros, como estuários, manguezais ou praias. Porém, é uma região que apresenta uma alta biodiversidade, com espécies terrestres e marinhas endêmicas, abriga muitas espécies de peixes exploradas economicamente e em diferentes fases de seus ciclos de vida, além de estar na rota de migração de testudíneos, mamíferos marinhos e aves, constituindo o maior ninhal da região sudeste do Brasil (ICMBio, 2017). Logo, os impactos de um derramamento de óleo nesse ambiente estão associados, principalmente, ao contato do óleo com esses organismos e ao seu efeito em unidades de conservação marinha de proteção integral.

O mapeamento realizado por Dias-Brito *et al.* (2014) contemplou a ilha de Alcatrazes, ilha principal do arquipélago, apresentando-a como de baixa sensibilidade ambiental, considerando apenas sua característica física predominante, o costão rochoso. Entretanto, o menor grau de detalhamento, com a atribuição de um mesmo ISL à ilha, ressalta a importância do presente trabalho, para o qual foi adotada uma abordagem mais ampla do arquipélago dos Alcatrazes, considerando seus aspectos biológicos, socioeconômicos e oceanográficos, incluindo aspectos sobre vulnerabilidade.

De acordo com Wieczorek (2006), as áreas prioritárias de proteção em uma carta SAO são aquelas em que o ISL é maior ou igual a 8 e que sejam áreas de alimentação, repouso ou reprodução de espécies. Temos, assim, que as áreas prioritárias de proteção do arquipélago dos Alcatrazes encontram-se principalmente na sua ilha principal, a ilha de Alcatrazes, em sua porção abrigada à noroeste e no Saco do Funil; e no saco do Oratório, na região abrigada das ilhas do Sul.

## 3.2 Recursos biológicos

### 3.2.1 Mamíferos Marinhos

A região do arquipélago dos Alcatrazes é apontada como sendo de grande relevância para a conservação de mamíferos marinhos na costa do estado de São Paulo (Figueiredo *et al.*, 2020). Dados apresentados por Martuscelli *et al.* (1996), Martuscelli *et al.*



(2000), Souza *et al.* (2009), Santos *et al.* (2010), Tavares *et al.* (2010), Zerbini *et al.* (2004), Figueiredo *et al.* (2020) e ICMBio (2017) apontam a ocorrência de 12 espécies de mamíferos marinhos no arquipélago dos Alcatrazes (Tabela 1), que utilizam a região como zona de alimentação e rota migratória (Martuscelli *et al.*, 1996; Santos *et al.*, 2010). Dentre essas, *Balaena australis*, *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis* apresentam algum grau de suscetibilidade de acordo com os órgãos ambientais. Em relação às demais, predomina a falta de informações sobre a maior parte dessas espécies, apontando a necessidade de estudos regionais. Houve registros de baleias-de-bryde (*Balaenoptera edeni*) e golfinhos-pintados-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) ao longo do ano, sendo as espécies de golfinhos foram registradas em maior número enquanto as demais espécies correspondem a registros esporádicos. As principais ameaças a esses grupos são a pesca acidental, a sobrepesca de suas presas e a poluição (Martuscelli *et al.*, 1996), como no caso de derramamentos de óleo.

### 3.2.2 Avifauna

Através de levantamentos primários e secundários de aves terrestres, florestais, aquáticas costeiras, migrantes de longo percurso, oceânicas e insulares costeiras registradas no arquipélago dos Alcatrazes (Rezende, 1987; Olmos *et al.*, 1995; Campos *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2007; Muscat *et al.*, 2014; ICMBio, 2017), 100 espécies pertencentes a 34 famílias foram encontradas na região (Anexo 1), apontada como o maior ninhal do sudeste brasileiro e o segundo maior no país (ICMBio, 2017). Apenas quatro espécies são apresentadas como reprodutores residentes (*Aramides cajanea*, *Coragyps atratus*, *Fregata magnificens* e *Sula leucogaster*), enquanto 22 espécies aparentam ser residentes sem que tenha sido registrado que os indivíduos reproduzam na região (ICMBio, 2017). Oito espécies apresentam algum grau de ameaça, de acordo com os órgãos internacional e nacionais, destacando-se as espécies da família Diomedidae, a qual pertencem as espécies de Albatroz (*Diomedea epomophora*, *D. exulans*, *Thalassarche chlororhynchos* e *T. melanophris*), além do trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*) e da saracura-três-potes (*Aramides cajanea*).

Em relação aos padrões de alimentação e nidificação e a consequente classificação do BSOI (Romero *et al.*, 2018), 63 espécies apresentam sensibilidade leve ao óleo em um hipotético derramamento de óleo, enquanto 5 espécies apresentam sensibilidade moderada, 17 espécies sensibilidade severa e 13 espécies sensibilidade extrema. No entanto, em

sua maioria, a avifauna é composta por espécies visitantes ou de passagem, que utilizam a região para forrageio e descanso (Muscat *et al.*, 2014). Dentre elas se destacam as migratórias sulistas, como o pinguim-de-Magalhães e os albatrozes do gênero *Thalassarche*; transequatoriais, como o maçarico-branco (*Calidris alba*); neárticas, como o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*); e intratropicais e de altitude, como os sabiás do gênero *Turdus* (Muscat *et al.*, 2014; ICMBio, 2017).

Segundo Campos *et al.* (2004), *Sula leucogaster* e *Larus dominicanus* nidificam em todas as ilhas de maiores dimensões do arquipélago, enquanto *Fregata magnificens* nidifica durante todo o ano na ilha de Alcatrazes, onde apresenta altas concentrações. Ainda segundo aqueles autores, as espécies de trinta-réis nidificam nas ilhas de Alcatrazes e da Tartaruga, na Laje das Trinta-Réis e na ilha dos Amigos.

### 3.2.3 Testudíneos

Dentre as cinco espécies de testudíneos registradas no Brasil, duas ocorrem no arquipélago dos Alcatrazes (Tabela 2): *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente). Essas espécies foram identificadas na região por Ottoni *et al.* (2012) apud ICMBio (2017), sendo, regionalmente, classificadas como vulnerável e criticamente em perigo, respectivamente. Os autores ressaltam a importância do arquipélago para a alimentação e descanso das tartarugas marinhas, que lá ocorrem em maior densidade quando comparado a locais no continente próximo em virtude da baixa influência antrópica. Maiores concentrações de indivíduos foram observadas nas regiões abrigadas do arquipélago: no Saco do Funil, Saquinho do Funil, Saco das Tartarugas, Baía do Oratório e na ilha do Oratório em sua face voltada para o continente.

### 3.2.4 Elasmobrânquios

Dentre as dez famílias e 24 espécies de elasmobrânquios que ocorrem em Alcatrazes (Anexo 2), 12 foram coletados nos trabalhos de campo realizados em 2011 e 2014, complementando os registros bibliográficos existentes (Paiva Filho *et al.*, 1989; Instituto Laje Viva, 2012; Gibran e Moura, 2012; Rolim *et al.*, 2017; ICMBio, 2017; Gomes, 2020). Em virtude da grande densidade desses organismos na região, principalmente de indivíduos jovens, ressalta-se a importância da região como área de reprodução e crescimento para o grupo (ICMBio, 2017). Araújo (2014), ainda, associa a rara ocorrência de tubarões, grandes predadores recifais, aos métodos convencionais de observação utilizados, levando à subdetecção desses organismos.

# Carta de Sensibilidade ao Derramamento de Óleo – Carta SAO

## Arquipélago dos Alcatrazes

### São Sebastião – SP, Brasil

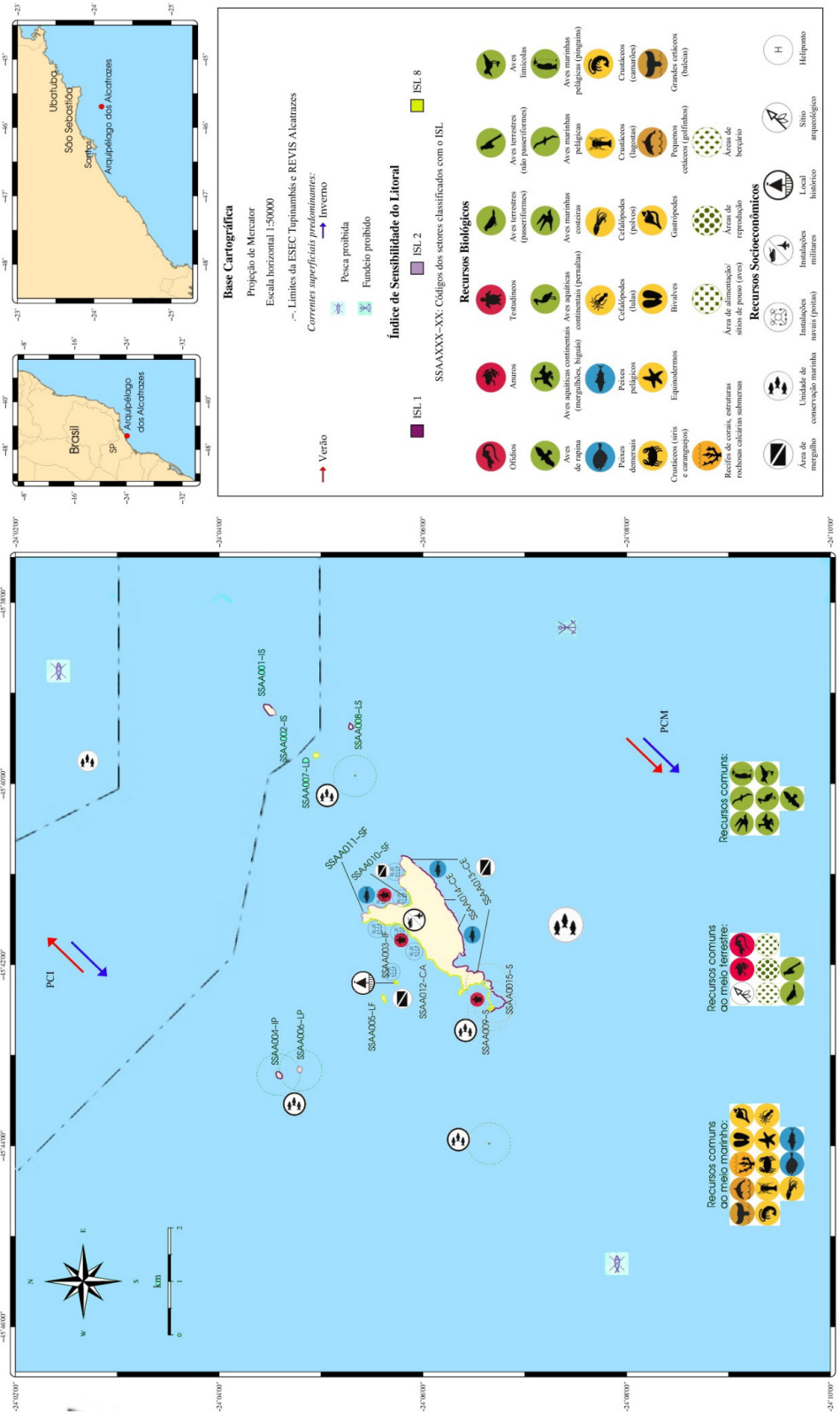


Figura 2. Carta SAO operacional da região do arquipélago dos Alcatrazes (São Sebastião - SP).

Tabela 1. Espécies de mamíferos marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Martuscelli *et al.* (1996); 2. Santos *et al.* (2010); 3. Tavares *et al.* (2010); 4. Zerbin *et al.* (2004); 5. Souza *et al.* (2009); 6. Figueiredo *et al.* (2020); 7. ICMBio (2017); IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018a); SP: São Paulo (2018). DD: dados insuficientes; NT: não ameaçado; LC: menos preocupante; EN: ameaçada; VU: vulnerável.

Espécie		Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
Baleia-franca	<i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins, 1822)	Balaenidae	7	LC	EN	DD
Baleia-de-Bryde	<i>Balaenoptera edeni</i> (Anderson, 1878)	Balaenopteridae	1,2,5,6,7	LC	DD	DD
Baleia-jubarte	<i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781)	Balaenopteridae	5,7	LC	NT	DD
Golfinho-comum-de-bico-curto	<i>Delphinus delphis</i> (Linnaeus, 1758)	Delphinidae	3,7	LC	DD	DD
Golfinho-comum	<i>Delphinus sp.</i> (Linnaeus, 1758)	Delphinidae	5,7			
Orca	<i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758)	Delphinidae	5	DD	LC	DD
Falsa-orca	<i>Pseudorca crassidens</i> (Owen, 1846)	Delphinidae	7	NT	LC	
Boto-cinza	<i>Sotalia guianensis</i> (van Bénédén, 1864)	Delphinidae	7	NT	VU	
Golfinho-pintado-do-Atlântico	<i>Stenella frontalis</i> (Cuvier, 1829)	Delphinidae	1,2,4,5,6,7	LC	DD	DD
Golfinho-de-dente-rugoso	<i>Steno bredanensis</i> (G. Cuvier in Lesson, 1828)	Delphinidae	5,7	LC	LC	DD
Golfinho-nariz-de-garrafa	<i>Tursiops truncatus</i> (Montagu, 1821)	Delphinidae	5,7	LC	DD	DD
Toninha	<i>Pontoporia blainvillei</i> (Gervais e d'Orbigny, 1844)	Pontoporiidae	7	VU		EN

Tabela 2. Espécies de testudíneos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Fontes: 1. Ottoni *et al.* (2012) apud ICMBio (2017). IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018); SP: SÃO PAULO (2018); EN: ameaçada; CR: criticamente ameaçada; VU: vulnerável.

Espécie		Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
Tartaruga-verde	<i>Chelonia mydas</i> (Linnaeus, 1758)	Cheloniidae	1	LC	VU	VU
Tartaruga-de-pente	<i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)	Cheloniidae	1	CR	CR	CR

Mais da metade das espécies registradas encontram-se sobre algum grau de ameaça, seja em âmbito mundial, nacional ou estadual, destacando-se as espécies das famílias Arhynchobatidae (*Atlantoraja castelnaui*, *A. cyclophora*, *Psammobatis extenta* e *Rioraja agassizii*) e Squatinidae (*Squatina occulta* e *S. guggenheim*), ameaçadas de extinção, e *Sphyrna lewini*, criticamente ameaçado regionalmente (São Paulo, 2018).

O arquipélago de Alcatrazes desempenha papéis diferentes para as espécies de elasmobrânquios. Neonatos, jovens de 1 ano e / ou juvenis são encontrados em diferentes épocas, se beneficiando de habitat protegidos, tanto em áreas mais rasas, próximas de formações rochosas, e partes de baixa energia no Nordeste. Mas a região também é utilizada como área de acasalamento, pelo registro sazonal de adultos maduros. Além disso, é rota de migração de espécies com grandes áreas de vida, que necessitam de locais chave para a manutenção

de suas populações ao longo da costa (Rangel *et al.*, 2018; Karlovic *et al.*, 2021).

### 3.2.5 Actinopteriégios

Ao todo, 196 táxons de actinopteriégios foram registrados no arquipélago dos Alcatrazes (Anexo 2), de acordo com as coletas *in situ* realizadas em 2011 e 2014 e os registros de Paiva Filho *et al.* (1989), Instituto Laje Viva 2012, Gibran e Moura (2012), Rolim *et al.* (2017), ICMBio (2017) e Gomes (2020). As famílias mais representativas na região, em termos de número de espécies, foram Carangidae (16), Sciaenidae (14), Paralichthyidae (13), Serranidae (13) e Labridae (11). Tanto os trabalhos de Gibran e Moura (2012), Rolim *et al.* (2017) e o Relatório do Instituto Laje Viva se baseiam em observações visuais em mergulhos, filmagem subaquática remota com isca e vídeos operados por mergulhador, funcionais em ambientes recifais e costões rochosos, complementando as informações

obtidas através do arrasto de fundo, que atinge as populações ictílicas associadas a substratos inconsolidados.

Em relação ao grau de ameaça, 44 espécies encontram-se sobre algum grau de ameaça, podendo-se destacar aquelas de interesse comercial, como *Genidens barbatus* (bagre-branco), *Balistes caprisacus* (peixe-porco), *Sardinella brasiliensis* (sardinha-verdadeira), *Lophius gastrophysus* (peixe-sapo), *Merluccius hubbsi* (merluza), *Paralichthys orbignyanus* (linguado-vermelho), *Paralichthys patagonicus* (linguado-branco), *Urophycis brasiliensis* (abrétea), *Cynoscion acoupa* (pescada-amarela), *C. jamaicensis* (goete), *Micropogonias furnieri* (corvina) e *Pagrus pagrus* (pargo) (Instituto de Pesca, 2019, 2021). Vale salientar as seis espécies de serranídeos ameaçadas – *Epinephelus marginatus*, *E. morio*, *Hyporthodus niveatus*, *Mycteroperca acutirostris*, *M. bonaci* e *M. interstitialis* –, visto que estes organismos são hermafroditas sequenciais protogínicos e a pesca pode reduzir o sucesso reprodutivo e a sobrevivência da espécie.

Em sua maioria, as espécies de actinoptérgios não se encontram ameaçadas segundo os critérios da IUCN, do ICMBio e do estado de São Paulo ou ainda não foram estudadas com esta abordagem. Entretanto, a ocorrência de mais de 30 espécies demersais e pelágicas, capturadas pelas frotas camaroeiras do sudeste brasileiro com redes de arrasto de fundo, descartadas como *bycatch* ou que estão sobrexplotadas (Graça-Lopes *et al.*, 2002; Vianna *et al.*, 2004; Sedrez *et al.*, 2013; Carneiro *et al.*, 2019) deve ser considerada, revelando a importância de uma UC efetiva para essas espécies.

### 3.2.6 Plâncton

Apesar de São Sebastião ser considerada oligo-mesotrófica, em função da baixa produtividade primária na região, limitada pela concentração de fosfato (verão) e pela luz (primavera; Saldanha-Corrêa e Giancesella, 2008), o plâncton não deve ser negligenciado visto sua função nos fluxos energéticos e na estruturação dos ecossistemas (Vega-Pérez, 2008). A camada de máximo subsuperficial de clorofila está associada a um máximo subsuperficial da cianobactéria *Synechococcus spp.*, que mantêm a diversidade planctônica nesse ambiente (Prehn-Praça, 2015). Esta região é considerada área de desova de espécies de peixes pelágicos e demersais, incluindo espécies das famílias Clupeidae, Carangidae, Trichiuridae, Sphyraenidae, Paralichthyidae, Gerreidae, Sciaenidae e Triglidae (Katsuragawa *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2019), das quais muitas têm importância econômica e ecossistêmica na região e, em especial, de Alcatrazes. Além disso, observa-se, principalmente

durante os meses de verão e primavera, a penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), uma massa d'água de baixas temperaturas e rica em nutrientes, transportada pela Corrente do Brasil ao largo da plataforma continental (Palóczy *et al.*, 2012; Cerda e Castro, 2014). Este processo favorece a produtividade primária, devido a maior disponibilidade de nutrientes, embora também dependa de outros fatores, como o tempo em que a ACAS ocupa a zona eufótica (Aidar *et al.*, 1993; Chuqui, 2017). O aporte de guano também é indicado como uma fonte de nutrientes, destacando a importância da interação entre os sistemas insulares aquáticos e terrestres (Prehn-Praça, 2015).

### 3.2.7 Invertebrados

O conhecimento sobre a fauna de invertebrados do arquipélago teve grande evolução em 2012, com as expedições organizadas pelo Núcleo de Gestão Integrada ICMBio Alcatrazes, responsável pela gestão da ESEC Tupinambás e da REVIS Alcatrazes, atingindo um total de 480 registros (Anexo 3), compostos por 38 poríferos, 35 cnidários, 220 moluscos, 64 poliquetas, 51 crustáceos, 22 equinodermos, 25 briozoários e 25 tunicados (Nogueira e Amaral, 2000; Nogueira e Hove, 2000; Nogueira *et al.*, 2001; Nogueira e Rizzo, 2001; Coimbra e Bergue, 2003; Melo *et al.*, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Radashevsky e Nogueira, 2003; Lanna *et al.*, 2007; Gagliardi, 2009; Rocha e Bonnet, 2009; Nogueira *et al.*, 2010; ICMBio, 2017).

Em sua maioria, as espécies listadas não foram avaliadas quanto ao seu estado de proteção estadual, nacional ou internacional. No entanto, dez espécies encontram-se sobre algum grau de ameaça, tais como *Latrunculia (Biannulata) janeirensis* (esponja), *Tonna galea* (búzio), *Eurythoe complanata* (verme-de-fogo), *Asterina stellifera*, *Coscinasterias tenuispina*, *Echinaster (Othilia) brasiliensis*, *Oreaster reticulatus*, *Astropecten marginatus*, *A. brasiliensis* (estrelado-mar) e *Lytechinus variegatus* (ouriço-lilás), classificadas como vulneráveis em alguma das três esferas (Brasil, 2018; São Paulo, 2018; IUCN, 2020).

São consideradas endêmicas e, por isso, ressaltam ainda mais a importância de Alcatrazes na conservação da biodiversidade e a necessidade de atenção em casos de derramamento de óleo, 11 espécies de poliquetas (*Branchiomaldane maryae*, *Pseudonereis atopodon*, *Pseudobranchiomma perkinsi*, *Exogone exmouthensis*, *Salvatoria euritmica*, *Miscellania dentata*, *Parasphaerosyllis indica*, *Megasyllis procera*, *Anoplosyllis edentula*, *Morgana bisetosa*, *Streblosoma oligobranchiatum*), e dois tunicados (*Eudistoma clavatum*, *Botryllus planus*)



(Nogueira e Rizzo, 2001; Rocha e BONNET, 2009; ICMBio, 2017), além da espécie de coral-cérebro-da-Bahia *Mussismilia hispida*, endêmica do Brasil (ICMBio, 2017).

Rocha e Bonnet (2009) apontam a preocupante presença de uma ascídia introduzida no arquipélago, *Ciona intestinalis*, além de pelo menos outras quatro que podem estar na mesma situação (*Didemnum granulatum*, *Diplosoma listerianum*, *Lissoclinum fragile* e *Styela canopus*). Duas espécies de coral-sol, *Tubastraea tagusensis* e *T. coccinea*, também foram registradas na região em 2012, sendo ambas descritas como invasoras no litoral brasileiro (ICMBio, 2017). *Ophiothela mirabilis*, *Bugula neritina*, *Biflustra perambulata* e *Styela plicata* são espécies exóticas de ocorrência no arquipélago. A presença das espécies supracitadas revela a necessidade de se considerar a presença do porto de São Sebastião como fonte de estresse para a região (Rocha e Bonnet, 2009), não apenas como fonte de poluição, mas também de espécies exóticas e invasoras.

### 3.2.8 Herpetofauna e Anurofauna

A herpetofauna e anurofauna da região (Anexo 4) é constituída por quatro espécies de cobras, uma anfisbena, cinco espécies de lagarto e três anuros (Vanzolini e Ramos, 1977; Cicchi *et al.*, 2007; Barbo e Sawaya, 2008; Bataus e Reis, 2011; Muscat *et al.*, 2014). Dentre elas, *Bothrops alcatraz*, *Olylogon alcatraz* e *Cycloramphus faustoi* são espécies endêmicas da ilha de Alcatrazes e, portanto, consideradas como criticamente em perigo ou vulnerável em todas as esferas.

## 3.3 Recursos Socioeconômicos

### 3.3.1 Histórico de vazamentos de óleo

Poffo *et al.* (2001) relacionaram a ocorrência de 232 acidentes em 27 anos de registros no litoral norte do estado de São Paulo, entre 1974 e 2000. No trabalho, os autores observaram um aumento progressivo no número de ocorrências entre 1974 e 1994, seguido de um declínio acentuado em 1996, mas novamente com tendência ascendente até 2000. Dentre as principais causas de derramamento, falhas mecânicas e operacionais em navios são responsáveis por mais de 50% das ocorrências.

Não há registros de vazamentos de óleo que tenham atingido o arquipélago dos Alcatrazes, resultado condizente com o levantamento de Poffo *et al.* (2001), no qual foi relatado que 91% das manchas de óleo ficaram restritas ao canal de São Sebastião, havendo casos em que foram atingidas praias da ilha de São Sebastião, em sua porção leste. Esses dados são corroborados com o trabalho de Lima *et al.* (2007), que

observaram 59 vazamentos de óleo atingindo o litoral do arquipélago de Ilhabela, entre 1978 e 2007, sendo que a maior parte das áreas atingidas ficou restrita entre as porções central e norte da ilha. Quando da ocorrência de vazamentos no litoral sul, uma das regiões mais atingidas foram aquelas de substrato consolidado, os costões rochosos.

### 3.3.2 Sítios arqueológicos

Em 2011, foi realizado um programa de gestão do patrimônio cultural da ESEC Tupinambás, sob organização da Fundação Cultural São Sebastião. Durante este trabalho, foi registrada a ocorrência de cinco sítios arqueológicos na ilha de Alcatrazes (Bornal e Galdino, 2012): dois no saco do Funil, com vestígios pré-coloniais; um no Porto dos Faroleiros, com vestígios pré-coloniais e materiais oriundos de edificações destinadas ao corpo de faroleiros da Marinha, possivelmente das primeiras décadas do século XX; e dois na região denominada Abrigo Portinho, compostos por fragmentos cerâmicos.

### 3.3.3 Local histórico e ocupação

Pode-se considerar como local histórico o farol de Alcatrazes, localizado em 24°05,75'S e 45°42,18'W. A partir da sua instalação e posteriormente dos faroleiros, no início do século XX, deu-se a ocupação histórica de Alcatrazes (Bornal e Galdino, 2012).

Atualmente, a única ocupação da ilha de Alcatrazes se dá pela existência de um posto de operações da Marinha do Brasil, na região nordeste da ilha, que inclui uma construção de alvenaria, um heliporto e uma área de gramado artificial, que serve não apenas ao corpo da Marinha, mas também a pesquisadores autorizados a permanecerem na ilha (ICMBio, 2017).

### 3.3.4 Acesso

O acesso ao arquipélago se dá através de embarcações, distando aproximadamente 33 km a partir do Porto de São Sebastião, ou por via aérea. Para desembarcar na ilha, é necessária uma autorização do ICMBio e da Marinha do Brasil. Como não há píer para atracação, o desembarque é feito a partir de botes no Portinho, na face abrigada da ilha, onde a força de ondas também é baixa o ano inteiro, por se tratar de uma região localizada no contra fluxo das ondas incidentes na ilha e em uma região na qual não há efeito da difração das ondas decorrentes dos processos que ocorrem no lado exposto (Takase *et al.*, 2021).

Com a abertura do arquipélago à visitação pública, regida pelo Plano de Uso Público (ICMBio, 2020), a visitação pública

através de embarcações e o mergulho autônomo e livre passou a ser autorizada. Para oferecer maior suporte às atividades prioritárias à gestão, ao mergulho autônomo e à visita embarcada, foram instaladas 16 poitas, distribuídas na face abrigada da ilha de Alcatrazes, no Saco do Funil e próximo à ilha do Farol (Figura 2). Apesar da fiscalização e cadastramento junto ao ICMBio, a maior presença de embarcações implica em uma maior contaminação crônica da região, bem como aumenta a possibilidade de algum derrame de óleo acidental na região.

### 3.3.5 Circulação local

A circulação na plataforma continental norte de São Paulo encontra-se descrita por Castro (1996) e Castro *et al.* (2008). Com correntes fluindo predominantemente na direção paralela à costa, temos que, na plataforma continental interna, as correntes dominantes são para nordeste durante o verão e sudoeste no inverno, enquanto, na plataforma média, a circulação é dominada por fluxos com sentido sudoeste, tanto no inverno quanto no verão, com velocidades entre 0.20 e 0.30 m/s (Castro, 1996; Castro *et al.*, 2008). Esta sazonalidade no sentido da corrente pode influenciar na acumulação de hidrocarbonetos pela biota, como verificado por Pereira *et al.* (2006) em mexilhões coletados no canal de São Sebastião: maiores concentrações foram observadas ao norte no verão e ao sul durante o inverno. Do mesmo modo, Zanardi-Lamardo *et al.* (2013), estudando hidrocarbonetos em sedimentos do canal de São Sebastião após a ruptura de um oleoduto em 1994, identificaram fontes biogênica e antrópica (esgoto e atividades náuticas) de hidrocarbonetos, tendo sido observadas maiores concentrações de n-alcanos na entrada norte do canal e na região em que se encontrava o oleoduto, ao sul, sugerindo que as correntes de nordeste, impulsionadas pelo vento, são capazes de transportar o óleo para norte no canal.

Assim, temos que a circulação na plataforma norte de São Paulo, fluindo predominantemente para sul em suas porções interna e média, revela uma fragilidade do arquipélago em caso de derrames acidentais que ocorram na região sul da ilha de São Sebastião, onde muitas embarcações aguardam para adentrar no porto, ou dentro do canal de São Sebastião, principalmente nos meses de inverno. O trabalho de Soares (1994) alerta que um derrame de 250.000 toneladas de determinada substância no ponto central do canal de São Sebastião, em situações hidrográficas de inverno, atingiria as ilhas de Alcatrazes em quinze horas com ventos de nordeste.

Recentemente, ao avaliar as correntes e trajetórias de partículas através de modelagem computacional, Freitas (2020) destaca

que as principais fontes de detritos plásticos para a região do arquipélago dos Alcatrazes no verão seriam provenientes das cidades da Região Metropolitana da Baixada Santista, especialmente do Guarujá e Bertioga, enquanto, no inverno, são oriundas de São Sebastião, Bertioga, Santos e do litoral sul do estado.

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, elaborou-se uma carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo do arquipélago dos Alcatrazes, a partir de pesquisas primárias, utilizando arquivos de imagem da região para a classificação dos índices de sensibilidade do litoral (ISL) e levantamento secundário de publicações e outros tipos de trabalhos realizados no local. A compilação desses trabalhos foi fundamental para que este estudo, que reuniu o conhecimento disponível para uma importante área de preservação ambiental marinha e a maior no estado de São Paulo, representasse a carta SAO para a região. A identificação de ambientes prioritários para preservação permite que estratégias sejam adotadas para sua proteção. Entretanto, algumas lacunas de conhecimento são apontadas, como a necessidade de estudos sobre (i) o fitoplâncton e a produtividade primária, importantes para uma melhor compreensão do efeito da presença das ilhas que compõem o arquipélago numa região descrita como oligomesotrófica; (ii) a presença sazonal e uso da região pelos actinoptérgios e elasmobrânquios, com importância econômica e ecológica, que auxiliaria no entendimento do papel do arquipélago num contexto regional; (iii) e a caracterização do sistema de correntes local, visto que muitos trabalhos abordaram a questão relativa à distribuição das massas de água na plataforma continental da costa norte paulista, mas o único e mais completo trabalho sobre correntes já realizado foi o de Castro (1996).

Ainda assim, os ecossistemas da região do arquipélago se mostraram com uma alta biodiversidade, uma das maiores do litoral norte de São Paulo, protegida não só pelos limites da ESEC Tupinambás, REVIS Alcatrazes e pela Área Delta da Marinha do Brasil, mas também pela distância da costa. Este fato possibilita que o arquipélago esteja protegido de pequenos vazamentos de óleos ocorridos no Canal de São Sebastião, resultando em um ambiente pouco suscetível a derramamentos, mas sensível dada a sua importância biológica.

É importante salientar, entretanto, que uma unidade de conservação marinha não está necessariamente protegida de

derramamentos de óleo que ocorram além de seus limites geográficos. Assim, dá-se a importância de se realizar o mapeamento da sensibilidade das UCs ao óleo. Dessa forma, o mapeamento da carta SAO realizado no arquipélago dos Alcatrazes, com maior nível de detalhamento que aquele realizado anteriormente por Dias-Brito *et al.* (2014), servirá como ferramenta essencial para ações de combate a vazamentos de óleo, bem como para a elaboração de planos de contingência. Apesar da responsabilidade de elaboração de cartas de sensibilidade ser dos órgãos governamentais, este trabalho contribui com o mapeamento de áreas sensíveis ao derramamento de óleo em uma das regiões menos impactadas, até o momento, do litoral do estado de São Paulo.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Natasha T. Hoff: conceituação, coleta e análise de dados, investigação, métodos, escrita do manuscrito; Leonardo S. Takase: escrita do manuscrito; Eduardo Siegle: escrita do manuscrito e revisão; June F. Dias: conceituação, aquisição de financiamento, investigação, métodos, orientação, escrita e revisão do manuscrito.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o suporte logístico e financeiro do IOUSP e do ICMBio (ESEC Tupinambás) para a execução do projeto; às tripulações do B/Pq. Alpha Delphini (IOUSP) e do N/Pq. Soloncy Moura (ICMBio); ao Alexandre Costa (ICMBio) pelo material fotográfico; e ao Prof. Alfredo Martins Paiva Filho pela sua decisão visionária em realizar amostragens em Alcatrazes em 1986. Natasha T. Hoff agradece à CAPES pela bolsa de pesquisa (Demanda Social). O trabalho foi parcialmente financiado pela CAPES (Código 001). Eduardo Siegle é bolsista de produtividade do CNPq.

## REFERÊNCIAS

- Aidar, E.; Gaeta, S.A.; Gianesella-Galvão, S.M.F.; Kutner, B.; Teixeira, C. (1993). Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, 10:9-43.
- Araujo, R.M. (2014). *Fatores preditores da variação espacial na biomassa de peixes recifais ao longa da província brasileira*. 62 p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Unpublished.
- Ávila-da-Silva, A.O.; Carneiro, M.H.; Mendonça, J.T.; Bastos, G.C.C.; Miranda, L.V.; Ribeiro, W.R.; Santos, S. (2019). Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: julho a setembro de 2019. *Informe pesqueiro de São Paulo* (ISSN: 2359-2966), 112:1-21. Available on-line at [http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/arquivos/pagina/1677992736\\_InfoPesqSP112\\_InformePMAP1903.pdf](http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/arquivos/pagina/1677992736_InfoPesqSP112_InformePMAP1903.pdf)
- Barbo, F.E.; Sawaya, R.J. (2008). Amphisbaenians, municipality of São Paulo, state of São Paulo, Southeastern Brazil. *Check List*, 4(1): 5-11. DOI: 10.15560/4.1.5
- Bataus, Y.S.L.; Reis, M.L. (2011). *Plano de ação nacional para a conservação da herpetofauna insular ameaçada de extinção. Série espécies ameaçadas*, n. 21. 124 p. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio, Brasília, Brasil. ISBN: 978-85-61842-32-1
- Bornal, W.G.; Galdino, C. (2012). *Programa de gestão do patrimônio cultural da ESEC Tupinambás: Etapa prospectiva*. 65 p. Fundação Cultural São Sebastião, São Sebastião, Brasil.
- Campos, F.P.; Paludo, D.; Faria, P.J.; Martuscelli, P. (2004). Aves insulares marinhas, residentes e migratórias, do litoral do estado de São Paulo. In: Branco, J.O. (Org.) *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. pp. 57-82, Editora da Univali, Itajaí.
- Campos, F.R.; Campos, F.P.; Faria, P.J. (2007). Trinta-réis (Sternidae) do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, São Paulo, e notas sobre suas aves. *Revista Brasileira de Ornitologia* (ISSN: 2662-673X), 15(3):386-394. Available on-line at [http://www.revbrasilornitol.com.br/BJO/article/download/3005/pdf\\_473](http://www.revbrasilornitol.com.br/BJO/article/download/3005/pdf_473)
- 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* (ISSN: 1809-9009), 2(1):1-12. Available on-line at [https://panamjas.org/pdf\\_artigos/PANAMJAS\\_2\(1\)\\_1-12.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_2(1)_1-12.pdf)
- Carneiro, M.H.; Miranda, L.V.; Namora, R.C.; Mendonça, J.T.; Ávila-da-Silva, A.O.; Guedes, S.Z.; Mazer, S.C.; Assunção, R. (2019). Pesca extrativa nas áreas de proteção ambiental marinhas do estado de São Paulo. *Informe Pesqueiro de São Paulo* (ISSN: 2359-2966), 109:1-102. Available on-line at [http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/arquivos/pagina/1573364778\\_InfoPesqSP109\\_InformePMAP1908.pdf](http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/arquivos/pagina/1573364778_InfoPesqSP109_InformePMAP1908.pdf)
- Castro, B.M. (1996). *Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo*. Tese de Livre-Docência, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. Unpublished.
- Castro, B.M.; Miranda, L.B.; Silva, L.S.; Fontes, R.F.C.; Pereira, A.F.; Coelho, A.L. (2008). Processos físicos: Hidrografia, circulação e transporte. In: Pires-Vanin, A.M.S. (Org.) *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião*, SP, pp. 59-121, Edusp, São Paulo, Brasil. ISBN: 13:9788531410338

- Cerda, C.; Castro, B.M. (2014). Hydrographic climatology of South Brazil Bight shelf waters between São Sebastião (24°S) and Cabo São Tomé (22°S). *Continental Shelf Research*, 89: 5-14. DOI: 10.1016/j.csr.2013.11.003
- Chuqui, M.G. (2017). *Efeito de ondas internas na produção fitoplanctônica da Plataforma Continental Sudeste do Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, Brasil. DOI: 10.11606/D.21.2018.tde-21032018-135152
- Cicchi, P.J.P.; Sena, M.A.; Peccinini-Seale, D.M.; Duarte, M.R. (2007). Snakes from coastal islands of State of São Paulo, Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 7(2): 227-240. DOI: 10.1590/S1676-06032007000200026
- Coimbra, J.C.; Bergue, C.T. (2003). A new recent marine Ostracoda species (Hemicytheridae) from Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 93(3): 243-247. DOI: 10.1590/S0073-47212003000300003
- Dias-Brito, D.; Milanelli, J.C.C.; Riedel, P.S.; Wieczorek, A. (2014). *Sensibilidade do litoral paulista a derramamentos de petróleo: um atlas em escala de detalhe*. 236 p. UNESP, Rio Claro. ISBN: 978-85-89082-32-7
- Figueiredo, J.L.; Menezes, N.A. (1978). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Actinopterygii (1)*. 110 p. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Figueiredo, J.L.; Menezes, N.A. (1980). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Actinopterygii (2)*. 90 p. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Figueiredo, J.L.; Menezes, N.A. (2000). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Actinopterygii (5)*. 116 p. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Figueiredo, G.C.; Amaral, K.B.; Santos, M.C.O. (2020). Cetaceans along the southeastern Brazilian coast: occurrence, distribution and niche inference at local scale. *PeerJ*, 8:e10000. DOI: 10.7717/peerj.10000
- Freitas, M.E.F. (2020). *Lixo acumulado em praias e Unidades de Conservação do Litoral Norte do Estado de São Paulo: uso de modelos numéricos para identificação de fontes e mapeamento de trajetórias*. Monografia de Graduação, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, Brasil. Unpublished.
- Furtado, V.V.; Rodrigues, M.; Conti, L.A.; Barcellos, R.L. (2008). História evolutiva da região de São Sebastião. In: Ana Maria S. Pires-Vanin (org.), *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 25-37, Edusp, São Paulo, Brasil. ISBN: 13:9788531410338
- Gagliardi, M.H. (2009). *Distribuição de comunidades bentônicas nos costões rochosos do Saco do Funil, ilha de Alcatrazes, São Sebastião - SP*. Monografia de Graduação, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Gherardi, D.F.M.; Cabral, A.P.; Klein, A.H.F.; Muehe, D.C.E.H.; Noernberg, M.A.; Tessler, M.G.; Sartor, S.M. (2008). Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos. *Brazilian Journal Aquatic Science and Technology*, 12(2):11-31. Available on-line at <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/659>
- Gibran, F.Z.; Moura, R.L. (2012). The structure of rocky reef fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10(2):369-382. DOI: 10.1590/S1679-62252012005000013
- Gomes, U.L.; Signori, C.N.; Gadig, O.B.F.; Santos, H.R.S. (2010). *Guia para identificação de tubarões e raias do Rio de Janeiro*. 234 p. Technical Books, Rio de Janeiro, Brasil. ISBN: 13:978-8561368159
- Graça Lopes, R.; Tomás, A.R.G.; Tutui, S.L.S.; Rodrigues, E.S.; Puzzi, A. (2002). Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo (ISSN: 1678-2305)*, 28(2):173-188. Available on-line at [https://www.pesca.sp.gov.br/28\\_2\\_173-188.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/28_2_173-188.pdf)
- Hoff, N.T.; Abessa, D.M.; Figueira, R.C.L. (2015). Levels of metals, arsenic and phosphorus in sediments from two sectors of a Brazilian Marine Protected Area (Tupinambás Ecological Station). *Marine Pollution Bulletin*, 91(2):403-409. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.10.044
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [ICMBio]. (2017). *Plano de manejo da Estação Ecológica Tupinambás e Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago de Alcatrazes*. 160 p. ICMBio, Brasília.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [ICMBio]. (2018). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. 492 p. ICMBio, Brasília, Brasil. ISBN: 978-85-61842-79-6
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [ICMBio]. (2020). *Plano de uso público do Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago de Alcatrazes*. ICMBio, Brasília, Brasil.
- Instituto de Pesca. (s/d). *Uma visão geral da pesca em São Paulo*. Instituto de Pesca, São Paulo, Brasil. In: <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/16/conteudo>
- Instituto Laje Viva (2012). *Relatório de expedições de levantamento primário para o plano de manejo da ESEC Tupinambás*. Instituto laje Viva, Santos, Brasil.
- ITIS. (2020). Retrieved [December 30 2020], from the Integrated Taxonomic Information System (ITIS). In: <http://www.itis.gov>
- IUCN. (2020). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3*. In: <https://www.iucnredlist.org>
- Jensen, J.R.; Halls, J.N.; Michel, J. (1998). A systems approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) mapping for oil spill contingency planning and response. *Photogrammetric Engineering e Remote*



- Sensing (ISSN: 0099-1112), 64(10):1003-1014. Available on-line at [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1998journal/oct/1998\\_oct\\_1003-1014.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1998journal/oct/1998_oct_1003-1014.pdf)
- Karlovic, T.C.; Gomes, R.R.; Paiva, P.C.; Babcock, E.A.; Dias, J.F. (2021). Functionality and effectiveness of Marine Protected Areas in Southeastern Brazilian waters for demersal elasmobranchs. *Frontiers in Marine Science*, 8:694846. DOI: 10.3389/fmars.2021.694846
- Katsuragawa, M.; Dias, J.F.; Lopes, C.L. (2008). Ictioplâncton. In: Ana Maria S. Pires-Vanin (org.), *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião*, SP, pp. 273-308, Edusp, São Paulo, Brasil. ISBN: 13:9788531410338
- Lanna, E.; Rossi, A.L.; Cavalcanti, F.F.; Hajdu, E.; Klautau, M. (2007). Calcareous sponges from São Paulo State, Brazil (Porifera: Calcarea: Calcinea) with the description of two new species. *Journal of Marine Biology*, 87:1553-1561. DOI: 10.1017/S0025315407056871
- Lima, M.V.; Dias-Brito, D.; Milanelli, J.C.C. (2008). Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo em Ilhabela, São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN: 1808-0936), 60(2):145-154. Available on-line at <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44877/26671>
- Lourenço, R.A.; Combi, T.; Alexandre, M.R.; Sasaki, S.T.; Zanardi-Lamardo, E.; Yogui, G.T. (2020). Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019-2020): trying to find answers and filling data gaps. *Marine Pollution Bulletin*, 156:p111219. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111219
- Magalhães, K.M.; Barros, K.V.S.; Lima, M.C.S.; Rocha-Barreira, C.A.; Rosa Filho, J.S.; Soares, M.O. (2021). Oil spill + COVID-19: a disastrous year for brazilian seagrass conservation. *Science of The Total Environment*, 764:142872. DOI: 10.1016%2Fj.scitotenv.2020.142872
- Mahiques, M.M.; Tassinari, C.C.G.; Marcolini, S.; Violante, R.A.; Figueira, R.C.L.; Silveira, I.C.A.; Burone, L.; Sousa, S.H.M. (2008). Nd and Pb isotope signatures on the Southeastern South American upper margin: Implications for sediment transport and source rocks. *Marine Geology*, 250(1):51-63. DOI: 10.1016/j.margeo.2007.11.007
- Mahiques, M.M.; Sousa, S.H.M.; Burone, L.; Nagai, R.H.; Silveira, I.C.A.; Figueira, R.C.L.; Soutelino, R.G.; Ponsoni, L.; Klein, D.A. (2011). Radiocarbon geochronology of the sediments of the São Paulo Bight (southern Brazilian upper margin). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(3):817-834. DOI: 10.1590/S0001-37652011005000028
- Martuscelli, P.; Olmos, F.; Silva e Silva, R.; Mazzarella, I.P.; Pino, F.V.; Raduan, E.N. (1996). Cetaceans of São Paulo, Southeastern Brazil. *Mammalia*, 60(1):125-140. DOI: 10.1515/mamm.1996.60.1.125
- Melo, G.A.S.; Vezzani, R.M.; Campos-Jr., O. (2003). Type catalogue of the Crustacea Decapoda in the collections of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. *Proceedings of the Biological Society of Washington* (ISSN: 0006-324X), 116(2):423-437. Available on-line at <https://www.biodiversitylibrary.org/page/34565297>
- Menezes, N.A.; Figueiredo, J.L. (1980). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Actinopterygii (3)*. 96 p. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Menezes, N.A.; Figueiredo, J.L. (1985). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Actinopterygii (4)*. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Muscat, E.; Savioli, J.Y.; Costa, A.; Chagas, C.A.; Eugênio, M.; Rotenberg, E.L.; Olmos, F. (2014). Birds of the Alcatrazes archipelago and surrounding waters, São Paulo, southeastern Brazil. *Check List - Journal of species lists and distribution*, 10(4):729-738. DOI: 10.15560/10.4.729
- Nogueira, J.M.M.; Amaral, A.C.Z. (2000). *Amphicorina schlenzae*, a small sabellid (Polychaeta, Sabellidae) associated with a stony coral on the coast of São Paulo State, Brazil. *Bulletin of Marine Science* (ISSN: 0007-4977), 67(1):617-623. Available on-line at <https://www.ingentaconnect.com/contentone/umrsmas/bullmar/2000/00000067/00000001/art00049>
- Nogueira, J.M.M.; Hove, H.A. (2000). On a new species of *Salmacina* Claparède, 1870 (Polychaeta: Serpulidae) from São Paulo State, Brazil. *Beaufortia, Amsterdam* (ISSN: 0067-4745), 50(8):151-161. Available on-line at <https://repository.naturalis.nl/pub/504938>
- Nogueira, J.M.M.; Rizzo, A.E. (2001). A new species of *Branchiomaldane* (Polychaeta: Arenicolidae) from the State of São Paulo, southeastern Brazil. *Journal of Marine Biology*, 81(3):415-421. Available on-line at <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-marine-biological-association-of-the-united-kingdom/article/new-species-of-branchiomaldane-polychaeta-arenicolidae-from-the-state-of-sao-paulo-southeastern-brazil/F71D551850469107BBBA2F1EE23447DB>
- Nogueira, J.M.M.; Steiner, T.M.; Amaral, A.C.Z. (2001). Descriptions of two new species of *Eunice* Cuvier, 1817 (Polychaeta: Eunicidae) from coastal islands of the State of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina*, 65(1):47-57. DOI: 10.3989/scimar.2001.65n147
- Nogueira, J.M.M.; Hutchings, P.A.; Amaral, A.C.Z. (2003). *Articulatia*, a new genus of Terebellinae (Polychaeta: Terebellidae) living in Brazilian corals. *Journal of Marine Biology*, 83:761-770. DOI: 10.1017/S0025315403007756h
- Nogueira, J.M.M.; San Martín, G.; Amaral, A.C.Z. (2010). Description of five new species of *Exogoninae* Rioja, 1925 (Polychaeta: Syllidae) associated with the stony coral *Mussismilia hispida* (Verrill, 1868) in São Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History*, 35(12):1773-1794. DOI: 10.1080/00222930152667096
- Olmos, F.; Martuscelli, P.; Silva e Silva, R.; Neves, T.S. (1995). The Sea-birds of São Paulo, southern Brazil. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* (ISSN: 0007-1595), 115(2):117-127. Available on-line at <https://www.biodiversitylibrary.org/page/40028886>.



- Otoni Neto, G.F.; Gallo, B.M.G.; Becker, J.H. (2012). *Ocorrência de Tartarugas marinhas na ESEC Tupinambás*. Relatório técnico para elaboração do plano de manejo da ESEC Tupinambás.
- Paiva-Filho, A.M.; Schileigelow, J.M.M.; Giannini, R.; Netof, B.R. (1989). Contribuição ao conhecimento da ictiofauna da Ilha de Alcatrazes (SP), Brasil. *Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da USP*, 25:1-6.
- Palóczy, A.; Sartoretto, J.R.; Hoff, N.T.; Marques, O.B.; Oliveira, R.; Biló, T.C. (2012). *ESEC Tupinambás: Relatório de Levantamento de Dados Primários – Meio Físico*. São Paulo.
- Pereira, C.D.S.; Abessa, D.M.S.; Bainy, A.C.D.; Zaroni, L.P.; Gasparro, M.R.; Bicego, M.C.; Taniguchi, S.; Furley, T.H.; Sousa, E.C.P.M. (2007). Integrated assessment of multilevel biomarker responses and chemical analysis in mussels from São Sebastião, São Paulo, Brazil. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(3): 462-469. DOI: 10.1897/06-266R.1
- Poffo, I.R.F.; Xavier, J.C.M.; Serpa, R.R. (2001). A história dos 27 anos de vazamento de óleo no litoral norte do estado de São Paulo (1974-2000). *Revista Meio Ambiente Industrial e Sustentabilidade*, 30:98-104. Available on-line at <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/08.pdf>
- Poletto, C.R.B.; Batista, G.T. (2008). Sensibilidade ambiental das ilhas costeiras de Ubatuba, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água* (ISSN: 1980-993X), 3(2):106-121. DOI: 10.4136/1980-993X
- Prehn-Praça, M. (2015). A base da teia trófica marinha no arquipélago de Alcatrazes (SP): um estudo sobre comunidade fitoplanctônica e variáveis hidrográficas em junho de 2015. Monografia. Instituto Oceanográfico – USP, 55 p.
- Radashevsky, V.I.; Nogueira, J.M.M. (2003). Life history, morphology and distribution of *Dipolydora armata* (Polychaeta: Spionidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83:375-384. DOI: 10.1017/S0025315403007227h
- Rangel, B. S.; Rodrigues, A.; Moreira, R. G. (2018). Use of a nursery area by cownose rays (Rhinopteridae) in southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 16, 1-8. DOI: 10.1590/1982-0224-20170089
- Rezende, M.A. (1987). Comportamento associativo de *Fregata magnificens* (Fregatidae, Aves) e *Sula leucogaster* (Sulidae, Aves) no litoral centro-norte do estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35(1):1-5. DOI: 10.1590/S0373-55241987000100002
- Rocha, R.M.; Bonnet, N.Y.K. (2009). Ascídias (Tunicata, Ascidiacea) introduzidas no Arquipélago de Alcatrazes, São Paulo. *Iheringia, Série Zoologia*, 99(1):27-35. DOI: 10.1590/S0073-47212009000100004
- Rocha, T.C.F.; Dias-Brito, D.; Milanelli, J.C.C. (2010). Mapeamento da sensibilidade ambiental do litoral de Ubatuba - SP a vazamentos de petróleo. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN: 1808-0936), 63(1):157-170. Available on-line at <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43728>
- Rolim, F.A.; Rodrigues, P.F.C.; Gadig, O.B.F. (2017). *Peixes de recife rochoso: Estação Ecológica de Tupinambás – São Paulo*. 80 p. Anolis Books, São Paulo, Brasil. ISBN: 978-85-65622-08-0
- Romero, A.F.; Riedel, P.S.; Milanelli, J.C.C.; Lammardo, A.C.R. (2012). Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo – um estudo de caso na Baía de Santos, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN: 1808-0936), 63(3):315-332. Available on-line at <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43742>
- Romero, A.F.; Oliveira, M.; Abessa, D.M.S. (2018). A simple Bird Sensitivity to Oil Index as a management tool in coastal and marine areas subject to oil spills when few biological information is available. *Marine Pollution Bulletin*, 128(2018):460-465. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.12.008
- Saldanha-Corrêa, F.M.P.; Giancesella, S.M.F. (2008). Produção primária e fitoplâncton. In: Ana Maria S. Pires-Vanin (org.), *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 223-251, Edusp, São Paulo, Brasil. ISBN: 13:9788531410338
- Santos, M.C.O.; Siciliano, S.; Vicente, A.F.C.; Alvarenga, F.S.; Zampiroli, E.; Souza, S.P.; Maranhão, A. (2010). Cetacean records along São Paulo state coast, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(2):123-142. DOI: 10.1590/S1679-87592010000200004
- Santos, M.R.; Katsuragawa, M.; Zani-Teixeira, M.L.; Favero, J.M. (2019). Composition and distribution of Serranidae (Actinopterygii:Perciformes) larvae in the Southeastern Brazilian Bight. *Brazilian Journal of Oceanography*, 67(1):e19264. DOI: 10.1590/S1679-87592019026406701
- São Paulo. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Decreto nº 63.853, de 27 de novembro de 2018. Available on-line at <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63853-27.11.2018.html>
- Sedrez, M.C.; Branco, J.O.; Freitas Júnior, F.; Monteiro, H.S.; Barbieri, E. (2013). Ichthyofauna bycatch of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) fishing in the town of Porto Belo, SC, Brazil. *Biota Neotropica*, 13(1):165-175. DOI: 10.1590/S1676-06032013000100019
- Soares, I.D. (1994). *Modelo numérico de dispersão oceânica: aplicações ao Canal de São Sebastião e adjacências*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. Unpublished.
- Soares, M.O.; Teixeira, C.E.P.; Bezerra, L.E.A.; Paiva, S.V.; Tavares, T.C.L.; Garcia, T.M.; Araújo, J.T.; Campos, C.C.; Ferreira, S.M.C.; Matthews-Cascon, H. (2020). Oil spill in South Atlantic (Brazil): environmental and governmental disaster. *Marine Policy*, 115:103879. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103879
- Souza, S.P.; Cardoso, J.; Carbonari, M.P.; Penteado, M. (2009). Observações oportunísticas contribuem com dados sobre cetáceos no Arquipélago dos Alcatrazes. In: *VI Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*, Curitiba, Brasil.

- Takase, L.S.; Stein, L.P.; Hoff, N.T.; Siegle, E. (2021). Wave climate and power distribution around a rocky island: Alcatrazes, Brasil. *Ocean and Coastal Research*, 69:e21010. DOI: 10.1590/2675-2824069.20-0091st
- Tavares, M.; Moreno, I.B.; Siciliano, S.; Rodriguez, D.; Santos, M.C.O.; Lailson-Brito Jr, J.; Fabián, M.E. (2010). Biogeography of common dolphins (genus *Delphinus*) in the Southwestern Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 40(1):40-64. DOI: 10.1111/j.1365-2907.2009.00154.x
- Turra, A.; Amaral, A.C.Z.; Ciotti, A.M.; Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B.; Schaeffer-Novelli, Y.; Marques, A.C.; Siegle, E.; Sinisgalli, P.A.A.; Santos, C.R.; Carmo, A.B. (2017). Environmental impact assessment under an ecosystem approach: the São Sebastião harbor expansion project. *Ambiente e Sociedade*, 20(3):155-176. DOI: 10.1590/1809-4422asoc166v2022017
- Vanzolini, P.E.; Ramos, A.M.M. (1977). A new species of *Colobodactylus*, with notes on the distribution of a group of stranded microteiid lizards (Sauria, Teiidae). *Papéis Avulsos Zoologia* (ISSN: 0031-1049), 31(3):19-47.
- Vasconcelos, T.L.; Barbosa, C.C.A.; Valdevino, D.S.; Sá, L.A.C.M. (2010). Cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo e sua distribuição no Brasil. *Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, Recife, 1-6, 2010.
- Vega-Pérez, L.A. Zooplâncton. In: Ana Maria S. Pires-Vanin (org.), *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião*, SP, pp. 253-272, Edusp, São Paulo, Brasil. ISBN: 13:9788531410338
- Vianna, M.; Costa, F.E.S.; Ferreira, C.N. (2004). Length-weight relationship of fish caught as by-catch by shrimp fishery in the southeastern coast of Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 30(1):81-85. Available on-line at [https://www.pesca.sp.gov.br/Vianna30\\_1.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/Vianna30_1.pdf)
- Wessel, P.; Smith, W.H.F. (1991). Free software helps map and display data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 72(41):441-446. DOI: 10.1029/90E000319
- WikiAves (2021). WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil. Available on-line at <http://www.wikiaves.com.br/>
- Wieczorek, A. (2006). *Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque estadual da Ilha do Cardoso - PEIC e áreas do entorno*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
- WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species. Disponível em: <<http://www.marinespecies.org>>. Acesso em: 25 fev. 2021. doi:10.14284/170
- Zanardi-Lamardo, E.; Bicego, M.C.; Weber, R.R. (2013). The fate of an oil spill in São Sebastião channel: a case study. *Brazilian Journal of Oceanography* (ISSN: 1982-436X), 61(2): 93-104.
- Zerbini, A.N.; Secchi, E.R.; Bassoi, M.; Rosa, L.D.; Higa, A.; Sousa, L.; Moreno, I.B.; Möller, L.M.; Caon, G. (2004). Distribuição e abundância relativa de cetáceos na Zona Econômica Exclusiva da região Sudeste-Sul do Brasil. Série Documentos Revizee - Score Sul. Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, Brasil.

## INFORMAÇÃO DE SUPORTE I

Avifauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Fontes: 1. Rezende (1987); 2. Campos *et al.* (2004); 3. Muscat *et al.* (2014); 4. Olmos *et al.* (1995); 5. Campos *et al.* (2007); 6. ICMBio (2017). Status (St.; de acordo com ICMBio, 2017): RB - reprodutores residentes; WB - reprodutores de inverno-primavera; R - aparentemente residentes, reprodução não confirmada; B - reprodução registrada; Ac - espécies acidentais, incomuns na costa do estado de São Paulo; V - visitantes, mais comuns na ilha principal; SM - migratórios do sudoeste, aves marinhas que produzem na Patagônia e nas ilhas do Atlântico Sul, presentes na região geralmente durante o inverno; NM - migrantes neoárticos; aves terrestres migratórias da América do Norte; PM - migratórios de passagens; aves marinhas migrantes trans-equatoriais registradas na área durante a migração; alguns podem forragear nas águas ao redor das ilhas; IM - migrantes intratropicais e latitudinais, incluindo aves terrestres com populações do sudeste se movimentando do norte para a costa de São Paulo durante o inverno e entre a costa e o interior sazonalmente. IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018); SP: São Paulo (2018); dd: dados insuficientes; LC: menos preocupante; qame: quase ameaçada; en: ameaçada; CR: criticamente ameaçada; VU: vulnerável. BSOI: índice de sensibilidade de aves ao óleo; SI: sensibilidade leve; Mo: sensibilidade moderada; Se: sensibilidade severa; Ex: sensibilidade extrema.

Espécie		Familia	Ref.	St.	Proteção legal			BSOI
Nome comum	Nome científico				IUCN	BR	SP	
Gavião-carijó	<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	Accipitridae	3	R	LC	LC		SI
Martim-pescador-verde	<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	Alcedinidae	3	R	LC	LC		Ex
Martim-pescador-grande	<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	Alcedinidae	3	V	LC	LC		Ex
Andorinhão-de-sobre-cinzentos	<i>Chaetura cinereiventris</i> Sclater, 1862	Apodidae	3	V	LC	LC		SI
Garça-moura	<i>Ardea cocoi</i> Linnaeus, 1766	Ardeidae	3	V	LC	LC		Se
Garça-vaqueira	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Ardeidae	3	V	LC	LC		Se
Garça-azul	<i>Egretta caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	Ardeidae	6		LC	LC		Se
Garça-branca-pequena	<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	Ardeidae	3	V	LC	LC		Se
Bacurau-chintã	<i>Setopagis parvula</i> (Gould, 1837)	Caprimulgidae	6	V		LC		SI
Azulão	<i>Cyanoloxia brissonii</i> (Lichtenstein, 1823)	Cardinalidae	3	R	LC	LC		SI
Trinca-ferro-verdadeiro	<i>Saltator similis</i> (d'Orbigny e Lafresnaye, 1837)	Cardinalidae	3	R	LC	LC		SI
Urubu-de-cabeça-vermelha	<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	Cathartidae	3	B	LC	LC		Mo
Urubu-de-cabeça-preta	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	Cathartidae	3	RB	LC	LC		SI
Cambacica	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	Coerebidae	3	R	LC	LC		SI
Rolinha-roxa	<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	Columbidae	3	V	LC	LC		SI
Juriti-gemeleira	<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard e Bernard, 1792)	Columbidae	3	V	LC	LC		SI
Juriti-pupu	<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	Columbidae	3	R	LC	LC		SI
Araponga	<i>Procnias nudicollis</i> (Vieillot, 1817)	Cotingidae	3	IM	NT	NT	QAME	SI
Anu-preto	<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	Cuculidae	3	R	LC	LC		SI
Anu-branco	<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	Cuculidae	3	R	LC	LC		SI
Alma-de-gato	<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Cuculidae	3	R	LC	LC		SI
Albatroz-real	<i>Diomedea epomophora</i> (Lesson, 1825)	Diomedidae	4	AC	VU	VU		Se
Albatroz-gigante	<i>Diomedea exulans</i> (Linnaeus, 1758)	Diomedidae	6		VU	CR	CR	Se
Albatroz-de-nariz-amarelo	<i>Thalassarche chlororhynchos</i> (Gmelin, 1789)	Diomedidae	3	SM	EN	EN	EN	Se
Albatroz-de-sobrancelha	<i>Thalassarche melanophris</i> (Temminck, 1828)	Diomedidae	3	SM	LC	NT	EN	Se
Tico-tico	<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Müller, 1776)	Emberizidae	3	R	LC	LC		SI
Caracará	<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	Falconidae	3	V	LC	LC		SI
Falcão-de-peito-laranja	<i>Falco deiroleucus</i> (Temminck, 1825)	Falconidae	3	AC	NT	LC	DD	SI

Espécie		Família	Ref.	St.	Proteção legal			BSOI
Nome comum	Nome científico				IUCN	BR	SP	
Falcão-de-coleira	<i>Falco femoralis</i> (Temminck, 1822)	Falconidae	3	V	LC	LC		SI
Falcão-peregrino	<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)	Falconidae	3	NM	LC	LC		SI
Carrapateiro	<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	Falconidae	3	R	LC	LC		Mo
Tesourão	<i>Fregata magnificens</i> (Mathews, 1914)	Fregatidae	1,3,4,5	RB	LC	LC		Se
Piru-piru	<i>Haematopus palliatus</i> (Temminck, 1820)	Haematopodidae	3	V	LC	NT	EN	Se
Andorinha-doméstica-grande	<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789)	Hirundinidae	3	IM	LC	LC		SI
Andorinha-pequena-de-casa	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	Hirundinidae	3	IM	LC	LC		SI
Alma-de-mestre	<i>Oceanites oceanicus</i> (Kuhl, 1820)	Hydrobatidae	3	PM	LC	LC		Se
Gaiotão	<i>Larus dominicanus</i> (Lichtenstein, 1823)	Laridae	2,3,4,5	R	LC	LC		Se
Trinta-réis-de-bico-vermelho	<i>Sterna hirundinacea</i> (Lesson, 1831)	Laridae	2,3,4,5	WB	LC	VU		Ex
Trinta-réis-anão	<i>Sternula supercilialis</i> (Vieillot, 1819)	Laridae	6		LC	LC		Ex
Trinta-réis-de-bando	<i>Thalasseus acullavidus</i> (Cabot, 1847)	Laridae	3,4,5	WB		LC		Ex
Trinta-réis-real	<i>Thalasseus maximus</i> (Boddaert, 1783)	Laridae	2,3,4,5	WB	LC	EN		Ex
Pula-pula	<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	Parulidae	3		LC	LC		SI
Pia-cobra	<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	Parulidae	3		LC	LC		SI
Pardal	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Passeridae	3		LC	NA		SI
Biguá	<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	Phalacrocoracidae	3	V	LC	LC		Ex
Bobo-grande	<i>Calonectris diomedea borealis</i> (Cory, 1881)	Procellariidae	4	PM	LC	LC		
Bobo-grande	<i>Calonectris diomedea</i> (Scopoli, 1769)	Procellariidae	6	-	LC			
Petrel-gigante	<i>Macronectes giganteus</i> (Gmelin, 1789)	Procellariidae	3	SM	LC	LC		Ex
Faigão-de-bico-fino	<i>Pachyptila belcheri</i> (Mathews, 1912)	Procellariidae	6		LC	LC		Mo
Bobo-grande-de-sobre-branco	<i>Puffinus gravis</i> (O'Reilly, 1818)	Procellariidae	3	PM	LC	LC		Ex
Bobo-escuro	<i>Puffinus griseus</i> (Gmelin, 1789)	Procellariidae	3	PM	NT	LC		Ex
Bobo-pequeno	<i>Puffinus puffinus</i> (Brunnch, 1764)	Procellariidae	3	PM	LC	LC		Ex
Saracura-três-potes	<i>Aramides cajanea</i> (Stadius Muller, 1776)	Rallidae	3	RB	LC	LC	VU	SI
Sanã-castanha	<i>Anurolimnas viridis</i> (Stadius Muller, 1776)	Rallidae	3	V	LC	LC		SI
Maçarico-pintado	<i>Actitis macularius</i> (Linnaeus, 1766)	Scolopacidae	6	PM	LC	LC		Se
Vira-pedras	<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)	Scolopacidae	3	PM	LC	NT		Se
Maçarico-branco	<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)	Scolopacidae	3	PM	LC	LC		Se
Maçarico-de-sobre-branco	<i>Calidris fuscicollis</i> (Vieillot, 1819)	Scolopacidae	6	PM	LC	LC		Se
Pinguim-de-Magalhães	<i>Spheniscus magellanicus</i> (Forster, 1781)	Spheniscidae	3	SM	LC	NT		Ex
Mandrião-parasítico	<i>Stercorarius parasiticus</i> (Linnaeus, 1758)	Stercorariidae	3	PM	LC	LC		Se
Atobá-pardo	<i>Sula leucogaster</i> (Boddaert, 1783)	Sulidae	2,3,4,5	RB	LC	LC		Ex
Saíra-de-papo-preto	<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	3	V	LC	LC		SI
Tiê-sangue	<i>Ramphocelus bresilius</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	3	R	LC	LC		SI
Canário-da-terra-verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	3		LC	LC		SI
Coleirinho	<i>Sporophila caerulea</i> (Vieillot, 1823)	Thraupidae	3	IM	LC	LC		SI
Tiê-preto	<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	Thraupidae	3	R	LC	LC		SI
Sanhaçu-do-coqueiro	<i>Tangara palmeri</i> (Hellmayr, 1909)	Thraupidae	3	R	LC	LC		SI
Saíra-preciosa	<i>Tangara preciosa</i> (Cabanis, 1850)	Thraupidae	3	IM	LC	LC		SI
Sanhaçu-cinzento	<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	3	R	LC	LC		SI
Saí-canário	<i>Thlyptopsis sordida</i> (d'Orbigny e Lafresnaye, 1837)	Thraupidae	6	R	LC	LC		SI

Espécie		Família	Ref.	St.	Proteção legal			BSOI
Nome comum	Nome científico				IUCN	BR	SP	
Tiziu	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Thraupidae	3	IM	LC	LC		SI
Beija-flor-de-garganta-verde	<i>Amazilia fimbriata</i> (Gmelin, 1788)	Trochilidae	3	R	LC	LC		SI
Beija-flor-preto	<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	Trochilidae	6		LC	LC		SI
Beija-flor-de-bico-curvo	<i>Polytmus guainumbi</i> (Pallas, 1764)	Trochilidae	3	AC	LC	LC		SI
Corruíra	<i>Troglodytes aedon</i> (Vieillot, 1809)	Troglodytidae	6		LC			SI
Corruíra	<i>Troglodytes aedon musculus</i> (Naumann, 1823)	Troglodytidae	3	R		LC		SI
Sabiá-coleira	<i>Turdus albicollis</i> (Vieillot, 1818)	Turdidae	3	IM	LC	LC		SI
Sabiá-poca	<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)	Turdidae	3	IM	LC	LC		SI
Sabiá-una	<i>Turdus flavipes</i> (Vieillot, 1818)	Turdidae	3	IM	LC	LC		SI
Sabiá-barranco	<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818)	Turdidae	3	IM	LC	LC		SI
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	Turdidae	3	IM	LC	LC		SI
Risadinha	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	Tyrannidae	3	V	LC	LC		SI
Piui-boreal	<i>Contopus cooperi</i> (Nuttall, 1831)	Tyrannidae	3	NM	NT	NT	QAME	SI
Guaracava-de-barriga-amarela	<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		SI
Tuque	<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe, 1830)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		SI
Gibão-de-couro	<i>Hirundinea ferruginea</i> (Gmelin, 1788)	Tyrannidae	3	R	LC	LC		SI
Maria-preta-de-garganta-vermelha	<i>Knipolegus nigerimus</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		Mo
Enferrujado	<i>Lathrotriccus eulerei</i> (Cabanis, 1868)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		SI
Neinei	<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	3	V	LC	LC		SI
Abre-asa-de-cabeça-cinza	<i>Mionectes rufiventris</i> (Cabanis, 1846)	Tyrannidae	3		LC	LC		SI
Maria-cavaleira	<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	Tyrannidae	3	R	LC	LC		SI
Bem-te-vi-rajado	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776)	Tyrannidae	6	IM	LC	LC		SI
Bentevizinho-de-asa-ferrugínea	<i>Myiozetetes cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	6		LC	LC		SI
Bentevizinho-de-penacho-vermelho	<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	Tyrannidae	3	V	LC	LC		SI
Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Tyrannidae	3	R	LC	LC		SI
Príncipe	<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783)	Tyrannidae	6	IM	LC	LC		SI
Gritador	<i>Sirystes sibilator</i> (Vieillot, 1818)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		SI
Suiriri	<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		SI
Tesourinha	<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot, 1808)	Tyrannidae	3	IM	LC	LC		Mo
Pitiguari	<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	Vireonidae	3	IM	LC	LC		SI



## INFORMAÇÃO DE SUPORTE II

Ictiofauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Fontes: 1. Paiva Filho *et al.* (1989); 2. presente trabalho (2011); 3. presente trabalho (2014); 4. Relatório Laje Viva 2011-2012; 5. Gibran e Moura (2012); 6. Rolim *et al.* (2017); 7. ICMBio (2017); 8. Gomes (2020). IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018); SP: São Paulo (2018); DD: dados insuficientes; LC: menos preocupante; qame: quase ameaçada; en: ameaçada; CR: criticamente ameaçada; VU: vulnerável.

Espécie		Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
<b>Elasmobrânquios</b>						
Raia-chita	<i>Atlantoraja castelnaui</i> (Miranda Ribeiro, 1907)	Arhynchobatidae	2,3,8	CR	EN	EN
Raia-carimbada	<i>Atlantoraja cyclophora</i> (Regan, 1903)	Arhynchobatidae	2,3,8	EN	NT	EN
Raia-de-areia	<i>Psammobatis extenta</i> (Garman, 1913)	Arhynchobatidae	2,8	LC	DD	EN
	<i>Psammobatis</i> sp.	Arhynchobatidae	2,3			
Raia-santa	<i>Rioraja agassizii</i> (Müller e Henle, 1841)	Arhynchobatidae	2,3,8	VU	EN	EN
Raia-prego	<i>Dasyatis americana</i> (Hildebrand e Schroeder, 1928)	Dasyatidae	5,8	NT	DD	QAME
Raia-lixia	<i>Hypanus guttatus</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Dasyatidae	8	NT	LC	QAME
Raia-manteiga	<i>Dasyatis hypostigma</i> (Santos e Carvalho, 2004)	Dasyatidae	4,8	EN	DD	
	<i>Dasyatis</i> sp.	Dasyatidae	2			
Raia-manta, jamanta	<i>Manta birostris</i> (Walbaum, 1792)	Mobulidae	7	EN	VU	VU
Raia-pintada	<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)	Myliobatidae	4,6	NT	DD	QAME
Raia-sapo	<i>Myliobatis freminvillii</i> (Lesueur, 1824)	Myliobatidae	2,6,8	VU	EN	DD
Raia-manteiga	<i>Rhinoptera bonasus</i> (Mitchill, 1815)	Myliobatidae	8	VU	DD	EN
Raia-manteiga	<i>Rhinoptera brasiliensis</i> (Müller, 1836)	Myliobatidae	8	VU	CR	EN
	<i>Rhinoptera steindachneri</i> (Evermann e Jenkins, 1891)	Myliobatidae	4,6	NT		
Raia-viola	<i>Pseudobatos horkelii</i> (Müller e Henle, 1841)	Rhinobatidae	3,8	CR	CR	EN
Raia-viola	<i>Pseudobatos percellens</i> (Walbaum, 1792)	Rhinobatidae	8	EN	DD	EN
Raia-viola-de-bico-curto, banjo	<i>Zapteryx brevirostris</i> (Müller e Henle, 1841)	Rhinobatidae	1,2,3,8	EN	VU	
Tubarão-martelo	<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith e Smith, 1834)	Sphyrnidae	7	CR	CR	CR
Cação-bagre	<i>Squalus albicaudus</i> (Viana, Carvalho e Gomes, 2016)	Squalidae	2,8	DD	DD	CR
Cação-anjo-de-asa-curta	<i>Squatina occulta</i> (Vooren e da Silva, 1992)	Squatinae	3,7,8	CR	CR	EN
Cação-anjo-espinhudo	<i>Squatina guggenheim</i> (Marini, 1936)	Squatinae	2,8	EN	CR	EN
Raia-elétrica	<i>Tetronarce nobiliana</i> (Bonaparte, 1835)	Torpedinidae	7	DD	NA	DD
Canejo	<i>Mustelus higmani</i> (Springer e Lowe, 1963)	Triakidae	7	EN	LC	
<b>Actinoptérgios</b>						
Peixe-cirurgião	<i>Acanthurus coeruleus</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Acanthuridae	4,6	LC	LC	
Peixe-cirurgião	<i>Acanthurus bahianus</i> (Castelnau, 1855)	Acanthuridae	4,5,6	LC	LC	
Peixe-cirurgião	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	Acanthuridae	4,5,6	LC	LC	
Liguado-zebra	<i>Gymnachirus nudus</i> (Kaup, 1858)	Achiridae	1	LC	LC	DD
Peixe-pescador	<i>Antennarius striatus</i> (Shaw, 1794)	Antennariidae	7	LC	DD	DD
Apogon-de-duas-manchas	<i>Apogon pseudomaculatus</i> (Longley, 1932)	Apogonidae	7	LC	LC	DD
Totó-dourado	<i>Apogon quadrisquamatus</i> (Longley, 1934)	Apogonidae	7	LC	DD	DD

Espécie		Nome científico	Familia	Fonte	Proteção legal		
Nome comum					IUCN	BR	SP
Apogon-bangai		<i>Astrapoçon puncticulatus</i> (Poey, 1867)	Apogonidae	7	LC	LC	
Bagre-branco		<i>Genidens barbatus</i> (Lacepède, 1803)	Ariidae	2,8		EN	VU
Peixe-porco, peroá		<i>Balistes capricus</i> (Gmelin, 1789)	Balistidae	1,2,8	VU	NT	VU
Peixe-porco		<i>Balistes vetula</i> (Linnaeus, 1758)	Balistidae	6	NT	NT	DD
Mamangá-liso, mangangá		<i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier, 1829)	Batrachoididae	1,2,3,8		LC	
Peixe-sapo-venenoso		<i>Thalassophryne montevidensis</i> (Berg, 1893)	Batrachoididae	2		LC	DD
		<i>Ophioblennius atlanticus</i> (Valenciennes, 1836)	Blenniidae	4	LC		
Macaco-mármore		<i>Parablennius marmoratus</i> (Poey, 1876)	Blenniidae	5,6	LC	LC	
Macaco-das-pedras		<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	Blenniidae	5,6	LC	LC	
		<i>Parablennius</i> sp. (Miranda Ribeiro, 1915)	Blenniidae	4			
Macaco-verde		<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)	Blenniidae	4,6	LC	LC	
Peixe-agulha		<i>Tylosurus acus acus</i> (Lacepède, 1803)	Belonidae	7		LC	DD
Linguado		<i>Bothus robinsi</i> (Topp e Hoff, 1972)	Bothidae	1	LC	LC	DD
Linguado		<i>Bothus</i> sp. (Rafinesque, 1810)	Bothidae	3			
Peixe-pau		<i>Paradiplogrammus bairdi</i> (Jordan, 1888)	Callionymidae	7	LC	LC	DD
		<i>Carangoides ruber</i> (Bloch, 1793)	Carangidae	4	LC	LC	DD
Carapau		<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	Carangidae	4,6	LC	LC	
Xaralete, arachimboia		<i>Caranx latus</i> (Agassiz, 1831)	Carangidae	4,6	LC	LC	DD
Palombeta, arriba		<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	Carangidae	2,8	LC	LC	
Carapau		<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)	Carangidae	2,3	LC	LC	
Garapoá, falsa-guarajuba		<i>Pseudocaranx dentex</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Carangidae	4,6	LC	LC	DD
Carapau, xixarro		<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	Carangidae	7	LC	LC	DD
Peixe-galo		<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	Carangidae	2,3,8	LC	LC	QAME
Galo-de-penacho		<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	Carangidae	8	LC	LC	QAME
Olho-de-boi, arabaiana		<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	Carangidae	4,6	LC	LC	DD
Arabaiana		<i>Seriola fasciata</i> (Bloch, 1793)	Carangidae	7	LC	DD	DD
Olhete, arabaiana		<i>Seriola lalandi</i> (Valenciennes, 1833)	Carangidae	4,6	LC	LC	DD
Remeiro, arabaiana		<i>Seriola rivoliana</i> (Valenciennes, 1833)	Carangidae	4	LC	LC	DD
Pampo, cangueiro		<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)	Carangidae	2	LC	LC	
Xixarro		<i>Trachurus lathami</i> (Nichols, 1920)	Carangidae	2,3,8	LC	LC	QAME
Boca-de-algodão		<i>Uraspis secunda</i> (Poey, 1860)	Carangidae	7	LC	LC	DD
Macaquinho-transparente		<i>Emblemariopsis signifera</i> (Ginsburg, 1942)	Chaenopsidae	5,6	LC	LC	
		<i>Emblemariopsis</i> sp. (Longley, 1927)	Chaenopsidae	4			
Peixe-borboleta, beijo-de-moça		<i>Chaetodon striatus</i> (Linnaeus, 1758)	Chaetodontidae	4,5,6	LC	LC	
Bicudo		<i>Chaetodon sedentarius</i> (Poey, 1860)	Chaetodontidae	6	LC	LC	DD
Borboleta-de-fundo		<i>Prognathodes guyanensis</i> (Durand, 1960)	Chaetodontidae	7	LC	LC	DD
Sardinha-verdadeira		<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879)	Clupeidae	7	DD	DD	QAME
Enguia-de-jardim		<i>Heteroconger longissimus</i> (Günther, 1870)	Congridae	7	LC	DD	VU
Dourado		<i>Coryphaena hippurus</i> (Linnaeus, 1758)	Coryphaenidae	7	LC	LC	
Língua-de-mulata		<i>Symphurus jenynsi</i> (Evermann e Kendall, 1906)	Cynoglossidae	1,2,3		LC	
Língua-de-mulata		<i>Symphurus plagusia</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Cynoglossidae	7	LC	LC	

Espécie		Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum					IUCN	BR	SP
Língua-de-mulata		<i>Symphurus tessellatus</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	Cynoglossidae	2	LC	LC	
Coió, voador-de-fundo		<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	Dactylopteridae	1,2,3,8	LC	LC	
Baiacu-de-espinho		<i>Chilomycterus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)	Diodontidae	2,3,8	LC	LC	
Rêmore, pegador		<i>Echeneis</i> sp. (Linnaeus, 1758)	Echeneidae	4			
Manjubão		<i>Lycengraulis grossidens</i> (Agassiz, 1829)	Engraulidae	7	LC	LC	
Paru, enxada		<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	Ephippidae	2,4,5,6	LC	LC	
Peixe-trombeta		<i>Fistularia petimba</i> (Lacepède, 1803)	Fistulariidae	2,3	LC	LC	
Peixe-trombeta		<i>Fistularia tabacaria</i> (Linnaeus, 1758)	Fistulariidae	7	LC	LC	DD
Serrinha		<i>Thyrsopterus lepidopoides</i> (Cuvier, 1832)	Gempylidae	8		LC	
Carapeba		<i>Diapterus auratus</i> (Ranzani, 1842)	Gerreidae	3	LC	LC	DD
Carapeba		<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)	Gerreidae	8	LC	LC	
Carapicu		<i>Eucinostomus argenteus</i> (Baird e Girard, 1855)	Gerreidae	2,8	LC	LC	
Carapicu		<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	Gerreidae	1,2,8	LC	LC	DD
		<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> (Gill, 1863)	Gobiidae	5,6	LC	LC	
		<i>Coryphopterus</i> sp.	Gobiidae	4			
Neon		<i>Elacatinus figaro</i> (Sazima, Moura e Rosa, 1997)	Gobiidae	4,5,6		VU	VU
		<i>Gnatholepis thompsoni</i> (Jordan, 1904)	Gobiidae	7	LC	LC	DD
Sargo-de-beiço, pirambú		<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	Haemulidae	4	DD	DD	
Salema		<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Haemulidae	4,5,6	LC	LC	
Roncador, coró-amarelo		<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	Haemulidae	7	LC	LC	
Corcoroca, xira-branca		<i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier, 1830)	Haemulidae	4,5	LC	LC	
Corcoroca-boca-larga		<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan e Gilbert, 1882)	Haemulidae	5,6	LC	LC	
Corcoroca		<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)	Haemulidae	1,2,3,8	LC	LC	QAME
		<i>Pomadasys corvinaeformis</i> (Steindachner, 1868)	Haemulidae	1	LC		
Jaguareçá		<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	Holocentridae	4,5,6	LC	LC	
Fogueira		<i>Myripristis jacobus</i> (Cuvier, 1829)	Holocentridae	5	LC	LC	DD
Pirajica		<i>Kyphosus sectator</i> (Linnaeus, 1758)	Kyphosidae	4,6	LC		
		<i>Kyphosus</i> sp. (Lacepède, 1801)	Kyphosidae	5			
Bodião-fogueira		<i>Bodianus pulchellus</i> (Poey, 1860)	Labridae	6	LC	LC	DD
Bodiã-papagaio-verdadeiro		<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	4,5,6	LC	LC	DD
Bodião-fantasma		<i>Clepticus brasiliensis</i> (Heiser, Moura e Robertson, 2000)	Labridae	4,5,6	LC	LC	
		<i>Halichoeres bathyphilus</i> (Beebe e Tee-Van, 1932)	Labridae	7	LC		
Bodião-verde		<i>Halichoeres brasiliensis</i> (Bloch, 1791)	Labridae	4,5,6	DD	LC	
		<i>Halichoeres cyanocephalus</i> (Bloch, 1791)	Labridae	7	LC		
Bodião-azul		<i>Halichoeres dimidiatus</i> (Agassiz, 1831)	Labridae	4,6	LC	LC	DD
Bodião-puxê		<i>Halichoeres poeyi</i> (Steindachner, 1867)	Labridae	4,5,6	LC	LC	
Bodião-bindalo		<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	7	LC	LC	
Bodião-sazima		<i>Halichoeres sazimai</i> (Luiz, Ferreira e Rocha, 2009)	Labridae	5		LC	
Bodião-curuá		<i>Xyrichtys novacula</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	7	LC	LC	
Maria-da-toca-garrião		<i>Labrisomus nuchipinnis</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	Labrisomidae	5	LC	LC	
Macaquinho-comum		<i>Malacoctenus delalandii</i> (Valenciennes, 1836)	Labrisomidae	5	LC	LC	DD

Nome comum	Espécie		Fonte	Proteção legal		
	Nome científico	Família		IUCN	BR	SP
Peixe-sapo, peixe-diabo	<i>Lophius gastrophysus</i> (Miranda Ribeiro, 1915)	Lophiidae	2,3,8	LC	NT	QAME
Cioba	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	Lutjanidae	6	NT	NT	VU
Dentão	<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Lutjanidae	7	DD	NT	DD
Vermelho, ariocó	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	Lutjanidae	4,6	NT	NT	DD
Guaiúba	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	Lutjanidae	6	DD	NT	VU
Vermelho	<i>Rhomboplites aurorubens</i> (Cuvier, 1829)	Lutjanidae	1,6	VU	NT	VU
Batata, batata-da-pedra	<i>Caulolatilus chrysops</i> (Valenciennes, 1833)	Malacanthidae	2	LC	LC	
Pirá	<i>Malacanthus plumieri</i> (Bloch, 1786)	Malacanthidae	6	LC	LC	DD
Merluza	<i>Merluccius hubbsi</i> (Marini, 1933)	Merlucciidae	3		NT	VU
	<i>Ptereleotris helenae</i> (Randall, 1968)	Microdesmidae	7	LC		
Linha-azul	<i>Ptereleotris randalli</i> (Gasparini, Rocha e Floeter, 2001)	Microdesmidae	4,6	LC	LC	
Peixe-lua	<i>Mola mola</i> (Linnaeus, 1758)	Molidae	4	VU	LC	
Peixe-porco	<i>Aluterus heudelotii</i> (Hollard, 1855)	Monacanthidae	7	LC	LC	DD
Peixe-porco	<i>Cantherhines macrocerus</i> (Hollard, 1853)	Monacanthidae	6	LC	LC	DD
Peixe-porco	<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	Monacanthidae	7	LC	LC	DD
Peixe-porco	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	Monacanthidae	2,3,8	LC	LC	
Trilha	<i>Mullus argentinae</i> (Hubbs e Marini, 1933)	Mullidae	2,3,8		LC	QAME
Salmonete	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	Mullidae	4,6	LC	LC	DD
Trilha	<i>Upeneus parvus</i> (Poey, 1852)	Mullidae	2,3,5	LC	LC	QAME
	<i>Gymnothorax conspersus</i> (Poey, 1867)	Muraenidae	7	LC	DD	
Moreia-verde	<i>Gymnothorax funebris</i> (Ranzani, 1839)	Muraenidae	6	LC	DD	DD
Aimoré	<i>Gymnothorax moringa</i> (Cuvier, 1829)	Muraenidae	6	LC	DD	DD
Caramuru	<i>Gymnothorax vicinus</i> (Castelnau, 1855)	Muraenidae	6	LC	DD	DD
Peixe-morcego	<i>Ogcocephalus notatus</i> (Valenciennes, 1837)	Ogcocephalidae	2	LC	LC	
Peixe-morcego	<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus, 1758)	Ogcocephalidae	1,2,3,6,8	LC	LC	
	<i>Echiophis intertinctus</i> (Richardson, 1848)	Ophichthidae	7	LC	LC	DD
	<i>Myrichthys breviceps</i> (Richardson, 1848)	Ophichthidae	7	LC	LC	
Mutuca	<i>Myrichthys ocellatus</i> (Lesueur, 1825)	Ophichthidae	7	LC	LC	
	<i>Ophichthus gomesii</i> (Castelnau, 1855)	Ophichthidae	1	LC	LC	
	<i>Raneya brasiliensis</i> (Kaup, 1856)	Ophidiidae	2	LC	LC	
Peixe-cofre, baiacu-de-chifre	<i>Acanthostracion polygonius</i> (Poey, 1876)	Ostraciidae	4,6	LC	LC	DD
Linguado	<i>Citharichthys arenaceus</i> (Evermann e Marsh, 1900)	Paralichthyidae	2	LC	LC	
Linguado	<i>Citharichthys dinoceros</i> (Goode e Bean, 1886)	Paralichthyidae	2,3	LC	LC	
Linguado-onça	<i>Citharichthys macrops</i> (Dresel, 1885)	Paralichthyidae	1,8	LC	LC	DD
Linguado-pintado	<i>Cyclopsetta chittendeni</i> (Bean, 1895)	Paralichthyidae	1	LC	LC	DD
Linguado	<i>Etropus crossotus</i> (Jordan e Gilbert, 1882)	Paralichthyidae	2,8	LC	LC	
Linguado	<i>Etropus longimanus</i> (Norman, 1933)	Paralichthyidae	1,2,3,8		LC	
Linguado-areia	<i>Paralichthys isosceles</i> (Jordan, 1891)	Paralichthyidae	3	DD	LC	DD
Linguado-vermelho	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (Valenciennes, 1839)	Paralichthyidae	2	DD	DD	VU
Linguado-branco	<i>Paralichthys patagonicus</i> (Jordan, 1889)	Paralichthyidae	1,2,3,8	VU	NT	VU
Linguado-areia	<i>Paralichthys triocellatus</i> (Miranda Ribeiro, 1903)	Paralichthyidae	2,3	LC	LC	DD

Espécie		Familia	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
Linguado	<i>Syacium micrurum</i> (Ranzani, 1842)	Paralichthyidae	1,2,8	LC	LC	VU
Linguado	<i>Syacium papilosum</i> (Linnaeus, 1758)	Paralichthyidae	1,2,8	LC	LC	VU
Linguado-manteiga	<i>Xystreurus rasile</i> (Jordan, 1891)	Paralichthyidae	3,8	LC	LC	DD
Piaba-do-mar	<i>Pempheris schomburgkii</i> (Müller e Troschel, 1848)	Pempheridae	4,5,6	LC	LC	DD
Tira-vira	<i>Percophis brasiliensis</i> (Quoy e Gaimard, 1825)	Percophidae	1,2,3,8		LC	
Abrótea	<i>Urophycis brasiliensis</i> (Kaup, 1858)	Phycidae	3,8		NT	QAME
Michole-quati	<i>Pinguipes brasilianus</i> (Cuvier, 1829)	Pinguipedidae	7		LC	DD
Frade, paru-da-pedra	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	Pomacanthidae	4,5,6	LC	DD	QAME
Donzela-fogo	<i>Centropyge aurantonotus</i> (Burgess, 1974)	Pomacanthidae	7	LC	DD	VU
Peixe-anjo	<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)	Pomacanthidae	4,6	LC	DD	VU
Soldado	<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)	Pomacanthidae	5,6	LC	DD	VU
Sinhá-rosa	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Pomacentridae	4,5,6	LC	LC	
Donzela-de-rabo-amarelo	<i>Chromis enchrysurus</i> (Jordan e Gilbert, 1882)	Pomacentridae	7	LC	LC	DD
Donzela-cobalto	<i>Chromis flavicauda</i> (Günther, 1880)	Pomacentridae	7	DD	LC	DD
Donzela-jubauna	<i>Chromis jubauna</i> (Moura, 1995)	Pomacentridae	4,6		LC	DD
Donzela-marrom	<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	Pomacentridae	4,5,6	LC	LC	
Donzela	<i>Stegastes fuscus</i> (Cuvier, 1830)	Pomacentridae	4,5,6	LC	LC	
Donzela-bicolor	<i>Stegastes pictus</i> (Castelnau, 1855)	Pomacentridae	4,5,6		LC	
Donzela-amarela	<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)	Pomacentridae	4,5,6		LC	
Enchova	<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	Pomatomidae	2	VU	NT	VU
Olho-de-cão	<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	Priacanthidae	2,5,6,8	LC	LC	
Olho-de-cão	<i>Heretopriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)	Priacanthidae	2	LC	LC	DD
Sardinha-dentuça	<i>Chirocentrodon bleekeriensis</i> (Poey, 1867)	Pristigasteridae	8	LC	LC	
Sardinha-branca	<i>Pellona harroweri</i> (Fowler, 1917)	Pristigasteridae	2,8	LC	LC	
Batata, batata-da-pedra	<i>Cryptotomus roseus</i> (Cope, 1871)	Scaridae	7	LC	LC	DD
Bodião	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	Scaridae	7	LC	LC	DD
Peixe-papagaio-azul, bodião-azul	<i>Scarus trispinosus</i> (Valenciennes, 1840)	Scaridae	7	EN	EN	EN
Peixe-papagaio-banana	<i>Scarus zelindae</i> (Moura, Figueiredo e Sazima, 2001)	Scaridae	4,6	DD	VU	EN
Bodião	<i>Sparisoma amplum</i> (Ranzani, 1841)	Scaridae	4,5,6	LC	NT	EN
	<i>Sparisoma atomarium</i> (Poey, 1861)	Scaridae	7	LC		
Peixe-papagaio-cinza	<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)	Scaridae	4,5,6	DD	VU	EN
Peixe-papagaio-cinza	<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)	Scaridae	4,5,6	DD	VU	EN
Bodião, peixe-papagaio-vermelho	<i>Sparisoma tuiupiranga</i> (Gasparini, Joyeux e Floeter, 2003)	Scaridae	4,5,6	LC	LC	DD
	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterra, 1788)	Scaridae	7	LC		
Cangauá, roncadador, bororó	<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	Sciaenidae	3	LC	LC	DD
Canguá	<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i> (Metzelaar, 1919)	Sciaenidae	2,3,8	LC	LC	
Pescada-amarela	<i>Cynoscion acoupa</i> (Lacepède, 1801)	Sciaenidae	2,8	LC	NT	QAME
Goete	<i>Cynoscion jamaicensis</i> (Vaillant e Bocourt, 1883)	Sciaenidae	2,8	LC	LC	VU
Pescada-de-dente, pescada-bicuda	<i>Cynoscion microlepidotus</i> (Cuvier, 1830)	Sciaenidae	2,8	LC	LC	DD
Maria-mole	<i>Cynoscion striatus</i> (Cuvier, 1829)	Sciaenidae	2,3,8			
Tortinha	<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier, 1830)	Sciaenidae	2	LC	LC	



Espécie		Familia	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
Pescadinha, pescada-real	<i>Macrondon atricauda</i> (Günther, 1880)	Sciaenidae	2		LC	VU
Betara, papa-terra	<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus, 1758)	Sciaenidae	2,8	LC	DD	QAME
Corvina	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	Sciaenidae	2,3,8	LC	LC	VU
Pescada-dentuça	<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)	Sciaenidae	5,6	LC	LC	DD
Bilro	<i>Pareques acuminatus</i> (Bloch e Schneider, 1801)	Sciaenidae	6	LC	DD	DD
Castanha	<i>Umbrina canosai</i> (Berg, 1895)	Sciaenidae	8	LC	LC	VU
Corvina-riscada, castanha-riscada	<i>Umbrina coroides</i> (Cuvier, 1830)	Sciaenidae	2	LC	LC	DD
	<i>Pontinus rathbuni</i> (Goode e Bean, 1896)	Scorpaenidae	2,8	LC		
Peixe-pedra	<i>Scorpaena brasiliensis</i> (Cuvier, 1829)	Scorpaenidae	7	LC	LC	
Peixe-pedra	<i>Scorpaena isthmensis</i> (Meek e Hildebrand, 1928)	Scorpaenidae	1	LC	LC	DD
Piraúna	<i>Cephalopholis furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	Serranidae	6	LC	LC	
Michole-de-areia, canguito	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)	Serranidae	2	LC	LC	
Michole-de-areia, jacundá	<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	Serranidae	6,8	LC	LC	
Mariquita-de-penacho	<i>Dules auríga</i> (Cuvier, 1829)	Serranidae	1,2,3,8		LC	
Garoupa-verdadeira	<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	Serranidae	4,5,6	VU	VU	EN
Garoupa-são-tomé	<i>Epinephelus morio</i> (Valenciennes, 1828)	Serranidae	6	VU	VU	EN
Cherne-verdadeiro	<i>Hyporthodus niveatus</i> (Valenciennes, 1828)	Serranidae	7	VU	VU	EN
Badejo-mira	<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes, 1828)	Serranidae	4,5,6	LC	DD	QAME
Sirigado	<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)	Serranidae	7	NT	VU	EN
Badejo-amarelo	<i>Mycteroperca interstitialis</i> (Poey, 1860)	Serranidae	5	VU	VU	EN
	<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)	Serranidae	7	LC		
	<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	Serranidae	7	LC		DD
Badejinho-lanterna	<i>Serranus baldwini</i> (Evermann e Marsh, 1899)	Serranidae	5,6	LC	LC	DD
Marimbá	<i>Diplodus argenteus</i> (Valenciennes, 1830)	Sparidae	4,5,6,8	LC	LC	
Caratinga	<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)	Sparidae	7	LC	LC	DD
Peixe-pena-amarelo	<i>Calamus pennatula</i> (Guichenot, 1868)	Sparidae	4,6	LC	LC	DD
Pargo, pargo-rosa	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	Sparidae	1,2,3,8	LC	DD	VU
Barracuda	<i>Sphyraena barracuda</i> (Edwards, 1771)	Sphyraenidae	2,6	LC	LC	DD
Bicuda	<i>Sphyraena guachancho</i> (Cuvier, 1829)	Sphyraenidae	2,6	LC	LC	DD
Bicuda	<i>Sphyraena tome</i> (Fowler, 1903)	Sphyraenidae	7		DD	DD
Gordinho	<i>Peprilus paru</i> (Linnaeus, 1758)	Stromateidae	2	LC	LC	
Cavalo-marinho	<i>Hippocampus erectus</i> (Perry, 1810)	Syngnathidae	1	VU	VU	
Peixe-cachimbo	<i>Bryx dunckeri</i> (Metzelaar, 1919)	Syngnathidae	7	LC	LC	DD
Peixe-lagarto	<i>Synodus intermedius</i> (Spix e Agassiz, 1829)	Synodontidae	4,5,6	LC	LC	DD
Peixe-lagarto	<i>Saurida brasiliensis</i> (Norman, 1935)	Synodontidae	7	LC	LC	DD
Peixe-lagarto	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	Synodontidae	1,2,3,8	LC	LC	
Peixe-lagarto	<i>Synodus synodus</i> (Linnaeus, 1758)	Synodontidae	4	LC	LC	DD
Baiacu-mirim	<i>Canthigaster figueiredoi</i> (Moura e Castro, 2002)	Tetraodontidae	4,5,6	LC	LC	DD
Baiacu	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	Tetraodontidae	7	LC		
Baiacu-ará	<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	Tetraodontidae	8	LC	LC	
Baiacu	<i>Sphoeroides greeleyi</i> (Gilbert, 1900)	Tetraodontidae	1,2,3	LC	LC	

Espécie		Familia	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
Baiacu	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	Tetraodontidae	5,6	LC	LC	DD
Baiacu	<i>Sphoeroides tyleri</i> (Shipp, 1972)	Tetraodontidae	2	LC	LC	DD
Peixe-espada	<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	Trichiuridae	2	LC	LC	
Cabrinha	<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1793)	Triglidae	1,2,3,8	LC	LC	

### INFORMAÇÃO DE SUPORTE III

Espécies de invertebrados marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião – SP, com indicação de espécies endêmicas em negrito e de espécies exóticas/introduzidas sublinhadas. Fontes: 1. Nogueira e Amaral (2000), 2. Nogueira e Hove (2000), 3. Nogueira *et al.* (2001), 4. Nogueira e Rizzo (2001), 5. Melo *et al.* (2003), 6. Nogueira *et al.* (2003), 7. Radashevsky e Nogueira (2003), 8. Lanna *et al.* (2007), 9. Gagliardi (2009), 10. Rocha e Bonnet (2009), 11. Nogueira *et al.* (2010), 12. Coimbra e Bergue (2003), 13. ICMBio (2017). IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018); SP: São Paulo (2018); dd: dados insuficientes; LC: menos preocupante; CR: criticamente ameaçada; VU: vulnerável.

Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
				IUCN	BR	SP
<b>Filo Porifera</b>						
Esponja	<i>Acarus nicoleae</i> (van Soest, Hooper e Hiemstra, 1991)	Acarinidae	13		LC	
	<i>Leucilla</i> sp. (Haeckel, 1872)	Amphoriscidae	13			
Esponja	<i>Asteropus brasiliensis</i> (Hajdu e van Soest, 1992)	Ancorinidae	13		LC	
Esponja	<i>Drágmacidon reticulatum</i> (Ridley e Dendy, 1886)	Axinellidae	13		LC	
	<i>Callyspongia</i> sp. (Duchassaing e Michelotti, 1864)	Callyspongiidae	13			
	<i>Haliclona</i> sp. (Grant, 1841)	Chalinidae	13			
	<i>Haliclona</i> sp. 2 (Grant, 1841)	Chalinidae	13			
	<i>Chalinula</i> sp. (Schmidt, 1868)	Chalinidae	13			
Esponja	<i>Arturia alcatraziensis</i> (Lanna, Rossi, Cavalcanti, Hajdu e Klautau, 2007)	Clathrinidae	8,13		LC	
Esponja	<i>Clathrina aurea</i> (Solé-Cava, Klautau, Bory-Esnault, Borojevic e Thorpe, 1991)	Clathrinidae	8,13		LC	
Esponja	<i>Clathrina conifera</i> (Klautau e Borojevic, 2001)	Clathrinidae	8,13		LC	
Esponja	<i>Cliona celata</i> (Grant, 1826)	Clionidae	13		LC	
	<i>Lissodendoryx</i> sp. (Topsent, 1892)	Coelosphaeridae	13			
	<i>Monanchora</i> spp. (Carter, 1883)	Crambeidae	13			
	<i>Darwinella</i> sp. (Müller, 1865)	Darwinellidae	13			
	<i>Aplysilla</i> sp. (Schulze, 1878)	Darwinellidae	13			
	<i>Chelonaplysilla</i> sp. (Laubenfels, 1948)	Darwinellidae	13			
Esponja	<i>Desmanthus meandroides</i> (van Soest e Hajdu, 2000)	Desmanthidae	13		LC	
	<i>Dysidea</i> sp. (Johnston, 1842)	Dysideidae	13			
Esponja	<i>Euryspongia rosea</i> (Laubenfels, 1936)	Dysideidae	13		DD	
Esponja	<i>Guitarra sepia</i> (Lerner, Hajdu, Custodio e van Soest, 2004)	Guitarridae	13		LC	
	<i>Hymedesmia</i> sp. nova (Bowerbank, 1864)	Hymedesmiidae	13			
	<i>Hemimycale</i> sp. nova (Burton, 1934)	Hymedesmiidae	13			
	<i>Prosuberites</i> sp. (Topsent, 1893)	Hymenhabdiidae	13			
	<i>Ircinia</i> sp. (Nardo, 1833)	Irciniidae	13			
Esponja	<i>Latrunculia (Biannulata) janeirensis</i> (Cordonis, Moraes e Muricy, 2012)	Latrunculiidae	13		VU	
Esponja	<i>Leucascus roseus</i> (Lanna, Rossi, Cavalcanti, Hadju e Klautau, 2007)	Leucascidae	8,13		LC	
	<i>Artemisina</i> sp. (Vosmaer, 1885)	Microcionidae	13			
Esponja	<i>Clathria (Microcion) campecheae</i> (Hooper, 1996)	Microcionidae	13		LC	
Esponja	<i>Clathria (Microcion) crassitoxa</i> (Santos e Pinheiro, 2014)	Microcionidae	13			
Esponja	<i>Mycale (Carmia) magnirhaphidifera</i> (van Soest, 1984)	Mycalidae	13		LC	

Nome comum	Espécie		Fonte	Proteção legal		
	Nome científico	Família		IUCN	BR	SP
Esponja	<i>Mycale (naviculina) arcuiris</i>	(Lerner e Hajdu, 2002)	Mycalidae	13		LC
Esponja	<i>Pachychalina alcaloidifera</i>	(Pinheiro, Berlinck e Hajdu, 2005)	Niphatidae	13		LC
	<i>Terpios</i> sp.	(Duchassaing e Michelotti, 1864)	Suberitidae	13		
	<i>Terpios</i> sp. 2	(Duchassaing e Michelotti, 1864)	Suberitidae	13		
Esponja	<i>Tedania (Tedania) brasiliensis</i>	(Mothes, Hajdu e van Soest, 2000)	Tedaniidae	13		LC
	<i>Timea</i> sp.	(Gray, 1867)	Timeidae	13		
	<i>Trachycladus</i> sp.	(Carter, 1879)	Trachycladidae	13		
<b>Filo Cnidaria</b>						
	<i>Actinostella flosculifera</i>	(Le Sueur, 1817)	Actiniidae	13		
	<i>Aglaophenia acacia</i>	(Allman, 1883)	Aglaopheniidae	13		
	<i>Aglaophenia latecarinata</i>	(Allman, 1877)	Aglaopheniidae	13		
	<i>Exaiptasia diaphana</i>	(Rapp, 1829)	Aiptasiidae	13		
	<i>Clytia</i> sp.	(Lamouroux, 1812)	Campanulariidae	13		
	<i>Obelia dichotoma</i>	(Linnaeus, 1758)	Campanulariidae	13		
	<i>Ceriantheopsis lineata</i>	(Stampar, Scarabino, Pastorino e Morandini, 2015)	Cerianthidae	13		
	<i>Carijoa riisei</i>	(Duchassaing e Michelotti, 1860)	Clavuriliidae	13		
	<i>Pseudocorynactis</i> sp.	(Den Hartog, 1980)	Corallimorphidae	13		
	<i>Corynactis</i> sp.	(Allman, 1846)	Corallimorphidae	13		
Coral-sol	<i>Tubastraea tagusensis</i>	(Wells, 1982)	Dendrophylliidae	13		
Coral-sol	<i>Tubastraea coccinea</i>	(Lesson, 1830)	Dendrophylliidae	13		
Coral-cérebro-da-Bahia	<i>Mussismilia hispida</i>	(Verrill, 1901)	Faviidae	1,13	DD	LC
	<i>Liriope tetraphylla</i>	(Chamisso e Eysenhardt, 1821)	Geryoniidae	13		
	<i>Leptogorgia punicea</i>	(Milne Edwards e Haime, 1857)	Gorgoniidae	13		
	<i>Halecium</i> sp.	(Oken, 1815)	Haleciidae	13		
	<i>Halopteris polymorpha</i>	(Billard, 1913)	Halopterididae	13		
	<i>Anthoebella communis</i>	(Calder, 1991)	Hebellidae	13		
	<i>Aurila ornellae</i>	(Coimbra e Bergue, 2003)	Hemicytheridae	12		
	<i>Calliactis tricolor</i>	(Le Sueur, 1817)	Hormathiidae	13		
	<i>Linuche unguiculata</i>	(Swartz, 1788)	Linuchidae	13		
	<i>Lychnorhiza lucerna</i>	(Haeckel, 1880)	Lychnorhizidae	13		
	<i>Turritopsis nutricula</i>	(McCrary, 1857)	Oceaniidae	13		
	<i>Parazoanthus</i> sp.	(Haddon e Shackleton, 1891)	Parazoanthidae	13		
	<i>Chrysaora lactea</i>	(Eschscholtz, 1829)	Pelagiidae	13		
	<i>Pennaria disticha</i>	(Goldfuss, 1820)	Pennariidae	13		
coral-de-dez-raios	<i>Madracis decactis</i>	(Lyman, 1859)	Pocilloporidae	13	LC	LC
	<i>Astrangia rathbuni</i>	(Vaughan, 1906)	Rhizangiidae	13		
	<i>Sertularia turbinata</i>	(Lamouroux, 1816)	Sertulariidae	13		
	<i>Palythoa caribaeorum</i>	(Duchassaing e Michelotti, 1860)	Sphenopidae	13		
	<i>Palythoa</i> sp.	(Lamouroux, 1816)	Sphenopidae	4,9		
	<i>Hincksella</i> sp.	(Billard, 1918)	Synthechiidae	13		
	<i>Thyroscyphus marginatus</i>	(Allman, 1877)	Thyroscyphidae	13		

Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
				IUCN	BR	SP
	<i>Zoanthus</i> sp. (Lamarck, 1801)	Zoanthidae	4			
<b>Filo Mollusca</b>						
	<i>Anomia simplex</i> (d'Orbigny, 1853)	Anomiidae	13			
	<i>Pododesmus rudis</i> (Broderip, 1834)	Anomiidae	13			
	<i>Aplysia</i> sp. 1 (Linnaeus, 1767)	Aplysiidae	13			
	<i>Aplysia</i> sp. 2 (Linnaeus, 1767)	Aplysiidae	13			
	<i>Aplysia</i> sp. 3 (Linnaeus, 1767)	Aplysiidae	13			
	<i>Bursatella leachii</i> (Blainville, 1817)	Aplysiidae	13			
	<i>Architectonica</i> sp. (Röding, 1798)	Architectonicidae	13			
	<i>Arca imbricata</i> (Bruguière, 1789)	Arcidae	13			
	<i>Barbatia candida</i> (Helbling, 1779)	Arcidae	13			
	<i>Barbatia domingensis</i> (Lamarck, 1819)	Arcidae	13			
	<i>Argonauta nodosus</i> (Lightfoot, 1786)	Argonautidae	13			
	<i>Bulimulus</i> sp. 1 (Leach, 1814)	Bulimulidae	13			
	<i>Bulimulus</i> sp. 2 (Leach, 1814)	Bulimulidae	13			
	<i>Bulimulus</i> sp. (Leach, 1814)	Bulimulidae	13			
Caracol	<i>Drymaeus acervatus</i> (L. Pfeiffer, 1857)	Bulimulidae	13	VU		DD
	<i>Bulla striata</i> (Bruguière, 1792)	Bullidae	13			
	<i>Caecum</i> sp. 1 (Fleming, 1813)	Caecidae	13			
	<i>Caecum</i> sp. 2 (Fleming, 1813)	Caecidae	13			
	<i>Calliostoma depictum</i> (Dall, 1927)	Calliostomatidae	13			
	<i>Calliostoma</i> sp. (Swainson, 1840)	Calliostomatidae	13			
	<i>Rhyssoplax janeirensis</i> (DS) (Gray, 1828)	Calliostomatidae	13			
	<i>Bostrycapulus odites</i> (Collin, 2005)	Calyptraeidae	13			
	<i>Bostrycapulus aculeatus</i> (Gmelin, 1791)	Calyptraeidae	13			
	<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)	Cerithiidae	13			
	<i>Velamen</i> sp. (Krumbach, 1925)	Cestidae	13			
	<i>Chaetopleura isabellei</i> (d'Orbigny, 1841)	Chaetopleuridae	13			
	<i>Chama congregata</i> (Conrad, 1833)	Chamidae	13			
	<i>Chiton</i> sp. (Linnaeus, 1758)	Chitonidae	13			
	<i>Felimare lajensis</i> (Troncoso, Garcia e Urgorri, 1998)	Chromodorididae	13			
	<i>Felimare kempfi</i> (Marcus, 1971)	Chromodorididae	13			
	<i>Heleobia australis</i> (D'Orbigny, 1835)	Cochliopidae	13			
	<i>Anachis</i> sp. (Adams e Adams, 1853)	Columbellidae	13			
	<i>Costoanachis sparsa</i> (Reeve, 1859)	Columbellidae	13			
	<i>Parvanachis obesa</i> (Adams, 1845)	Columbellidae	13			
	<i>Cosmioconcha helenae</i> (Costa, 1983)+B178	Columbellidae	13			
	<i>Costoanachis</i> sp. 1 (Sacco, 1890)	Columbellidae	13			
	<i>Costoanachis</i> sp. 2 (Sacco, 1890)	Columbellidae	13			
	<i>Costoanachis</i> sp. 3 (Sacco, 1890)	Columbellidae	13			
	<i>Columbella mercatoria</i> (Linnaeus, 1758)	Columbellidae	13			



Nome comum	Espécie		Fonte	Proteção legal		
	Nome científico	Família		IUCN	BR	SP
	<i>Astyris lunata</i> (Say, 1826)	Columbellidae	13			
	<i>Austrotoma aguayoi</i> (Carcelles, 1953)	Conoidea	13			
	<i>Caryocorbula swiftiana</i> (Adams, 1852)	Corbulidae	13			
	<i>Corbula patagonica</i> (d'Orbigny, 1846)	Corbulidae	13			
	<i>Monoplex parthenopeus</i> (Salis Marschlin, 1793)	Cymatiidae	13			
	<i>Macrocyprea zebra</i> (Linnaeus, 1758)	Cypraeidae	13			
	<i>Gibberula</i> sp. (Swainson, 1840)	Cystiscidae	13			
	<i>Doris ilo</i> (Marcus, 1955)	Dorididae	13			
	<i>Doto uva</i> (Marcus, 1955)	Dotidae	13			
	<i>Eulima</i> sp. (Risso, 1826)	Eulimidae	13			
	<i>Phidiana lynceus</i> (Bergh, 1867)	Facelinidae	13			
	<i>Apertifusus frenguelli</i> (Carcelles, 1953)	Fasciolaridae	13			
	<i>Latirus</i> sp. (Montfort, 1810)	Fasciolaridae	13			
	<i>Leucozonia nassa</i> (Gmelin, 1791)	Fasciolaridae	13			
	<i>Fissurella clenchi</i> (Pérez Farfante, 1943)	Fissurellidae	13			
	<i>Fissurella</i> sp. (Fleming, 1822)	Fissurellidae	13			
	<i>Diodora corbicula</i> (Sowerby II, 1862)	Fissurellidae	13			
	<i>Lucapina sowerbii</i> (Sowerby I, 1835)	Fissurellidae	13			
	<i>Flabellina</i> sp. (McMurtrie, 1831)	Flabellinidae	13			
	<i>Coryphella verta</i> (Marcus, 1970)	Flabellinidae	13			
	<i>Flabellina engeli luciana</i> (Dacosta, Cunha, Simone e Schrödl, 2007)	Flabellinidae	13			
	<i>Glycymeris</i> sp. (Costa, 1778)	Glycymerididae	13			
	<i>Goniodoris mimula</i> (Er. Marcus, 1955)	Goniodorididae	13			
	<i>Goniodoris mimula</i> (Marcus, 1955)	Goniodorididae	13			
	<i>Hiatella</i> sp. (Bosc, 1801)	Hiatellidae	13			
	<i>Hydrobia</i> sp. (Hartmann, 1821)	Hydrobiidae	13			
	<i>Ischnochiton niveus</i> (Ferreira, 1987)	Ischnochitonidae	13			
	<i>Ischnochiton striolatus</i> (Gray, 1828)	Ischnochitonidae	13			
	<i>Isognomon bicolor</i> (Adams, 1845)	Isognomonidae	13			
	<i>Isognomon</i> sp. 1 (Lightfoot, 1786)	Isognomonidae	13			
	<i>Isognomon</i> sp. 2 (Lightfoot, 1786)	Isognomonidae	13			
	<i>Parabornia palliopapillata</i> (Simone, 2001)	Lasaeidae	13			
	<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)	Limidae	13			
	<i>Limaria pellucida</i> (Adams, 1848)	Limidae	13			
	<i>Liotinaria</i> sp. (Habe, 1955)	Liotiidae	13			
	<i>Alaba incerta</i> (D'Orbigny, 1841)	Litiopidae	13			
	<i>Littorina saxatilis</i> (Olivi, 1792)	Littorinidae	13			
	<i>Doryteuthis sanpaulensis</i> (Brakoniecki, 1984)	Loliginidae	13	LC		
	<i>Doryteuthis (Doryteuthis) pleii</i> (Blainville, 1823)	Loliginidae	13			
	<i>Lolliguncula (Lolliguncula) brevis</i> (Blainville, 1823)	Loliginidae	13	DD		
	<i>Lottia subrugosa</i> (d'Orbigny, 1846)	Lottiidae	13			

Nome comum	Espécie		Fonte	Proteção legal		
	Nome científico	Família		IUCN	BR	SP
	<i>Codakia orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)	Lucinidae	13			
	<i>Parvilucina pectinella</i> (Adams, 1852)	Lucinidae	13			
	<i>Cryptospira</i> sp. (Hinds, 1844)	Marginellidae	13			
	<i>Modulus modulus</i> (Linnaeus, 1758)	Modulidae	13			
	<i>Favartia celulosa</i> (Conrad, 1846)	Muricidae	13			
	<i>Siratus tenuivaricosus</i> (Dautzenberg, 1927)	Muricidae	13			
	<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	Muricidae	13			
	<i>Phyllonotus pomum</i> (Gmelin, 1791)	Muricidae	13			
	<i>Claremontiella nodulosa</i> (Adams, 1845)	Muricidae	13			
	<i>Coralliophila aberrans</i> (Adams, 1850)	Muricidae	13			
	<i>Siratus senegalensis</i> (Gmelin, 1791)	Muricidae	13			
	<i>Gregariella coralliophaga</i> (Gmelin, 1791)	Mytilidae	13			
	<i>Leiosolenus aristatus</i> (Dillwyn, 1817)	Mytilidae	13			
	<i>Modiolus carvalhoi</i> (Klappenbach, 1966)	Mytilidae	13			
	<i>Modiolus</i> sp. (Lamarck, 1799)	Mytilidae	13			
	<i>Musculus lateralis</i> (Say, 1822)	Mytilidae	13			
	<i>Brachidontes darwinianus</i> (d'Orbigny, 1842)	Mytilidae				
	<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	Mytilidae	13			
	<i>Leiosolenus aristatus</i> (Dillwyn, 1817)	Mytilidae	13			
	<i>Buccinanops cochlidium</i> (Dillwyn, 1817)	Nassariidae	13			
	<i>Phrontis alba</i> (Say, 1826)	Nassariidae	13			
	<i>Phrontis vibex</i> (Say, 1822)	Nassariidae	13			
	<i>Cryptonatica</i> sp. Dall, 1892	Naticidae	13			
	<i>Sinum perspectivum</i> (Say, 1831)	Naticidae	13			
	<i>Arcopsis adamsi</i> (Dall, 1886)	Noetiidae	13			
	<i>Octopus vulgaris</i> (Cuvier, 1797)	Octopodidae	13	LC		
	<i>Oliva circinata</i> (Marrat, 1871)	Olividae	13			
	<i>Omalogyra</i> sp. (Jeffreys, 1860)	Omalogyridae	13			
	<i>Ostrea stentina</i> (Payraudeau, 1826)	Ostreidae	13			
	<i>Ostrea equestris</i> (Say, 1834)	Ostreidae	13			
	<i>Simnialena ilhabelaensis</i> (Fehse, 2001)	Ovulidae	13			
	<i>Leptopecten bavayi</i> (Dautzenberg, 1900)	Pectinidae	13			
Pata-de-leão	<i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	13			LC
	<i>Aequipecten</i> sp. 1 (Fischer, 1886)	Pectinidae	13			
	<i>Aequipecten</i> sp. 2 (Fischer, 1886)	Pectinidae	13			
	<i>Atrina seminuda</i> (Lamarck, 1819)	Pinnidae				
	<i>Pinna carnea</i> (Gmelin, 1791)	Pinnidae	13			
	<i>Gemophos</i> sp. (Olsson e Harbison, 1953)	Pisaniidae	13			
	<i>Engina turbinella</i> (Kiener, 1836)	Pisaniidae	13			
	<i>Gemophos auritulus</i> (Link, 1807)	Pisaniidae	13			
	<i>Pisania pusio</i> (Linnaeus, 1758)	Pisaniidae	13			

Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal			
				IUCN	BR	SP	
Mapé	<i>Polycera</i> sp. (Cuvier, 1816)	Polyceridae	13				
	<i>Pilsbryspira</i> sp. 1 (Bartsch, 1950)	Pseudomelatomidae	13				
	<i>Pilsbryspira</i> sp. 2 (Bartsch, 1950)	Pseudomelatomidae	13				
	<i>Pinctada imbricata</i> (Röding, 1798)	Pteriidae	13				
	<i>Pteria colymbus</i> (Röding, 1798)	Pteriidae	13				
	<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)	Pteriidae	13				
	<i>Pteria radiata</i> (Leach, 1814)	Pteriidae	13				
	<i>Pteria</i> sp. (Scoploi, 1777)	Pteriidae	13				
	Espécie não identificada	Pupillidae	13				
	<i>Odostomia</i> sp. (Fleming, 1813)	Pyramidellidae	13				
	<i>Alvania</i> sp. (Risso, 1826)	Rissoidae	13				
	<i>Semele purpurascens</i> (Gmelin, 1791)	Semelidae	13				
	<i>Streptaxis</i> sp. (Gray, 1837)	Streptaxidae	13				
	<i>Strombus pugilis</i> (Linnaeus, 1758)	Strombidae	13				
	<i>Lamellaxis</i> sp. 1 (Strebel e Pfeffer, 1882)	Subulinidae	13				
	<i>Lamellaxis</i> sp. 2 (Strebel e Pfeffer, 1882)	Subulinidae	13				
	<i>Opeas</i> sp. (Albers, 1850)	Subulinidae	13				
	<i>Subulina octona</i> (Bruguiere, 1792)	Subulinidae	13				
	Búzio	<i>Tonna galea</i> (Linnaeus, 1758)	Tonnidae	13		LC	VU
<i>Tonna</i> sp. (Brünnich, 1771)		Tonnidae	13				
<i>Cyclostremiscus</i> sp. (Pilsbry e Olsson, 1945)		Tornidae	13				
<i>Parviturboides interruptus</i> (Adams, 1850)		Tornidae	13				
<i>Astraliium latispina</i> (Philippi, 1844)		Turbinidae	13				
<i>Astraea tecta olfersii</i> (Philippi, 1846)		Turbinidae	13				
<i>Lithopoma americanum</i> (Gmelin, 1791)		Turbinidae	13				
<i>Diplodonta punctata</i> (Say, 1822)		Ungulinidae	13				
<i>Cyclinella tenuis</i> (Récluz, 1852)		Veneridae	13				
<i>Periglypta puerpera</i> (Linnaeus, 1771)		Veneridae	13				
<i>Megapitaria maculata</i> (Linnaeus, 1758)		Veneridae	13				
<i>Transennella</i> sp. 1 (Dall, 1884)		Veneridae	13				
<i>Transennella</i> sp. 2 (Dall, 1884)		Veneridae	13				
<i>Globivenus rigida</i> (Dillwyn, 1817)		Veneridae	13				
<i>Odontocymbiola americana</i> (Reeve, 1856)		Volutidae	13		LC		
<i>Zidona dufresnii</i> (Donovan, 1823)		Volutidae	13				
<b>Filo Annelida - Polychaeta</b>							
Verme-de-fogo		<i>Eurythoe complanata</i> (Pallas, 1766)	Amphinomidae	13		LC	VU
		<i>Branchiomaldane maryae</i> (Nogueira e Rizzo, 2001)	Arenicolidae	4,13			
	<i>Chrysopetalum occidentale</i> (Johnson, 1897)	Chrysopetalidae	13				
	<i>Nicidion insularis</i> (Nogueira, Steiner e Amaral, 2001)	Eunicidae	3,13				
	<i>Eunice marconii</i> (Nogueira, Steiner e Amaral, 2001)	Eunicidae	3,13				
	<i>Lysidice ninetta</i> (Audouin e Milne Edwards, 1833)	Eunicidae	13				

Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
				IUCN	BR	SP
	<i>Lysidice hebes</i> (Verrill, 1900)	Eunicidae	13			
	<i>Augeneriella hummelincki</i> (Banse, 1957)	Fabriciidae	13			
	<i>Lumbrineris inflata</i> (Moore, 1911)	Lumbrineridae	13			
	<i>Pseudonereis atopodon</i> (Chamberlin, 1919)	Nereididae				
	<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	Phyllococidae	13			
	<i>Amphicorina schlenzae</i> (Nogueira e Amaral, 2000)	Sabellidae	1,13			
	<i>Pseudobranchiomma perkinsi</i> (Knight-Jones e Giangrande, 2003)	Sabellidae	13			
	<i>Pseudopotamilla reniformis</i> (Bruguère, 1789)	Sabellidae	13			
	<i>Asclerocheilus tropicus</i> (Blake, 1981)	Scalibregmatidae	13			
	<i>Pseudovermilia occidentalis</i> (McIntosh, 1885)	Serpulidae	13			
	<i>Salmacina ceciliae</i> (Nogueira e tem Hove, 2000)	Serpulidae	2,13			
	<i>Dipolydora armata</i> (Langerhans, 1880)	Spionidae	7,13			
	<i>Dipolydora tridenticulata</i> (Woodwick, 1964)	Spionidae	13			
	<i>Amblyosyllis spectabilis</i> (Johnston, 1861)	Syllidae	13			
	<i>Branchiosyllis exilis</i> (Gravier, 1900)	Syllidae	13			
	<i>Brania arminii</i> (Langerhans, 1881)	Syllidae	13			
	<i>Brania pusilla</i> (Dujardin, 1851)	Syllidae	13			
	<i>Eusyllis lamelligera</i> (Marion e Bobretzky, 1875)	Syllidae	13			
	<i>Exogone brevientennata</i> (Hartmann-Schröder, 1959)	Syllidae	13			
	<i>Exogone (Exogone) marisae</i> (Pascual, Núñez e San Martín, 1996)	Syllidae	13			
	<i>Exogone exmouthensis</i> (Hartmann-Schröder, 1980)	Syllidae	13			
	<i>Exogone (Sylline) aquadulcensis</i> (Pascual, Núñez e San Martín, 1996)	Syllidae	13			
	<i>Grubeosyllis breviarticulata</i> (Nogueira, San Martín e Amaral, 2001)	Syllidae	13			
	<i>Salvatoria clavata</i> (Claparède, 1863)	Syllidae	13			
	<i>Salvatoria euritmica</i> (Sardá, 1984)	Syllidae	13			
	<i>Salvatoria heterocirra</i> (Rioja, 1941)	Syllidae	13			
	<i>Grubeosyllis longiarticulata</i> (Nogueira, San Martín e Amaral, 2001)	Syllidae	11,13			
	<i>Haplosyllis spongicola</i> (Grube, 1855)	Syllidae	13			
	<i>Miscellania dentata</i> (Martin, Alós e Sardá, 1990)	Syllidae	13			
	<i>Odontosyllis fulgurans</i> (Audouin e Milne Edwards, 1833)	Syllidae	13			
	<i>Parasphaerosyllis indica</i> (Monro, 1937)	Syllidae	13			
	<i>Megasyllis procera</i> (Hartman, 1965)	Syllidae	13			
	<i>Proceraea picta</i> (Ehlers, 1864)	Syllidae	13			
	<i>Sphaerosyllis bilobata</i> (Perkins, 1981)	Syllidae	13			
	<i>Sphaerosyllis brasiliensis</i> (Nogueira, San Martín e Amaral, 2001)	Syllidae	11,13			
	<i>Erinaceosyllis erinaceus</i> (Claparède, 1863)	Syllidae	13			
	<i>Sphaerosyllis hystrix</i> Claparède, 1863	Syllidae	13			
	<i>Prosphaerosyllis isabellae</i> (Nogueira, San Martín e Amaral, 2001)	Syllidae	11,13			
	<i>Sphaerosyllis mussismilaicola</i> (Nogueira, San Martín e Amaral, 2001)	Syllidae	11,13			
	<i>Anoplosyllis edentula</i> (Claparède, 18680)	Syllidae	13			
	<i>Syllis beneliahuae</i> (Campoy, 1982)	Syllidae	13			

Espécie		Familia	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
	<i>Syllis corallicola</i> (Verrill, 1900)	Syllidae	13			
	<i>Syllis gerlachi</i> (Hartmann-Schröder, 1960)	Syllidae	13			
	<i>Syllis glandulata</i> (Nogueira e San Martín, 2002)	Syllidae	13			
	<i>Syllis gracilis</i> (Grube, 1840)	Syllidae	13			
	<i>Syllis hyllebergi</i> (Licher, 1999)	Syllidae	13			
	<i>Syllis maryae</i> (San Martín, 1992)	Syllidae	13			
	<i>Syllis truncata</i> (Haswell, 1920)	Syllidae	13			
	<i>Syllis monilaris</i> (Savigny, 1818)	Syllidae	13			
	<i>Syllis prolifera</i> (Krohn, 1852)	Syllidae	13			
	<i>Syllis lutea</i> (Hartmann-Schröder, 1960)	Syllidae	13			
	<i>Syllis pseudoarmillaris</i> (Nogueira e San Martín, 2002)	Syllidae	13			
	<i>Syllis tyrrhena</i> (Licher e Kuper, 1998)	Syllidae	13			
	<i>Trypanosyllis zebra</i> (Grube, 1860)	Syllidae	13			
	<i>Articulatia aberrans</i> (Nogueira, Hutchings e Amaral, 2003)	Terebellidae	6,13			
	<i>Morgana bisetosa</i> (Nogueira e Amaral, 2001)	Terebellidae	13			
	<i>Pista corrientis</i> (McIntosh, 1885)	Terebellidae	13			
	<i>Streblosoma oligobranchiatum</i> (Nogueira e Amaral, 2001)	Terebellidae	13			
<b>Filo Arthropoda - Crustacea</b>						
	<i>Hepatus princeps</i> (Herbst, 1794)	Aethridae	13			
	<i>Hepatus pudibundus</i> (Herbst, 1785)	Aethridae	13			
	<i>Alpheus armillatus</i> (Milne-Edwards, 1837)	Alpheidae	13			
	<i>Calappa gallus</i> (Herbst, 1803)	Calappidae	13			
	<i>Troglocarcinus</i> sp. (Verrill, 1908)	Cryptochiridae	13			
	<i>Paguristes tortugae</i> (Schmitt, 1933)	Diogenidae	13			
	<i>Petrochirus diogenes</i> (Linnaeus, 1758)	Diogenidae	13			
	<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	Diogenidae	13			
	<i>Moreiradromia antillensis</i> (Stimpson, 1859)	Dromiidae	13			
	<i>Libinia ferreirae</i> (Brito Capello, 1871)	Epialtidae	13			
	<i>Libinia spinosa</i> (Guérin, 1832)	Epialtidae	13			
	<i>Stenocionops spinosissimus</i> (de Saussure, 1857)	Epialtidae	13			
	<i>Eriphia gonagra</i> (Fabricius, 1781)	Eriphiidae	13			
	<i>Pachygrapsus transversus</i> (Gibbes, 1850)	Grapsidae	13			
	<i>Hemisquilla braziliensis</i> (Moreira, 1903)	Hemisquillidae	13			
	<i>Emerita brasiliensis</i> (Schmitt, 1935)	Hippidae	13			
	<i>Batrachonotus</i> sp. (Stimpson, 1871)	Inachoididae	13			
	<i>Inachoides forceps</i> (Milne Edwards, 1879)	Inachoididae	13			
	<i>Leurocyclus tuberculatus</i> (Milne Edwards e Lucas, 1842)	Inachoididae	13			
	<i>Lepas (Anatifa) anatifera</i> (Linnaeus, 1758)	Lepadidae	13			
	<i>Lepas (Anatifa) anserifera</i> (Linnaeus, 1767)	Lepadidae	13			
	<i>Ebalia cariosa</i> (Stimpson, 1860)	Leucosiidae	13			
	<i>Persephona lichtensteinii</i> (Leach, 1817)	Leucosiidae	13			



Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
				IUCN	BR	SP
Lagostim	<i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915)	Luciferidae	13			
	<i>Lysiosquilla scabricauda</i> (Lamarck, 1818)	Lysiosquillidae	13			
	<i>Mithrax tortugae</i> (Rathbun, 1920)	Mithracidae	13			
	<i>Metanephrops rubellus</i> (Moreira, 1903)	Nephropidae	13	DD		LC
	<i>Hexapanopeus paulensis</i> (Rathbun, 1930)	Panopeidae	13			
	<i>Heterocrypta lapidea</i> (Rathbun, 1901)	Parthenopidae	13			
	<i>Spinolambrus fraterculus</i> (Stimpson, 1871)	Parthenopidae	5,13			
	<i>Parthenope</i> sp. (Weber, 1795)	Parthenopidae	13			
	<i>Leptocheila serratorbita</i> (Spence Bate, 1888)	Pasiphaeidae	13			
	<i>Pilumnus spinosissimus</i> (Rathbun, 1898)	Pilumnidae	13			
	<i>Pilumnoides hassleri</i> (Milne-Edwards, 1880)	Pilumnoididae	13			
	<i>Rathbunixa sayana</i> (Stimpson, 1860)	Pinnotheridae	13			
	<i>Tubicolixa chaetoptera</i> (Stimpson, 1860)	Pinnotheridae	13			
	<i>Tubicolixa rapax</i> (Bouvier, 1917)	Pinnotheridae	13			
	<i>Austinixa patagoniensis</i> (Rathbun, 1918)	Pinnotheridae	5,13			
	<i>Dissodactylus crinitichelis</i> Moreira, 1901	Pinnotheridae	13			
	<i>Coenophthalmus tridentatus</i> (Milne-Edwards, 1879)	Polybiidae	13			LC
	<i>Polyonyx gibbesi</i> (Haig, 1956)	Porcellanidae	13			
	<i>Pisidia brasiliensis</i> (Haig, 1968)	Porcellanidae	13			
	Siri-chita	<i>Arenaeus cribrarius</i> (Lamarck, 1818)	Portunidae	13		
Siri-candeia	<i>Achelous spinimanus</i> (Latreille, 1819)	Portunidae	13			LC
Siri-praga	<i>Achelous spinicarpus</i> (Stimpson, 1871)	Portunidae	13			LC
Siri-azul	<i>Callinectes ornatus</i> (Ordway, 1863)	Portunidae	13			LC
	<i>Pseudorhombila octodentata</i> (Rathbun, 1906)	Pseudorhombilidae	13			
Lagosta-sapateira	<i>Scyllarides aequinoctialis</i> (Lund, 1793)	Scyllaridae	13	LC		LC
Lagosta-sapateira	<i>Scyllarides deceptor</i> (Holthuis, 1963)	Scyllaridae	13	LC		DD
Camarão-pedra	<i>Sicyonia typica</i> (Boeck, 1864)	Sicyoniidae	13			LC
	<i>Squilla brasiliensis</i> (Calman, 1917)	Squillidae	13			
<b>Filo Echinodermata</b>						
Estrela-do-mar	<i>Narcissia trigonaria</i> (Sladen, 1889)	Ophiasteridae	13			LC
Estrela-do-mar	<i>Asterina stellifera</i> (Möbius, 1859)	Asterinidae	13			LC VU
Estrela-do-mar	<i>Coscinasterias tenuispina</i> (Lamarck, 1816)	Asteriidae	13			VU VU
	<i>Paracentrotus gaimardi</i> (Blainville, 1825)	Parechinidae	13			
	<i>Ophioplocus januarii</i> (Lütken, 1856)	Hemieuryalidae	13			
Ouriço-satélite	<i>Eucidaris tribuloides</i> (Lamarck, 1816)	Cidaridae	13			LC
Ouriço-preto	<i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	Arbaciidae	13			LC
Estrela-do-mar	<i>Echinaster (Othilia) brasiliensis</i> (Müller e Troschel, 1842)	Echinasteridae	13			LC VU
Estrela-do-mar	<i>Oreaster reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Oreasteridae	13			VU
Ouriço-preto	<i>Echinometra lucunter</i> (Linnaeus, 1758)	Echinometridae	13			LC
	<i>Echinometra</i> spp. (Gray, 1825)	Echinometridae	9			
Bolacha-do-mar	<i>Clypeaster subdepressus</i> (Gray, 1825)	Clypeasteridae	13			LC

Nome comum	Espécie Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
				IUCN	BR	SP
Pepino-do-mar	<i>Isostichopus badionotus</i> (Selenka, 1867)	Stichopodidae	13		DD	
	<i>Ophiactis</i> sp. (Lütken, 1856)	Ophiactidae	13			
Lírio-do-mar	<i>Tropiometra carinata</i> (Lamarck, 1816)	Tropiometridae	13		LC	
Estrela-do-mar	<i>Astropecten marginatus</i> (Gray, 1840)	Astropectinidae	13		VU	
Estrela-do-mar	<i>Astropecten brasiliensis</i> (Müller e Troschel, 1842)	Astropectinidae	13		VU	
Ouriço-lilás	<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)	Toxopneustidae	13		VU	
Pepino-do-mar	<i>Holothuria (Halodeima) grisea</i> (Selenka, 1867)	Holothuriidae	13	LC	LC	
	<i>Diadema antillarum</i> (Philippi, 1845)	Diademataidae	13			
Estrela-do-mar	<i>Luidia alternata</i> (Say, 1825)	Luidiidae	13		LC	
	<i>Ophiothela mirabilis</i> (Verrill, 1867)	Ophiotrichidae	13			
<b>Filo Bryozoa</b>						
	<i>Aetea</i> sp. (Lamouroux, 1812)	Aeteidae	13			
	<i>Aetea anguina</i> (Linnaeus, 1758)	Aeteidae	13			
	<i>Beania maxilladentata</i> (Ramalho, Muricy e Taylor, 2010)	Beaniidae	13			
	<i>Bicelliariella edentata</i> (Marcus, 1955)	Bugulidae	13			
	<i>Bugulina carvalhoi</i> (Marcus, 1949)	Bugulidae	13			
	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	Bugulidae	13			
	<i>Scrupocellaria</i> sp. (van Beneden, 1845)	Candidae	13			
	<i>Catenicella</i> sp. (De Blainville, 1830)	Catenicellidae	13			
	<i>Celleporina diota</i> (Marcus, 1938)	Celleporidae	13			
	<i>Osthimosia</i> sp. (Jullien, 1888)	Celleporidae	13			
	<i>Turbicellepora pourtalesi</i> (Winston, 2005)	Celleporidae	13			
	<i>Crisia micra</i> (Marcus, 1955)	Crisiidae	13			
	<i>Crisia pseudosolena</i> (Marcus, 1937)	Crisiidae	13			
	<i>Crisia ramosa</i> (Harmer, 1891)	Crisiidae	13			
	<i>Crisia</i> sp. 1 (Lamouroux, 1812)	Crisiidae	13			
	<i>Crisia</i> sp. 2 (Lamouroux, 1812)	Crisiidae	13			
	<i>Arbocuspis bellula</i> (Hincks, 1881)	Electridae	13			
	<i>Synnotum aegyptiacum</i> (Audouin, 1826)	Epistomiidae	13			
	<i>Biflustra arborescens</i> (Canu e Bassler, 1928)	Membraniporidae	13			
	<i>Biflustra perambulata</i> (Louis e Menon, 2009)	Membraniporidae	13			
	<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)	Schizoporellidae	13			
	<i>Scruparia ambigua</i> (d'Orbigny, 1841)	Scrupariidae	13			
	<i>Parasmittina</i> sp. (Osburn, 1952)	Smittinidae	13			
	<i>Smittina</i> sp. (Norman, 1903)	Smittinidae	13			
	<i>Thalamoporella evelinae</i> (Marcus, 1939)	Thalamoporellidae	13			
<b>Filo Chordata - Tunicata</b>						
	<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)	Cionidae	10,13			
	<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne Edwards, 1841)	Didemnidae	10,13			
	<i>Lissoclinum fragile</i> (van Name, 1902)	Didemnidae	10,13			
	<i>Lissoclinum perforatum</i> (Giard, 1872)	Didemnidae	10,13			

Espécie		Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum	Nome científico			IUCN	BR	SP
	<i>Polysyncraton amethysteum</i> (van Name, 1902)	Didemnidae	10,13			
	<i>Didemnum cineraceum</i> (Sluiter, 1898)	Didemnidae	10,13			
	<i>Didemnum granulatum</i> (Tokioka, 1954)	Didemnidae	10,13			
	<i>Didemnum rodriguesi</i> (Rocha e Monniot, 1993)	Didemnidae	10,13			
	<i>Didemnum</i> sp. A (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. B (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. C (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. D (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. E (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. F (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Didemnum</i> sp. G (Savigny, 1816)	Didemnidae	13			
	<i>Trididemnum orbiculatum</i> (van Name, 1902)	Didemnidae	10,13			
	<i>Perophora viridis</i> (Verrill, 1871)	Perophoridae	10,13			
	<i>Eudistoma clavatum</i> (Rocha e Bonnet, 2008)	Polycitoridae	10,13			CR
	<i>Aplidium accareense</i> (Millar, 1953)	Polyclinidae	10,13			
	<i>Aplidium</i> sp. (Savigny, 1816)	Polyclinidae	13			
	<i>Pyura vittata</i> (Stimpson, 1852)	Pyuridae	10,13			
	<i>Botrylloides niger</i> (Herdman, 1886)	Styelidae	10,13			
	<i>Botryllus planus</i> (van Name, 1902)	Styelidae	10,13			
	<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)	Styelidae	13			
	<i>Styela canopus</i> (Savigny, 1816)	Styelidae	10,13			

## INFORMAÇÃO DE SUPORTE IV

Herpetofauna registrada na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, com indicação de espécies endêmicas em negrito. Fontes: 1. Vanzolini e Ramos (1977); 2. Cicchi *et al.* (2007); 3. Barbo e Sawaya (2008); 4. Bataus e Reis (2011); 5. Muscat *et al.* (2014); 6. ICMBio (2017). IUCN: IUCN (2020); BR: ICMBio (2018); SP: São Paulo (2018); LC: menos preocupante; CR: criticamente ameaçada; VU: vulnerável.

Espécie		Nome científico	Família	Fonte	Proteção legal		
Nome comum					IUCN	BR	SP
<b>Serpentes</b>							
Dormideira	<i>Dipsas albifrons</i> (Sauvage, 1884)	Colubridae	2	LC	LC		
Falsa-coral	<i>Siphophis pulcher</i> (Raddi, 1820)	Colubridae	2	LC	LC		
Coral-verdadeira	<i>Micrurus corallinus</i> (Merrem, 1820)	Elapidae	2	LC	LC		
Jararaca-de-Alcatrazes	<i>Bothrops alcatraz</i> (Marques, Martins e Sazima, 2002)	Viperidae	2	CR	CR	VU	
<b>Anfisbena</b>							
Cobra-de-duas-cabeças	<i>Amphisbaena hogei</i> (Vanzolini, 1950)	Amphisbaenidae	3		LC		
<b>Lagartos</b>							
Briba	<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau De Jonnés, 1818)	Gekkonidae	4				
Lagartinho-do-folhedo	<i>Colobodactylus taunayi</i> (Amaral, 1933)	Gymnophthalmidae	1	LC	LC		
	<i>Psychosaura macrorhyncha</i> (Hoge, 1946)	Scincidae	4	LC	LC		
	<i>Psychosaura</i> sp. (Hedges e Conn, 2012)	Scincidae	6				
Teiu	<i>Salvator merianae</i> (Duméril e Bibron, 1839)	Teiidae	5	LC	LC		
<b>Anuros</b>							
Perereca-de-Alcatrazes	<i>Oolygon alcatraz</i> (Lutz, 1973)	Hylidae	4	CR	CR	CR	
Rã-achatada-de-cachoeira-de-Alcatrazes	<i>Cycloramphus faustoi</i> (Brasileiro, Haddad, Sawaya e Sazima, 2007)	Cycloramphidae	6	CR	CR	CR	
Rãzinha-marmoreada	<i>Adenomera marmorata</i> (Steindachner, 1867)	Leptodactylidae	6	LC	LC		

## ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM SÃO JOÃO DA BARRA, RJ, BRASIL

José Luiz Pontes da Silva Júnior<sup>@ 1</sup>, Marcos Antonio Pedlowski<sup>2</sup>

**RESUMO:** Identificar áreas alagáveis nas Zonas Costeiras (ZCs) é essencial para a elaboração de planos de gestão capazes de minimizar os impactos associados à elevação do Nível Global Médio do Mar (NGMM). O objetivo deste trabalho foi projetar a vulnerabilidade e susceptibilidade à intrusão marinha em São João da Barra/RJ, considerando dois cenários previstos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) para o período 2081-2100: “otimista” (elevação do NGMM de 0.26 a 0.55 m) e “pessimista” (0.45 a 0.82 m). Através do software QGIS foi construído um banco de dados para a representação das unidades de paisagem e a ponderação de variáveis que condicionam as inundações. Dos 453.00 km<sup>2</sup> de território são-joanense até 193.01 km<sup>2</sup> (42.60%) e 253.38 km<sup>2</sup> (55.85%) podem ser inundados nos cenários “otimista” e “pessimista”, respectivamente. A elevação no intervalo 0.26-0.82 m pode tornar inundável até 16.46 km<sup>2</sup> (42.81%) dos 38.44 km<sup>2</sup> da RPPN Caruara e até 60% (11.52 km<sup>2</sup>) dos 19.20 km<sup>2</sup> do Porto do Açú. As áreas de maior vulnerabilidade ambiental concentram-se nos manguezais. As regiões mais afetadas economicamente nos dois cenários são aquelas onde vivem os agricultores familiares. Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que devido às suas configurações geológicas e ambientais, a ZC são-joanense é vulnerável à elevação do NGMM, com maiores reflexos sobre áreas urbanas e rurais de baixa altitude e em ecossistemas naturais. Até 2100 o município poderá perder mais da metade de sua área territorial e caso não sejam tomadas ações de contingenciamento, haverá grandes perdas econômicas e ambientais.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas, Cidade Litorânea, Intrusão Marinha, Suscetibilidade, Vulnerabilidade.

**ABSTRACT:** Identifying wetlands in Coastal Zones (CZs) is essential for the development of management plans capable of minimizing the impacts associated with the increase of Global Mean Sea Level (GMSL). The objective of this work was to project the vulnerability and susceptibility to marine intrusion in São João da Barra/RJ, considering two Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scenario's for the period 2081-2100: “optimistic” (GMSL elevation from 0.26 to 0.55 m) and “pessimistic” (0.45-0.82m). Using QGIS software, a database was built for the representation of landscape units and a weighting of floods variables. Of the 453.00 km<sup>2</sup> of São João da Barra territory up to 193.01 km<sup>2</sup> (42.60%) and 253.38 km<sup>2</sup> (55.85%) can be flooded in the “optimistic” and “pessimistic” scenarios, respectively. The elevation in the 0.26-0.82 m interval can render flooding up to 16.46 km<sup>2</sup> (42.81%) of the 38.44 km<sup>2</sup> of RPPN Caruara and up to 60% (11.52 km<sup>2</sup>) of the 19.20 km<sup>2</sup> of Açú Port. The areas of greatest environmental vulnerability are concentrated in mangroves. The region most economically affected in both situations are those where family farms live. Based on the results obtained, we conclude that due to its geological and environmental configurations, São João da Barra CZ's is vulnerable to the elevation of the GMSL, with greater impacts on low urban and rural areas and in natural ecosystems. By 2100 the municipality may lose more than half of its territorial area and if contingency actions are not taken, there will be huge economic and environmental losses.

**Keywords:** Climate Change, Coastal City, Marine Intrusion, Susceptibility, Vulnerability.

---

@ Corresponding author: [josepontesjr@gmail.com](mailto:josepontesjr@gmail.com)

1 Universidade Estadual do Norte Fluminense

2 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Email: [pedlowma@uenf.br](mailto:pedlowma@uenf.br)



## 1. INTRODUÇÃO

Em meados dos anos 1980, a temática Mudança Climática Global - MCG se tornou um assunto de política internacional, resultando na criação de importantes organizações como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC em 1988 e tratados de proteção climática como Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - UNFCCC em 1992, o Protocolo de Kyoto em 1997 (Moreira, 2013), além de iniciativas como o Future Earth Coasts, uma rede global de pesquisadores que buscam o entendimento científico para alcançar a sustentabilidade e a adaptação às MCG nas Zonas Costeiras - ZC.

É sabido que existem as MCG atribuíveis às interferências antrópicas que alteram a composição atmosférica e a variabilidade climática vinculada às causas naturais. No entanto, no último século, a partir da revolução industrial, as atividades humanas provocaram direta e indiretamente inúmeras transformações físicas e sociais nos ecossistemas urbanos e naturais, entre elas, as MCG e a urbanização, dois fenômenos intrinsecamente ligados (Ojwang *et al.*, 2017). Os processos naturais e a qualidade de vida na Terra estão sendo afetados e influenciados pelas MCG ocasionadas por este impacto antrópico, principalmente pelo fenômeno do aquecimento global em decorrência da crescente emissão antrópica de Gases de Efeito Estufa - GEE na atmosfera nas últimas décadas (Stainforth *et al.*, 2005).

Este processo resulta no derretimento dos gelos montanhosos e polares, além do aquecimento das águas oceânicas provocando sua expansão térmica e aumentando seu volume, ocasionando a elevação do Nível Global Médio do Mar - NGMM (Marengo *et al.*, 2010). Segundo Stocker e Qin (2013), a elevação do NGMM é um fenômeno físico e geológico que naturalmente ocorreu ao longo da história da Terra, sendo influenciado por fatores complexos como movimento das placas tectônicas e MCG. Os autores argumentam que, mesmo se as causas antrópicas do aquecimento global forem interrompidas, a expansão térmica das águas demorará muito tempo para estabilizar e a elevação do NGMM continuará acarretando consequências graves e irreversíveis (e.g. erosão costeira, destruição de ecossistemas litorâneos terrestres e aquáticos, alagamento de cidades, perda de terras cultiváveis, salinização de aquíferos potáveis, aumento de migração social).

O último relatório do IPCC divulgado em 2019 comprova que a temperatura do planeta está subindo, principalmente pela

maior concentração de um dos principais GEE na atmosfera, o CO<sub>2</sub>. A elevação do NGMM é um dos mais graves efeitos provocados por essas MCG, uma vez que modelos climáticos ao considerarem cenários de aumento da temperatura global entre 2 a 5°C preveem que o NGMM pode subir até dois metros ao final do século presente, o que afetará intensamente 70% das ZC do planeta, em prejuízo principalmente as regiões mais pobres (Schlüter *et al.*, 2020).

Nicholls e Cazenave (2010) alertam que as ZC com até 10 m de altitude, as quais representam 2% da superfície terrestre e abrigam 10% da população mundial, são as mais vulneráveis aos possíveis impactos de inundações associadas às MCG. Estimam-se prejuízos econômicos de US\$ 940 milhões anuais até o ano de 2050 caso ocorra 20 cm de elevação do NGMM nas maiores cidades da América Latina e Caribe, podendo chegar anualmente a US\$ 1 bilhão de perdas se este aumento for de 40 cm (Cazenave *et al.*, 2014). Muehe (2001) aponta que no Brasil, em caso de subida de 1m do NGMM as regiões Norte-Nordeste e Sul-Sudeste apresentarão um recuo da linha da costa variando de 100 m a 1 km e 10 m a 100 m, respectivamente. Entretanto, no Brasil ainda são escassas pesquisas científicas, políticas públicas e demais abordagens sobre cidades costeiras e MCG (Sathler *et al.*, 2018). E, a ausência de legislações específicas, como Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro - ZEEC e estudos ambientais pode elevar ainda mais a vulnerabilidade costeira brasileira.

Os ambientes costeiros são direta e indiretamente afetados por processos naturais e impactos antropogênicos, como elevação do NGMM e crescimento da população humana. Neste sentido, as ZC merecem atenção especial, uma vez que, além de estarem mudando a uma velocidade impressionante, estão expostas a uma série de riscos relacionados ao clima. Esta vulnerabilidade costeira é alvo de importantes debates internacionais, já que devido a sua densidade urbana elevada e fragilidade ecológica à diferentes tipos de desastres naturais (e.g. tempestades fortes, ressacas, inundações e erosão), torna-se necessário estabelecer uma abordagem específica para alcançar a sustentabilidade ambiental, a qual considere os cenários futuros das questões urbanas costeiras enfrentadas pelos perigos potenciais das MCG (Polette e Lins-De-Barros, 2012). De acordo com Füssel (2007), existem diferentes definições e dimensões para o termo vulnerabilidade, mas não existe um conceito correto ou melhor do que o outro, porque isso dependerá do objetivo de cada trabalho. No presente estudo, a definição adotada é a do IPCC (2014) que remete vulnerabilidade às questões relacionadas às MCG. Neste sentido, vulnerabilidade é entendida como o

grau em que um dado sistema (*i.e.* ecológicos, geofísicos e socioeconômicos) é suscetível ou incapaz de se ajustar aos efeitos adversos das mudanças climáticas, entre os quais podem ser incluídos a variabilidade climática e os eventos meteorológicos extremos. Já a suscetibilidade é entendida enquanto a intensidade ou probabilidade de um determinado ambiente sofrer impacto devido a um perigo natural, tal como inundações (Dottori *et al.*, 2018).

Por outro lado, Pezzoli *et al.* (2013) afirmam que uma das grandes preocupações atuais da comunidade científica internacional é compreender os riscos da ocorrência de inundações de áreas costeiras que sejam causadas pela elevação do NGMM. Um maior conhecimento acerca da intrusão de águas oceânicas sobre áreas continentais permitirá o planejamento de políticas globais de resiliência e adaptação. Nesse sentido é que já foram realizados estudos sobre inundações em ZC, estuários, bacias hidrográficas, ambientes urbanos, entre outros compartimentos, que têm melhorado a capacidade de identificação de vulnerabilidade, possibilitando assim um melhor gerenciamento de riscos à desastres (Schröter *et al.*, 2018). Uma das ferramentas disponíveis para o gerenciamento de riscos é a modelagem de diferentes intensidades de inundação que consideram cenários futuros a partir das MCG, bem como os impactos decorrentes do aumento do NGMM em áreas vulneráveis (Rasmussen *et al.*, 2018; Vousdoukas *et al.*, 2018). Segundo Muehe (2001), na avaliação da vulnerabilidade da linha de costa e o recuo desta em virtude da elevação do NGMM, é necessário considerar o gradiente topográfico da plataforma continental, características geomorfológicas, variações do nível do mar (maré astronômica e meteorológica), ondulações, granulometria, cobertura vegetal, além da densidade populacional e intervenções antrópicas.

No tocante à governança costeira é importante ressaltar que portos marítimos, como o Porto do Açu em São João da Barra, possuem papel estratégico já que são responsáveis por 80% do transporte do comércio mundial ao fornecerem conexões nas cadeias de suprimentos globais, possibilitando assim o acesso a diferentes mercados. Além disso, devido a sua localização em áreas localizadas na interface oceano-continente, estes portos são vulneráveis direta e indiretamente a eventos climáticos extremos associados a elevação do NGMM, o que poderá futuramente afetar o comércio e desenvolvimento da economia global. Para enfrentar os desafios trazidos pelas MCG (*i.e.* aumento em processos de assoreamento e erosão nas vias de acesso portuário, intensificação das inundações de retroáreas portuárias), os portos precisam se adaptar por

meio de modelos de planejamento, investimento e operação que sejam mais holísticos (Becker *et al.*, 2013). Por sua vez, os municípios litorâneos com baixo gradiente topográfico, como São João da Barra, também precisam se preparar para estes cenários futuros.

Diversos portos internacionais, como o Porto de Roterdã nos Países Baixos, o Porto de Aveiro em Portugal e o Porto de Nova York nos Estados Unidos por estarem abaixo do NGMM já estão reconhecendo a extensão das inundações no contexto das MCG e se adaptando para serem resilientes diante dos impactos climáticos ocasionados pela elevação do NGMM (Christodoulou *et al.*, 2019). Ainda são pontuais e dispersos os conhecimentos sobre os impactos das MCG na costa litorânea brasileira, em especial quanto ao sistema portuário e as cidades que hospedam as megaestruturas portuárias, como é o caso de São João da Barra. Essa informação limitada e deficitária dificulta o entendimento em relação aos seus níveis de vulnerabilidade e suscetibilidade aos extremos climáticos (D'almeida e Costa, 2011).

Assim sendo, no contexto das MCG, a identificação de áreas alagáveis nas ZC é essencial para a elaboração de planos de gestão capazes de minimizar os impactos associados à elevação do NGMM. O objetivo deste trabalho foi projetar a vulnerabilidade e susceptibilidade socioambiental e econômica à intrusão marinha em São João da Barra, no norte do Estado do Rio de Janeiro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

São João da Barra possui 453.00 km<sup>2</sup> de área territorial, o que corresponde a 4.7% da área total da região Norte Fluminense e possui atualmente aproximadamente 35.000 habitantes, sendo que 20% destes ocupam a área rural (IBGE, 2020). O município está dividido em seis distritos: Sede (1º Distrito), Atafona (2º), Grussaí (3º), Cajueiro (4º), Pipeiras (5º) e Barcelos (6º). O território são-joanense possui uma alta diversidade de ecossistemas, que incluem restinga, manguezal, lagoas costeiras (*e.g.* lagoas de Grussaí e Iquipari), manguezais e praias, além da proximidade com o delta do Rio Paraíba do Sul, o segundo maior do Brasil (Figura 1).

O município de São João da Barra está localizado na parte mais baixa da planície Goitacá, com um gradiente topográfico variando de -1.77 a 20.60 m e a uma altitude média de seis metros acima do nível do mar (Figura 2).

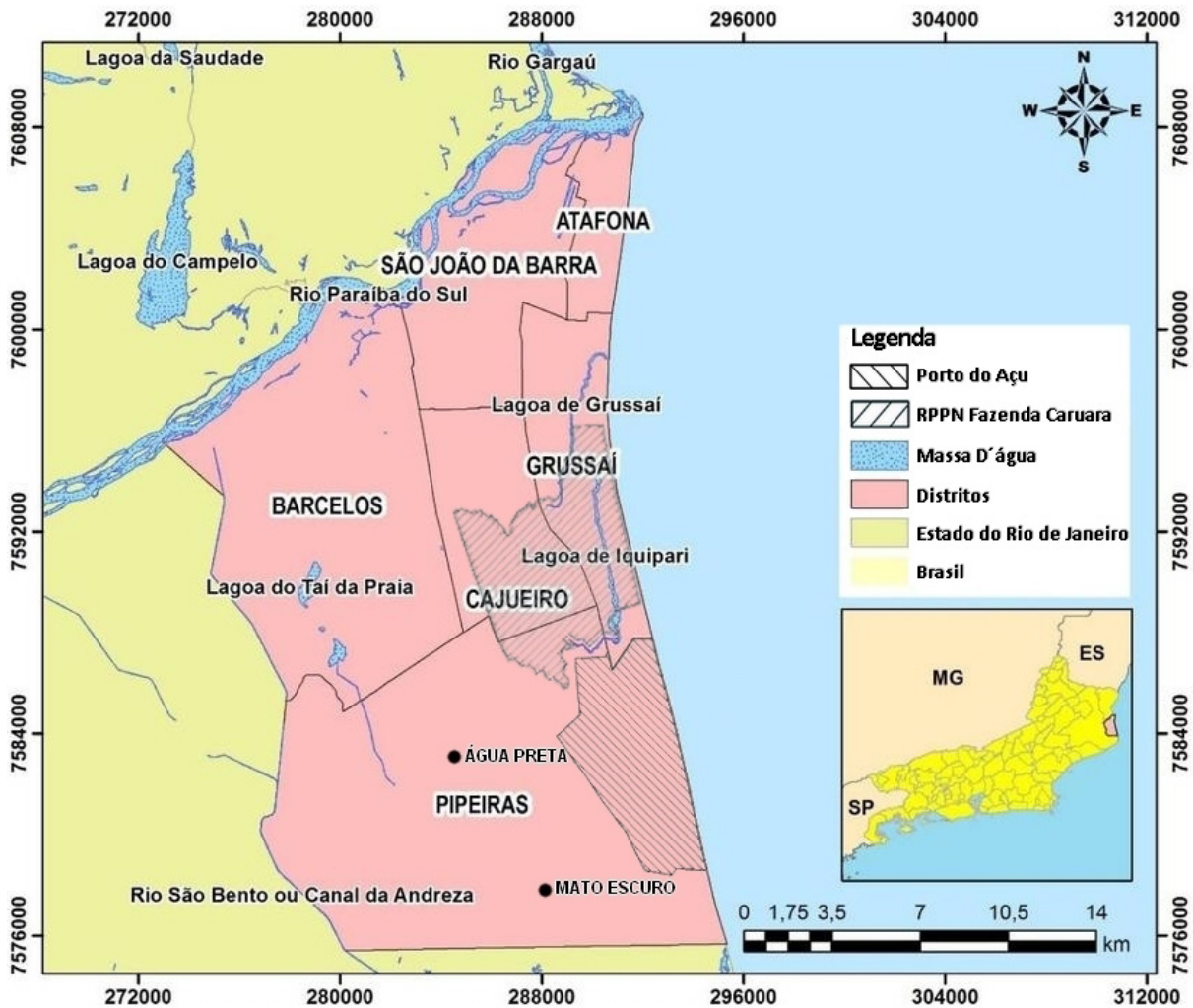


Figura 1. Situação e localização geográfica do município de São João da Barra, incluindo as áreas da RPPN Fazenda Caruara (delimitada pelo INEA), do Porto do Açu (delimitada pela Marinha do Brasil) e dos seus principais ecossistemas aquáticos (adaptado de Ecologus, 2011).

Na porção Leste do município encontram-se a maior Reserva Particular do Patrimônio Natural de restinga do Brasil, a RPPN Fazenda Caruara, e o Porto do Açu, um dos principais empreendimentos portuários do Estado do Rio de Janeiro e um dos maiores da América Latina. O 5º Distrito de São João da Barra, além de ser um dos mais populosos, é responsável por grande parte da economia do município, tanto pelos impostos gerados pelo Porto do Açu quanto pela produção da agricultura familiar em dezenas de propriedades rurais, situadas principalmente nas localidades de Água Preta e Mato Escuro (Figura 3).

Os principais procedimentos metodológicos adotados com o software QGIS foram a construção de banco de dados para a

representação das unidades de paisagem e a ponderação de variáveis que condicionam as inundações, como hipsometria e relevo. Para tal, foram utilizados arquivos vetoriais (com informações topográficas, cartográficas, hidrográficas e censitárias) e dados matriciais (TOPODATA) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2021), Serviço Geológico do Brasil - CRM (2021), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021) e o Instituto Estadual do Ambiente - INEA (2021).

Após a obtenção dos polígonos da área de interesse utilizando o banco de dados ATLAS 2008 disponibilizado pelo INPE, foram criados no QGIS os bancos de dados e os projetos para cada um dos mapas temáticos. As etapas metodológicas incluíram



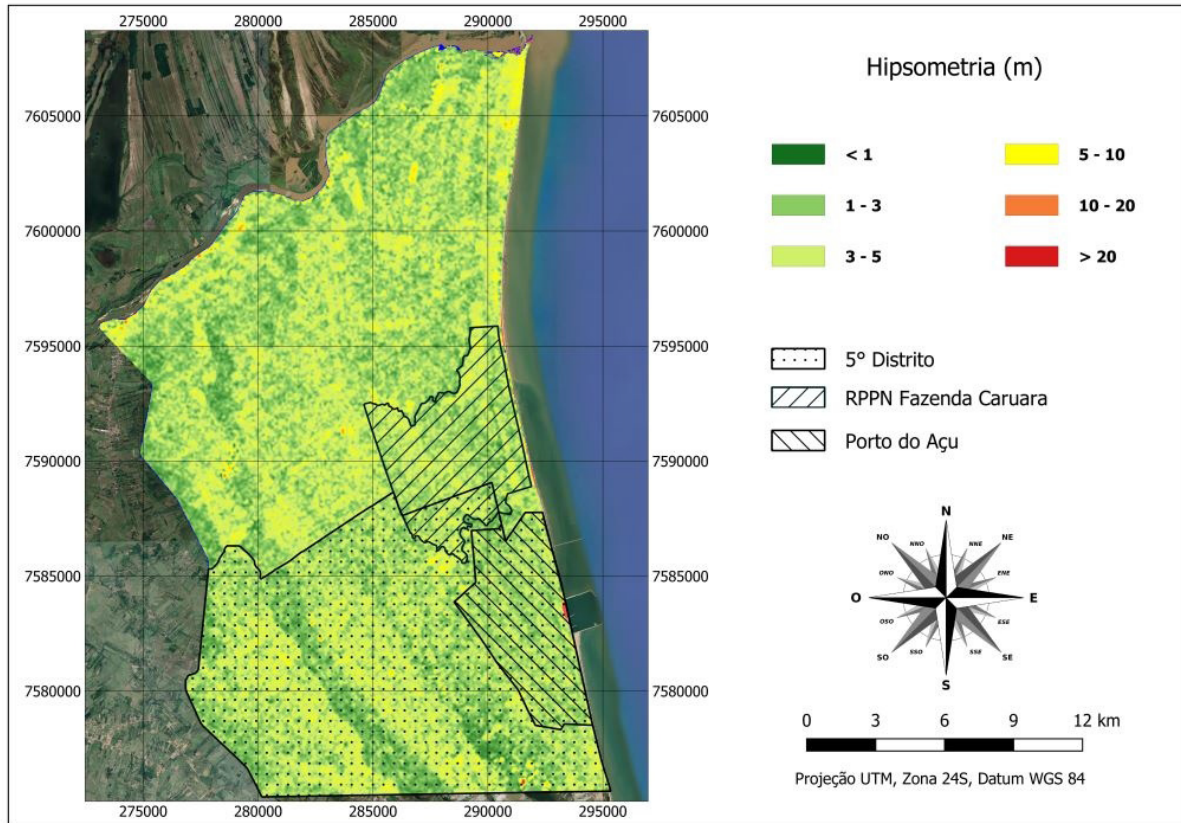


Figura 2. Mapa hipsométrico de São João da Barra, RJ, demonstrando a separação da zona terrestre e marítima, com destaque para as áreas do 5º Distrito, da RPPN Fazenda Caruara e do Porto do Açú.

a extração de curvas de nível a partir de imagens TOPODATA, o recorte de imagens raster TOPODATA com interseção do vetor referente ao município de São João da Barra, e a atribuição de *buffer* nas curvas de nível. As imagens fornecidas gratuitamente pela Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas - DGI/INPE foram georreferenciadas em projeção UTM, zona 24S e Datum WGS 84. A área no terreno capturada na imagem é identificada pelo número da órbita e do número do ponto dentro de cada órbita. A órbita/ponto da região Norte Fluminense é a 216/75. As imagens foram editadas, recortadas e os seus contrastes ajustados para uma melhor visualização e interpretação dos dados gerados ao longo do processamento. Os dados de altimetria foram obtidos pelo projeto TOPODATA, que, por sua vez, é uma melhoria da missão Suttle Radar Topography Mission - SRTM, cujos dados foram coletados pela nave espacial Endeavour entre 11 e 22 de fevereiro de 2000 sob a coordenação da National Imagery and Mapping Agency - NIMA e da National Aeronautics and Space Administration -

NASA. No modelo hipsométrico criado foram atribuídas cinco classes temáticas, sendo as cotas mínima e máxima de -1.77 e 20.60 m, respectivamente.

Após a importação dos arquivos vetoriais do limite de São João da Barra e dos arquivos dos padrões de relevo e da hidrografia/drenagem do município, as imagens classificadas em formato matricial foram convertidas para o formato vetorial. A escolha de arquivos vetoriais ao invés do uso da malha raster na elaboração dos mapas ocorreu pelo fato das estruturas matriciais serem relativamente simples, objetivando tornar a análise mais eficiente para este estudo. Além disso, como as imagens de satélites são naturalmente matriciais, isso permitiu a integração e comparação entre imagens e dados de Sistema de Informações Geográficas - SIG. A partir dos dados vetoriais foi possível efetuar a interseção dos vetores de hidrografia/drenagem e setores censitários com os limites do município. As curvas de nível foram extraídas de acordo com pares de cotas altimétricas (0.26 m a 0.55 m; 0.45 m a 0.82 m;



Figura 3. Setores do 5º distrito de São João da Barra: A) Porto do Açú; B) RPPN Fazenda Caruara cercada pelas Lagoas de Grussaí e Iquipari; C) propriedade agrícola-familiar em Água Preta; D) área urbana de Mato Escuro (A e B - Prefeitura de São João da Barra, 2021; C e D - arquivos pessoais, 2019).

0.55 m; 0.82 m), cada qual com cores distintas para facilitar a visualização. Seguindo a metodologia adotada por Silva *et al.* (2020), a partir das curvas de nível foi gerado um *buffer* (área de influência) de 500m para amenizar possíveis erros não condizentes com a realidade do terreno pelo fato de o pixel da imagem raster de altimetria ter uma área de 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m). As áreas de cada classe (áreas suscetíveis à inundação, relevo e renda) e dos *buffers* foram obtidas através da ferramenta “Calculadora”, sendo que o valor do m<sup>3</sup> foi estimado transformando o valor do km<sup>2</sup> para m<sup>2</sup> e multiplicando pelo valor da respectiva cota altimétrica.

No mapa de vulnerabilidade ambiental, as porcentagens mais elevadas foram consideradas os padrões de relevo mais vulneráveis à elevação do NGMM. Especificamente para o mapa de vulnerabilidade econômica, a partir das informações disponibilizadas no arquivo vetorial de “setores censitários” considerando a variável “renda por domicílio” foi criada adicionalmente uma coluna na tabela de atributos,

considerando as menores rendas como as mais vulneráveis à inundação. Além disso, devido à ausência de valores de renda por domicílio que não foram coletados pelo IBGE a determinados setores censitários, uma sexta classe denominada “sem dados” foi criada, sendo que as cores de cada uma das classes variam das rendas menores (mais vulneráveis) às rendas maiores (menos vulneráveis).

O método aqui utilizado para representar a inundação costeira é denominado de “modelo de inundação estática” ou “modelo *bathtub*” (Schmid *et al.*, 2014). Esta modelagem contempla apenas duas variáveis para o mapeamento de áreas potencialmente inundáveis: (i) a elevação altimétrica da área de interesse adjacente ao mar, representada pelo Modelo Digital do Terreno - MDT; e (ii) um valor de nível de inundação, neste caso a elevação do NGMM. Assim sendo, este modelo considera que as cotas situadas abaixo do NGMM são inundadas.

Para delimitar as áreas suscetíveis e vulneráveis à inundação no município de São João da Barra, incluindo a RPPN Caruara



e o Porto do Açú, foram utilizados os dados disponíveis no 50 Relatório de Avaliação - AR5 publicado pelo IPCC em 2014, os quais são organizados em cenários específicos sobre o aumento do NGMM denominados Representative Concentration Pathways - RCP. Portanto, considerando os futuros cenários de elevação do NGMM divulgados pelo IPCC para o período 2081-2100, os mapas de suscetibilidade e vulnerabilidade têm como referência dois cenários de inundação: "otimista" e "pessimista" (Tabela 1).

Tabela 1. Cenários previstos pelo IPCC quanto à elevação do NGMM para o período de 2081 a 2100.

Cenários	Período 2081-2100	
	Variação provável (m)	Média (m)
RCP 2.6 ("otimista")	0.26-0.55	0.40
RCP 4.5	0.32-0.63	0.47
RCP 6.0	0.33-0.63	0.48
RCP 8.5 ("pessimista")	0.45-0.82	0.63

### 3. RESULTADOS

O mapeamento hipsométrico do município revelou que as maiores cotas altimétricas, ou seja, aquelas acima de 10 m, representam apenas 0.97 km<sup>2</sup> (0.002%) da área total do território sanjoanense, sendo que o relevo com altitude de até 3 m corresponde a 448.22 km<sup>2</sup> (98.94%) da área territorial. No cenário "otimista" para o período de 2081-2100, considerando uma elevação do NGMM de 0.26 e 0.55 m a área total suscetível à inundação dos 453.00 km<sup>2</sup> de território são-joanense corresponde a 146.00 km<sup>2</sup> (32.20%) e 193.00 km<sup>2</sup> (42.60%), respectivamente. Neste cenário, o volume de água inundada varia de 37 a 106 mi m<sup>3</sup>. Enquanto que, no cenário "pessimista" a elevação entre 0.45 e 0.82 m inundaria de 179 km<sup>2</sup> (39.51%) a 253 km<sup>2</sup> (55.85%) de área territorial, com uma variação de 80 a 207 mi m<sup>3</sup> para o mesmo período (Figura 4).

Em ambos os cenários, a maior suscetibilidade de inundação ocorre na região sul de São João da Barra. Entretanto, no cenário "pessimista", a inundação atingirá principalmente a

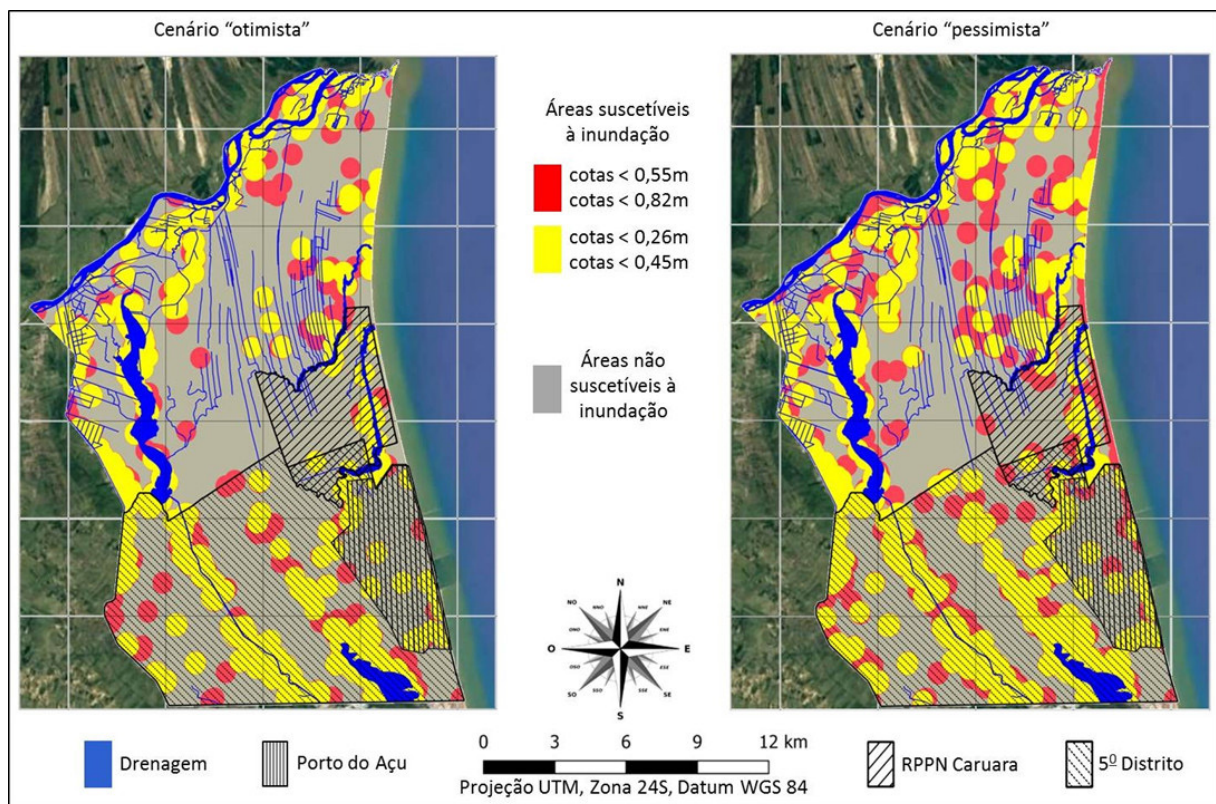


Figura 4. Susceptibilidade a inundação nos cenários "otimista" e "pessimista".

faixa litorânea e áreas próximas a corpos hídricos, impactando as áreas urbanas e rurais, o Porto do Açú, e a RPPN Caruara. A elevação no intervalo 0.26-0.82 m pode inundar até 104.10 km<sup>2</sup> (55.66%) da área total do 5º Distrito (187.01 km<sup>2</sup>) e tornar 16.46 km<sup>2</sup> (42.81%) do território da RPPN Caruara (38.44 km<sup>2</sup>) suscetível a inundações (Tabela 2). Nos cenários “otimista” e “pessimista”, o Porto do Açú perderia entre 49.58 (9.52 km<sup>2</sup>) e 60.00% (11.52 km<sup>2</sup>) de sua área total de 19.20 km<sup>2</sup>, respectivamente.

As áreas de maior vulnerabilidade ambiental estão concentradas nos manguezais e várzeas, as quais estão localizados em menores altitudes quando comparados com outros padrões de relevo, tal como a restinga (Figura 5). A elevação do NGMM entre 0.26 e 0.82 m atingirá até 1.46 km<sup>2</sup> da área de mangue são-joanense, o que corresponde um aporte de volume de água de 0.80 mi m<sup>3</sup> em 98.00% da área territorial deste ecossistema. E apesar de ser menos vulnerável aos impactos das inundações, a restinga teria entre 33.10 e 48.62% de sua área inundada nos cenários “otimista” e “pessimista”, respectivamente (Tabela 3).

De acordo com os setores censitários elencados pelo IBGE, o rendimento mensal dos domicílios de São João da Barra varia de 6.520 00 a R\$ 855.058 00, sendo que as menores concentrações de renda destes setores estão localizadas principalmente no 5º Distrito de São João da Barra, a região do município que será a mais afetada pela elevação do NGMM (Figura 6). A elevação de até 0.55 m prevista no cenário “otimista” tornará o setor censitário de 200.001 00 a

R\$ 400.000 00 o mais vulnerável economicamente à inundação, uma vez 39.39 mi m<sup>3</sup> de água atingirão 74.03 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 13.63% do território sanjoanense. No cenário “pessimista”, este setor continuará sendo o mais vulnerável, uma vez que a elevação do NGMM de 0.82 m acarretará um aporte de volume de água de 73.14 mi m<sup>3</sup> que inundará 89.20 km<sup>2</sup>. O setor censitário acima de R\$ 800.000 00 será o menos vulnerável em ambos os cenários de inundação (Tabela 4).

#### 4. DISCUSSÃO

Os mapas de suscetibilidade e vulnerabilidade de São João da Barra indicam que o agravamento decorrente da inundação terá reflexos sobre as áreas de baixa altitude urbanas e rurais, assim como também em ecossistemas, sendo que o mangue será o mais afetado. Aumentos do NGMM em um período de 100 anos entre 8-9, 9-12 e acima de 12 cm podem ser compensados pelos manguezais, provocarem estresse neste ecossistema e causarem perda ecossistêmica, respectivamente (Ellison e Stoddart, 1991). Para Field (1995), o aumento do NGMM será o principal fator a influenciar na distribuição deste ecossistema futuramente, mas que a variação deste efeito e o restabelecimento do manguezal dependerão principalmente das condições locais de disponibilidade do aumento de sedimentos. O manguezal são-joanense deverá subir nestes cenários, porém, tudo dependerá da relação entre inundação e capacidade de colonizar as novas áreas da penetração da cunha salina.

Tabela 2 - Áreas suscetíveis e não suscetíveis à inundação do município de São João da Barra, da RPPN Caruara e do 5º Distrito nos cenários “otimista” e “pessimista”.

Cenários	Áreas	Cotas	Município		RPPN		5º Distrito	
			km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Otimista	Suscetíveis	< 0.55m	193.00	106.15 mi	10.76	5.91 mi	85.32	46.76 mi
		< 0.26m	146.00	37.96 mi	9.17	2.38 mi	66.06	17.17 mi
	Não suscetíveis	< 0.55m	260.00	-	28.08	-	101.69	-
		< 0.26m	307.00	-	29.67	-	120.95	-
Pessimista	Suscetíveis	< 0.82m	253.00	207.46 mi	16.46	13.49 mi	104.10	85.36 mi
		< 0.45m	179.00	80.55 mi	9.82	4.41 mi	80.93	36.41 mi
	Não suscetíveis	< 0.82m	200.00	-	21.98	-	82.91	-
		< 0.45m	274.00	-	28.68	-	106.08	-
Área total de cada recorte territorial		-	453.00	-	38.44	-	187.01	-

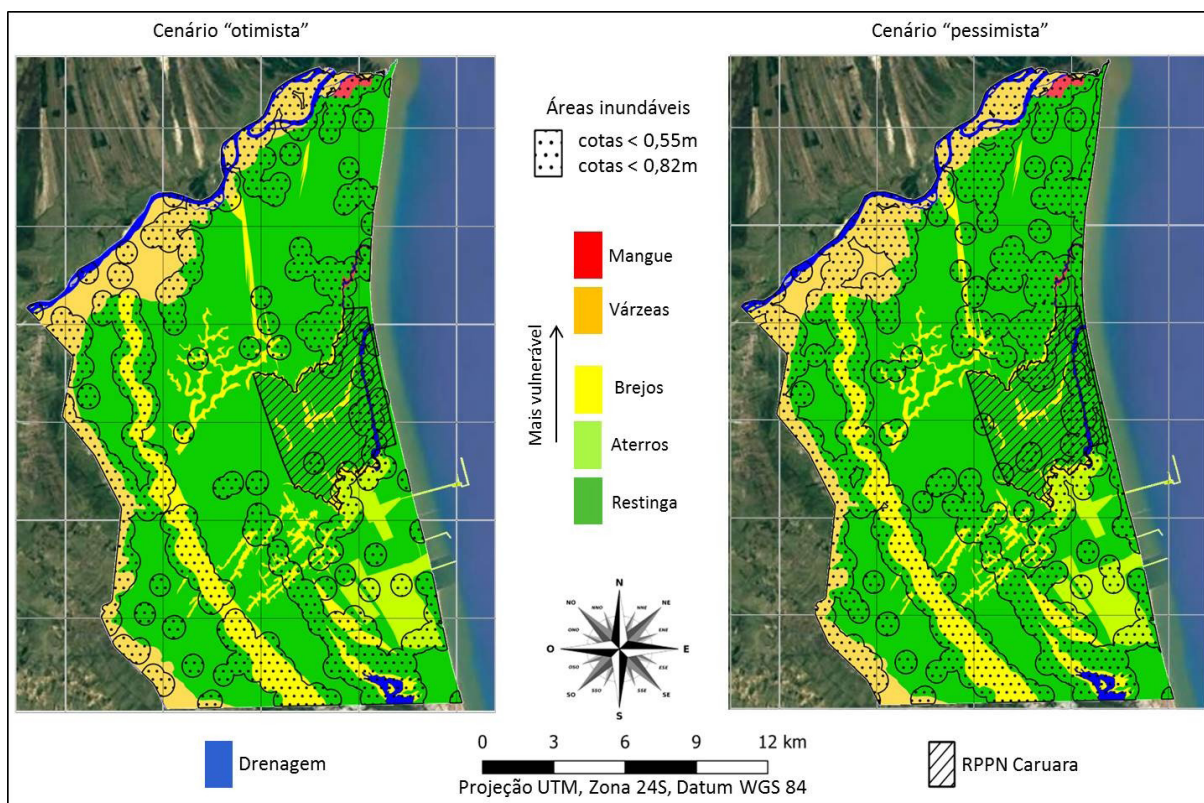


Figura 5. Vulnerabilidade ambiental à inundação nos cenários "otimista" e "pessimista".

Tabela 3. Relevos suscetíveis e não suscetíveis à inundação do município de São João da Barra nos cenários "otimista" e "pessimista".

Cenários	Área inundável	Padrão de Relevo					Território municipal	
		Mangue	Várzeas	Brejos	Aterros	Restinga	Inundável	Não inundável
Otimista	km <sup>2</sup>	1.46	36.70	35.86	9.52	109.46	193.00	260.00
	m <sup>3</sup>	0.80 mi	20.18 mi	19.72 mi	5.23 mi	60.20 mi	106.15 mi	-
	%	97.99%	72.12%	70.76%	49.58%	33.10%	-	-
Pessimista	km <sup>2</sup>	1.46	42.12	37.10	11.52	160.80	253.00	200.00
	m <sup>3</sup>	0.80 mi	34.53 mi	30.42 mi	9.44 mi	131.85 mi	207.06 mi	-
	%	97.99%	82.77%	73.20%	60.00%	48.62%	-	-
<b>Área total de cada relevo (km<sup>2</sup>)</b>		1.49	50.89	50.68	19.20	330.74	453.00	



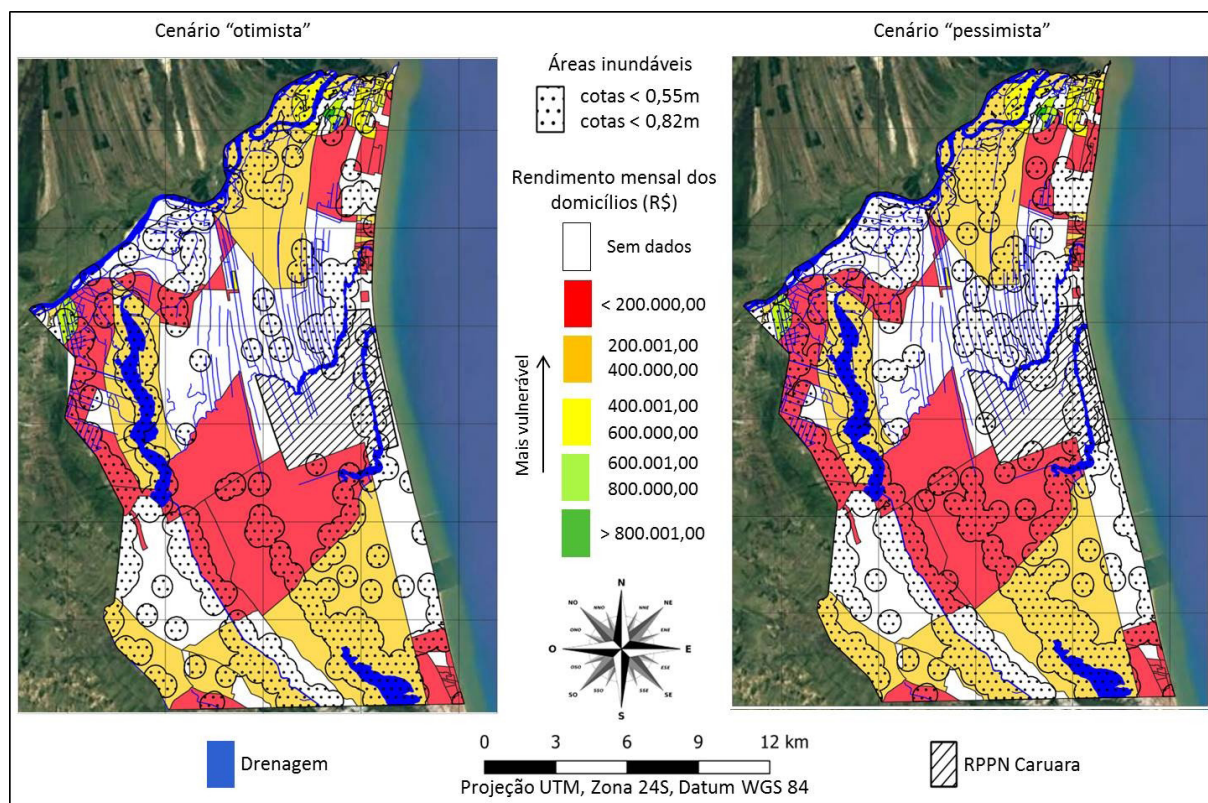


Figura 6. Vulnerabilidade econômica a inundação nos cenários "otimista" e "pessimista".

Tabela 4 - Áreas suscetíveis e não suscetíveis à inundação de acordo com os setores censitários de São João da Barra nos cenários "otimista" e "pessimista".

Cenários	Área inundável	Rendimento Mensal dos Domicílios (R\$)					
		Sem dados do IBGE	< 200.000 00	200.001 00 a 400.000 00	400.001 00 a 600.000 00	600.001 00 a 800.000 00	> 800.001 00
Otimista	km <sup>2</sup>	69.33	41.96	74.03	5.36	2.17	0.15
	m <sup>3</sup>	38.13 mi	23.07 mi	39.96 mi	2.94 mi	1.94 mi	0.08 mi
	%	36.68%	36.05%	53.57%	81.58%	83.14%	68.18
Pessimista	km <sup>2</sup>	97.70	57.94	89.20	5.64	2.37	0.15
	m <sup>3</sup>	79.71 mi	47.51 mi	73.14 mi	4.62 mi	1.94 mi	1.23 mi
	%	51.69%	49.40%	64.97%	85.84%	90.80%	68.18
Área de cada Setor Censitário (km <sup>2</sup> )		189.02	116.39	138.19	6.57	2.61	0.22

Como consequência da elevação do NGMM até 2100, São João da Barra pode perder mais da metade de sua área territorial. Apesar de na presente pesquisa ter sido feita a sobreposição das cotas de inundação às cotas altimétricas do município, não foram consideradas as interações entre água e fatores biofísicos (e.g. tipo de sedimento, solo, estruturas rígidas), bem como os efeitos da água através dos corpos hídricos (e.g. Lagoas de Grussaí e Iquipari). Importante ressaltar que, extensões de áreas consideráveis do Porto do Açu e da RPPN Caruara ficarão inundadas, e caso não sejam tomadas ações imediatas para impedir esse cenário haverá uma grande perda econômica e ambiental para o município. Nos mapas de suscetibilidade as regiões mais afetadas economicamente são aquelas onde vivem os agricultores familiares, grupo social já afetado pelos processos de desapropriações de terras (para implantação do Porto do Açu) e pela salinização de águas doce (obtidas em poços artesianos e no Canal de Quitungute utilizadas para irrigação de suas lavouras) e de solos ocorrida a partir do transbordo de água salgada depositada no aterro portuário na construção do canal de navegação.

Ainda não existem no Brasil planos estratégicos voltados à mitigação e adaptação de cidades costeiras às inundações associadas às MCG, aumentando assim a vulnerabilidade socioambiental e econômica dessas regiões litorâneas diante destes cenários futuros (Sathler *et al.*, 2018). E São João da Barra devido às suas configurações geológicas e ambientais (e.g. baixa altitude, ZC exposta à dinâmica oceânica, processos erosivos, ecossistemas sensíveis como mangues, brejos e restingas) e por não possuir tais planos estratégicos, é uma destas regiões altamente vulneráveis à elevação do NGMM. Apesar dessa lacuna, diversos estudos vêm sendo realizados nas últimas décadas sobre o tema.

Montanari (2015) ao avaliar os impactos econômicos do aumento do NGMM no município de Florianópolis/SC estimou prejuízos de 63 bilhões de reais e perdas de 31 mil postos de trabalhos, a partir do cenário “pessimista” do IPCC para o ano de 2100 (i.e. elevação de 1 m). Alcoforado (2017), também utilizando os cenários do IPCC, identificou para o ano de 2100 uma inundação entre 274 e 291 km<sup>2</sup> da planície estuarina do Rio Piranhas-Açu no Estado do Rio Grande do Norte. E assim como em São João da Barra, Braun e Aumond (2021) verificaram que na cidade de Joinville/SC, as localidades mais impactadas pela elevação do NGMM são as áreas urbanas, rurais e ecossistema de mangues. Silva *et al.* (2020), além de utilizarem como cotas de inundação as projeções do IPCC também introduziram as oscilações da maré astronômica e de ondas por galgamento

como variáveis adicionais à simulação de elevação extrema do NGMM nas cidades de Imbé e Tramandaí, no litoral norte do Rio Grande do Sul. Os autores observaram que uma variação de inundação entre 60 (para cota de subida de nível de 2.07 m) e 90% (para cota de 4.3 m) da área territorial dessas cidades. Marengo *et al.* (2010) apontam que outras cidades brasileiras de médio e grande porte, como Rio de Janeiro/RJ, Santos/SP, Recife/PE, Vitória/ES, Paranaguá/PR, Maceió/AL, Salvador/BA, Belém/PA, Fortaleza/CE e São Luis/MA já sofrem com a elevação do NGMM. Rosman *et al.* (2007) também incluiu outros cenários associados a eventos extremos (e.g. ciclones extratropicais sobre a costa, chuvas intensas e ações de ondas) e identificou que as zonas potencialmente inundáveis em função da elevação do NGMM estimados pelo IPCC entre 0.23 e 0.58 m para os próximos 100 anos seriam Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Fortaleza, Vitória e Porto Alegre. Estes dados foram corroborados no primeiro relatório da Avaliação Nacional sobre MCG cujas projeções indicam inundações costeiras mais preocupantes no litoral do Nordeste, Sul e Sudeste (PBMC, 2014).

Apesar de ser uma alternativa simples e amplamente utilizada na identificação e mapeamento de áreas costeiras inundadas, o modelo utilizado no presente trabalho apresenta algumas limitações (Schimid *et al.*, 2014) e exige certas precauções quanto aos resultados gerados. Devido ao fato de ser uma abordagem estática, que não considera a direção do fluxo de água, o modelo *bathtub* assume que os efeitos da inundação são instantâneos (Paprotny e Terefenko, 2017). Desta forma, uma de suas desvantagens comparada a outras metodologias, tais como as modelagens hidrodinâmica e hidráulica, é justamente a não inclusão da conectividade hidráulica, já que apenas os valores de cota altimétrica são tomados de referência (Gallien *et al.*, 2014). Neste caso, o deslocamento do fluxo entre as células não é previsto, mas sim uma distribuição uniforme da água nas cotas inferiores ao nível de referência. Poppenga e Worstell (2015) enfatizaram que a ausência dessa conectividade pode excluir áreas potencialmente sujeitas à inundações, criando áreas desconectadas e subestimando o valor inundável. Além disso, barreiras topográficas que podem restringir o fluxo de água e a dinâmica costeira (e.g. ondas, marés, ondas de tempestades, mudança na circulação oceânica que podem aumentar o NGMM) também não são levadas em consideração (Seenath *et al.*, 2016). Segundo Sanders (2017) e Vousdoukas *et al.* (2016), diferentemente da abordagem hidrodinâmica, o modelo estático pode superestimar as consequências das inundações, uma vez que também não leva



em consideração as defesas contra inundações e o papel da fricção, inércia e armazenamento na dinâmica de inundações. No entanto, esse método de avaliação possui vantagens ao facilitar a identificação visual de áreas mais suscetíveis as inundações diretamente da elevação do NGMM, fornecendo uma projeção do cenário mais favorável (Seenath *et al.*, 2016). Frequentemente, a representação de áreas inundáveis em estudos feitos em regiões costeiras ocorre em forma de linhas ou faixas. Apesar de no presente artigo o procedimento metodológico considerar linhas e não células individuais, essas linhas não percorreram o território sanjoanense de forma ampla. Consequentemente, houve a formação de linhas circulares em pontos bem específicos e, após a inclusão do *buffer*, as áreas inundáveis apresentaram uma abrangência circular.

Os resultados obtidos mostram que em São João da Barra, os possíveis impactos da elevação do NGMM seriam: (i) alterações na qualidade da água de aquíferos, estuários e lagoas; (ii) estabelecimento de processos erosivos e/ou variação da intensidade erosiva que já ocorre em Atafona e na Praia do Açú; e (iii) perdas econômicas devido a inundações das áreas do Porto do Açú, áreas urbanas e áreas agropecuárias do município. Diante deste cenário, algumas medidas podem ser adotadas para tanto reduzir os riscos e consequências de extremos climáticos quanto adquirir e melhorar aspectos de adaptação, aprendizagem e resiliência do meio ambiente e dos grupos sociais afetados, dentre elas: (i) implementação de GC integrada entre Estado, município e Porto do Açú; (ii) desenvolvimento de infraestrutura urbana (e.g. sistemas de informação e prevenção de ressacas, monitoramento costeiro, adequação do zoneamento do PD e definição de áreas inaptas para edificação, construção de diques e barreiras artificiais); (iii) gestão integrada dos recursos naturais (e.g. bacia hidrográfica, ZC); e (iv) adoção de políticas preventivas e reativas e medidas de mitigação.

A literatura científica aponta que a elevação do NGMM não será abrupta, e sim, ocorrerá de modo paulatino (Cazenave *et al.*, 2014; Rasmussen *et al.*, 2018; Voudoukas *et al.*, 2018). Do mesmo modo, os cenários de inundações do IPCC não consideram flutuações de marés, fato que pode aumentar a amplitude e energia deste evento com as MCG. Portanto, a cada década a possibilidade é que as inundações temporárias e/ou permanentes atingirão um maior número de pessoas e cidades costeiras (Nicholls e Cazenave, 2014). Por isso, deve-se considerar que os resultados obtidos neste estudo podem ser ainda mais significativos.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que (i) devido às suas configurações geológicas e ambientais (baixa altitude, exposição à dinâmica oceânica, processos erosivos e ecossistemas sensíveis), a ZC são-joanense é vulnerável a eventos climáticos extremos associados à elevação do NGMM; (ii) o agravamento decorrente da inundações terá reflexos sobre áreas de baixa altitude urbanas e rurais e em ecossistemas naturais; (iii) como consequência desta elevação, até 2100 o município de São João da Barra poderá ter mais da metade de sua área territorial ocupada pelo mar; e (iv) caso não sejam tomadas ações de contingenciamento, o resultado será a ocorrência de grandes perdas econômicas e ambientais.

Finalmente, esta pesquisa contribui para um maior conhecimento do processo de intrusão marinha em áreas continentais que deverão ocorrer em função das MCG, oferecendo ainda prognósticos de cenários futuros com identificação dos impactos socioambientais e econômicos associado. Estes cenários poderão subsidiar decisões e auxiliar gestores públicos e de empreendimentos portuários marinhos os espaços costeiros à luz das transformações que serão causadas pela elevação do NGMM decorrentes das MCG.

## REFERÊNCIAS

- Alcoforado, A. V. C. (2017). Índice de vulnerabilidade costeiro e risco de inundações em cenários de mudanças climáticas no estuário do Rio Piranhas-Açu com utilização de imagens de sensores. 107 p., Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.
- Becker, A. H.; Acciaro, M.; Asariotis, R.; Cabrera, E. A. (2013). Note on climate change adaptation for seaports: a challenge for global ports, a challenge for global society. *Climatic Change*, 120: 683. <http://doi.org/10.1007/s10584-013-0843-z>
- Braun, S.; Aumond, J. J. (2021). Simulação de elevação do nível do mar na cidade de Joinville (SC). In: Arquitetura e urbanismo: patrimônio, sustentabilidade e tecnologia. Atena Editora (org. MIGLIORINI, J. M.). Capítulo 13: 186-198. <http://doi.org/10.22533/at.ed.18321120513>
- Cazenave, A.; Dieng, H. B.; Meyssignac, B.; Von Schuckmann, K.; Decharme, B.; Berthier, E. (2014). The rate of sea-level rise. *Nature Climate Change*, 4(5): 358-361. <http://doi.org/10.1038/nclimate2159>
- Christodoulou, A.; Christidis, P.; Demirel, H. (2019). Aumento do nível do mar nos portos: um enfoque mais amplo nos impactos. *Maritime*

- Economics & Logistics*, 21 (4): 482-496. <https://doi.org/10.1057/s41278-018-0114-z>
- Companhia de Pesquisa de Recursos Mineirais - CRM. Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do município de São João da Barra. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21676>> acesso em: 20 jan. 2021.
- D'almeida, M. R.; Costa, L. F. (2011). Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local? *Revista de Administração Pública*, 45(3): 611-641. <http://doi.org/10.1590/S0034-76122011000300004>
- Dottori, F.; Martina, M. L. V.; Figueiredo, R. (2018). A methodology for flood susceptibility and vulnerability analysis in complex flood scenarios. *Journal of Flood Risk Management*, 11: 632-645, <https://doi.org/10.1111/jfr3.12234>
- Ecologus Engenharia Consultiva. (2011). Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Infraestruturas do Distrito Industrial de São João da Barra, 124p.
- Ellison, J. C.; Stoddart, D. R. (1991). Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, 7(1): 151-165. <http://www.jstor.org/stable/4297812>
- Field, C. D. (1995). Impact of expected climate-change on mangroves. *Hidrobiologia*, 295: 75-81. [http://doi.org/10.1007/978-94-011-0289-6\\_10](http://doi.org/10.1007/978-94-011-0289-6_10)
- Füssel, H. M. (2017). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17: 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- Gallien, T. W.; Sanders, B.; Flick, R. (2014). Urban coastal flood prediction: Integrating wave overtopping, flood defenses and drainage. *Coastal Engineering*, 91: 18-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.04.007>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2020) Pesquisa de Informações Básicas Municipais - MUNIC. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/pesquisa/1/74454?ano=2018>> Acesso em: 13 nov 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021). Setores censitários do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_de\\_setores\\_censitarios\\_\\_divisoes\\_intramunicipais/2020/Malha\\_de\\_setores\\_\(kml\)\\_por\\_municipios](http://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/2020/Malha_de_setores_(kml)_por_municipios)> Acesso em: 20 fev. 2021.
- Instituto Estadual do Ambiente - INEA. (2021). Hidrografia. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/geoineamunicipios>> Acesso em: 02 fev. 2021
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. (2021). Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> Acesso em: 02 fev. 2021.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2014). Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core writing team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. 151 p., Geneva, Switzerland.
- Marengo, J. A.; Schaeffer, R.; Zee, D. M. W.; Pinto, H. S. (2010). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. 76p., Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, Rio de Janeiro, Brasil
- Montanari, F. (2015). Estimativa dos impactos econômicos do aumento do nível médio do mar no município de Florianópolis/SC para o ano de 2100. 125 p., Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- Moreira, H. M. (2013). A Formação da Nova Geopolítica das Mudanças Climáticas. *Sustentabilidade em Debate*, 4(1): 275-292.
- Muehe, D. (2001). Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1):35-44. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v2i1.6>
- Nicholls, R.; Cazenave, A. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. *Science*, 328(5985): 1517-1520. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1185782>
- Ojwang, L.; Rosendo, S.; Celliers, L.; Obura, D.; Mui, A.; Kamula, J.; Mwangi, M. (2017). Assessment of Coastal Governance for Climate Change Adaptation in Kenya. *Earth-s Future*, 5(11): 1119-1132. <http://doi.org/10.1002/2017EF000595>
- Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC. (2014). Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. 464 p., COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Paprotny, D.; Terefenko, P. (2017). New estimates of potential impacts of sea level rise and coastal floods in Poland. *Natural Hazards*, 85(2): 1249-1277. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2619-z>
- Pezzoli, A.; Alfredini, P. (2013). Impacts of Climate Changes on Management Policy of the Harbors, Land Areas and Wetlands in the Sao Paulo State Coastline (Brazil). *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 1(2): 1-7. <http://doi.org/10.4172/2332-2594.1000101>
- Polette, M.; Lins-De-Barros, F. (2012). Os desafios urbanos na zona costeira brasileira frente às mudanças climáticas. *Revista Iberoamericana de Manejo Costero Integrado - COSTAS*, 1(1): 165-180. ISSN 2304-0963

- Prefeitura Municipal de São João da Barra. (2021). Disponível em: <www.sjb.rj.gov.br> acesso em: 29 jan. 2021.
- Poppenga, S.; Worstell, B. (2015). Evaluation of airborne Lidar elevation surfaces for propagation of coastal inundation: the importance of hydrologic connectivity. *Remote Sensing*, 7(9): 11695-11711. <https://doi.org/10.3390/rs70911695>
- Rasmussen, D. J.; Bittermann, K.; Buchanan, M. K.; Kulp, S.; Strauss, B. H.; Kopp, R. E.; Oppenheimer, M. (2018). Extreme sea level implications of 1.5 °C, 2.0 °C, and 2.5 °C temperature stabilization targets in the 21st and 22nd centuries. *Environmental Research Letters*, 13(1): 1-12. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac87>
- Rosman, P. C. C.; Neves, C. F.; Muehe, D. E.; Valentini, M. (2007). Estudo de Vulnerabilidades no Litoral do Estado do Rio de Janeiro devido às Mudanças Climáticas. 100 p., Relatório PENO-9501. Fundação Coppetec, Rio de Janeiro, Brasil.
- Sanders, B. F. (2017). Hydrodynamic modeling of urban flood flows and disaster risk reduction. In: Oxford research encyclopedia of natural hazard science. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.127>
- Sathler, D.; Paiva, J. C.; Batista, S. (2018). Mudanças Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e integradas de desenvolvimento do Brasil. *Caderno de Geografia*, 29(56): 262-286. <http://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p262>
- Schlüter, A.; Assche, K. A.; Hornidge, A. K.; Văidianu, N. (2020). Land-sea interactions and coastal development: An evolutionary governance perspective. *Marine Policy*, 112. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103801>
- Schmid, K.; Hadley, B.; Waters, K. (2014). Mapping and portraying inundation uncertainty of bathtub-type models. *Journal of Coastal Research*, 30 (3): 548-561. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00118.1>
- Schröter, K.; Lüdtke, S.; Redweik, R.; Meier, J.; Bochow, M.; Ross, L. (2018). Flood loss estimation using 3D city models and remote sensing data. *Environmental Modelling and Software*, 105(1): 118-131. <http://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.032>
- Seenath, A.; Wilson, M.; Miller, K. (2016). Hydrodynamic versus GIS modelling for coastal flood vulnerability assessment: Which is better for guiding coastal management? *Ocean and Coastal Management*, 120: p. 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.019>
- Silva, A. F. Da.; Toldo Junior, E. E.; Van Rooijen, A.; Abreu, C. F.; Rodrigues Filho, J. L.; Rocha, R. Dos S.; Aquino, R. Dos S. (2020). Inundação costeira por elevação do nível do mar em Imbé e Tramandaí - RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, 72(3): 541-557. <http://orcid.org/0000-0002-4549-4265>
- Stainforth, D. A.; Aina, T.; Christensen, C.; Collins, M.; Faull, N.; Frame, D. J. (2005). Uncertainty in predictions of the climate response to rising level of greenhouse gases. *Nature*, 433: 403-406. <http://doi.org/10.1038/nature03301>
- Stocker, T. F.; Qin, D. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp. 3-29, Cambridge (UK): Cambridge University Press, England.
- Vousdoukas, M. I.; Voukouvalas, E.; Mentaschi, L. Dottori, F.; Giardino, A.; Bouziotas, D.; Bianchi, A.; Salamon, P.; Feyen, L. (2016). Developments in large-scale coastal flood hazard mapping. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(8): 1841-1853. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1841-2016>
- Vousdoukas, M. I.; Mentaschi, L.; Voukouvalas, E.; Verlaan, M.; Jevrejeva, S.; Jackson, L. P.; Feyen, L. (2018). Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. *Nature Communications*, 9(1): 1-12. <http://doi.org/10.1038/s41467-018-04692-w>



# Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal  
Zone Management

