



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

TIAGO BORGES RIBEIRO GANDRA

**DIRETRIZES METODOLÓGICAS PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL  
MARINHO (PEM) NO BRASIL**

FLORIANÓPOLIS

2020

Tiago Borges Ribeiro Gandra

**DIRETRIZES METODOLÓGICAS PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL  
MARINHO (PEM) NO BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina  
para a obtenção do título de Doutor em Geografia.  
Orientadora: Dra. Marinez Eymael Garcia Scherer  
Coorientador: Dr. Jarbas Bonetti

Florianópolis

2020

### Ficha de Identificação da Obra

Gandra, Tiago Borges Ribeiro

Diretrizes metodológicas para o Planejamento Espacial Marinho (PEM) no Brasil / Tiago Borges Ribeiro Gandra ; orientadora, Marinez Eymael Garcia Scherer, coorientador, Jarbas Bonetti, 2020.

130 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Habitats marinhos. 3. Ferramentas de suporte à decisão. 4. Ecologia de paisagem. 5. Gestão baseada em ecossistemas. I. Scherer, Marinez Eymael Garcia. II. Bonetti, Jarbas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. IV. Título.

Tiago Borges Ribeiro Gandra

**DIRETRIZES METODOLÓGICAS PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL  
MARINHO (PEM) NO BRASIL**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Milton Lafourcade Asmus, Dr.  
Universidade Federal de Rio Grande (FURG)  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Alexandre Maimoni Mazzer, Dr.  
Magnitude Mare: Consultoria em Projetos e Meio Ambiente

Luiz Fernando de Novaes Vianna, Dr.  
Empresa Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
(EPAGRI-SC)

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Prof. Dr. Aloysio Marthins de Araújo Junior  
Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia

Profa. Dra. Marinez Eymael Garcia Scherer  
Orientadora

Florianópolis, 6 de Fevereiro de 2020.

À Liane, a mar. Ao Lucas, Gael e Ravi, meus continentes.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) pelos quase 3 anos de afastamento para dedicação integral ao doutorado e pelo “datacenter” utilizado para processamento de dados. Agradeço à comunidade de usuários e desenvolvedores de softwares e ferramentas livres e abertas.

À Marinez Scherer, orientadora, pesquisadora, articuladora e pessoa incrível, que consegue orientar e coordenar um grupo de pesquisa com leveza e competência, alimentando o espírito colaborativo, essencial para a pesquisa moderna. Agradeço especialmente pela confiança no meu trabalho e pela tranquilidade em momentos críticos.

Ao Milton Asmus, eterno orientador, que me abriu as portas da UFSC e me convenceu a olhar para o mar neste trabalho.

Ao Jarbas Bonetti, com sua experiência, sagacidade e ideias, transformando 30 minutos de reunião em algumas semanas de trabalho. Sua contribuição foi crucial para a inovação nos métodos e análises, assim como para os diversos “meandros abandonados” desta tese. À Carla Bonetti, pelos “insights” e alquimias de transformação de dados em informação.

Aos amigos do LAGECI (especialmente aos old-LAGECI Apoena, André, Chico, Ching, Fabrício, Mari e Nat) pelas terças produtivas (ou nem tanto), com discussões sobre ciência, meio ambiente, gestão costeira o ser humano e outras coisas. Um agradecimento especial à Mari e Nat pelas conversas mais profundas, terapia de grupo e resolução de conflitos entre ciência e ma(pa)ternidade. Aos do LOC (em especial Thaise, Jessica, Zelão, Ox, Inaiê, Char, Bruna, Arthur) pelo acolhimento em um laboratório altamente produtivo e concentrado, mas com espaços de descontração e colaboração científica.

Ao NEMA (em especial Dani, Serginho, Kléber e Renato), que muito contribuíram para a minha formação como “intelectual orgânico”, oceanógrafo humano, interessado em uma ciência com maior aplicação aos problemas reais da sociedade.

Aos meus pais, pelo seu amor e apoio incondicionais, pelo respeito às minhas escolhas e todo o capital cultural investido por décadas. A segurança que sempre me proporcionaram foi vital durante o doutorado.

Ao Lucas, Gael e Ravi, peço desculpas pelas minhas ausências. Agradeço pelo carinho, brincadeiras, risadas, esportes, praias e lagoas, que me alegram e recarregam.

À Liane, agradeço pela vida e por toda a vida. Agradeço por preencher buracos, por curar feridas, pelo amor, paciência, pelas cores, sabores, músicas, danças, papos e por cada segundo do seu tempo. Agradeço especialmente por cuidar do que era importante, enquanto eu fazia o que era (sempre) urgente.

Pequenas gotas no mar  
Uma a uma, o oceano

Pequenas células  
Uma a uma, o ser humano

Pequenas gotas do céu  
Uma a uma, a tempestade

Pequenos segundos  
Um a um, a eternidade

O mar é como a vida ao mar  
Que tá calmo um dia e no outro não  
Sofro sim, todo mundo sofre  
O rico, o pobre, quem tem azar, quem tem sorte

Que todas as dores sejam lavadas pelo mar  
Que as lágrimas tristes virem pérolas  
A onda do mar nasce, cresce, morre e vira lágrima  
E as águas de dentro dos homens são as ondas do mar

Somos brinquedos dos mares  
Somos amores sem pares  
Somos montanhas, somos vales

O tempo não existe

(André Abujamra, 2018)

## RESUMO

Planejamento Espacial Marinho (PEM) pode ser definido como um processo público de análise e alocação de atividades humanas em áreas marinhas e deve ser baseado em ecossistemas, espacialmente explícito, adaptativo, estratégico e participativo. Sistemas ambientais com características semelhantes devem ser utilizados como unidades de planejamento no PEM. No Brasil, o processo de PEM se encontra em fase inicial, com exemplos de cunho acadêmico e/ou de abordagem local. Este trabalho avalia bases de dados (nacionais e globais) para o PEM, cria uma metodologia de mapeamento de zonas ecológicas marinhas (ZEM), quantifica usos e atividades humanas nestas zonas e propõe áreas prioritárias para gestão, usando como estudo de caso a Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB). A ZEESB representa 13% da área total da ZEE brasileira, possui quatro dos dez principais portos do país e é uma das regiões com maior volume de pesca industrial marinha, sendo portanto representativa e relevante no contexto nacional. Bases de dados para o PEM foram avaliadas quanto à disponibilidade, facilidade de acesso e distribuição espacial. No Brasil, dados marinhos se encontram dispersos, de difícil acesso e baixa padronização, evidenciando a necessidade de investimento na integração, harmonização e compartilhamento de dados. A metodologia proposta classifica zonas ecologicamente distintas através da obtenção e processamento de dados existentes, e transformação destes dados em descritores abióticos apontados pela literatura. A classificação se deu através de 14 descritores bentônicos e 20 pelágicos, após padronização dos dados, análise de componentes principais (PCA) para redução da colinearidade, cálculo do melhor número de classes (Índice CH) e classificação não supervisionada por agrupamento (k-médias). A ZEESB foi classificada em dez Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP) e sete Bentônicas (ZEB). Métricas de paisagem foram utilizadas para estimar a resiliência ecológica de cada zona, partindo do princípio de que zonas menores, mais fragmentadas e com forma mais complexa possuem menor capacidade de se recuperar de pressões e impactos. No estrato bentônico, duas zonas se destacaram com os menores índices de resiliência: montes submarinos na elevação continental (ZEB2) e parcéis biogênicos na plataforma interna (ZEB6). Foram analisados seis usos e atividades humanas atuais (pesca de emalhe, cerco, arrasto e espinhel, navegação e unidades de conservação) e três potenciais (blocos de mineração, áreas potenciais para mineração, blocos de exploração de petróleo). Dados de pesca e navegação foram transformados em “home range”. Os mapas de usos mostraram alta sobreposição entre três modalidades de pesca industrial (emalhe, arrasto e cerco) e áreas de mineração, sugerindo alto potencial de conflito. A ZEB7 (plataforma interna dominada por areia) foi apontada como a zona bentônica mais utilizada (256% da sua área) e da qual dependem as seguintes atividades: blocos de mineração (79% da sua área), pesca de cerco (57%), de arrasto (58%) e de emalhe (48%). No compartimento pelágico, a ZEP9 (costeira e com alta produtividade) se destacou em relação à utilização (239%) e diversidade de usos. A sobreposição do índice de resiliência ecológica e diversidade de usos resultou em um mapa de áreas prioritárias para o PEM, do qual se destacaram: (1) proximidades do Farol do Albardão; (2) desembocadura da Lagoa dos Patos; (3) APA da Baleia Franca e (4) plataforma norte de Santa Catarina. A metodologia proposta integra dados existentes, diminui processos subjetivos, é baseada em softwares livres, replicável e escalonável. As Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM) mapeadas neste trabalho podem ser utilizadas para quantificar serviços ecossistêmicos, planejar a coleta de dados ou modelar habitats da biota. Além disto, fornecem indicadores para que propostas de unidades de conservação marinhas abranjam zonas com distintas características. Por fim, a quantificação de usos atuais e potenciais em cada ZEM fornece indicadores de pressões antrópicas e principais atores, facilitando o processo de negociação e tomada de decisões no PEM.

**Palavras-chave:** Mapeamento de habitats marinhos. Ecologia de paisagem. Ferramenta de suporte à decisão. Gestão baseada em ecossistemas. Áreas prioritárias para gestão.

## ABSTRACT

Marine Spatial Planning (MSP) can be defined as a public process for analyzing and allocating human activities in marine areas, and should be based on ecosystems, spatially explicit, adaptive, strategic and participatory. Environmental systems with similar characteristics should be used as planning units in MSP. In Brazil, the MSP process is at an early stage, with examples of academic nature and/or with a local approach. This work evaluates databases (national and global) for MSP, creates a methodology for mapping marine ecological zones (MEZ), quantifies human uses and activities in these zones and proposes priority areas for management, using the South Brazil Exclusive Economic Zone (SBEEZ) as a case study. The SBEEZ represents 13% of the total area of the Brazilian EEZ, has 4 of the 10 main ports of the country and is one of the regions with the highest volume of marine industrial fishing, being therefore representative and relevant in a national context. Databases needed for MSP were evaluated in terms of availability, ease of access and spatial distribution. In Brazil, marine data is scattered, difficult to access and has low standardization, highlighting the need for investment in data integration, harmonization and sharing. The proposed methodology classifies ecologically distinct zones by obtaining and processing existing data, with its transformation into abiotic descriptors pointed by the literature. Classification was done through 14 benthic and 20 pelagic descriptors, after data standardization, principal component analysis (PCA) to reduce collinearity, calculation of the best number of classes (CH Index) and unsupervised classification through clusters (k-means). The SBEEZ was classified in 10 Pelagic (PEZ) and 7 Benthic (BEZ) Ecological Zones. Landscape metrics were used to estimate the ecological resilience of each zone, assuming that smaller, more fragmented and more complex zones have less ability to recover from pressures and impacts. In the benthic stratum, two zones stood out with the lowest resilience indices: submarine hills at the continental rise (BEZ2) and biogenic parcels at the inner shelf (BEZ6). Six current human uses and activities (gillnet, seine, trawl and longline fisheries, navigation and conservation units) and 3 potential (mining blocks, potential mining areas, oil exploration blocks) were analyzed. Fishing and navigation data were transformed into home range polygons after calculating kernel densities. Usage maps showed high overlap between 3 industrial fisheries (gill, trawl and seine) and mining areas, suggesting a high potential for conflict between these activities. BEZ7 (sand-dominated inner shelf) was identified as the most commonly used benthic zone (256% of its area) on which the following activities depend: mining areas (79% of the area), seine (57%), trawl (58%) and gillnet fishery (48%). In the pelagic stratum, PEZ9 (coastal and with high productivity) stood out in relation to utilization (239%) and diversity of uses. The overlap of ecological resilience index and intensity of use resulted in a map of priority areas for MSP, of which we highlight: (1) the Albardão Lighthouse; (2) the Patos Lagoon Estuary mouth; (3) Baleia Franca Protected Area; and (4) the inner shelf north of Santa Catarina state. A more detailed analysis in terms of spatial scale and the interactions between uses and temporal dynamics of activities at different depths is suggested for these areas. The proposed methodology integrates existing data, decreases subjective processes, is based on free software, replicable scalable. The Marine Ecological Zones mapped in this paper can be used to quantify ecosystem services, plan data collection (biotic and abiotic) or model habitats for biota. In addition, they provide indicators for proposed marine conservation units in the SBEEZ to have greater habitat diversity, covering areas with distinct physical characteristics. Finally, quantifying current and potential uses in each MEZ provides indicators of anthropogenic pressures and key actors, facilitating the MSP negotiation and decision-making process.

**Keywords:** Marine habitat mapping. Landscape ecology. Decision support tools. Ecosystem-based management. Priority management areas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução temporal do número de artigos científicos com os termos "Marine Spatial Planning" ou "Maritime Spatial Planning". Em cinza a produção total, em preto artigos no Brasil.....	19
Figura 2: Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB) e principais feições morfológicas da plataforma continental e talude. Pontos de referência utilizados no texto: Chuí (CH), Farol do Albardão (FA), desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos (ELP), Lagoa do Peixe (LP), Torres (TO), Cabo de Santa Marta (CSM), Florianópolis (FL) e Paranaguá (PRN).....	24
Figura 3: Metodologia para priorização de descritores para o PEM no Brasil e identificação de lacunas espaciais.....	28
Figura 4: Número de descritores para o PEM formados por cada camada de informação do INSPIRE. ....	30
Figura 5: Densidade kernel normalizada (mapa de cores) dos dados de alguns repositórios na Zona Econômica-Exclusiva do Brasil (linha pontilhada) e quebra teórica da plataforma continental (isóbata de 200m, linha contínua).....	34
Figura 6: Fluxograma simplificado dos métodos para obtenção das Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM). Métodos e processos representados por paralelogramos e entradas e saídas ("rasters") por retângulos.....	45
Figura 7: Distribuição espacial dos pontos utilizados para a elaboração do Modelo Digital Batimétrico (esquerda) e os modelos de concentração de sedimentos (direita).....	50
Figura 8: Distribuição espacial normalizada dos descritores utilizados no estrato bentônico. Cores quentes representam os maiores valores.....	53
Figura 9: Contribuição das variáveis bentônicas (roda do PCA) nas PC1 e PC2 (esquerda) e PC1 e PC3 (direita).....	54
Figura 10: Distribuição espacial normalizada dos descritores utilizados no estrato pelágico.....	56
Figura 11: Contribuição das variáveis pelágicas (roda do PCA) nas PC1 e PC2 (esquerda) e PC1 e PC3 (direita).....	57
Figura 12: Variâncias explicadas por cada PC para os descritores bentônicos. A linha horizontal pontilhada representa variância igual a 1, utilizada como limiar para a definição das PCs significativas. ....	58
Figura 13: Variâncias explicadas por cada PC para os descritores pelágicos. A linha horizontal pontilhada representa variância igual a 1, utilizada como limiar para a definição das PCs significativas. ....	59
Figura 14: Mapa das componentes principais (PC) utilizadas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).....	60
Figura 15: Mapa das componentes principais (PC) utilizadas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).....	62
Figura 16: Índice Calinski-Harabasz (CH) para definição do número ideal de clusters para ZEB (superior) e ZEP (inferior). Linhas pontilhadas verticais indicam o maior CH para cada estrato.....	63
Figura 17: Mapa das Zonas Ecológicas Bentônicas.....	65
Figura 18: Diagramas de caixa da distribuição dos valores dos descritores para as Zonas Ecológicas Bentônicas.....	66
Figura 19: Mapa das Zonas Ecológicas Pelágicas.....	69
Figura 20: Diagramas de caixa da distribuição dos valores dos descritores para as Zonas Ecológicas Pelágicas.....	70
Figura 21: Fluxograma metodológico da integração de usos com as Zonas Ecológicas Marinhas.....	78
Figura 22: Mapa de usos e atividades humanas na Zona Econômica Exclusiva do Sul do Brasil. Atividades potenciais estão assinaladas com (P).....	85
Figura 23: Áreas potenciais e blocos de mineração sobrepostos às Zonas Ecológicas Bentônicas.....	88
Figura 24: Índice de Utilização (IUZ - esquerda) e de Dependência (IDZ - direita) das áreas potenciais para mineração em relação às Zonas Ecológicas Bentônicas.....	89
Figura 25: Mapa da sobreposição entre a pesca industrial e as Zonas Ecológicas Bentônicas.....	90
Figura 26: Diagramas de caixa (boxplots) do IUZ por embarcação de pesca em Zonas Ecológicas Bentônicas.....	91

Figura 27: Blocos de exploração de petróleo (ofertados e arrematados), plataformas e infraestrutura costeira de apoio à atividade de exploração de óleo e gás.....	92
Figura 28: Distribuição espacial das pescarias industriais sobrepostas às Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).....	95
Figura 29: Diagramas de caixa (boxplots) do IUZ das embarcações pesqueiras em Zonas Ecológicas Pelágicas.....	96
Figura 30: Mapa da área mais intensamente utilizada para navegação e Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP). No detalhe, mapa de densidade de navios.....	97
Figura 31: Mapas do Índice de Resiliência (IR) no compartimento bentônico (A), pelágico (B) e Índice de Resiliência Total (IRT – C).....	104
Figura 32: Mapa das áreas prioritárias para a gestão.....	106

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Bases de dados nacionais, descritores disponíveis, restrições e potencialidades para o PEM. .....	31
Quadro 2: Bases de dados globais, descritores, restrições e potencialidades para o PEM.....	32
Quadro 3: Descritores utilizados para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).....	47
Quadro 4: Descritores utilizados para o mapeamento das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação (Spearman) entre os descritores para Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB) e as componentes principais mantidas. Valores e descritores em negrito apresentaram valores de correlação significativos (0,5).....	61
Tabela 2: Correlação (Spearman) entre os descritores para Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP) e as componentes principais mantidas. Valores e descritores em negrito apresentaram valores de correlação significativos (0,5).....	62
Tabela 3: Descrição das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).....	67
Tabela 4: Descrição das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).....	71
Tabela 5: Critérios de filtragem (velocidade e profundidade), número de embarcações, percentual de barcos em relação ao total no PREPS e número de horas de pesca na ZEESB para cada modalidade de pesca analisada.....	80
Tabela 6: Percentual de sobreposição* entre os usos e atividades na ZEESB.....	86
Tabela 7: Índice de Dependência das Zonas Ecológicas Bentônicas.....	93
Tabela 8: Índice de Utilização das Zonas Ecológicas Bentônicas.....	94
Tabela 9: Índice de Dependência das Zonas Ecológicas Pelágicas.....	98
Tabela 10: Índice de Utilização das Zonas Ecológicas Pelágicas.....	99
Tabela 11: Zonas Ecológicas Bentônicas, métricas da paisagem e Índice de Resiliência (IR).....	100
Tabela 12: Zonas Ecológicas Pelágicas, métricas de paisagem e Índice de Resiliência (IR).....	102

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS – Automatic Identification System  
ANP – Agência Nacional do Petróleo  
BDEP – Banco de Dados de Exploração e Produção  
BNDO – Banco Nacional de Dados Oceanográficos  
CI – Camadas de Informação  
CICES – Common International Classification of Ecosystem Services  
CMEMS - Copernicus Marine Environment Monitoring Service  
DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação  
EUNIS – European Nature Information System  
GBE – Gestão com Base Ecológica  
GBIF - Global Biodiversity Information Facility  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
IDE – Infraestrutura de dados Espaciais  
IDU – Índice de Diversidade de Usos  
INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais  
INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe  
IR – Índice de Resiliência Ecológica  
IRT – Índice de Resiliência Total  
MDE – Modelo Digital de Elevação  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer  
OBIS – Ocean Biogeographic Information System  
OSTIA - Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis  
PEM – Planejamento Espacial Marinho  
PREPS – Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite  
SBB – Southern Brazilian Bight (Reentrância Brasileira Sul)  
SIG – Sistema de Informações Geo-referenciadas  
SIMMAM - Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos  
SMC-Brasil – Sistema de Modelagem Costeira Brasil  
SSS – Southern Subtropical Shelf (Plataforma Subtropical Sul)  
TPI – Topographic Position Index  
TSM – Temperatura Superficial do Mar  
UC – Unidade de Conservação  
UP – Unidades de Planejamento  
ZEB – Zonas Ecológicas Bentônicas  
ZEE – Zona Econômica-Exclusiva  
ZEESB – Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil  
ZEM – Zonas Ecológicas Marinhas  
ZEP – Zonas Ecológicas Pelágicas

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>3. ESTUDO DE CASO: A ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA DO SUL DO BRASIL.....</b>	<b>22</b>
<b>4. CAPÍTULO 1: ANÁLISE DE LACUNAS DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA O PEM NO BRASIL.....</b>	<b>25</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	25
4.2. MÉTODOS.....	27
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.3.1. Temas de dados espaciais da INSPIRE mais utilizados para o PEM.....	29
4.3.2. Temas e descritores disponíveis para o PEM no Brasil.....	30
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
<b>5. CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO DE ZONAS ECOLÓGICAS MARINHAS COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL MARINHO.....</b>	<b>42</b>
5.1. INTRODUÇÃO.....	42
5.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
5.2.1. Obtenção e pré-processamento de variáveis abióticas.....	45
5.2.2. Análise de Componentes Principais.....	50
5.2.3. Análise de agrupamento.....	51
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.3.1. Descritores Bentônicos.....	52
5.3.2. Descritores Pelágicos.....	55
5.3.3. Seleção das Componentes Principais.....	57
5.3.4. Análise de Agrupamento.....	63
5.3.5. Descrição das Zonas Ecológicas Bentônicas.....	64
5.3.6. Descrição das Zonas Ecológicas Pelágicas.....	68
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
<b>6. CAPÍTULO 3: MAPEAMENTO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A GESTÃO MARINHA NA ZONA ECONÔMICA-EXCLUSIVA DO SUL DO BRASIL.....</b>	<b>75</b>
6.1. INTRODUÇÃO.....	75
6.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	77
6.2.1. Processamento de dados de usos.....	79
6.2.2. Sobreposição entre usos humanos e Zonas Ecológicas Marinhas.....	81
6.2.3. Cálculo de resiliência ecológica.....	82
6.2.4. Definição de áreas prioritárias para gestão.....	84
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
6.3.1. Usos e atividades humanas.....	84
6.3.2. Resiliência das Zonas Ecológicas Marinhas.....	99
6.3.3. Áreas prioritárias para a gestão.....	105
6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
<b>7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>112</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>115</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Até o século XIX, as atividades humanas no espaço oceânico se restringiam à, basicamente, pesca e navegação (SMITH, 2000), havendo uma intensificação e diversificação das atividades na últimas décadas (EHLER, 2018). Isto fez com que o gerenciamento de atividades de forma isolada (gerenciamento setorial) tenha se tornado pouco efetivo, por não permitir a análise do conflito entre estes múltiplos usos. Embora o conceito de Planejamento Espacial Marinho tenha surgido a cerca de 40 anos, no contexto do planejamento da conservação marinha (DAY, 2002), este termo (“Marine Spatial Planning” ou “Maritime Spatial Planning”) aparece em artigos científicos desde 2003, como uma tentativa de criar um instrumento de gestão integrada para compatibilizar as atividades humanas no mar, bem como conservar os ecossistemas marinhos, seus recursos e serviços ecossistêmicos. O PEM é definido como um processo público de análise e alocação da distribuição espacial e temporal das atividades humanas em áreas marinhas, visando alcançar objetivos ecológicos, econômicos e sociais, geralmente especificados por meio de processo político (DOUVERE e EHLER, 2008).

Como princípios, o PEM deve ser integrado (entre setores econômicos e níveis de gestão), baseado em ecossistemas, espacialmente explícito, adaptativo, estratégico e participativo (EHLER e DOUVERE, 2009). Entretanto, a aplicação destes princípios é um desafio nas iniciativas de PEM pelo mundo, existindo uma grande desconexão entre a definição científica de gestão com base ecossistêmica (GBE) e a implementação desta base na prática (ARKEMA *et al.*, 2006).

Long *et al.* (2015) definem 15 princípios-chave da GBE, entre eles a necessidade de definir fronteiras entre os ecossistemas e de considerar a conexão entre eles. Portanto, a delimitação de sistemas ambientais com características semelhantes é um passo essencial para a GBE, uma vez que estes sistemas são utilizados como unidades de planejamento, para as quais são definidas os serviços, benefícios e atores, bem como os conflitos entre os diferentes setores econômicos.

Crowder e Norse (2008) argumentam que “ecossistemas são locais” e que o refinamento e integração do conceito de “locais no mar” é crítico para a implementação da gestão com base ecossistêmica. O mapeamento das condições físicas e usos humanos nos oceanos é o primeiro passo para a delimitação destes locais (CROWDER e NORSE, 2008). No PEM, independente da escala considerada, as fronteiras das unidades de planejamento

precisam ser definidas, devendo preferencialmente seguir fronteiras representativas entre ecossistemas, baseadas no padrão biogeográfico local, distribuição de variáveis oceanográficas e variação da batimetria (GILLILAND e LAFFOLEY, 2008). Duas etapas especialmente críticas e de difícil execução são: (1) a identificação e mapeamento dos componentes ecossistêmicos (BUHL-MORTENSEN *et al.*, 2017) e (2) a utilização de ferramentas de suporte à decisão espacialmente explícitas para o PEM (COLLIE *et al.*, 2013).

O planejamento em áreas marinhas possui uma série de desafios e diferenças significativas quando comparado ao planejamento territorial terrestre. A coleta de dados em áreas marinhas é mais custosa e complexa, o que faz com que estes dados sejam mais escassos tanto no tempo quanto no espaço. Enquanto em áreas terrestres a distribuição das atividades humanas é explícita, no mar o monitoramento e quantificação das atividades humanas ainda é incipiente. Em terra, a abordagem ecossistêmica tem como ponto de partida ecossistemas definidos por mapas de vegetação e uso do solo. No meio marinho os limites entre sistemas ambientais são desconhecidos ou de difícil delimitação (além de terem bordas difusas e variáveis no tempo), tornando mais difícil implementação da gestão com base ecossistêmica.

O planejamento marinho deve incorporar as 4 dimensões: as três dimensões espaciais e a dimensão temporal (EHLER, 2013). Embora seja possível considerar que o planejamento terrestre também deva incorporar as 4 dimensões, os habitats e processos marinhos são mais dinâmicos e tridimensionais que os terrestres e as bordas entre os diferentes sistemas são mais difíceis de se definir (CARR *et al.*, 2003). Estas características apontam para uma abordagem na modelagem de ecossistemas marinhos que é menos dependente do mapeamento detalhado de habitats marinhos (GUERRY *et al.*, 2012). Aspectos físicos (ex. tipo de sedimento, batimetria, morfologia de fundo, penetração de luz, etc) podem ser utilizados como referência para a definição de sistemas ambientais marinhos (ROFF *et al.*, 2003; VERFAILLIE *et al.*, 2009; GALPARSORO *et al.*, 2012), uma vez que modulam a configuração dos usos antrópicos e a sensibilidade ambiental. Por outro lado, as atividades humanas podem ser utilizadas como indicadores de diferentes sistemas, já que procuram recursos específicos e modificam as condições naturais ao longo do tempo. Usos e infraestrutura nos sistemas marinhos afetam o ambiente, mas também possuem sua presença ou ausência determinadas pelo tipo de sistema ambiental (DOUVERE *et al.*, 2007).

O interesse científico e o número de publicações sobre o Planejamento Espacial Marinho cresceu especialmente após 2008, quando foi publicada uma edição especial sobre o

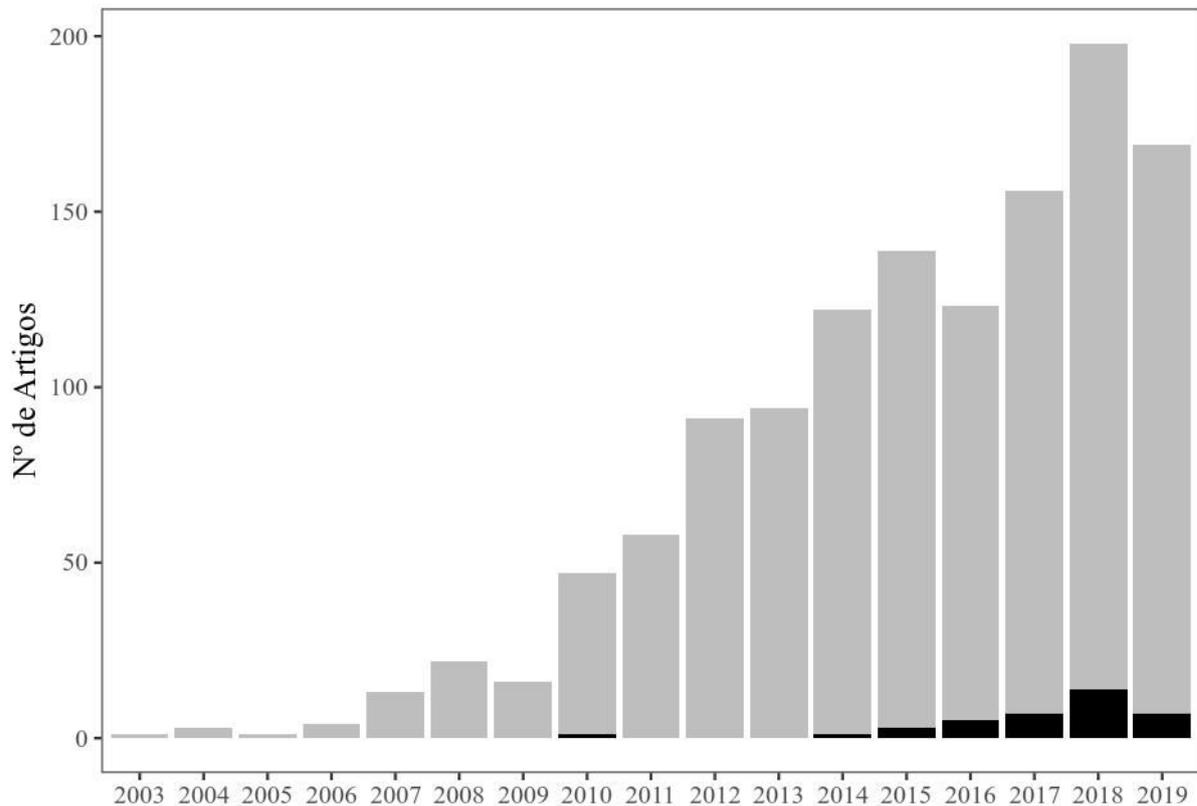
assunto na revista científica *Marine Policy*, atingindo aproximadamente 200 artigos no ano de 2018 (Figura 1) na base SCOPUS<sup>1</sup> (n = 1.259). Muitos destes artigos tratam do relato de experiências e iniciativas de PEM, que em sua maioria começaram após 2005. Em 2018, o PEM estava em fase de desenvolvimento em 70 países, aproximadamente 45% dos países costeiros do mundo (FRAZÃO SANTOS *et al.*, 2018).

No Brasil, podemos considerar que o processo de elaboração do PEM se iniciou em 2011 (DE FREITAS *et al.*, 2014), porém obteve avanços pontuais em pequenas áreas do extenso litoral brasileiro, exclusivamente em iniciativas acadêmicas. Uma análise das iniciativas governamentais nacionais mostra que alguns passos para o Planejamento Espacial Marinho (EHLER e DOUVERE, 2009) foram discutidos em nível nacional, mas faltam ações concretas, o que leva a entender que o o país ainda não começou seu processo de PEM (GERHARDINGER *et al.*, 2019). Entretanto, é necessário reconhecer que iniciativas locais de PEM tem sido desenvolvidas há alguns anos, como o Projeto Babitonga Ativa (GERHARDINGER *et al.*, 2018). No meio acadêmico, nota-se um crescimento do número de publicações sobre PEM com participação de instituições brasileiras, com um total de 38 publicações, a maior produção em 2018 (Figura 1). Destas, apenas 8 apresentam o PEM como assunto principal do artigo e analisam áreas no Brasil, uma vez que a maioria utiliza o PEM como justificativa ou possível aplicação do tema principal do artigo (ex. mapeamento de habitats ou unidades geomorfológicas, distribuição de espécies, atividades humanas no mar). Portanto, é premente a necessidade de pesquisa de avaliações e métodos para subsidiar o PEM no Brasil, uma vez que não há uma proposta metodológica para o PEM no Brasil.

---

1 SCOPUS é um banco de dados de resumos e citação de literatura revisada por pares, incluindo revistas, livros e livros de resumos de congressos. Criado e mantido pela Editora ELSEVIER. <[www.scopus.com](http://www.scopus.com)>

Figura 1: Evolução temporal do número de artigos científicos com os termos "Marine Spatial Planning" ou "Maritime Spatial Planning". Em cinza a produção total, em preto artigos no Brasil.



Fonte: SCOPUS, busca realizada em 10/11/2019 (n = 1.259)

Portanto, este trabalho propõe diretrizes metodológicas que avancem em três princípios do PEM (integrado, baseado em ecossistemas e espacialmente explícito), levando em consideração a realidade brasileira, em especial em relação à extensão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE).

As principais perguntas norteadoras deste trabalho são:

- Quais são os dados necessários para o PEM?
- Que tipos de dados estão disponíveis no Brasil? Existem lacunas de dados? Como resolver as lacunas espaciais, temporais e temáticas de dados no Brasil?
- Como definir zonas ecologicamente semelhantes na ZEE brasileira?
- Como se distribuem os usos e atividades humanas nestas zonas?
- Quais são as áreas prioritárias para a gestão?

Partimos da premissa de que as características físicas dos ecossistemas marinhos conferem, em nível regional, o suporte estrutural para o estabelecimento das comunidades biológicas, que, por sua vez, condicionam algumas atividades humanas no mar. A hipótese é

de que descritores físicos servem de “proxy” para a delimitação de zonas ecológicas marinhas e condicionam a distribuição espacial das atividades antrópicas, podendo ser utilizados para o mapeamento das unidades de planejamento para o PEM, sobretudo em locais com carência de dados de natureza biológica.

Este trabalho está dividido em três capítulos. No primeiro capítulo, foi feita uma análise dos descritores utilizados nas principais iniciativas de PEM no mundo, quais deles estão disponíveis em bases de dados (nacionais e globais) e quais são as principais lacunas espaciais e temáticas na disponibilidade de dados na ZEE do sul do Brasil (ZEESB). No segundo capítulo, é apresentada uma proposta metodológica para harmonização e integração de dados para o mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas, testada e avaliada para a ZEESB. No terceiro capítulo, são utilizadas métricas de paisagem para a estimativa da resiliência ecológica destas zonas, que, integradas à quantificação das atividades humanas no mar, fornecem indicadores de áreas prioritárias para o Planejamento Espacial Marinho na ZEESB.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma proposta metodológica para o PEM na Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil tendo por base a avaliação crítica dos dados disponíveis e a aplicação de técnicas de análise espacial na delimitação das Zonas Ecológicas, na caracterização das atividades antrópicas e na integração desses resultados

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir os descritores ambientais necessários para o PEM e fazer uma análise crítica da sua disponibilidade para o Brasil (Cap. 1);
- Desenvolver, aplicar e avaliar um método viável e replicável para o mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas na ZEESB (Cap. 2);
- Estimar a resiliência ecológica das Zonas Ecológicas Marinhas, quantificar as atividades humanas em cada uma e definir áreas prioritárias para o PEM na ZEESB (Cap. 3).

### 3. ESTUDO DE CASO: A ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA DO SUL DO BRASIL

Zona Econômica-Exclusiva (ZEE) é definida pela Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (UNCLOS, em inglês) como uma faixa de não mais do que 200 milhas (~370 km) em que o país tem direitos de soberania para fins de exploração e aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos ou não vivos das águas sobrejacentes ao leito do mar, do leito do mar e seu subsolo (UN GENERAL ASSEMBLY, 1982). A mesma convenção definiu critérios para extensão da plataforma continental além das 200 milhas, o que garante os direitos de soberania para exploração de recursos naturais no fundo marinho e subsolo (não na coluna d'água) para o país. Embora o Brasil tenha entrado com o pedido de reconhecimento da extensão de sua plataforma continental na Organização das Nações Unidas (ONU) em fevereiro de 2019, até a data de finalização deste trabalho não havia sido divulgada a resposta da avaliação. Portanto, optou-se por considerar neste trabalho apenas o mar territorial (12 milhas) e a ZEE (200 milhas).

A Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil - ZEESB (Figura 2) foi utilizada como estudo de caso. A ZEESB possui uma área aproximada de 410 mil km<sup>2</sup>, representando 12,5% da ZEE brasileira. As principais atividades econômicas marinhas na ZEESB estão relacionadas aos setores de pesca, transporte marítimo, exploração de petróleo e mineração de fundo (atividade potencial).

Quatro dos dez principais portos do Brasil estão localizados na ZEESB, em relação ao total de movimentação em 2018: Paranaguá - PR (2º lugar), Rio Grande - RS (3º), São Francisco do Sul/Itapoá - SC (5º) e Itajaí - SC (10º)<sup>2</sup>. Estes quatro portos movimentaram juntos mais de 43 trilhões de dólares em 2007, correspondendo a cerca de 23% de participação no comércio exterior nacional (CAMPOS NETO *et al.*, 2009). Outro porto significativo na ZEESB é o Porto de Imbituba - SC (25º lugar no ranking).

O setor de óleo e gás ainda é incipiente na ZEESB, com apenas uma plataforma de exploração de petróleo (FPSO Cidade de Itajaí). Porém, é um setor com potencial de expansão, uma vez que dezenas blocos de exploração localizados na parte sul da Bacia de Santos em toda a Bacia de Pelotas foram oferecidos nas últimas rodadas de licitação da Agência Nacional de Petróleo (ANP)<sup>3</sup>. Além disto, há previsão de novos blocos de exploração na Bacia de Pelotas durante os próximos 2 anos, segundo o sistema de rodadas da Agência Nacional de Petróleo (ANP). Ainda dentro do setor de óleo e gás, existem 2 terminais da Petrobras com dutos para a transmissão de petróleo e derivados de navios para centrais de

---

2 <http://web.antaq.gov.br/Anuario/>

3 <http://rodadas.anp.gov.br>

armazenamento, através de monobóias localizadas a aproximadamente 90 km da linha de costa: Terminal de Osório (RS) e Terminal São Francisco do Sul (SC).

A mineração é uma atividade potencial na ZEESB, uma vez que existem depósitos de minerais pesados e calcário mapeados pela Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). O potencial de exploração de fosforita e carvão também tem sido objeto de consideração (KLEIN *et al.*, 1992; SOUZA *et al.*, 2007; CORRÊA, 2010; SOUZA, 2010; PINHO *et al.*, 2011).

Existem quatro unidades de conservação (UC) marinhas federais na região: (1) Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca, (2) Reserva Biológica (REBIO) Marinha do Arvoredo, (3) Refúgio da Vida Silvestre (REVIS) da Ilha dos Lobos e (4) Parque Nacional Marinho Ilha dos Currais. Além disto, diversas UCs costeiras federais, estaduais e municipais estão distribuídas ao longo de toda a costa do sul do Brasil (Figura 2).

A quebra da plataforma continental ocorre na profundidade aproximada de 200 m (MAHIQUES *et al.*, 2010). A plataforma continental do sul do Brasil é comumente dividida, de acordo com suas feições hidrográficas, em dois grandes setores: a Reentrância Sul Brasileira (Southern Brazillian Bight - SBB), que se estende de Cabo Frio (~23° S) até o Cabo de Santa Marta (~28°30' S), e a Plataforma Subtropical Sul (Southern Subtropical Shelf - SSS), ao sul do Cabo de Santa Marta até o estuário do Rio da Prata (~36° S) (LOPES *et al.*, 2006).

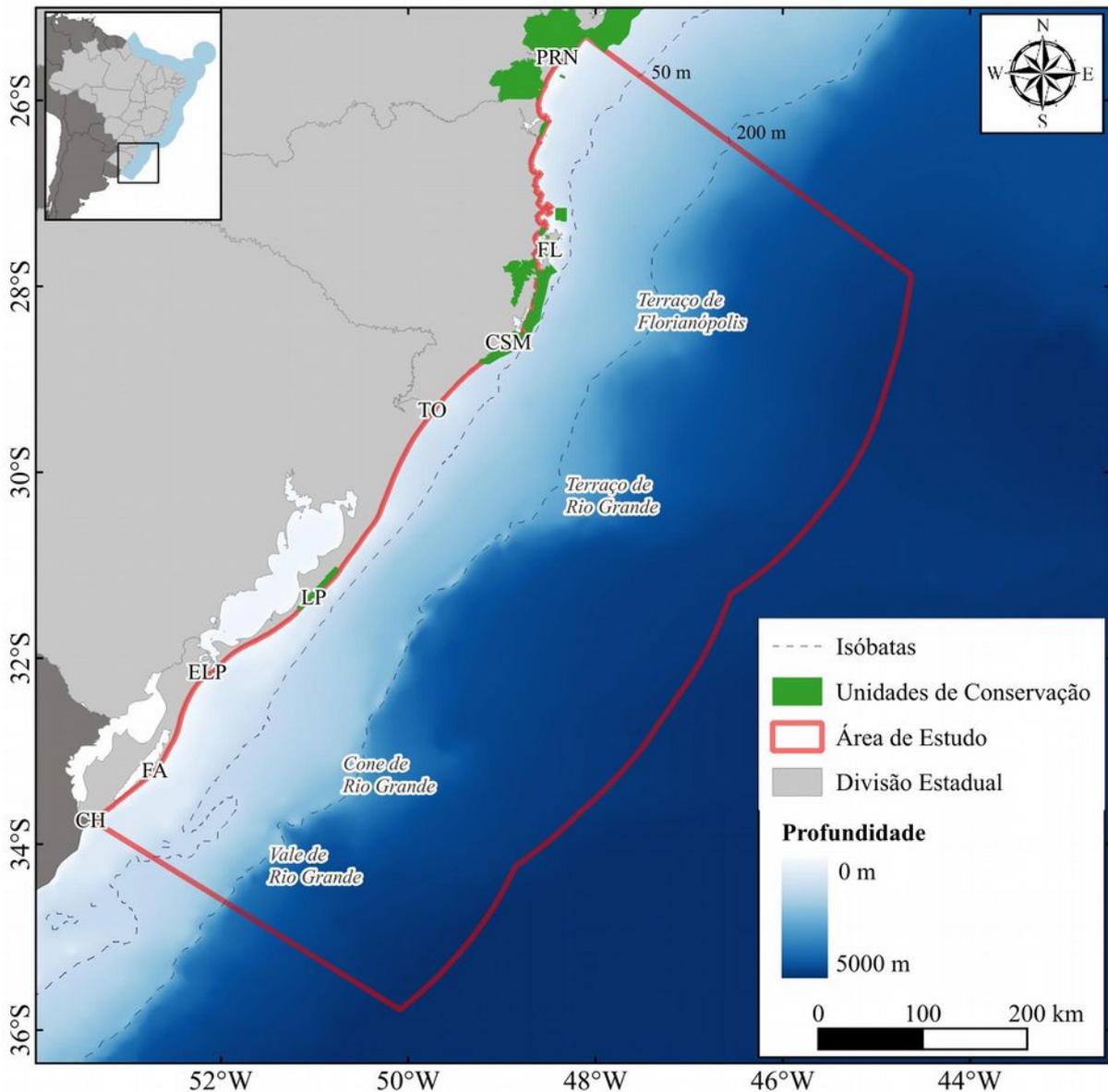
No talude da ZEESB, chamam atenção quatro protuberâncias (platôs e cones) entre 100 e 1000 m de profundidade, que se repetem ao longo da margem continental, todos com o lado sul mais íngreme, indicando um possível transporte de sedimento predominante de sul para norte (FIGUEIREDO JR. e MADUREIRA, 2004). Com relação à composição sedimentar, a plataforma interna é dominada por areia, com o aumento da ocorrência de areia lamosa a partir da profundidade de 50 m. Há ainda a predominância de sedimento litoclástico e bioclástico na plataforma e talude da ZEESB.

Os sedimentos bioclásticos concentram-se mais nas partes profundas, associados aos sedimentos de granulometria mais grosseira e mais reflectiva, enquanto os litoclásticos estão nas áreas mais rasas. Os bioclastos ao norte são representados por maior ocorrência de algas calcárias do tipo rodolitos, enquanto que os bioclásticos ao sul são representados pelos concheiros. (FIGUEIREDO JR. e MADUREIRA, 2004)

A circulação geral nesta área é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil (CB), de origem tropical, com sentido para sul, e pelo fluxo oposto da Corrente das Malvinas (CM), de origem subantártica (OLSON *et al.*, 1988). O encontro dessas correntes gera uma área

fortes gradientes térmicos, conhecida como Convergência Subtropical (CS). Nas áreas mais costeiras da plataforma continental, há ainda a forte influência das águas oriundas da pluma do Rio da Prata, que, no inverno austral, se estende a norte até Itajaí (~27° S) e no verão permanece ao sul de 33° S (PIOLA *et al.*, 2008).

Figura 2: Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB) e principais feições morfológicas da plataforma continental e talude. Pontos de referência utilizados no texto: Chuí (CH), Farol do Albardão (FA), desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos (ELP), Lagoa do Peixe (LP), Torres (TO), Cabo de Santa Marta (CSM), Florianópolis (FL) e Paranaguá (PRN).



As águas costeiras de baixa salinidade originadas do Rio da Prata estão associadas às altas concentrações de nutriente, de clorofila e fitoplâncton encontradas na região (CIOTTI *et al.*, 1995) e sustentam recursos pesqueiros que fazem com que esta seja uma das áreas de pesca mais produtivas do Brasil (SEELIGER *et al.*, 1998).

## 4. CAPÍTULO 1: ANÁLISE DE LACUNAS DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA O PEM NO BRASIL

Este capítulo foi publicado na Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente em 2018 e encontra-se aqui transcrito na íntegra: GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. Onde estão os dados para o Planejamento Espacial Marinho (PEM)? Análise de repositórios de dados marinhos e das lacunas de dados geoespaciais para a geração de descritores para o PEM no Sul do Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 44, p. 405–421, 2018.

### 4.1. INTRODUÇÃO

O Planejamento Espacial Marinho (PEM) é um processo público de análise e alocação das atividades humanas no oceano (EHLER e DOUVERE, 2009) que teve início no Brasil em 2011, restrito, todavia, a iniciativas locais (DE FREITAS *et al.*, 2014). O PEM é uma estratégia explícita e tangível em direção à redução dos conflitos entre diferentes grupos de usuários (COLLIE *et al.*, 2013) e à conservação da biodiversidade. A considerável extensão e a alta complexidade de ecossistemas, usos e conflitos na zona marinha do Brasil fazem com que seja urgente o início do PEM no Brasil.

Os habitats e processos marinhos são mais dinâmicos e tridimensionais que os terrestres, sendo mais difícil delimitar e mapear os ecossistemas. Dados marinhos são geralmente mais escassos, de difícil obtenção e, muitas vezes, de representatividade espacial e temporal mais limitada do que os dados terrestres. Aspectos físicos, como tipo de sedimento, batimetria, concentração de clorofila e massas d'água, podem ser utilizados como indicadores (proxies) para a definição de sistemas ambientais marinhos, uma vez que modulam a configuração dos usos antrópicos e naturais. As atividades humanas e infraestrutura afetam o ambiente marinho, mas também possuem sua presença ou ausência determinada pelo tipo de sistema ecológico e condições ambientais (DOUVERE *et al.*, 2007).

Devido aos altos custos de obtenção e tratamento de dados e às características do ambiente marinho, é importante definir quais são os tipos de dados prioritários para o PEM, bem como identificar as lacunas de dados geoespaciais e de séries históricas. Shucksmith e Kelly (2014) relatam que a coleção de dados e mapeamento é uma das etapas que mais consome tempo no PEM, mas, depois da criação de uma plataforma para administração dos mesmos, a coleção de dados subsequentes foi mais eficiente. Portanto, é de fundamental importância a definição de diretrizes de padronização e sistematização de dados nas etapas iniciais do PEM.

A seleção, a aquisição e a organização dos dados marinhos, bem como a definição das técnicas de harmonização dos dados disponíveis, são grandes limitações para a elaboração do PEM (HALPERN *et al.*, 2012; EUROPEAN COMMISSION, 2016). Alguns dos componentes críticos para o PEM são: (1) triagem e coleção de dados geoespaciais, (2) gerenciamento de dados, (3) análise de dados e (4) sistemas de suporte à decisão (STAMOULIS e DELEVAUX, 2015). Apesar de serem etapas sequenciais, a definição do sistema de suporte à decisão a ser utilizado tem influência na seleção dos dados a serem coletados e gerenciados. Portanto, bases de dados bem consolidadas, integradas e multidisciplinares são um primeiro passo em direção ao PEM, mas a sua construção deve levar em conta as metodologias de análise e suporte à decisão disponíveis ou desejáveis.

Uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) abrange a tecnologia, as políticas, os padrões, os recursos humanos e as atividades relacionadas necessários para adquirir, processar, distribuir, usar, manter e preservar dados geoespaciais (MASSER, 2006) e, portanto, vai além de ser um repositório ou plataforma on-line de dados.

Existem vários exemplos de repositórios e IDEs para os oceanos, dos quais podemos citar o “British Oceanographic Data Center” (BODC)<sup>4</sup>, o “Centro Argentino de Datos Oceanográficos”<sup>5</sup>, o “Australian Ocean Data Network” (AODN)<sup>6</sup>, o norte-americano “National Centers for Environmental Information” (NCEI)<sup>7</sup> e a “Infrastructure for Spatial Information in Europe” (INSPIRE)<sup>8</sup>. Estas IDEs diferem tanto nos tipos de dados disponíveis quanto na forma de acesso e de distribuição destes dados. Neste artigo, a INSPIRE foi adotada como exemplo para comparação com a situação brasileira, pois várias iniciativas para o PEM na Europa utilizaram a INSPIRE como base. Além disto, a Comissão Europeia elaborou uma lista dos descritores necessários para o PEM e a relacionou com as camadas de informação (CIs) disponíveis na INSPIRE (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

No Brasil, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) foi lançada em 2010 visando à integração entre sistemas de diferentes instituições. Tem o propósito de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro. Possui boa documentação e padrões (standards) definidos para os dados e metadados.

O governo brasileiro iniciou o processo de elaboração do PEM em 2011, entretanto, até o momento se obtiveram avanços apenas pontuais, para pequenas áreas do extenso litoral

---

4 <http://www.bodc.ac.uk/>

5 <http://www.hidro.gov.ar>

6 <http://portal.aodn.org.au>

7 <http://www.nodc.noaa.gov>

8 <http://inspire.ec.europa.eu>

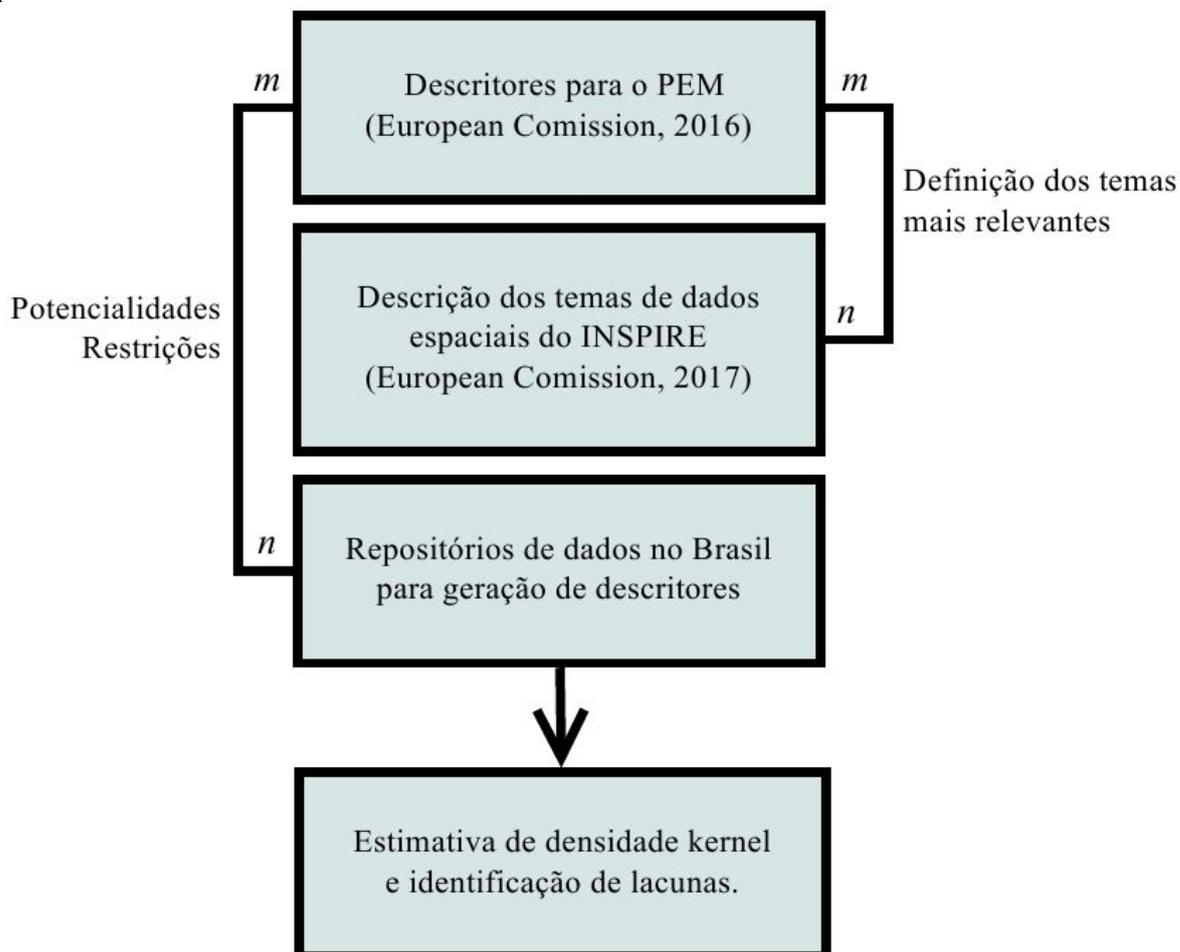
brasileiro (DE FREITAS *et al.*, 2014). No sul do país, foram encontradas duas iniciativas para o PEM, porém, em escala local em regiões costeiras. Gern *et al.* (2017) utilizaram o Zoneamento Portuário e Aquaviário de Itajaí como base do PEM por meio da aplicação de alguns princípios do PEM. O Projeto Babitonga Ativa<sup>9</sup> vem mapeando e promovendo a gestão participativa dos serviços ecossistêmicos da Baía Babitonga por meio de oficinas e reuniões com os atores sociais que se beneficiam diretamente da baía, avançando no PEM local (GERHARDINGER *et al.*, 2018).

Este trabalho utiliza a lista de descritores para o PEM (European Commission, 2016) e analisa a disponibilidade destes descritores para o Brasil, indicando potencialidades e restrições dos repositórios de dados analisados. Além disto, identifica dados prioritários para o PEM e lacunas de dados geoespaciais disponíveis para a Zona Econômica-Exclusiva (ZEE) do sul do Brasil.

#### 4.2. MÉTODOS

Os dados de entrada associados à construção de cada tema de informação geoespacial foram obtidos por meio dos metadados e das especificações da INSPIRE. As listas de descritores e temas (e seus atributos) foram inseridas no sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) PostgreSQL e os relacionamentos (do tipo muitos para muitos – M:N) entre estas duas tabelas implementados por meio de SQL. Os temas mais relevantes foram definidos com o cálculo do número de relacionamentos com os descritores para o PEM (Figura 3).

Figura 3: Metodologia para priorização de descritores para o PEM no Brasil e identificação de lacunas espaciais.



O levantamento de dados geoespaciais na INDE foi realizado por meio da consulta espacial utilizando retângulos envolventes (coordenadas máximas e mínimas) exclusivamente nas áreas marinhas. As CIs que possuíam apenas feições terrestres foram desconsideradas na análise. É importante notar que este tipo de consulta deixa de fora CIs que não possuem dados espaciais disponíveis na INDE para download ou visualização em mapas interativos.

Foram realizadas buscas de dados geoespaciais marinhos em outros repositórios nacionais e internacionais (Quadros 1 e 2) e definidos aqueles que poderiam ser utilizados para a obtenção de descritores necessários para o PEM. Quando disponíveis para download, estes dados foram obtidos e sistematizados em um banco de dados PostgreSQL 9.3. O processamento e a seleção espacial para manter apenas os registros de ocorrência na ZEE do sul do Brasil foram realizados por meio de consultas ao banco de dados.

A fim de avaliar a efetiva distribuição espacial dos dados disponíveis, visando à identificação de lacunas e de setores cuja densidade de dados é insatisfatória, foram elaborados mapas para cada conjunto de dados sistematizados com o uso do método de

Estimação de Densidade Kernel, com largura de banda de 0,2° (~22 km) e resolução espacial de 0,02° (~2 km), utilizando os pacotes “KernSmooth” e “Raster” no software R. Para a composição e o layout final dos mapas foi utilizado o software QGIS 2.18.

Métodos de análise exploratória destes dados foram testados (análise de agrupamento, análise de componentes principais) de forma a transformar dados em informação e geração de descritores para o PEM. A análise de tais resultados foge do escopo do presente artigo, mas os aspectos relativos à sua obtenção e alguns desses resultados podem ser verificados em Gandra *et al.* (2017).

A análise exploratória dos dados obtidos e a observação de aspectos importantes para repositórios de dados (forma de pesquisa e distribuição de dados, formato, definição de padrões e metadados) foram utilizadas para a elaboração de uma lista de potencialidades e restrições dos repositórios analisados.

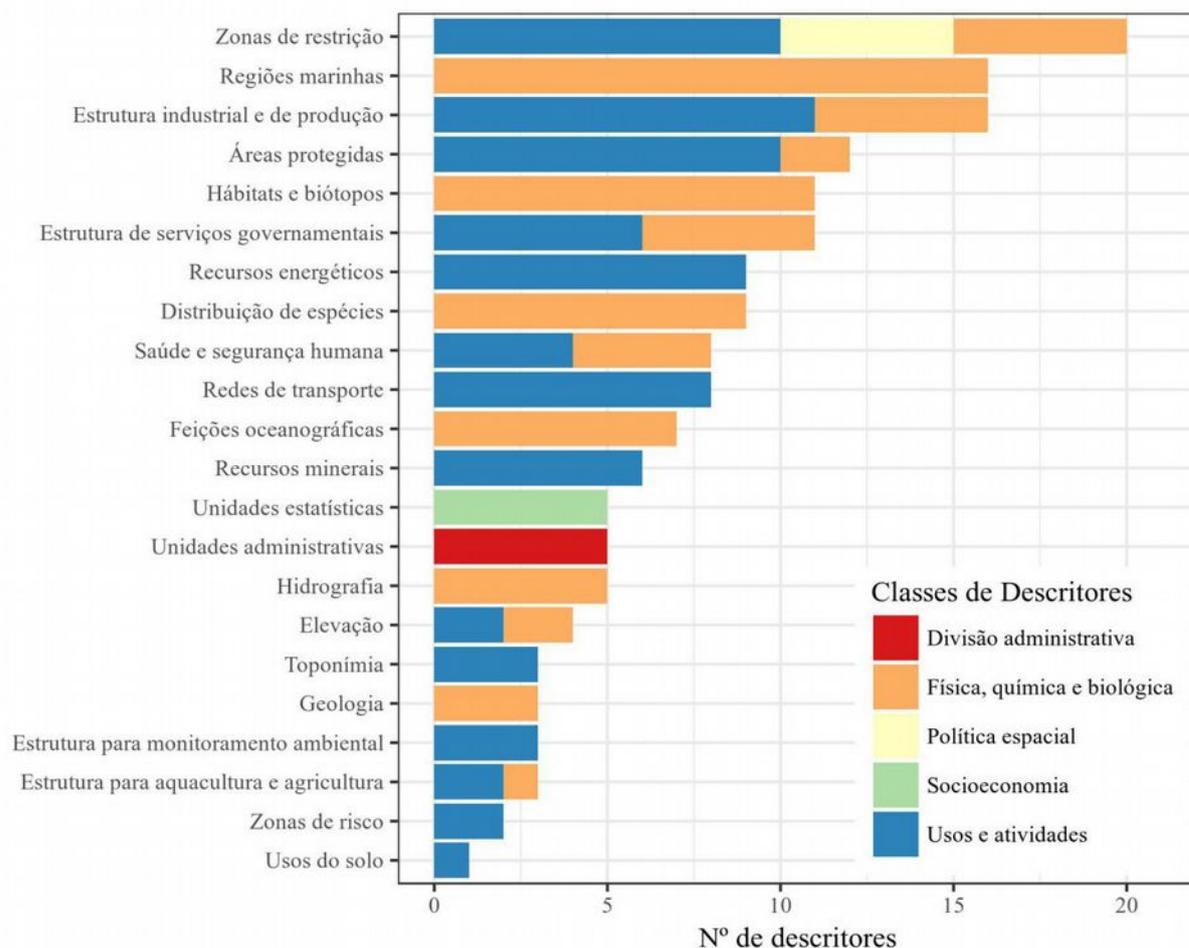
### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1. Temas de dados espaciais da INSPIRE mais utilizados para o PEM

A INSPIRE une legislação, diretivas e especificações técnicas, dados e serviços de dados espaciais para a União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2017). Desde 2007 foram feitos grandes esforços de integração, triagem e harmonização de dados espaciais na INSPIRE, possibilitando a utilização de dados transfronteiriços numa mesma base espacial e conceitual.

A lista da CE (EUROPEAN COMMISSION, 2016) define 145 descritores para o PEM, divididos em cinco classes: limites administrativos (n=5 descritores), informação física, química e biológica (42), usos e atividades (65), política espacial (5) e dados socioeconômicos (5). Aproximadamente 85% dos descritores (n=123) podem ser obtidos por meio de 21 temas disponíveis na INSPIRE. Os temas mais utilizados para o PEM são: Zonas de Restrição, Regulação e Manejo (em 20 descritores), Regiões Marinhas (16), Infraestrutura Industrial e de Produção (16), Áreas Protegidas (12) e Habitats e Biótopos (11) (Figura 4). Os temas relacionados a um maior número de descritores devem ser priorizados para o avanço do PEM no Brasil.

Figura 4: Número de descritores para o PEM formados por cada camada de informação do INSPIRE.



#### 4.3.2. Temas e descritores disponíveis para o PEM no Brasil

Na INDE, foram encontradas somente cinco camadas de informação com registros em áreas marinhas: (a) Unidades de Conservação (MMA<sup>10</sup>), relacionada ao tema “Áreas Protegidas”, (b) Cartas Náuticas Digitais (DHN<sup>11</sup>), relacionada com o tema “Elevação”, (c) Portos, relacionada às “Redes de Transporte”, (d) Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007a) e (e) Bentos da Zona Costeira e Marinha do Brasil, ambas relacionadas indiretamente com os temas “Distribuição de Espécies” e “Habitats e Biótopos”. Devido a esta carência de dados na INDE, outras bases de dados nacionais (Quadro 1) e globais () foram consultadas e analisadas quanto às potencialidades e restrições para a geração de descritores para o PEM no Brasil.

10 Ministério do Meio Ambiente

11 Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil

Quadro 1: Bases de dados nacionais, descritores disponíveis, restrições e potencialidades para o PEM.

Bases de dados	Descritores	Restrições (R) e Potencialidades (P)
Unidades de Conservação (I3GEO) <sup>12</sup>	Áreas Protegidas	P Arquivos vetoriais com os limites de todas as unidades de conservação nos três níveis de governo.
		R Falta de informação espacializada dos planos de manejo de cada UC. Faltam metadados.
Cartas Náuticas Digitais <sup>13</sup>	Relevo submarino; batimetria; calado para portos; plataformas; boias; áreas restritas para navegação	P Boa informação de batimetria para áreas portuárias. Cobertura de boa parte da ZEE brasileira. Diferentes escalas.
		R Sem base vetorial ou Modelo Digital de Elevação (apenas figura). Densidade irregular de pontos. Metadados incompletos.
Programa de Monitoramento de Embarcações Pesqueiras (PREPS) <sup>14</sup>	Número de embarcações de pesca industrial; áreas importantes para a pesca (por modalidade, estação)	P Dados de rastreamento possibilitam a criação de diversos descritores. Censo da pesca industrial. Dados vetoriais das zonas de exclusão de pesca.
		R Grande quantidade e complexidade de dados. Falta uma política de concessão dos dados, indisponíveis para a comunidade científica.
Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP) <sup>15</sup>	Áreas de extração/concessão de petróleo e gás; Plataformas de exploração.	P Dados oficiais de blocos e rodadas de concessão
		R Falta de alimentação após criação, dados desatualizados. Dados de potencial exploração não estão disponíveis
Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) <sup>16</sup>	Tipos de fundo; relevo submarino, estações meteorológicas e maregráficas.	P Repositório oficial brasileiro. Coleciona e padroniza diversos tipos de dados oceanográficos. Reúne dados de diversas instituições.
		R Distribuição de dados por meio de solicitação por <i>e-mail</i> . Dificuldade de pesquisa de dados disponíveis. Grandes lacunas espaciais. Metadados incompletos.
Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Aquáticos (SIMMAM) <sup>17</sup>	Rotas de migração (mamíferos)	P Repositório oficial do ICMBio e da rede de encalhes de mamíferos. Dados disponíveis para <i>download</i> . Reúne dados de diversas instituições. Dados de encalhes, avistagens e captura incidental. Metadados.
		R Depende da cooperação de instituições para alimentação do banco de dados. Grandes lacunas espaciais

12 <http://mapas.mma.gov.br/i3geo>

13 <http://marinha.mil.br/dhn>

14 <http://preps.gov.br>

15 <http://app.anp.gov.br/webmaps/>

16 <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/oceanografia/bndo.html>

17 <http://simmam.acad.univali.br/webgis/>

Quadro 2: Bases de dados globais, descritores, restrições e potencialidades para o PEM.

Base de Dados	Descritores	Restrições (R) e Potencialidades (P)	
Ocean Biogeographic Information System (OBIS) <sup>18</sup>	Rotas de migração (aves, peixes e mamíferos); populações de peixes; espécies exóticas; habitats de espécies	P	Possibilidade de consultas diversas para seleção de espécies, grupos ou áreas específicas. Metadados e padrões bem definidos. Pacote do R para consulta e análise de dados (“robis”).
		R	Depende da cooperação de instituições para alimentação do banco de dados. Grandes lacunas espaciais.
Global Biodiversity Information Facility (GBIF) <sup>19</sup>	Rotas de migração (aves, peixes e mamíferos); populações de peixes; espécies exóticas; habitats de espécies	P	Alimentado pelo Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr), repositório oficial brasileiro. Possibilidade de consultas diversas para seleção de espécies, grupos ou áreas específicas. Metadados e padrões bem definidos. Pacote do R para consulta e análise de dados (“rgbif”).
		R	Depende da cooperação de instituições para alimentação do banco de dados. Predominantemente terrestre.
Marine Traffic <sup>20</sup>	Número de navios (por tipo, capacidade, área, porto, etc.); rotas de navios; áreas de cabotagem	P	Dados em tempo real de rastreamento de embarcações. Mapas de calor ( <i>heatmaps</i> ) livres para visualizar.
		R	Alto custo para obtenção de dados.

#### 4.3.2.1. Relevo submarino

Mapas batimétricos são a base para a definição de diversos descritores para o PEM, além de serem utilizados para elaboração de outros temas, como “Habitats e biótopos” e “Regiões marinhas”. No Brasil, a melhor fonte para dados batimétricos na plataforma continental são as Cartas Náuticas, disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha.

Uma limitação das Cartas Náuticas é a densidade desigual dos pontos disponíveis. Estas possuem articulação irregular e priorizam o mapeamento em fundeadouros e áreas portuárias, pois têm como objetivo a segurança à navegação. Assim, sobretudo em setores próximos à costa sem vocação náutica, existem importantes lacunas de dados batimétricos no país.

Além disto, as Cartas Náuticas são disponibilizadas na forma de figuras georreferenciadas e não como um modelo digital de elevação (MDE), que permitiria a utilização em ferramentas de suporte à decisão. Portanto, não existem dados oficiais com uma

18 <http://www.iobis.org/>

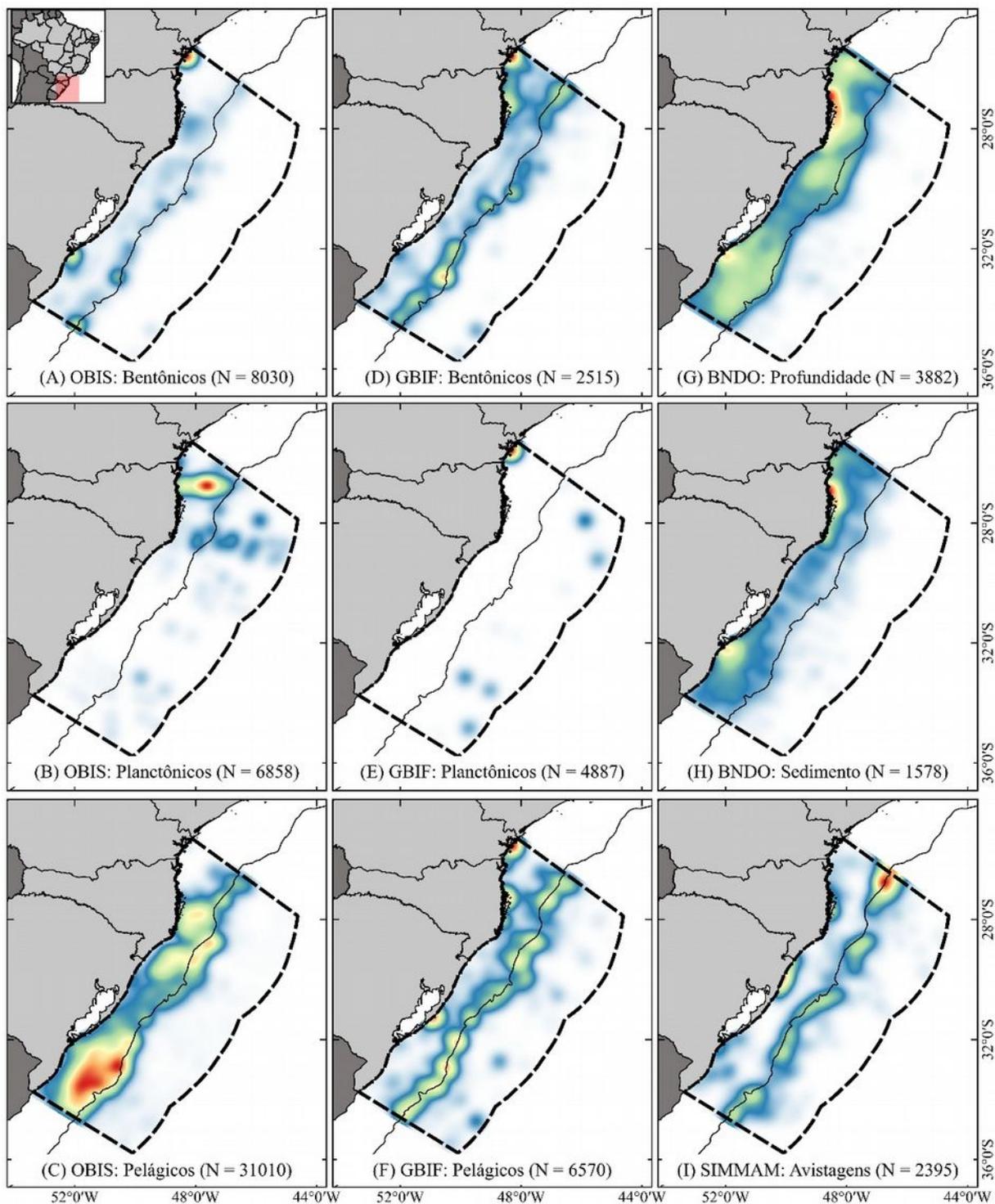
19 <https://www.gbif.org/>

20 <http://www.marinetraffic.com>

superfície contínua para batimetria. A construção do MDE pode ser feita por meio da vetorização manual dos pontos batimétricos das Cartas Náuticas e posterior interpolação, um processo que consome muito tempo e acumula erros e incertezas, diminuindo a qualidade da informação. Cabe mencionar que os pontos batimétricos das Cartas Náuticas foram digitalizados e integram a base de dados do Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil1), estando disponíveis para utilização por meio desta ferramenta.

Dados de profundidade também estão disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO). A análise das lacunas espaciais destes dados na ZEE do sul do Brasil mostra baixa densidade no talude e na elevação continental e boa distribuição na plataforma continental, com setores de alta densidade na área costeira ao norte de Florianópolis (SC) até São Francisco do Sul (SC) (Figura 3-G). Entretanto, a acurácia dos valores de profundidade não foi avaliada neste trabalho, aspecto relevante considerando-se a conhecida incompatibilidade entre os dados verticais de diferentes cartas náuticas e destas com as cartas topográficas do IBGE.

Figura 5: Densidade kernel normalizada (mapa de cores) dos dados de alguns repositórios na Zona Econômica-Exclusiva do Brasil (linha pontilhada) e quebra teórica da plataforma continental (isóbata de 200m, linha contínua).



#### 4.3.2.2. Zonas de Restrição, Manejo e Regulação

O tema Zonas de Restrição, Manejo e Regulação foi definido no INSPIRE de forma genérica como áreas gerenciadas, reguladas ou utilizadas de forma definida por legislação nos diversos níveis de governo.

Para o caso brasileiro, este tema incluiria, por exemplo, áreas de dragagem e descarte de sedimentos, áreas de exclusão de pesca, zonas de amortecimento de unidades de conservação, áreas restritas para navegação, entre outras áreas com usos restringidos pela legislação vigente. Não existe no Brasil uma base de dados com o mapeamento destas áreas. É possível mapear estas zonas por meio de coordenadas disponíveis na legislação e com a aplicação de procedimentos simples de geoprocessamento (“buffers”, intersecções, etc.).

O Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul (CEPSUL) mapeou as zonas de exclusão de pesca do sudeste e do sul do Brasil<sup>21</sup>, porém, este dado é disponibilizado em formato de figura, não sendo possível a sua utilização direta como descritor espacial para o PEM. O PREPS disponibiliza estas informações em formato vetorial, porém, o acesso a estes dados é restrito, não tendo sido possível a sua obtenção para avaliação neste trabalho.

Outras zonas com manejo específico podem ser obtidas nos planos de desenvolvimento portuário (ex. bacias de evolução, áreas de dragagem e descarte) e áreas de navegação restritas definidas em cartas náuticas. O mapeamento de polígonos definidos em licenças ambientais e Estudos de Impacto Ambiental aprovados também seriam desejáveis para esta camada de Zonas de Restrição, Manejo e Regulação. Entretanto, sem uma política de governo que exija o cadastramento destas zonas pelos órgãos licenciadores (federais, estaduais e municipais) em um repositório de dados geoespaciais, parecem ser inviáveis o processo de pesquisa das licenças ambientais nos sistemas dos diferentes órgãos, a transformação em informação espacial e a utilização no PEM.

#### 4.3.2.3. Regiões Marinhas

As Regiões Marinhas são definidas como áreas com características físicas semelhantes, como tipo de sedimento, substrato, profundidade e temperatura (European Commission Joint Research Center, 2013). Dados de tipo de substrato (sedimento) estão disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), na forma de percentuais de areia, silte e cascalho. O BNDO é gerido pela Marinha do Brasil e o acesso aos dados se dá por meio de solicitação e justificativa para o uso dos dados. Estes são disponibilizados na forma de tabelas, com coordenadas geográficas em um formato que junta graus e minutos decimais sem separadores, tornando difícil a inserção destes dados nos softwares convencionais de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Portanto, é necessário desenvolver rotinas para a importação das tabelas e a transformação em dados espaciais, o que

---

21 <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/areas-protetidas/area-de-exclusao-a-pesca.html>

limita a utilização destes dados.

Na ZEE do sul do Brasil, os dados de tipo sedimento estão distribuídos principalmente na plataforma continental, com grandes lacunas entre o litoral norte do Rio Grande do Sul e o Cabo de Santa Marta (SC). Áreas de alta densidade de pontos se localizam no trecho adjacente ao estuário da Lagoa dos Patos e entre Florianópolis (SC) e São Francisco do Sul (SC) (Figura 3 - H).

Dados de temperatura superficial do mar (TSM) são de fácil aquisição por meio de sensores remotos, que permitem uma visão sinótica de alta resolução temporal (mais de uma imagem por dia). O problema de cobertura de nuvens, que gera lacunas em dados de TSM diários, é minimizado quando se utiliza agregação por intervalos de tempo (ex. médias mensais ou sazonais). Entretanto, é necessário definir como analisar a série de dados para que possam ser utilizados como descritores para o PEM. Devido à diversidade de repositórios de dados de sensoriamento remoto dos oceanos para parâmetros como clorofila e TSM, estes não foram analisados neste trabalho. Além disso, deve-se destacar que esses dados se referem apenas à camada superficial dos oceanos, sendo necessária a obtenção de dados oceanográficos *in situ* em outros repositórios para a definição desta propriedade na coluna d'água.

#### 4.3.2.4. Habitats e Biótopos

Os biótopos representam áreas geográficas com comunidades biológicas distintas associadas a fatores ambientais como tipo de substrato, profundidade ou temperatura (Davies *et al.*, 2017). Na INSPIRE, os habitats e biótopos são classificados por meio da chave de classificação da European Nature Information System (EUNIS), que leva em consideração fatores como penetração da luz, substrato e profundidade para a identificação de habitats, refinando a classificação com a incorporação de dados de comunidades biológicas para o nível de biótopos (Commission of the European Communities, 1991). No Brasil, a maior parte das iniciativas de classificação de habitats é em escala local (portos, unidades de conservação) e de âmbito ainda acadêmico. Mussi *et al.* (2017) sugerem, para a plataforma continental de Santa Catarina, uma abordagem metodológica de classificação até o nível de habitats na camada de fundo a partir de dados de substrato, penetração de luz (estimada a partir de imagens do sensor MODIS) e energia de ondas, obtida por modelagem hidrodinâmica. Esta metodologia é passível de adaptação e replicação para a plataforma continental do sul do Brasil, desde que estejam disponíveis os dados de entrada.

Para o refinamento dos habitats e a delimitação dos biótopos é necessária a incorporação de dados de ocorrência de organismos. Foram consultados dois repositórios de dados internacionais de biodiversidade, o Ocean Biogeographical Information System (OBIS) e o Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

O OBIS é um repositório global de registros de ocorrência de animais marinhos e disponibiliza um grande número de registros na ZEE do sul do Brasil (n=35560). A maior parte dos dados disponíveis (44%) no OBIS foi coletada no contexto do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). A maioria dos registros foi obtida em três “pulsos”: 1973, 1995 e 2006, sendo que nos últimos 7 anos o número de registros inseridos no OBIS para a ZEE do sul do Brasil é muito pequeno.

O GBIF é uma infraestrutura de pesquisa de dados abertos com o objetivo de prover acesso a dados sobre todos os tipos de vida na Terra. O Brasil é um país associado ao GBIF desde 2012 e criou o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr) como um nó do GBIF. Apesar de possuir um foco nas áreas terrestres, foram encontradas no GBIF ocorrências de espécies marinhas na ZEE do sul do Brasil (n=13972).

Além das lacunas espaciais e temporais, também é possível perceber nos dados disponíveis no OBIS e no GBIF uma grande diferença no número de registros em relação às classes e modo de vida da fauna, com maior ocorrência de organismos pelágicos, em relação aos organismos bentônicos e planctônicos (Figura 5).

Os registros de organismos pelágicos do OBIS se encontram bem distribuídos na plataforma continental do sul do Brasil, com uma lacuna na área costeira do norte de Santa Catarina e em todo o litoral do Paraná, e alta densidade de registros na plataforma continental ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 3 - C). Já no GBIF, a maior densidade de registros pelágicos está na quebra da plataforma continental (Figura 3 - F), com alguns hotspots costeiros no trecho da Lagoa do Peixe (RS), norte da Ilha de Santa Catarina (SC) e Paranaguá (PR).

Para a fauna bentônica do OBIS, existem pequenas áreas de alta densidade nas proximidades do estuário da Lagoa dos Patos (RS) e da Baía de Paranaguá (PR) e alguns registros ao longo da quebra da plataforma continental, mas grandes lacunas entre as isóbatas de 30 a 150 m (Figura 3 - A). No GBIF, foram encontradas altas densidades ao longo da quebra da plataforma e Paranaguá (Figura 3 - D).

Os dados de organismos planctônicos são mal distribuídos nos dois repositórios, com alta densidade no OBIS em uma faixa no norte de Santa Catarina (Figura 3 - B) e no GBIF

nas proximidades de Paranaguá (Figura 3 - E).

Ainda com relação à disponibilização de registros de organismos marinhos, é importante valorizar os esforços na sistematização e na distribuição de dados de ocorrência de mamíferos marinhos pelo Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (SIMMAM). O SIMMAM, desenvolvido pela Universidade do Vale do Itajaí e cedido ao ICMBio, foi criado com o objetivo de coletar e armazenar informações georreferenciadas sobre avistagens, capturas incidentais e encalhes de mamíferos aquáticos e possui dados provenientes de dezenas de instituições que trabalham com mamíferos aquáticos. Os dados de avistagens de mamíferos se distribuem principalmente ao longo da quebra da plataforma continental e talude, assim como na área costeira no norte do Rio Grande do Sul e nas proximidades da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Figura 3 - I).

A falta de homogeneidade na distribuição de dados de fauna e flora em zonas marinhas é um fator restritivo para a utilização destes dados como descritores para o PEM, uma vez que os hotspots encontrados podem ter mais influência dos esforços de amostragem de projetos de pesquisa específicos do que da importância para conservação.

#### 4.3.2.5. Infraestrutura Industrial e de Produção

No INSPIRE, o tema Infraestrutura Industrial e de Produção é bastante abrangente e agrega dados relacionados à produção e à indústria, assim como informações de resumo sobre os impactos ambientais relacionados a estas atividades. Este tema é utilizado para a formação de diversos descritores de usos e atividades humanas, como a pesca industrial, produção de energia elétrica, extração de petróleo e gás, entre outras.

No Brasil, o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), instituído por lei (Brasil, 2006), obriga embarcações da frota industrial com comprimento maior do que 15 metros e/ou arqueação bruta maior que 25 toneladas a instalarem transmissores de satélite para a localização das embarcações em tempo real. O acesso aos dados é restrito a servidores da Marinha do Brasil, do Ministério do Meio Ambiente, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O PREPS armazena dados essenciais para o diagnóstico de uso da ZEE pela pesca industrial, mas não há um processo instituído de solicitação de acesso aos dados por pesquisadores. A restrição do acesso aos dados envolve questões de “segredo industrial”, considerando que os locais de pesca são vantagens industriais que os armadores e pescadores

possuem em relação aos seus concorrentes. Porém, o grau de detalhe ou granulação dos dados coletados pode afetar a disposição dos atores sociais para compartilhar a informação (SHUCKSMITH *et al.*, 2014). Os órgãos responsáveis pelo PREPS podem optar por disponibilizar os dados agregados na forma de, por exemplo, mapas de densidade sazonais por arte de pesca, sem a identificação dos barcos de pesca e, portanto, sem prejuízo aos pescadores.

Alguns autores (ST. MARTIN e HALL-ARBER, 2008; LITTAYE *et al.*, 2016; STRICKLAND-MUNRO *et al.*, 2016) ressaltam que, enquanto dados das condições físicas e biológicas são abundantes, dados dos usos na zona marinha são escassos e muitas vezes pouco confiáveis. Portanto, o PREPS pode vir a ser um diferencial positivo do Brasil no processo de PEM. Uma política de acesso aos dados do PREPS é de grande importância para o avanço do PEM no Brasil, já que auxiliaria no diagnóstico de conflitos de usos.

O processamento dos dados do PREPS não é trivial, sendo necessários vários filtros para eliminar pontos espúrios, bem como para separar registros de navegação e desembarques dos registros de atividade da pesca. As regiões de baixa densidade de pontos do PREPS não devem ser consideradas como lacunas de dados, e sim regiões efetivamente menos utilizadas pela pesca industrial e, por isso, não foram analisadas neste artigo.

#### 4.3.2.6. Redes de Transporte

O tema Redes de Transporte abarca as redes de transporte terrestre, aquático e aéreo e as infraestruturas relacionadas (portos, aeroportos, estações de trens e ônibus, etc.) e é utilizado para elaboração dos descritores relacionados à navegação comercial. O Plano Nacional de Logística e Transporte contém dados geoespaciais de rotas de navegação, ferrovias e rodovias, porém, a única CI encontrada na INDE sobre este tema é a de localização dos portos. As CIs de transporte terrestres são relevantes para o PEM, porém fogem do escopo deste trabalho, que se concentrou na busca de informações no meio marinho.

Para os descritores do uso para navegação, é possível utilizar dados disponíveis no Marine Traffic. Esta plataforma coleta e disponibiliza dados provenientes do Sistema Automático de Identificação (AIS, em inglês), que é um sistema de rastreamento que utiliza comunicação entre navios para obtenção da localização dos mesmos por todo o mundo. Da mesma forma que o PREPS, os dados de AIS representam pontos de rastreamento contínuo e as áreas de baixa densidade não devem ser consideradas como lacunas espaciais de dados, e sim regiões efetivamente pouco utilizadas para navegação.

Foi realizado junto àquela empresa um orçamento para a aquisição de posições de navios na ZEE do sul do Brasil nos últimos de cinco anos, que teria um custo de cerca de US\$ 9.000, valores elevados para uma pesquisa acadêmica, mas módicos para uma iniciativa governamental de PEM. Por outro lado, a empresa disponibiliza mapas de densidade anuais gratuitos, sendo possíveis o georreferenciamento e a transformação destes em dados qualitativos, identificando as principais rotas de navegação, bem como zonas de atracação ou espera de navios.

#### 4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A detecção de lacunas é apontada por alguns autores como um dos primeiros passos para o PEM (ARDRON *et al.*, 2008; FLANNERY e Ó CINNÉIDE, 2012a; SHUCKSMITH e KELLY, 2014; SMITH, 2015). A identificação das lacunas espaciais nos dados permite a elaboração de mapas de incertezas, que podem ser utilizados para o direcionamento de esforços de coleta, disponibilização ou harmonização de dados para preencher estas lacunas.

No Brasil, deve ser dada prioridade para a construção do tema “Zonas de Restrição, Manejo e Regulação”, que possui grande relevância devido ao número de descritores para o PEM relacionados. Este tema pode ser elaborado por meio da espacialização de normas e legislação relacionadas aos usos na zona marinha.

Não há ainda a consolidação do conhecimento científico nos temas Habitats e Biótopos e Regiões Marinhas, que são utilizados para um grande número de descritores para o PEM. Por outro lado, dados existentes no Brasil, porém dispersos, podem ser utilizados para a construção destes temas. Isto evidencia a necessidade de investimento em esforços de integração, disponibilização e harmonização dos dados, aumentando a aplicabilidade para o PEM dos dados produzidos pela comunidade científica.

O BNDO apresenta problemas estruturais para que alcance o status de uma IDE: falta de padronização e metadados, impossibilidade de pesquisa e visualização de dados e solicitação dos mesmos por e-mail, o que desencoraja a utilização deste como repositório oficial para o PEM. É crucial uma reformulação estrutural do BNDO ou a incorporação dos dados ali depositados a uma infraestrutura alternativa/complementar. A rica base ali disponível deve ser estruturada de modo a seguir os padrões internacionais e estabelecidos pela INDE para que se tenha uma efetiva infraestrutura de dados para as áreas marinhas no Brasil, possibilitando o resgate de dados em três dimensões espaciais que considere, ainda, a alta variabilidade temporal inerente aos sistemas costeiros e oceânicos (BARTLETT, 2000).

O Brasil possui, ainda, inúmeras instituições e pesquisadores que coletam, analisam e publicam dados marinhos derivados de projetos específicos na forma de artigos científicos e relatórios. Entretanto, há uma carência de estruturas que facilitem e incentivem a disponibilização e padronização destes dados.

Pode-se ressaltar que o PEM deve ser um processo adaptativo, capaz de incorporar novas fontes de dados e métodos de análise, o que demanda a inclusão contínua de novos provedores. Com o avanço do PEM e o estabelecimento de demandas e incentivos governamentais, espera-se que mais instituições passem a compartilhar dados marinhos e alimentem repositórios nacionais e internacionais, garantindo o uso da melhor informação científica disponível para o PEM.

## 5. CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO DE ZONAS ECOLÓGICAS MARINHAS COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL MARINHO

### 5.1. INTRODUÇÃO

Long *et al.* (2015) definiram 14 princípios-chave para a Gestão com Base Ecosistêmica (GBE) em áreas marinhas baseados em revisão bibliográfica. Três destes princípios estão intimamente relacionados com o mapeamento de ecossistemas marinhos: (1) a consideração das conexões entre os ecossistemas, (2) a utilização de escalas espaciais e temporais adequadas e (3) a definição das fronteiras entre estes ecossistemas. O mapeamento de ecossistemas está envolvido em diversas etapas do PEM (EHLER e DOUVERE, 2009) e pode ser considerado um “ponto de passagem obrigatória” entre os envolvidos no gerenciamento e uso do espaço marinho, uma vez que os mapas são uma forma de gestores, cientistas e empreendedores imporem e firmarem acordos “travados no espaço” (SMITH e BRENNAN, 2012). Portanto, o mapeamento de ecossistemas marinhos pode ser visto como uma etapa necessária para o PEM, que serve de base para a priorização e definição das atividades humanas no mar.

Devido ao aspecto heterogêneo dos dados ambientais marinhos, principalmente quanto à fonte, temporalidade, escala espacial, disponibilidade, somada à ocorrência de lacunas espaciais, faz-se frequente nos trabalhos de PEM o uso de metodologias de classificação espacial, afim de efetuar compartimentações do espaço marinho (MAZZER, 2016). O mapeamento de habitats marinhos através de variáveis físicas tem sido utilizado como meio de sintetizar dados de distribuição espacial para o PEM (WRIGHT e HEYMAN, 2008). Na ausência de dados biológicos de qualidade e espacialmente representativos, variáveis abióticas são comumente utilizadas como “proxy” para o particionamento espacial dos oceanos em unidades funcionais marinhas com relevância ecológica e passíveis de utilização no PEM.

O uso de esquemas de classificação baseados em variáveis abióticas é particularmente relevante para qualquer domínio marinho onde informações biológicas são ausentes ou esparsas (KRUG *et al.*, 2017). Exemplos deste tipo de abordagem são encontrados tanto em métodos de mapeamento de habitats marinhos (COGAN *et al.*, 2009; PRESSEY e BOTTRILL, 2009; VERFAILLIE *et al.*, 2009; GALPARSORO *et al.*, 2014; DE LA HOZ *et al.*, 2017; SAYRE *et al.*, 2017; HOGG *et al.*, 2018) como para a modelagem da distribuição de espécies através de variáveis abióticas (OUTEIRO *et al.*, 2015; MITCHELL *et*

*al.*, 2017).

Zonneveld (1994) divide os métodos de classificação em duas grandes categorias: subdivisão e aglomeração. A subdivisão parte de uma estratégia “top-down”, onde a área é compartimentada em porções menores à partir de descritores relevantes numa dada escala espacial, enquanto a aglomeração consiste no agrupamento de áreas com características (biológicas ou físicas) semelhantes, segundo a distribuição destes descritores na área de estudo, numa abordagem “bottom-up” (MAZZER, 2016).

ROFF e TAYLOR (2000) desenvolveram uma proposta de classificação hierárquica de ambientes marinhos bentônicos, baseada em variáveis geofísicas (relevo submarinho, tipo de substrato, temperatura, estratificação, exposição a ondas e correntes), para identificação dos tipos de habitats, que por sua vez refletem mudanças na composição biológica. Esta estratégia de mapeamento, conhecida como análise da paisagem marinha, foi amplamente empregada sobretudo em países da Europa (ex. CONNOR *et al.*, 2006) e aplicados em pesquisas no Brasil (PEREIRA, 2016). Mais recentemente, foi desenvolvido o European Nature Information System (EUNIS), como fruto da harmonização de diferentes métodos na caracterização da paisagem marinha e continental, combinando características abióticas em chaves hierárquicas (DAVIES *et al.*, 2004), que foi aplicado na plataforma continental de Santa Catarina por Mussi (2017).

Diversos métodos e descritores foram utilizados para a classificação dos ambientes pelágicos em unidades espaciais funcionais com objetivos como análise das condições ambientais, análise dos padrões espaço-temporais dos ecossistemas, modelagem ecossistêmica e gestão e conservação dos oceanos (KRUG *et al.*, 2017). Os métodos mais antigos de particionamento da superfície dos oceanos eram baseados em classificação supervisionada embasada pela revisão de literatura e opinião de especialistas (KRUG *et al.*, 2017), e como exemplos desta abordagem podemos citar os produtos “Large Marine Ecosystems” - LME (SHERMAN, 1991, 2014) e “Marine Ecoregions of the World” - MEOW (SPALDING *et al.*, 2007). No início dos anos 2000, métodos de aprendizagem não-supervisionada, que reconhecem padrões inerentes através da exploração dos dados (ex. análise de cluster ou a abordagem fuzzy) começaram a ser mais comuns para o particionamento da superfície oceânica (KRUG *et al.*, 2017). Este tipo de abordagem estatística é mais objetiva, facilmente replicável e apropriada para grandes conjuntos de dados, quando comparada aos métodos supervisionados e baseados na opinião de

especialistas. Mais recentemente, algoritmos de aprendizagem de máquina (“machine learning”) como os Mapas Auto-organizáveis (Self Organizing Maps - SOM) estão sendo testados e utilizados para a classificação de unidades funcionais nos oceanos (KRUG *et al.*, 2018).

Verfaillie *et al.* (2009), por sua vez, indicam que os métodos de classificação hierárquicos tradicionais (ex. ROFF; TAYLOR, 2000; DAVIES; MOSS; HILL, 2004) apresentam pontos de subjetividade em três etapas: (1) seleção de variáveis abióticas ecologicamente relevantes; (2) estabelecimento de limiares para classificação das variáveis contínuas em classes relevantes em termos biológicos e (3) combinação das classes das diversas variáveis abióticas, resultando nas classes finais de habitats marinhos.

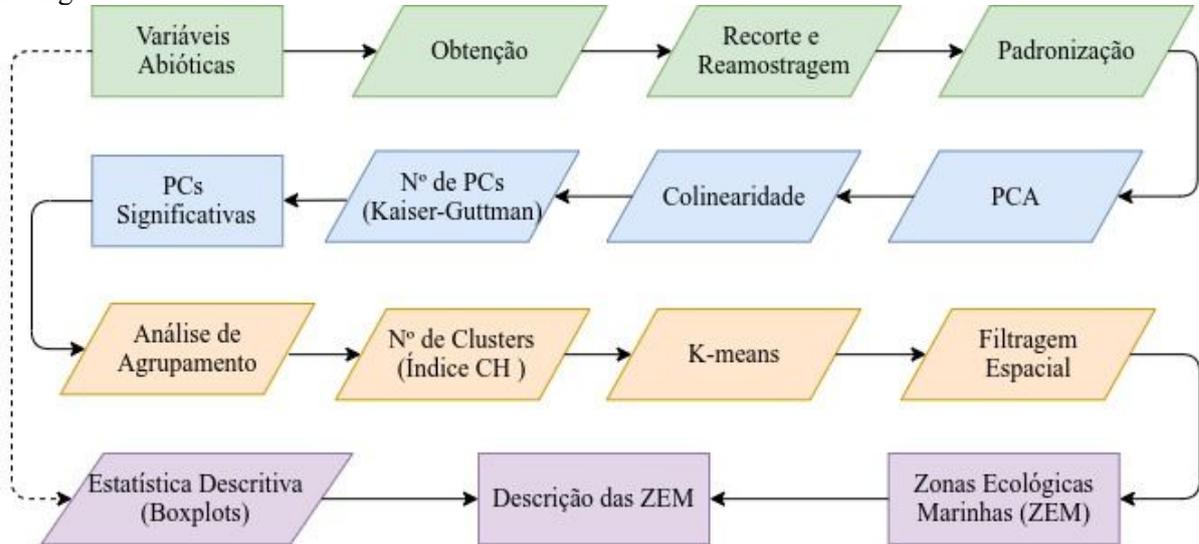
Verfaillie *et al.* (2009) sugeriram um protocolo que diminui a subjetividade no processo de classificação de zonas ecológicas bentônicas, baseada numa análise estatística para a seleção e tratamento das variáveis abióticas resultando em um agrupamento de zonas relevantes do ponto de vista ecológico, em uma abordagem do tipo “bottom-up”.

Neste capítulo, foi realizada a proposição de um método (adaptado de VERFAILLIE *et al.*, 2009) para a delimitação de zonas ecológicas marinhas, nos compartimentos bentônico e pelágico, a partir de variáveis abióticas. Com relação à nomenclatura utilizada para definir estas zonas optou-se por utilizar um termo mais neutro (Zona Ecológica Marinha), uma vez que as zonas resultantes desta metodologia podem ser consideradas como “classes de paisagem marinha” (com base na técnica) ou “habitats marinhos” (com base na escala espacial), conforme discutido em Verfaillie *et al.* (2009). Portanto, neste trabalho, o termo “Zonas Ecológicas Marinhas” denota áreas que expressam a variabilidade natural de características abióticas, de forma que constituam zonas com a menor variância interna destas características, bem como maior variância externa, quando comparadas com outras zonas.

## 5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O protocolo proposto neste trabalho parte de variáveis abióticas para a delimitação de Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM) utilizando uma abordagem de estatística multivariada que pode ser dividida em 4 passos: (1) obtenção e tratamento de variáveis abióticas, (2) redução da dimensionalidade e colinearidade, (3) análise de agrupamento e (4) descrição e validação dos clusters. O resumo gráfico dos procedimentos utilizados neste protocolo pode ser visualizado na Figura 6 e será descrita nas seções subsequentes.

Figura 6: Fluxograma simplificado dos métodos para obtenção das Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM). Métodos e processos representados por paralelogramos e entradas e saídas (“rasters”) por retângulos.



Este trabalho foi inteiramente desenvolvido em softwares livres. Para o pré-processamento, análise e representação gráfica de resultados foi utilizado o software R 3.4 (R CORE TEAM, 2018). O software QGIS 3.10 foi utilizado para a produção dos mapas. Todos os descritores foram convertidos para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / Brazil Mercator (EPSG: 5641).

### 5.2.1. Obtenção e pré-processamento de variáveis abióticas

As variáveis abióticas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (Quadro 3) e Pelágicas (Quadro 4) foram obtidas e processadas a partir de bases de dados diversas.

A seleção de variáveis abióticas utilizadas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB) foi modificada do protocolo proposto por VERFAILLIE *et al.* (2009),

Diversos descritores abióticos utilizados neste trabalho são derivados do Modelo Digital Batimétrico (MDB): (1) declividade, (2) rugosidade, (3) orientação da pendente em relação ao eixo norte-sul e (4) leste oeste, (5) índice de posição batimétrica (Benthic Position Index - BPI) de fina escala e (6) de larga escala.

O método tradicional de cálculo da rugosidade apresentou alta correlação com a declividade. Entretanto, outros indicadores de rugosidade são sugeridos pela bibliografia, como a “complexidade de fundo (ARDRON, 2002) e a “ruggedness” (SAPPINGTON *et al.*, 2007), que foi o método escolhido para a representação da rugosidade por ser menos correlacionado e distorcido pela declividade, uma vez que mede a dispersão de vetores

ortogonais à superfície do terreno (WRIGHT e HEYMAN, 2008).

O índice de posição batimétrica (BPI) é frequentemente utilizado para o mapeamento de habitats bentônicos (LUNDBLAD *et al.*, 2006; WRIGHT e HEYMAN, 2008; VERFAILLIE *et al.*, 2009; ISMAIL *et al.*, 2018; PEREIRA e BONETTI, 2018) e permite a delimitação de feições morfológicas de fundo de dimensões reduzidas (em relação à escala da área de estudo) como vales, escarpas, cordilheiras, cânions e montes submarinos. O cálculo do BPI foi realizado no R através do pacote “spatialeco”. Foram feitos testes para a definição da amplitude das janelas para o BPI e a escolha das amplitudes para o BPI de fina escala (11 km) e de larga escala (41 km) foi feita através da análise visual dos resultados, buscando o realce de feições presentes na área de estudo.

A temperatura superficial do mar (TSM) foi obtida pelo sistema “Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis” (OSTIA)<sup>22</sup>, que fornece dados diários de TSM para todo o globo, baseado em dados orbitais de micro-ondas e infravermelho, bem como dados “in situ”, agregados através de uma interpolação multi-escalar ótima (DONLON *et al.*, 2012). Foram analisadas imagens de uma série de 6 anos (2013-2018) para determinação da localização de frentes térmicas, com a mesma metodologia utilizada por Gandra *et al.* (2015), que consiste no cálculo do gradiente de temperatura de cada “pixel” em relação aos seus vizinhos e aplicação do limiar de 0,02 °C/km, indicado por Zanella *et al.* (1998) como adequado para determinação de frentes e vórtices no oceano Atlântico Sul. A frequência de ocorrência de frentes não foi utilizada como descritor de entrada, e sim para discussão da relevância e representatividade das Zonas Ecológicas Pelágicas.

A distância da linha de costa foi calculada através da distância euclideana a partir da conversão das malhas digitais da divisão política disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:250.000 para linha de costa.

As demais variáveis abióticas são derivadas de imagens de sensoriamento remoto (concentração de clorofila, material particulado em suspensão, profundidade da zona eufótica) ou de modelos hidrodinâmicos globais (velocidade de corrente).

Muitos descritores, tanto bentônicos (Quadro 3) quanto pelágicos (Quadro 4) foram obtidos do Bio-Oracle<sup>23</sup>, que é uma base de dados que fornece camadas de dados marinhos para a modelagem ecológica. Os dados do Bio-Oracle para as condições presentes foram produzidos com dados descrevendo médias mensais para o período de 2000-2014, a partir de

<sup>22</sup> <http://ghrsst-pp.metoffice.com/>

<sup>23</sup> <http://www.bio-oracle.org>

reanálises globais combinando observações “in situ” e dados de sensoriamento remoto por satélites (ASSIS *et al.*, 2018).

Quadro 3: Descritores utilizados para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).

	Variável	Sigla	Unid.	Res. Espacial (km)	Período e frequência	Fonte
1	Silte-Argila	mud	%	0,1 (após interpolação)	Dados pontuais coletados entre 1956 e 2015	Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)
2	Areia	san	%			
3	Cascalho	gra	%			
4	Batimetria	bat	m	0,1 (após interpolação)	ND <sup>24</sup>	Base de dados do LOC-UFSC <sup>25</sup> e LTPH-FURG <sup>26</sup>
5	Declividade	slo	°			
6	Orientação (Norte - Sul)	nor	–			
7	Orientação (Leste - Oeste)	eas	–			
8	Índice de Posição Batimétrica (BPI) de fina escala	btf	–	0,1	ND	Derivados do Modelo Digital Batimétrico (MDB)
9	Índice de Posição Batimétrica (BPI) de larga escala	btb	–			
10	Rugosidade	rug	–			
11	Velocidade de corrente no fundo	curb	m/s			
12	Temperatura no fundo	sbt	°C			
13	Concentração de clorofila no fundo	chlb	mg/m <sup>3</sup>			
14	Oxigênio Molecular Dissolvido no Fundo	oxib	mol/m <sup>3</sup>	9,2	Média diária de 2000 a 2014	BIO-ORACLE
15	Nitrato no Fundo	silb	mol/m <sup>3</sup>			
16	Fosfato no Fundo	phob	mol/m <sup>3</sup>			
18	Silicato no Fundo	silb	mol/m <sup>3</sup>			
19	Luz no fundo	lig	–			
20	Distância da costa	dis	m	1,0	2015	Derivado de IBGE

24 A data não está disponível no conjunto de dados batimétricos

25 Laboratório de Oceanografia Costeira – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

26 Laboratório de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Quadro 4: Descritores utilizados para o mapeamento das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).

	Variável	Sigla	Unid.	Res. Espacial (km)	Período e Frequência	Fonte
1	Batimetria	bat	m	0,1 (após interpolação)	ND	Base de dados do LOC-UFSC e LTPH-FURG
2	Salinidade na superfície	sal	–	9,2	Média mensal de 2007 a 2017	Global Ocean Physics Analysis and Forecast (CMEMS <sup>27</sup> )
3	Profundidade da Camada de Mistura	mld	m			
4	Temperatura Superficial	sst	°C	5,5	Média diária de 2013 a 2018	Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA)
5	Velocidade de corrente superficial	curs	m/s			
6	Concentração de clorofila na superfície	chls	mg/m <sup>3</sup>			
7	Oxigênio Molecular Dissolvido na Superfície	oxis	mol/m <sup>3</sup>	9,2	Média diária de 2000 a 2014	Bio-Oracle
8	Silicato na Superfície	sils	mol/m <sup>3</sup>			
9	Fosfato na Superfície	phos	mol/m <sup>3</sup>			
10	Silicato na Superfície	silp	mol/m <sup>3</sup>			
11	Material em Suspensão Total	spm	g/m <sup>3</sup>	4,6	Média mensal de 2016	MODIS <sup>28</sup> Acqua/VIIRS (CMEMS)
12	Profundidade da Zona Eufótica	zeu	m	4,6	Média sazonal de 2002 a 2016	MODIS Acqua (OCEANCOLOR)
13	Radiação Fotossinteticamente Ativa	par	einstein /m <sup>2</sup> .dia			
14	Distância da costa	dis	m	1,0	2015	Derivado de IBGE

#### 5.2.1.1. Interpolação de dados pontuais

Os dados de profundidade e percentual de cada tipo de sedimento estavam disponíveis na forma pontos (dados tabulares) e, portanto, foram transformados em superfícies digitais contínuas através de interpolação.

<sup>27</sup> Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)

<sup>28</sup> Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

Os percentuais por tipos de sedimento (argila, silte, areia e cascalho) foram obtidos de 2.121 pontos de coleta de sedimentos disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), distribuídos por toda a ZEESB, porém com densidade de pontos maior na plataforma continental (Figura 7, direita), conforme discutido por Gandra *et al.* (2018). Os percentuais de silte e argila foram somados e tratados neste trabalho de forma conjunta, como um único descritor (mud).

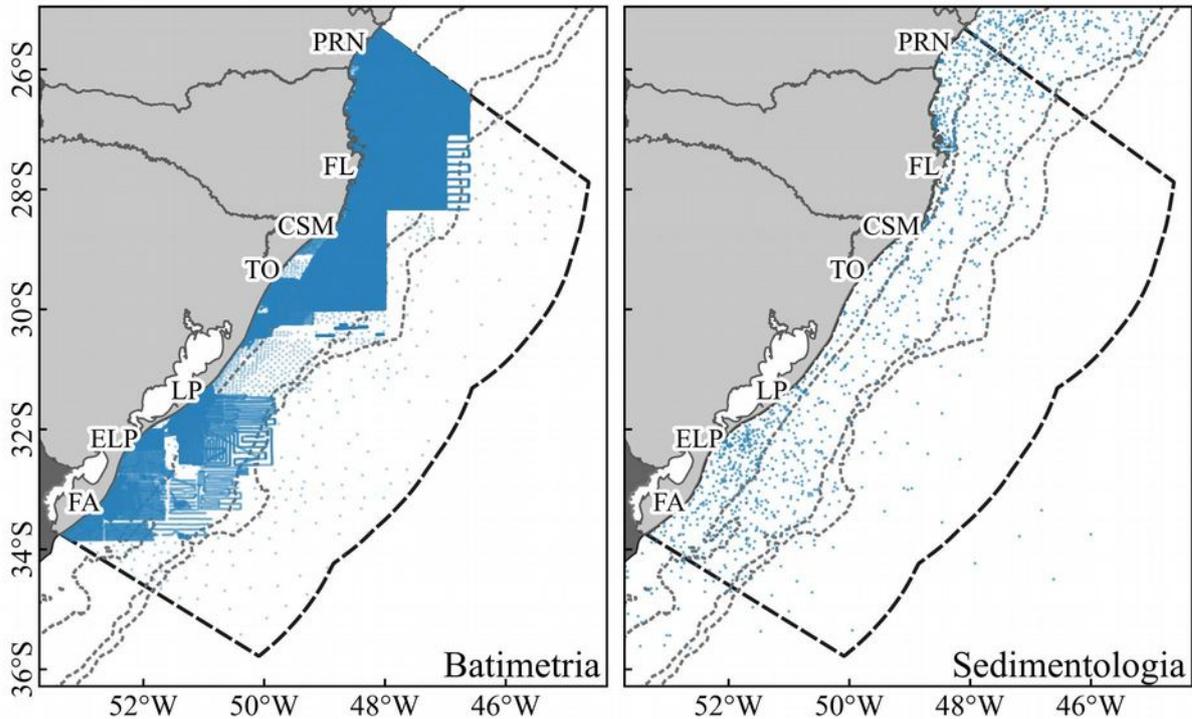
Os dados batimétricos são provenientes de cruzeiros oceanográficos, complementados pela digitalização de cartas náuticas no âmbito do projeto Sistema de Modelagem Costeira (SMC - Brasil)<sup>29</sup>, organizados e disponibilizados pelo Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), resultando num conjunto de 416.591 pontos na área de estudo (Figura 7, esquerda).

O software SAGA GIS 2.3 foi utilizado para as interpolações. Três métodos de interpolação foram testados para os dados pontuais: Vizinhos Naturais (“Natural Neighbors”), Krigagem e Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW). A resolução espacial definida para as interpolações foi de 100 metros. Um percentual de 10% dos pontos disponíveis foi utilizado para a análise de acurácia através de tabelas de contingência e índice Kappa de Cohen ( $\kappa$ ). O método que apresentou a melhor acurácia foi o “Natural Neighbors”, que foi portanto o método escolhido. Este método de interpolação é indicado por Robeson (1997) como uma boa alternativa de interpolação para superfícies não suavizadas, como topografia ou batimetria, além de geralmente ser preferível em relação a outros métodos no caso de dados esparsos (WATSON, 1999). A acurácia foi satisfatória para todas as superfícies digitais geradas: batimetria ( $\kappa=0,86$ ), percentual de areia ( $\kappa=0,84$ ), cascalho ( $\kappa=0,75$ ) e silte-argila ( $\kappa=0,88$ ).

---

29 <http://smcbrasil.ihcantabria.com/>

Figura 7: Distribuição espacial dos pontos utilizados para a elaboração do Modelo Digital Batimétrico (esquerda) e os modelos de concentração de sedimentos (direita)



#### 5.2.1.2. Pré-processamento das variáveis abióticas

Todas as variáveis abióticas foram convertidas para matrizes (“rasters”), e reamostradas para a mesma resolução espacial (1 km) utilizando interpolação bilinear. Desta forma, cada pixel dentro da área de estudo foi considerado como um caso distinto, resultando em 384.640 casos válidos. Para a análise de componentes principais (PCA), foi necessário realizar a padronização das variáveis (transformação em valores de Z) para que todas tivessem a mesma escala de variação, com média 0 e desvio padrão 1, mantendo a distribuição original dos dados. A Equação 1 mostra a transformação realizada, em que  $x$  é o valor da variável em um dado ponto,  $s$  é o desvio padrão do conjunto de dados e  $x'$  o novo valor gerado.

$$x' = \frac{x - x_{\text{médio}}}{s} \quad (1)$$

#### 5.2.2. Análise de Componentes Principais

Conjuntos de dados espaciais habitualmente possuem alta dimensionalidade (número de variáveis medidas em cada observação), o que pode dificultar a visualização e interpretação das relações entre as variáveis e, conseqüentemente, da compreensão dos processos ou identificação de feições. Entretanto, é comum que haja uma dimensionalidade

intrínseca no conjunto de dados, quando nem todas as variáveis são necessárias para convergir na informação relevante para a compreensão do processo estudado (DEMSAR *et al.*, 2013). A Análise de Componentes Principais (Principal Component Analysis - PCA) é um método utilizado para a redução da dimensionalidade e identificação de colinearidade em análise multivariada. A PCA foi aqui utilizada para redução da dimensionalidade dos 20 descritores utilizados para o estrato bentônico e dos 14 utilizados para o pelágico.

O critério de Kaiser-Guttman é um método utilizado para determinar o número de Componentes Principais (PC) significantes, sugerindo a utilização das PCs com variância explicada (autovalores) maiores do que 1, que é a média global da variância explicada por todas as variáveis. Dray (2008) sugeriu outro método baseado nas medidas de similaridade entre matrizes em processos permutacionais de Bonferroni, chamado B-RVDIM. Uma das desvantagens deste método é o custo computacional elevado. Os dois métodos foram testados para o conjunto de dados utilizado neste trabalho. Para a realização do teste B-RVDIM, foi necessário reduzir a resolução espacial dos dados de entrada para 2 km. A diminuição da resolução espacial para a aplicação do método B-RVDIM não modificou os resultados da PCA, mantendo a amplitude e forma do histograma de autovalores muito próximos aos originais.

### 5.2.3. Análise de agrupamento

As componentes principais significativas definidas no passo anterior foram utilizadas para a análise de agrupamento através do método *k*-médias (*k-means*), com um número máximo de 10000 iterações. O Índice de Calinski-Harabasz (Índice CH) faz uma razão entre as variâncias externas (entre clusters) e internas (dentro de um cluster) e foi calculado para diferentes números de clusters (de 2 a 20 clusters). O número de “clusters” que apresentou maior índice CH foi escolhido para a definição do número das Zonas Ecológicas Marinhas.

A análise de agrupamento resultou em alguns “pixels” isolados (artefatos) inseridos em manchas maiores de outras classes. Este efeito foi atenuado através de uma filtragem passa-baixa por convolução (filtro no domínio do espaço), utilizando agregação por moda em uma janela móvel de 5x5 km.

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.3.1. Descritores Bentônicos

Os mapas de percentuais de tipos de sedimento mostram feições importantes na plataforma continental da área de estudo, como paleocanais, com alto percentual de silte-argila (mud) e cristas, com maiores percentuais de cascalho (Figura 8). Os locais de alta concentração de cascalho (gra) localizados na quebra da plataforma continental e talude possivelmente têm origem biogênica e aparentam estar relacionados aos corais de profundidade descritos por Kitahara *et al.* (2009).

As variáveis derivadas da direção da pendente (asp) em relação à direção norte-sul (nor) e leste-oeste (eas) apresentaram um grande número de artefatos, pequenos objetos de alta heterogeneidade. O método utilizado não leva em consideração um limiar mínimo de declividade, de forma a desconsiderar os valores de aspecto em pendentes muito suaves.

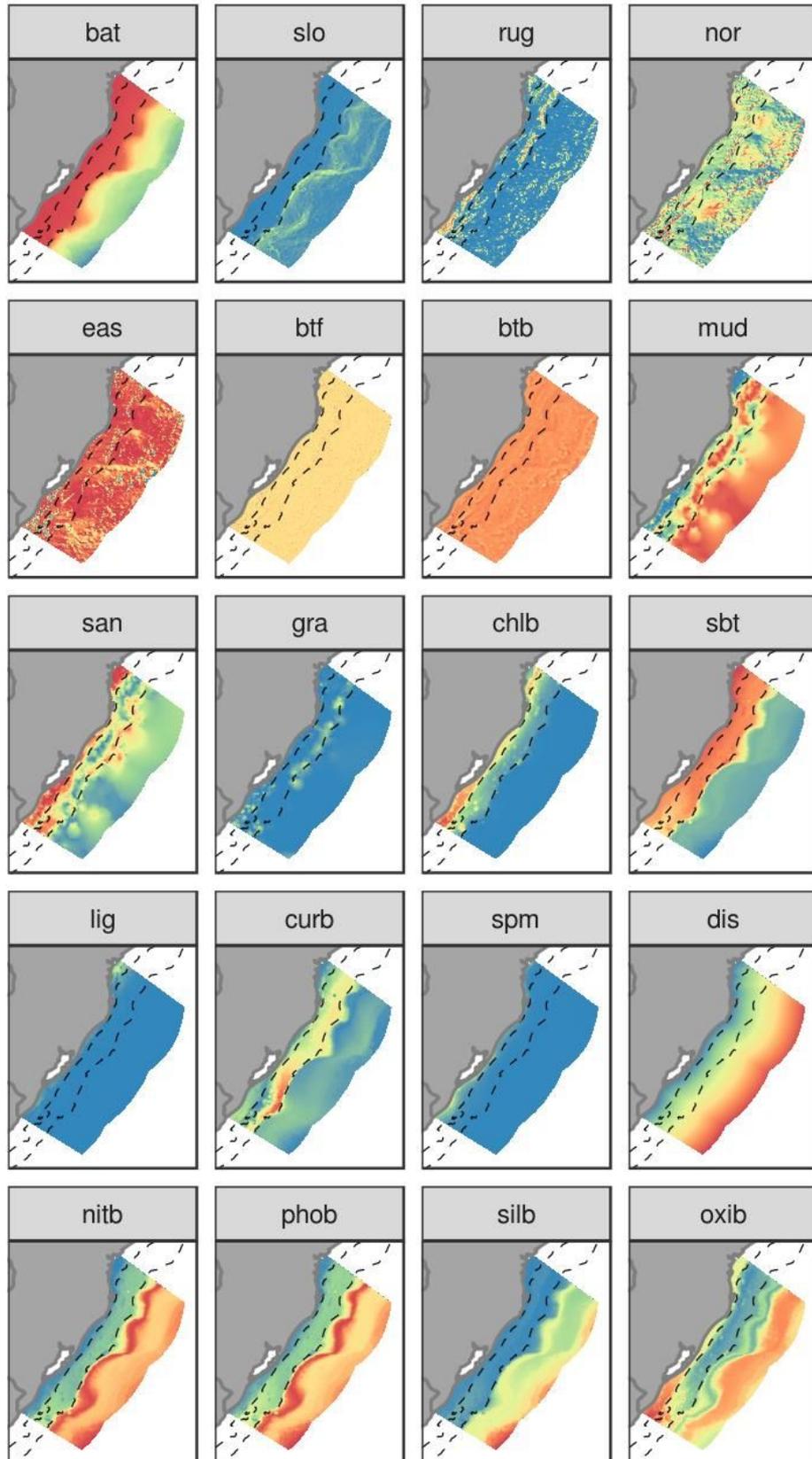
A questão da escala é importante em análise de terreno, e especialmente em mapeamento de habitats marinhos, uma vez que tanto a resolução espacial do MDB original e da análise irão influenciar os resultados, sendo importante tentar encaixar a escala àquelas relevantes à fauna e ao tamanho dos habitats (WILSON *et al.*, 2007).

O índice de posição batimétrica (BPI) na ZEESB é próximo a zero (áreas planas) na maior parte da área de estudo uma vez que a resolução espacial da análise (1 km) não permite a identificação de pequenas feições submersas. Entretanto, o BPI de ampla escala (btb) destacou feições bentônicas como montanhas submersas e bordas de pendentes (valores positivos) e paleocanais e vales (valores negativos).

A velocidade de corrente no fundo (curb) apresentou valores máximos na plataforma externa, em áreas próximas ao Cone de Rio Grande, no litoral médio e sul do Rio Grande do Sul. A concentração de clorofila no fundo é maior na plataforma interna e teve máximos no litoral sul do RS, entre a desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e o Chuí (CH). A temperatura média do mar no fundo (sbt) tem forte colinearidade com a batimetria, sendo maior nas áreas mais rasas, mas também apresentou leve componente zonal, com águas mais frias ao sul.

A concentração de material particulado em suspensão (spm) está relacionada com o aporte continental e tem maiores valores nos setores costeiros com profundidade menor que 30 m, com o máximo na porção sul do RS, área influenciada pelo aporte do Rio da Prata e Lagoa dos Patos (GARCIA *et al.*, 2004).

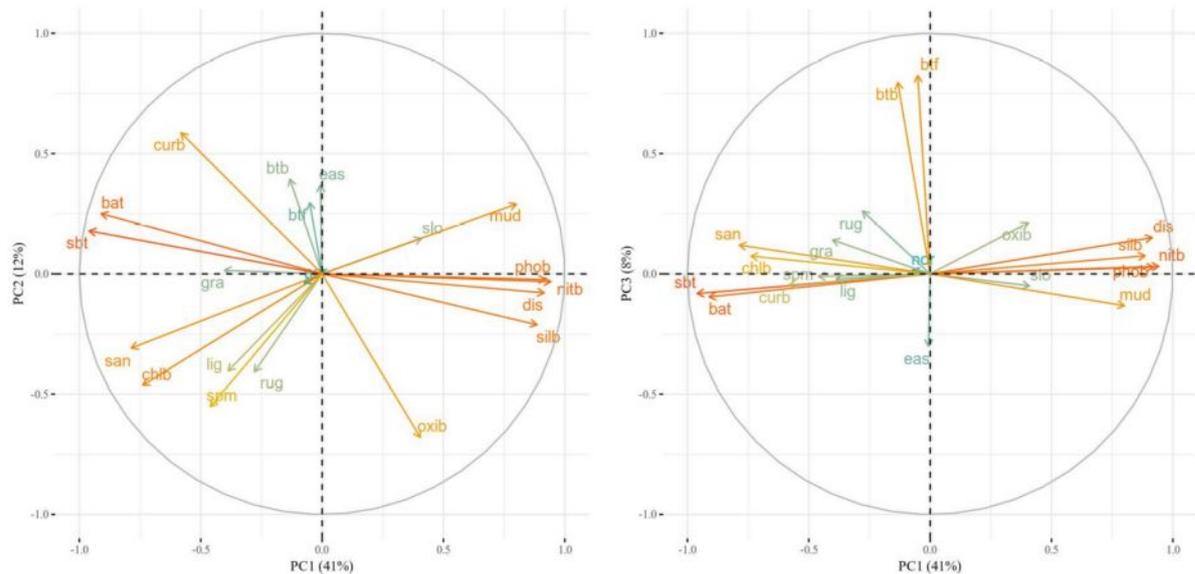
Figura 8: Distribuição espacial normalizada dos descritores utilizados no estrato bentônico. Cores quentes representam os maiores valores.



A concentração dos nutrientes nitrato (nitb) e fosfato (phob) no fundo possuem alta colinearidade (Figura 9), apresentando máximos na parte inferior do talude e valores mínimos na plataforma interna, onde o consumo destes nutrientes é maior devido à produtividade primária e penetração de luz até o fundo. Já a concentração de silicato junto ao fundo é maior nas áreas mais profundas ao sul da área de estudo. Os máximos de oxigênio dissolvido no fundo (oxib) foram encontrados na zona de influência do Rio da Prata na plataforma interna, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e o Chuí, e na elevação continental.

A roda da PCA para as variáveis bentônicas (Figura 9), mostra forte colinearidade entre diversos descritores. Quando analisamos as duas primeiras PC, notamos que fosfato (phob), nitrato (nitb) e distância da costa (dis) são altamente colineares, influenciando de forma consistente na PC1, assim como batimetria (bat) e temperatura (sbt), de maneira inversa. Concentração de areia (san) e de silte-argila (mud) também são obviamente colineares de maneira inversa, uma vez que são quase complementares (onde aumenta o percentual de areia, diminui o de silte-argila). Os índices de posição batimétrica de ampla (btb) e fina (btf) escala possuem pequena participação nas duas componentes principais, mas são preponderantes marcados na PC3 (Figura 9, direita), assim como a direção da pendente leste-oeste (east), de maneira inversa.

Figura 9: Contribuição das variáveis bentônicas (roda do PCA) nas PC1 e PC2 (esquerda) e PC1 e PC3 (direita).



A análise da contribuição de cada variável na PCA pode fornecer a escolha de descritores para futuras estratégias de particionamento de áreas no mar, uma vez que, dentro

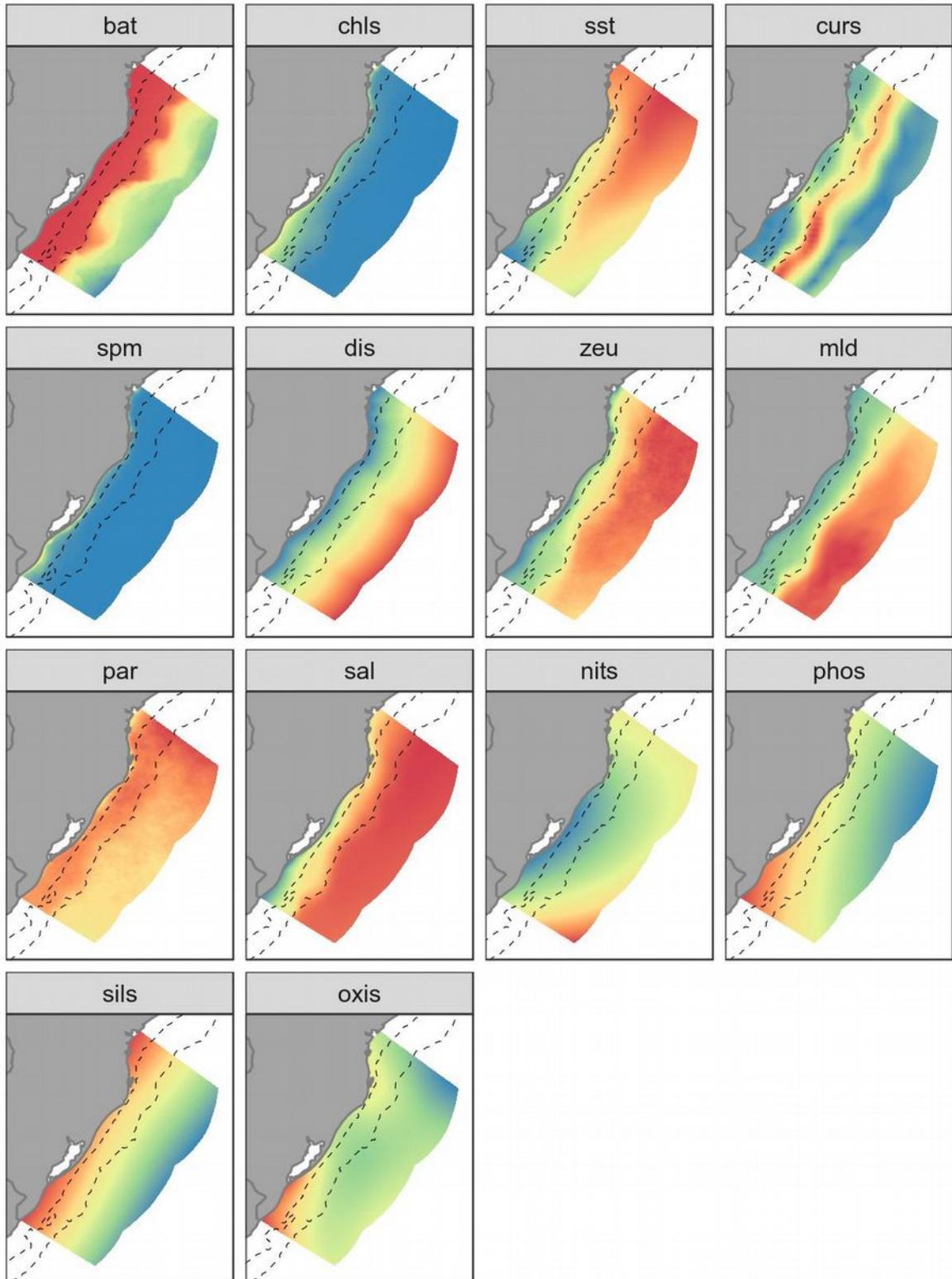
de um grupo de descritores colineares, é possível escolher aquele mais representativo, acurado ou de fácil obtenção, sem prejuízo ao mapeamento final das Zonas Ecológicas Marinhas.

### 5.3.2. Descritores Pelágicos

Na ZEESB, a temperatura superficial (sst) apresenta forte componente zonal (Figura 10), com temperaturas mais baixas na porção sul da plataforma continental, e mais altas na área oceânica na porção norte, com maiores gradientes de temperatura na quebra da plataforma continental relacionados à influência da Corrente do Brasil (MATANO *et al.*, 2010), que tem predominância na plataforma externa e talude, enquanto a plataforma interna é predominantemente modulada por ventos locais (PALMA e MATANO, 2009). É importante notar que, na plataforma interna, há alta variabilidade sazonal, onde os ventos de Nordeste (predominantes no verão) forçam a Pluma do Rio da Prata para o sul e ventos de Sudoeste (no inverno) fazem com que ela se estenda mais ao Norte (MÖLLER *et al.*, 2008; COSTA e MÖLLER, 2011).

A alta concentração de fosfato e silicato na plataforma continental ao sul da ZEESB (Figura 10) estão associadas ao aporte continental do Rio da Prata e à influência das massas de água da Plataforma Subantártica, bem como os baixos valores de salinidade nesta região (BRAGA *et al.*, 2008). Na ZEESB, os níveis de nitrato costumam ser baixos nas regiões influenciadas por plumas costeiras (CIOTTI *et al.*, 1995; GARCIA *et al.*, 2004), portanto os valores mais altos de concentração de nitrato foram encontrados nas áreas profundas do sul da ZEESB. Da mesma forma, os valores mais baixos de salinidade (sal) e profundidade da zona eufótica (zeu) e mais altos de material em suspensão total (spm) e clorofila (chl) estão próximos à desembocadura do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, ao sul da ZEESB.

Figura 10: Distribuição espacial normalizada dos descritores utilizados no estrato pelágico.

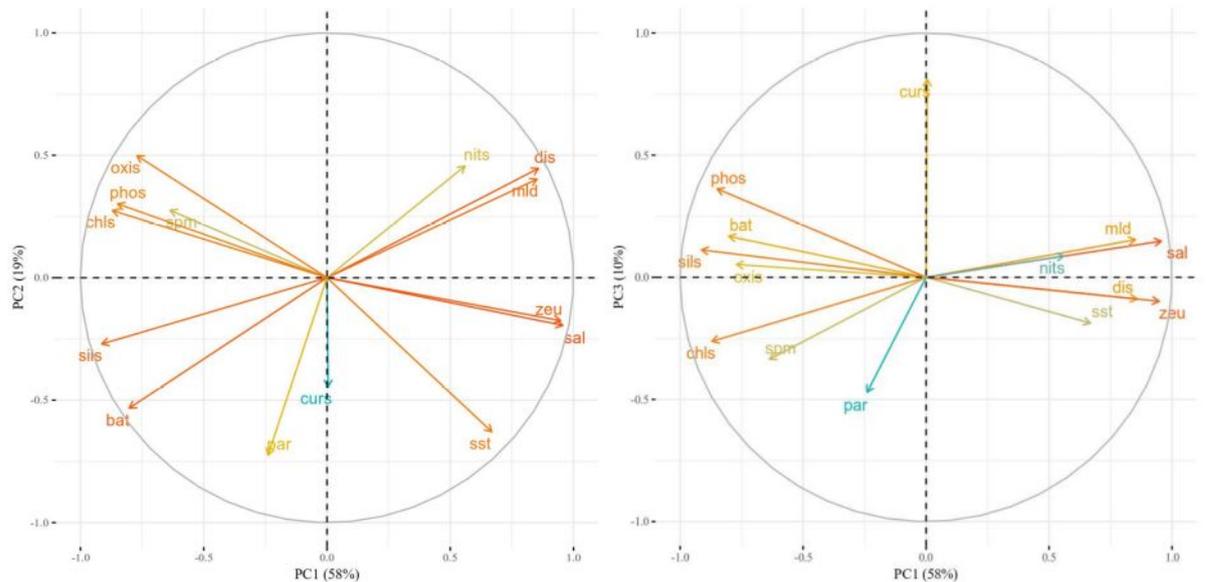


As duas primeiras componentes derivadas dos descritores pelágicos explicaram juntas 77% da variância total dos dados originais (Figura 11, esquerda). De uma forma geral,

os descritores pelágicos são mais colineares que os descritores bentônicos, uma vez que os ambientes alguns deles herdaram (“surrogates”) outros (ex. gradiente de temperatura como indicador de frentes oceânicas, gerando alta concentração de clorofila). Além disso, muitos dos descritores pelágicos foram compostos de agregações (médias) de diversos anos, conferindo uma superfície mais suavizada (aumentando a chance de colinearidade) do que se fossem utilizados dados de um determinado momento.

Do grupo de descritores pelágicos, distância da costa (dis) e profundidade da camada de mistural (mld) apresentaram alta colinearidade, de forma inversa à batimetria (bat) e concentração de silicato. A concentração de fosfato (phos), clorofila e material em suspensão total são colineares, e de forma inversa à profundidade da zona eufótica (zeu) e salinidade. Na PC3 (Figura 11, direita), a variável predominante foi a velocidade de corrente superficial (curb), seguida pela radiação fotossinteticamente ativa (par).

Figura 11: Contribuição das variáveis pelágicas (roda do PCA) nas PC1 e PC2 (esquerda) e PC1 e PC3 (direita).



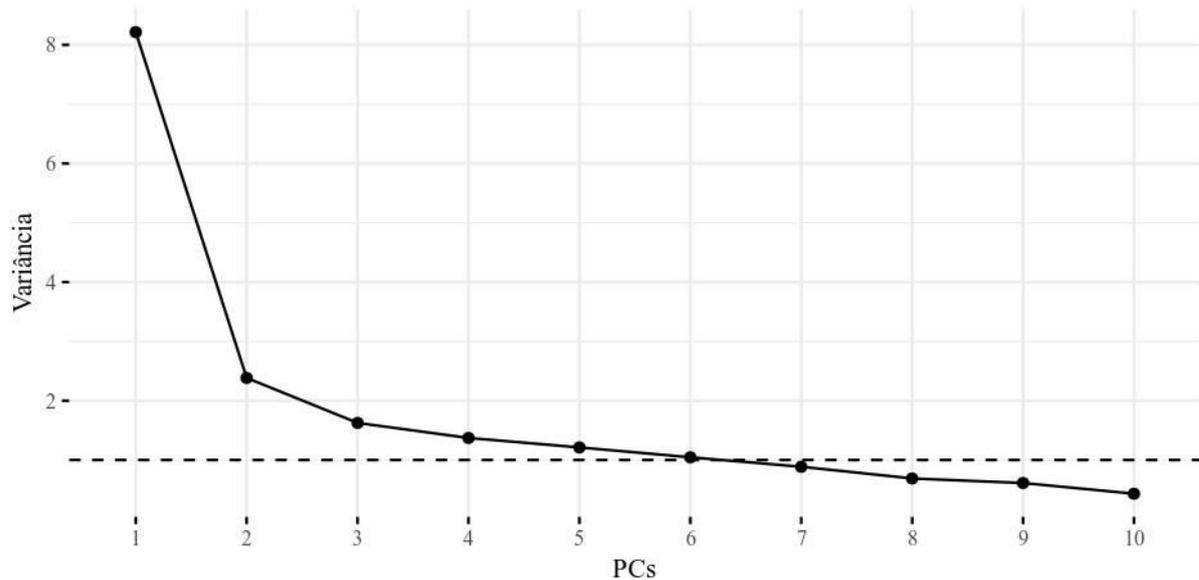
### 5.3.3. Seleção das Componentes Principais

O método Kaiser-Guttman utilizado para a seleção de PCs significativas apontou 6 PCs significativas para as Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB), mantendo a explicação de 79% da variância total dos 20 descritores de entrada (Figura 16, superior). Para as Zonas Ecológicas Pelágicas, foram mantidas apenas 3 PCs, que explicaram juntas 86% da variância total dos dados originais (Figura 16, inferior). A necessidade da utilização de um número

maior de PCs para o extrato bentônico, e ainda assim conseguir uma explicação menor da variância total dos dados, está conforme o esperado, uma vez que os descritores bentônicos possuem mais descontinuidades (gerando maior variância) do que os pelágicos. De forma análoga, espera-se que os ecossistemas bentônicos possuam descontinuidades mais acentuadas que os pelágicos, bem como menor variabilidade temporal.

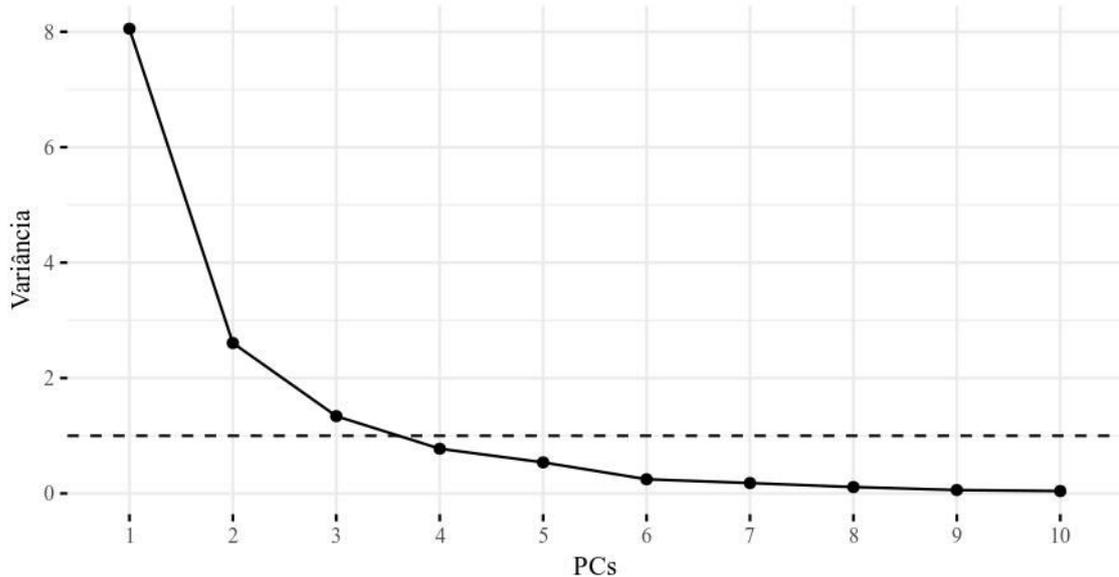
As consequências de superestimação das PCs significativas é mais problemática em casos de estruturas de baixa correlação e amostras pequenas (FAVA e VELICER, 1992). O método B-RVDIM (DRAY, 2008) resultou na seleção de 6 PCs significativas para ZEB e 3 para ZEP, corroborando com o método Kaiser-Guttman e a análise visual do “Scree Plot” (Figuras 12 e 13).

Figura 12: Variâncias explicadas por cada PC para os descritores bentônicos. A linha horizontal pontilhada representa variância igual a 1, utilizada como limiar para a definição das PCs significativas.



A análise visual dos mapas das componentes principais (PC) bentônicas evidencia feições de fundo importantes destacadas nas PC3 e PC4, como paleocanais e montes submarinos (Figura 14), reforçando a importância da utilização destas componentes do estrato bentônico nos passos subsequentes da análise.

Figura 13: Variâncias explicadas por cada PC para os descritores pelágicos. A linha horizontal pontilhada representa variância igual a 1, utilizada como limiar para a definição das PCs significativas.



A análise de correlação entre os 20 descritores bentônicos e as 6 PCs mostra que a maior parte dos descritores apresentaram altos coeficientes de correlação com pelo menos uma PC (Tabela 1). A PC1 tem correlação alta com 10 descritores: batimetria (bat), percentual de silte-argila (mud), percentual de areia (san), concentração de clorofila no fundo (chlb), temperatura no fundo (sbt), velocidade de corrente no fundo (curb), distância da costa (dis) e com a concentração de nutrientes no fundo (nitrito – nitb, fósforo – phob e silicato (silb)). A PC2 apresenta alta correlação com a velocidade de corrente no fundo (curb), concentração de oxigênio no fundo (oxib) e material particulado em suspensão (spm). As medidas de morfologia de fundo (BPI) de grande escala (btb) e fina escala (btf) estão representadas pela PC3. Dos 20 descritores, apenas 3 não tiveram correlação significativa com alguma das 6 componentes principais: orientação leste-oeste (eas), percentual de cascalho (gra), luz no fundo (lig), mas é importante notar que o percentual de cascalho tem correlação moderada (acima de 0,4) com duas componentes (PC1 e PC5).

Figura 14: Mapa das componentes principais (PC) utilizadas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).

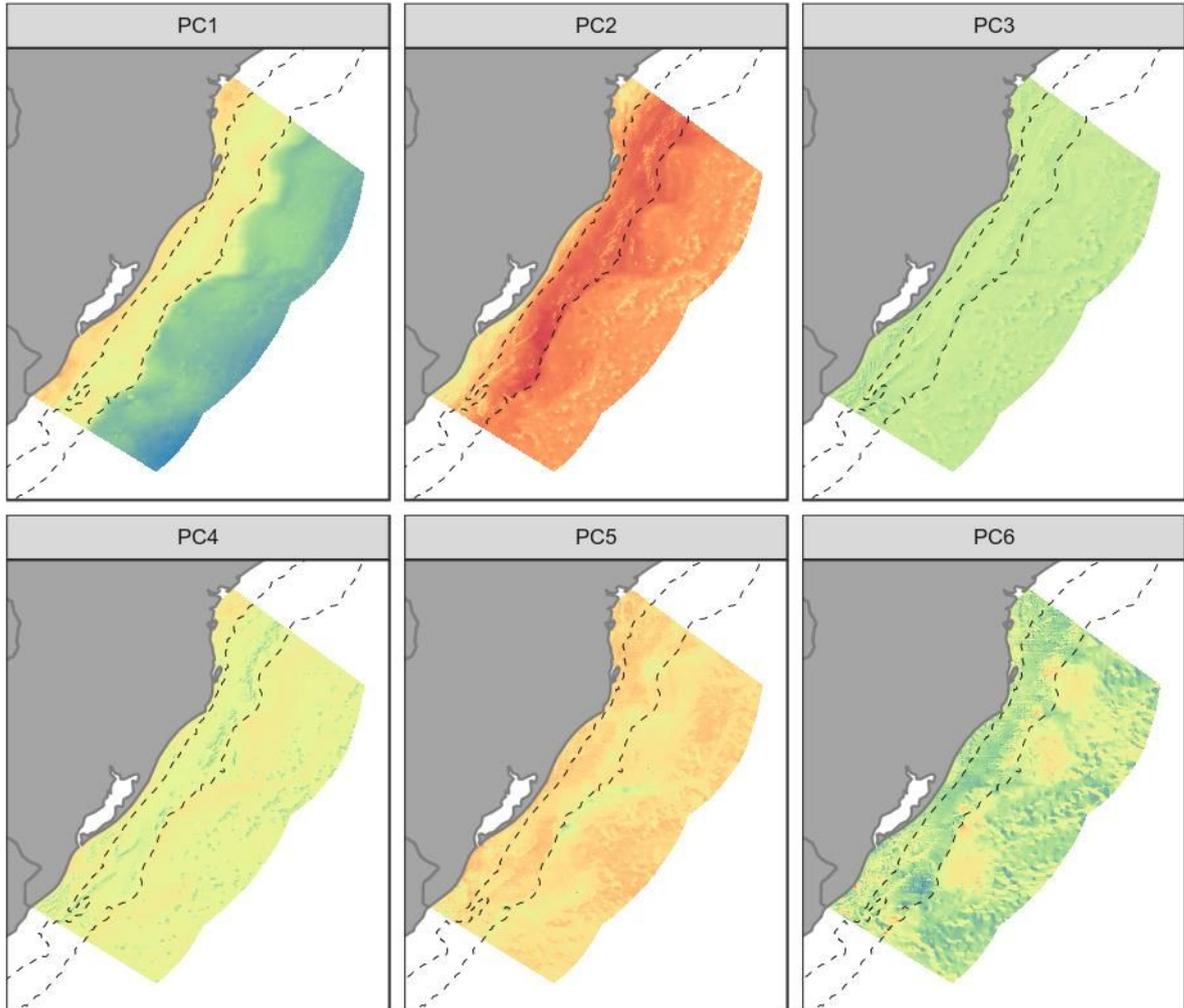


Tabela 1: Correlação (Spearman) entre os descritores para Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB) e as componentes principais mantidas. Valores e descritores em negrito apresentaram valores de correlação significativos (0,5).

Descritores	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
<b>bat</b>	<b>0,91</b>	0,25	0,10	0,06	-0,13	0,06
<b>slo</b>	-0,41	0,15	0,05	0,44	<b>-0,56</b>	0,21
<b>rug</b>	0,28	-0,41	-0,26	<b>-0,60</b>	-0,22	0,13
<b>nor</b>	0,07	-0,04	-0,02	-0,37	0,35	<b>0,79</b>
eas	0,01	0,37	0,30	0,45	0,49	0,34
<b>btf</b>	0,05	0,30	<b>-0,82</b>	0,18	0,16	-0,01
<b>btb</b>	0,13	0,39	<b>-0,80</b>	0,16	0,11	0,00
<b>mud</b>	<b>-0,80</b>	0,29	0,13	-0,22	0,21	-0,18
<b>san</b>	<b>0,79</b>	-0,31	-0,12	0,25	-0,16	0,14
gra	0,40	0,01	-0,14	-0,08	-0,44	0,30
<b>chlb</b>	<b>0,74</b>	-0,46	-0,07	0,09	0,11	-0,05
<b>sbt</b>	<b>0,96</b>	0,18	0,08	-0,05	0,04	-0,08
lig	0,39	-0,40	0,02	0,32	0,17	-0,04
<b>curb</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	0,05	-0,30	0,01	-0,15
<b>spm</b>	0,46	<b>-0,55</b>	0,01	0,24	0,11	-0,02
<b>dis</b>	<b>-0,92</b>	-0,08	-0,15	-0,10	0,06	-0,05
<b>nitb</b>	<b>-0,94</b>	-0,03	-0,03	0,12	-0,16	0,15
<b>phob</b>	<b>-0,92</b>	-0,02	-0,03	0,13	-0,18	0,17
<b>silb</b>	<b>-0,89</b>	-0,21	-0,07	0,00	0,05	-0,01
<b>oxib</b>	-0,40	<b>-0,68</b>	-0,21	-0,01	0,24	-0,08

As 3 componentes principais mantidas para as ZEP demonstraram correlação significativa com todos os descritores pelágicos (Tabela 2), sendo que a PC1 mantém informações da batimetria (bat), clorofila superficial (chls), temperatura superficial (sst), material em suspensão total (spm), distância da costa (dis), profundidade da zona eufótica (zeu), profundidade da camada de mistura (mld), salinidade (sal), concentração de nitrato (nits), fosfato (phos), silicato (sils) e oxigênio dissolvido (oxis). Já a PC2 possui correlação significativa principalmente com temperatura (sst) e radiação fotossinteticamente ativa (par). A PC3 agregou informações da corrente superficial (curs), que é o descritor pelágico com menor colinearidade com os demais descritores (Figuras 11 e 15).

Figura 15: Mapa das componentes principais (PC) utilizadas para o mapeamento das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).

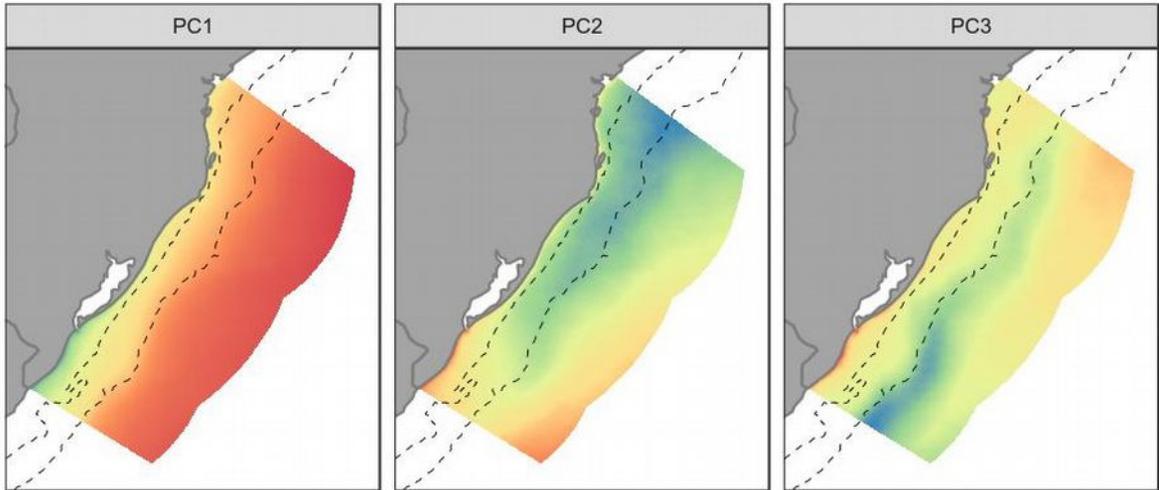


Tabela 2: Correlação (Spearman) entre os descritores para Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP) e as componentes principais mantidas. Valores e descritores em negrito apresentaram valores de correlação significativos (0,5).

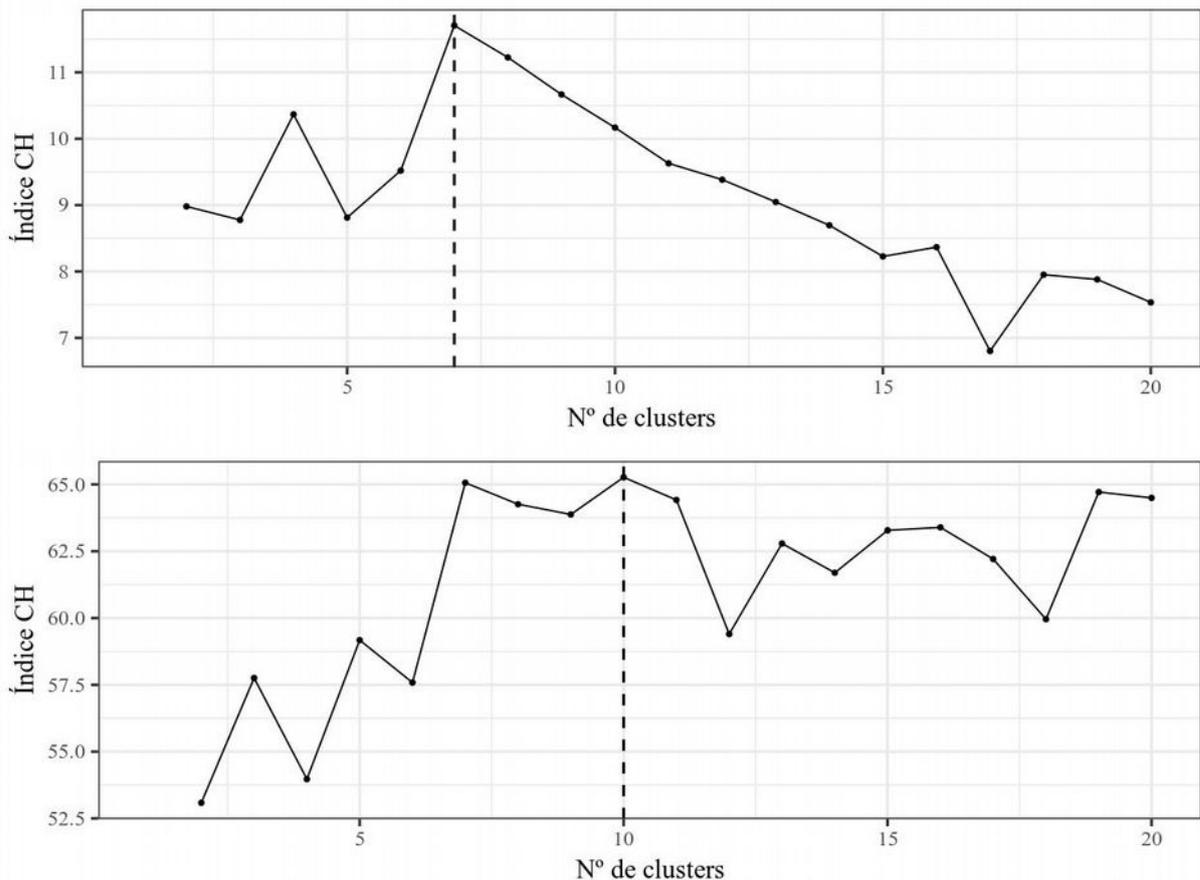
Descritores	PC1	PC2	PC3
bat	<b>-0,80</b>	<b>-0,53</b>	-0,17
chls	<b>-0,87</b>	0,27	0,26
sst	<b>0,67</b>	<b>-0,63</b>	0,19
curs	0,00	-0,45	<b>-0,81</b>
spm	<b>-0,64</b>	0,28	0,34
dis	<b>0,86</b>	0,45	0,09
zeu	<b>0,95</b>	-0,18	0,10
mld	<b>0,85</b>	0,40	-0,15
par	-0,24	<b>-0,72</b>	0,47
sal	<b>0,96</b>	-0,19	-0,15
nits	<b>0,56</b>	0,46	-0,09
phos	<b>-0,85</b>	0,30	-0,36
sils	<b>-0,91</b>	-0,27	-0,11
oxis	<b>-0,77</b>	<b>0,50</b>	-0,05

### 5.3.4. Análise de Agrupamento

#### 5.3.4.1. Definição do número de classes

Uma das etapas mais subjetivas de métodos de particionamento espacial marinho (e de classificação não-supervisionada terrestre) é a definição do número de classes (clusters). Para definir o melhor número de classes para cada estrato, foi utilizado o Índice Calinsky-Harabaz (CH) que leva em consideração a menor variância interna (dentro da classe) e maior variância externa (entre classes). Para as etapas subsequentes deste trabalho, foi utilizado a categorização em 7 Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB) e 10 Pelágicas (ZEP), classificação de maior Índice CH (Figura 16).

Figura 16: Índice Calinsky-Harabaz (CH) para definição do número ideal de clusters para ZEB (superior) e ZEP (inferior). Linhas pontilhadas verticais indicam o maior CH para cada estrato.



Entretanto, feitos dois experimentos para cada estrato, utilizando os dois maiores índices CH: 7 e 8 classes no bentônico e 7 e 10 classes no pelágico. O índice de associação entre as ZEMs geradas nos dois experimentos foi alto ( $V$  de Cramer=0,91 para ZEB e 0,88

para ZEP). De forma geral, as zonas geradas nos experimentos com menor número de classes são maiores e agregam as zonas geradas nos experimentos com maior número de classes, sugerindo que é possível utilizar os dois níveis de classificação. No PEM de grandes áreas (e de menor escala) um menor número de classes (mais agrupadas) pode ser útil, assim como em regiões com menor quantidade ou qualidade de dados de entrada.

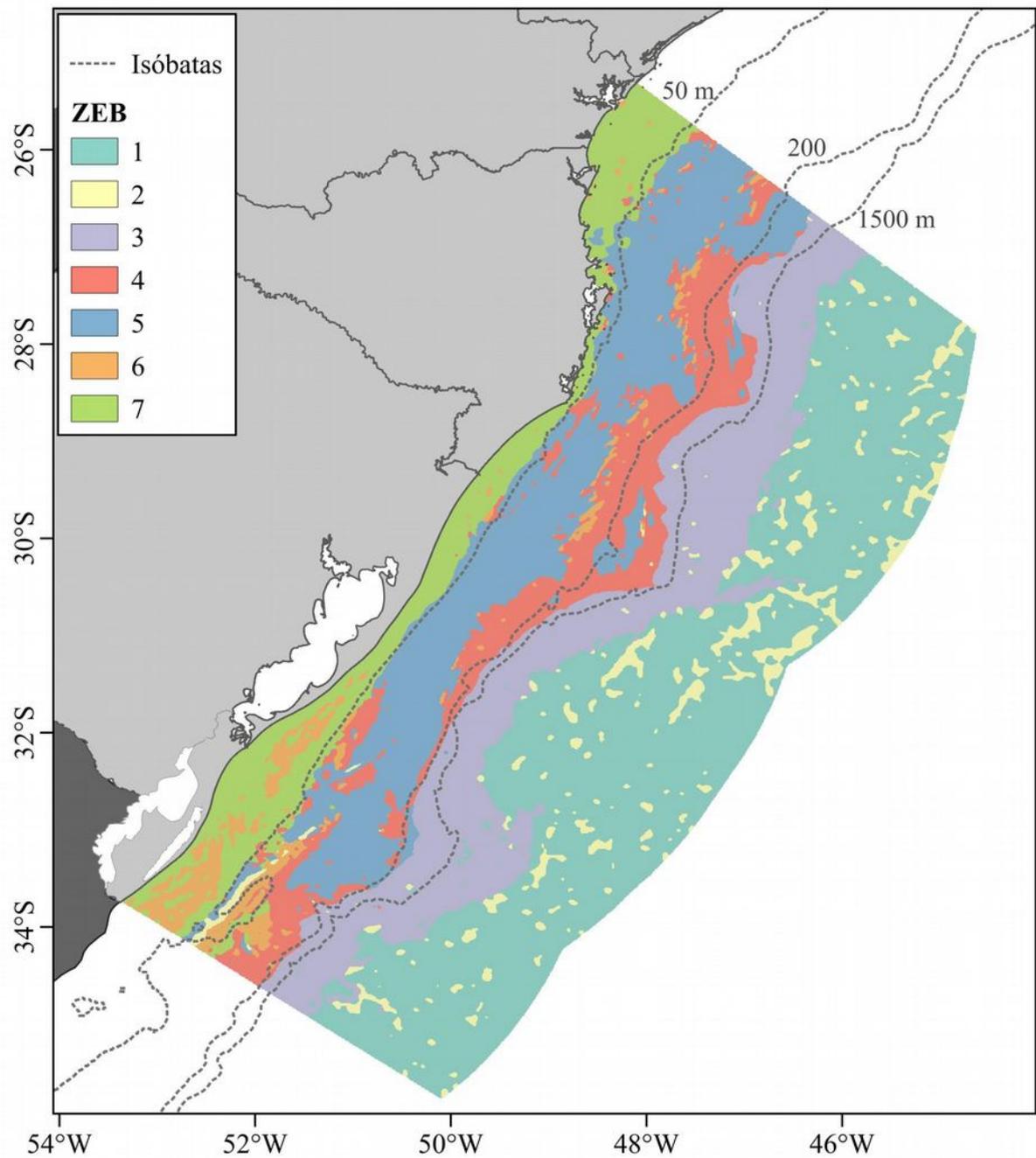
#### 5.3.5. Descrição das Zonas Ecológicas Bentônicas

O setorização da ZEESB no seu estrato bentônico (ZEB) pode ser visualizada na Figura 17. O talude continental foi quase totalmente classificado como ZEB3, sendo que a batimetria (500 – 2000 m) foi o descritor preponderante para a classificação desta zona. Entretanto, parte do talude no Terraço de Rio Grande e Terraço de Florianópolis foram classificados como ZEB4 e ZEB5. Estas zonas (ZEB4 e ZEB5) se distribuem entre as profundidades de 50 a 500m, e se diferenciam principalmente pelo percentual de silte-argila (mud) e BPI de ampla escala (btb), sendo que as áreas com menor percentual de silte-argila e BPI positivo (quebra da plataforma) foram classificadas como ZEB4.

A ZEB4 está associada em grande parte com a quebra da plataforma continental e começo do talude, mas apresenta manchas em setores mais rasos, na plataforma externa (aqui considerada da isóbata de 50 até a de 200 m). As altas concentrações de cascalho (gra) presentes na ZEB4 podem estar associadas aos corais azooxantelados de profundidade (KITAHARA *et al.*, 2009) e foi verificado por análise visual que distribuição espacial da ZEB4 tem alta correlação espacial com as zonas de substrato consolidado e biodetrítico mapeadas por Kitahara (2006a, 2006b).

Foram encontradas duas Zonas Ecológicas Bentônicas na elevação continental diferenciadas pelo BPI de ampla escala (btf). Os valores mais altos de BPI, indicando feições morfológicas convexas como montes submarinos foram classificados como ZEB2. As áreas planas da elevação continental foram classificadas como ZEB1. Entretanto, dados batimétricos na elevação continental são atualmente escassos, e a identificação de feições morfológicas locais depende da coleta de novos dados (ou tratamento e integração de dados já coletados), de forma a melhorar o modelo de superfície e setorização em zonas.

Figura 17: Mapa das Zonas Ecológicas Bentônicas.



A descrição das Zonas Ecológicas Bentônicas pode ser visualizada na Tabela 3. A descrição foi realizada com base nos descritores que mais diferenciaram cada zona das demais, através da análise da distribuição dos valores dos descritores originais em cada zona (Figura 18).



A zona com maior área foi a ZEB1 (elevação continental plana), que ocupa 35% da área de estudo, seguida pela ZEB3 (19%), localizada na porção inferior do talude, e ZEB5 (18%), na plataforma externa.

Tabela 3: Descrição das Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB).

Zonas	Descrição	Área	Nº de manchas
ZEB1	Elevação continental plana	35%	30
ZEB2	Feições morfológicas convexas na elevação continental. Montes submarinos.	4%	197
ZEB3	Porção inferior do talude, alta declividade, mistura de silte e argila e areia (Prof. entre 500 e 2000 m)	19%	19
ZEB4	Quebra da plataforma, dominado por areia com ocorrência de cascalho (biogênico). Feições convexas (BPI positivo).	11%	105
ZEB5	Plataforma externa, com alta concentração de silte-argila. Feições planas e côncavas (BPI negativo).	18%	42
ZEB6	Plataforma como morfologia complexa, alta rugosidade, dominado por areia, com ocorrência de cascalho (biogênico).	3%	137
ZEB7	Plataforma interna com morfologia de fundo liso, dominado por areia.	9%	27

A ZEB5 é caracterizada por BPI de ampla escala negativo e alto percentual de silte-argila, abrangendo grande parte da plataforma externa, bem como feições côncavas localizadas na plataforma interna, como o Canal do Albardão, descrito por Campos (2009).

A plataforma continental interna (aqui considerada até a isóbata de 50 m) foi dividida em duas ZEB, diferenciadas principalmente pela complexidade do fundo (rugosidade). Os locais de alta rugosidade foram classificados como ZEB6, que são zonas rasas, com predominância de areia e presença de cascalho, relacionada a parcéis e bancos mapeados em cartas náuticas, como o Banco do Albardão (no sul do RS) e o Parcel do Carpinteiro e Banco Minuano, nas proximidades da Desembocadura da Lagoa dos Patos.

Há, ainda, a distribuição de pequenas manchas de ZEB6 ao longo da plataforma continental de Santa Catarina, sempre associado a grandes manchas de ZEB4. Estas duas classes (ZEB4 e ZEB6) apresentam alta concentração e cascalho, o que pode ter causado confusão na divisão entre estas classes nesta área (Plataforma Externa de SC). Entretanto, a rugosidade e da ZEB6 é consideravelmente maior e a profundidade menor, podendo ser utilizadas para a separação destas zonas.

### 5.3.6. Descrição das Zonas Ecológicas Pelágicas

As Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP) possuem as componentes da batimetria e zonais (variação de latitude) bem demarcadas (Figura 19). A plataforma interna é dominada por duas zonas (ZEP9 e ZEP10). A ZEP10 é costeira e se estende do Chuí até o litoral médio do Rio Grande do Sul, caracterizada, principalmente, por altas concentrações de clorofila e de material em suspensão, bem como temperatura superficial e salinidades baixas (decorrentes do aporte continental do Rio da Prata e Lagoa dos Patos). A ZEP9 se estende de regiões da plataforma externa no sul e vai se aproximando da costa, dominando as áreas mais costeiras da plataforma interna em Santa Catarina e no Paraná.

A plataforma externa apresenta também duas ZEPs, diferenciadas principalmente pela temperatura superficial, salinidade e concentração de fósforo. A ZEP8 se estende desde o Chuí pela plataforma externa e se aproxima da costa com o aumento da latitude. A ZEP7 ocorre ao norte do Terraço de Rio Grande (~31°20' S). As principais características que definem cada ZEP estão descritas na Tabela 3 e a distribuição dos valores dos descritores físicos na Figura 20.

A porção do talude apresenta distribuição de zonas parecida com a plataforma interna e externa, com duas ZEPs (ZEP5 e ZEP6) diferenciadas principalmente pela velocidade de corrente (mais alta ao sul), temperatura superficial (mais baixa ao sul), salinidade (mais baixa ao sul) e concentração de fosfato (mais alta ao sul). A velocidade de corrente mais alta na ZEP5 está associada a alta frequência de vórtices e à zona de Convergência Brasil-Malvinas (BMC), que por sua vez é causada pelas instabilidades do encontro de massas de água provenientes da Corrente do Brasil (em direção ao sul) e da Corrente das Malvinas (SOUZA e ROBINSON, 2004; SOUZA *et al.*, 2006). A elevação continental apresenta 4 zonas, sendo que 3 delas apresentam forte componente zonal (ZEP1, ZEP2 e ZEP3) e são distinguidas umas das outras principalmente pela temperatura superficial (sst) e radiação fotossinteticamente ativa (par), que são descritores colineares e relacionados com a variação de latitude. A outra zona pelágica que está presente na elevação continental é a ZEP4, que possui formato alongado na componente norte-sul e acompanha a porção inferior do talude desde o Chuí até o Terraço de Rio Grande, onde é substituída pela ZEP6. O principal descritor que diferencia a ZEP4 das outras zonas na elevação continental é a velocidade de corrente, maior nesta área devido às instabilidades (meandros e vórtices) geradas pela convergência Brasil-Malvinas (OLSON *et al.*, 1988; GARCIA *et al.*, 2004).

Figura 19: Mapa das Zonas Ecológicas Pelágicas.

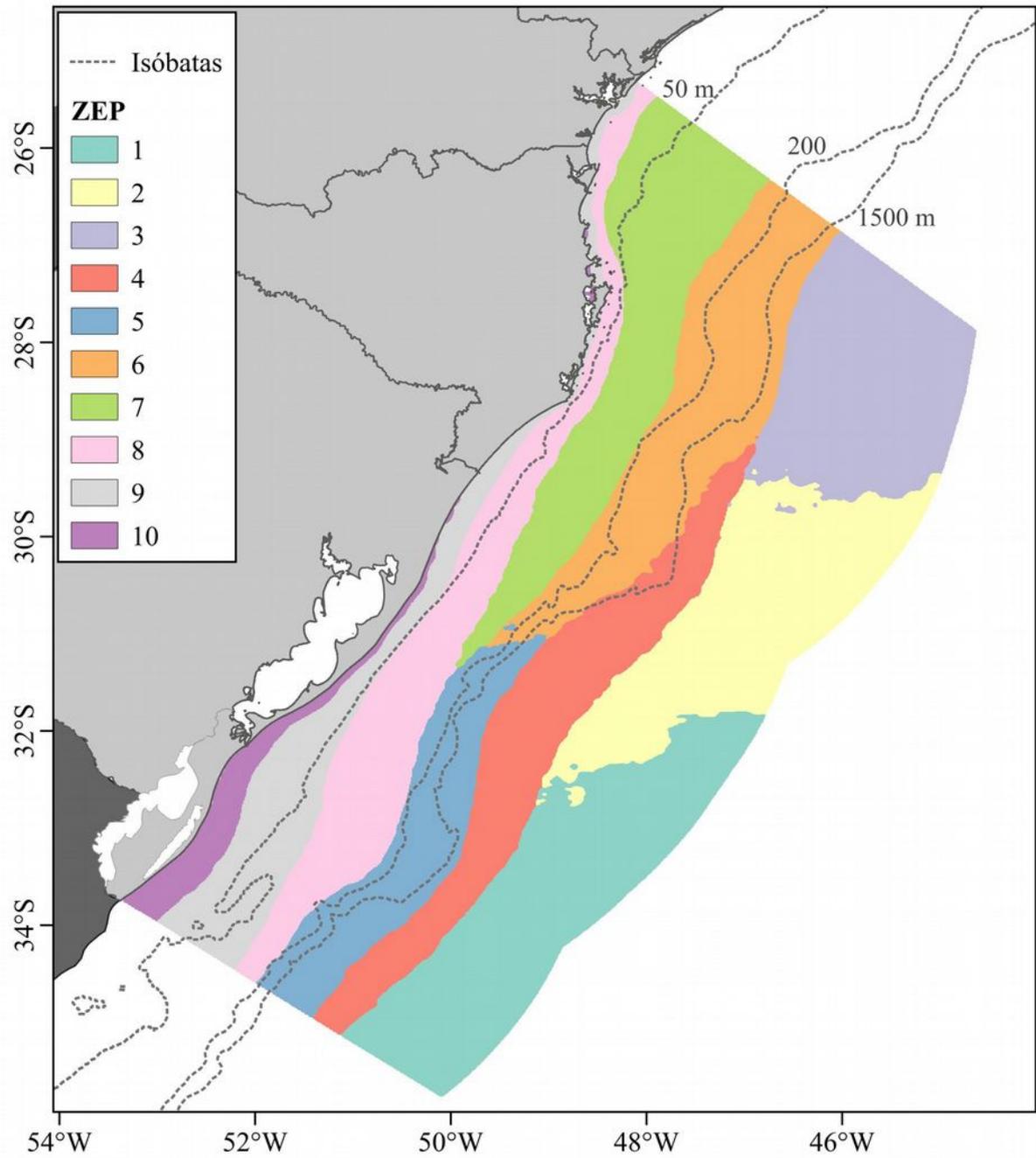


Figura 20: Diagramas de caixa da distribuição dos valores dos descritores para as Zonas Ecológicas Pelágicas.

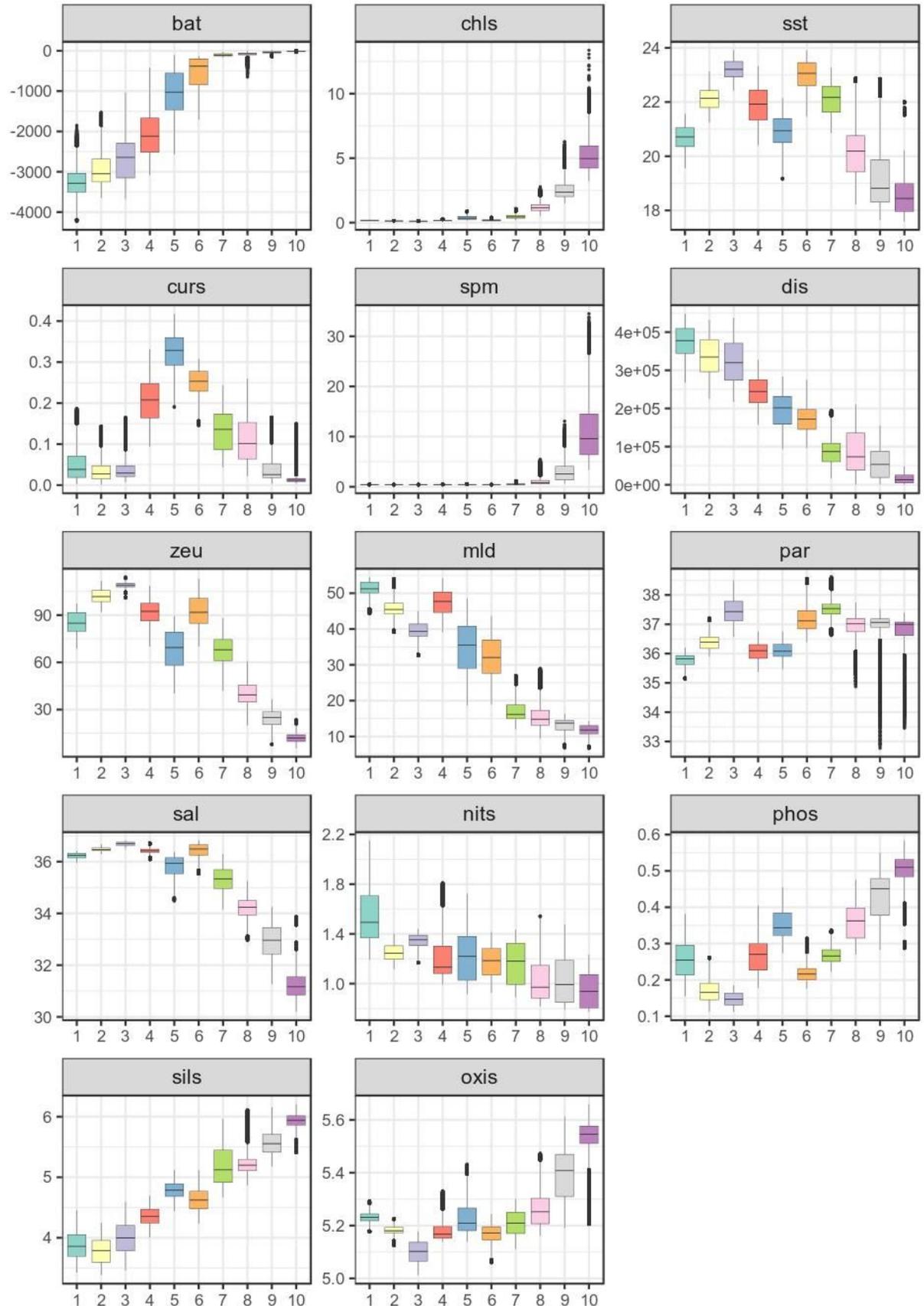


Tabela 4: Descrição das Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).

Zonas	Descrição	Área	Nº de manchas
ZEP1	Elevação continental com baixa temperatura superficial.	14%	2
ZEP2	Elevação continental com temperatura média.	12%	6
ZEP3	Elevação continental com temperatura alta.	11%	4
ZEP4	Elevação continental, com baixa temperatura e média velocidade de correntes.	10%	2
ZEP5	Talude Sul. Alta velocidade de corrente e concentração de nutrientes, baixa temperatura e salinidade.	8%	2
ZEP6	Talude Norte. Alta temperatura e baixa profundidade da camada de mistura.	11%	1
ZEP7	Plataforma externa norte. Alta penetração de luz.	11%	1
ZEP8	Plataforma externa com baixa penetração de luz e baixa concentração de clorofila.	11%	1
ZEP9	Plataforma interna com baixa profundidade da zona fótica e média concentração de clorofila	8%	4
ZEP10	Plataforma interna sul. Baixa profundidade da zona fótica e alta concentração de clorofila	3%	5

Em oceanografia, frentes são uma interface entre duas massas de água distintas, geralmente caracterizadas por um alto gradiente de temperatura (ETNOYER *et al.*, 2006). São feições importantes, devido à agregação dirigida pela densidade e aumento do fluxo vertical, resultando em alta produtividade primária e secundária (OLSON *et al.*, 1994). As duas zonas que apresentaram maior número de ocorrência de frentes oceanográficas foram a ZEP5 ( $\mu=71$  dias/ano) e ZEP8 ( $\mu=61$  dias/ano), que apresentaram em alguns locais uma frequência de até 220 dias por ano com a presença de frentes. ZEP7 também possui alta frequência de ocorrência de frentes ( $\mu=33$  dias) com máximo de 124 dias.

Estas zonas pelágicas (ZEP5, ZEP7, ZEP8) devem ter atenção especial no processo de PEM, pois zonas frontais são reconhecidamente áreas com grande potencial de sobreposição de habitats importantes para a conservação e de ameaças antropogênicas como a pesca (HALPERN *et al.*, 2008) e a concentração de poluentes ou lixo no mar, aumentando a exposição de vertebrados marinhos a estes riscos (GONZÁLEZ CARMAN *et al.*, 2014). Saraceno *et al.* (2005) descrevem a importância de sistemas frontais e sugerem que a

dinâmica de frentes na ZEESB possuem um papel predominante na concentração de clorofila e na ocorrência de “blooms”, aumentando a produtividade da área. Brandini *et al.* (2018) associam a ocorrência de frentes na SBB com a produtividade pesqueira, uma vez que a alta concentração de clorofila profunda nestas áreas formam o principal nicho ecológico para larvas de sardinhas e enchovas, importantes recursos pesqueiros na ZEESB.

#### 5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É recomendável que as unidades de planejamento para o PEM sigam limites significativos entre os ecossistemas (GILLILAND e LAFFOLEY, 2008), mas em apenas 14% dos PEM analisados por Ansong *et al.* (2017) as fronteiras do plano foram definidas pelos limites dos ecossistemas marinhos. A compartimentação do espaço em áreas (relativamente) homogêneas quanto à sua estrutura ecológica, além de indicar habitats importantes, também compõe a base para análises de posteriores, tais como vulnerabilidade e impactos cumulativos (MAZZER, 2016), que podem ser obtidos do monitoramento da variação temporal das classes, superfícies e limites das áreas identificadas. O mapeamento de ecossistemas marinhos representativos é, portanto, uma limitação para a implementação da base ecossistêmica nos processos de PEM.

Este trabalho apresenta uma proposta metodológica objetiva e replicável para o mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas nos compartimentos bentônico e pelágico e propõe que estas zonas sejam utilizadas como unidades de planejamento para o PEM. A abordagem de classificação utilizada é do tipo “bottom-up”, em que a definição do número de classes e a divisão da área de estudo em zonas é definida pela distribuição espacial dos valores dos descritores utilizados. A metodologia aqui proposta usa descritores exclusivamente abióticos, quase que em sua totalidade disponíveis em bases de dados globais, com exceção da batimetria (e descritores derivados) e granulometria de sedimentos. A resolução espacial e temática dos mapas obtidos é muito maior quando comparada com mapeamentos existentes como os “Large Marine Ecosystems - LME” (SHERMAN, 1991, 2014) ou o “Marine Ecoregions of the World – MEOW” (SPALDING *et al.*, 2007).

O método pode ser utilizado com todos os descritores propostos ou com apenas uma parte deles, dependendo da disponibilidade de dados em outras áreas e escalas. É possível a utilização desta abordagem em uma escala cartográfica maior, desde que os descritores abióticos de entrada tenham maior resolução espacial. Isto possibilita o mapeamento das zonas ecológicas marinhas de forma adaptativa ao longo dos ciclos de PEM, uma vez que é

possível classificar os ambientes com baixa resolução espacial na primeira rodada, aumentando o nível de detalhe (aumento da escala) ao longo do tempo, com a agregação de fontes de dados locais e mais detalhadas, assim como a integração de novos descritores que tenham sido consolidados ao longo do processo de PEM.

Ecossistemas marinhos são essencialmente dinâmicos, principalmente quando levamos em consideração o estrato pelágico. O método proposto permite o refinamento da resolução temporal do mapeamento das Zonas Ecológicas Marinhas. Todos os descritores pelágicos (exceto distância da costa e batimetria) são disponibilizados com frequência diária (produtos do modelo “Global Ocean Physics Analysis and Forecast”, imagens MODIS, dados OSTIA) ou agregados por semanas, meses ou estações do ano. Portanto, é possível mapear as Zonas Ecológicas Pelágicas para cada estação do ano e verificar as suas mudanças, sobrepondo as ZEP aos usos e atividades predominantes em cada época. O mapeamento de zonas diferentes para cada estação do ano (zonas sazonais) pode ser útil em locais com maior conflito de usos e atividades humanas, de forma que as prioridades de uso sejam diferentes em cada estação, mantendo a proposta de utilização das zonas ecológicas marinhas como unidades de planejamento para o PEM, mesmo que elas não sejam estáticas.

Este trabalho não aborda a discussão conceitual sobre ecossistemas, unidades de paisagem, habitats, biótopos e outros termos utilizados na literatura para classificar as áreas marinhas ou terrestres. As Zonas Ecológicas Marinhas aqui apresentadas podem ser utilizadas como unidades espaciais, que, segundo Mazzer (2016) são conceitualmente adaptáveis às diferentes escalas espaciais, e menos exigentes quanto à quantidade e à qualidade de dados para classificação, podendo ser consideradas como uma forma operacional (para fins de planejamento e gestão) de espacializar sistemas ecológicos ou, do ponto de vista analítico, constituir mapas categóricos a serem utilizados na aplicação de técnicas de análise espacial.

Neste sentido, a classificação proposta pode servir como dado de entrada para ferramentas de suporte à tomada de decisão (ex. MARXAN, InVEST), com a definição de objetivos de conservação, atores, pressões e custos de conservação específicos para cada zona (ex. FRASCHETTI *et al.*, 2009; STELZENMÜLLER *et al.*, 2013; PINARBAŞI *et al.*, 2017; GÖKE; DAHL; MOHN, 2018).

A resolução espacial utilizada neste trabalho (1 km) pode não ser adequada para o PEM de áreas costeiras ou de alto potencial de conflito entre os diferentes usos e atores. Além disto, observou-se uma confusão do classificador na separação de algumas classes (ex. ZEB6

e ZEB4), que podem ser atenuadas através da coleta ou refinamento dos dados de entrada. É recomendada a validação das ZEM através do cruzamento com dados biológicos em trabalhos futuros, porém a análise realizada por Gandra *et al.* (2018) mostrou que os dados biológicos disponíveis são escassos e enviesados, não sendo possível a validação da classificação obtida neste trabalho.

Por fim, o mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas como primeiro passo metodológico para o PEM torna possível a quantificação de usos e atividades por zona e a estimativa dos principais serviços ecossistêmicos em cada uma. Ainda, é possível utilizar as ZEM como unidade em uma mesa de negociação entre os diversos atores, bem como para o planejamento para a criação de unidades de conservação que atinjam o objetivo de proteger uma diversidade maior de sistemas ambientais.

## 6. CAPÍTULO 3: MAPEAMENTO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A GESTÃO MARINHA NA ZONA ECONÔMICA-EXCLUSIVA DO SUL DO BRASIL

### 6.1. INTRODUÇÃO

O PEM se apresenta, desde seus princípios, como um instrumento essencial para implementação de uma abordagem ecossistêmica. O foco nos aspectos espaciais e temporais da Gestão Baseada em Ecossistemas (GBE) é uma forma de fazer a abordagem ecossistêmica mais tangível (ANSONG *et al.*, 2017). De acordo com Douvere (2010), isto pode ser alcançado através da definição: (1) dos limites dos ecossistemas a serem gerenciados; (2) das áreas marinhas com valor ecológico ou biológico especial dentro dos ecossistemas; (3) das áreas marinhas com alto valor econômico atual e potencial; (4) das áreas onde as atividades humanas interagem de forma positiva ou negativa com os processos e funções ecológicas e (5) de onde os conflitos ocorrem ou podem ocorrer (usos x usos ou usos x conservação ambiental).

Partindo do princípio de que existem diversas atividades humanas potenciais nos oceanos (considerados como a “nova” fronteira de desenvolvimento), é importante desenvolver técnicas para o cálculo da resiliência de sistemas ambientais marinhos, bem como para estimar sua capacidade suporte (“carrying capacity”) às diversas atividades que sobre si incidem. O cálculo da capacidade suporte de sistemas marinhos é realizado, na maior parte das vezes, levando em consideração apenas uma determinada atividade econômica (ex. VASCONCELLOS; GASALLA, 2001), sendo ainda um desafio estimar os impactos cumulativos de diferentes atividades (FERNANDES *et al.*, 2017).

Resiliência ecológica pode ser definida como a quantidade de distúrbios que um sistema pode suportar antes de mudar para um novo domínio de estabilidade (HOLLING, 1973; CUMMING, 2011). Este conceito também pode ser compreendido, em ecologia, como uma medida relacionadas ao grau de mudança na composição e abundância de espécies seguidas por algum tipo de distúrbio (NILSSON e GRELSSON, 1995). Em sistemas socioecológicos, atividades humanas são frequentemente as causas (“drivers”) de mudanças na estabilidade ecológica, com estressores (ex. invasões biológicas, retirada de biomassa, perda e degradação de habitats) afetando os ecossistemas que sustentam estas atividades (ALLEN *et al.*, 2016).

O conceito de resiliência espacial representa um avanço conceitual que busca explicar a transformabilidade de sistemas heterogêneos e dinâmicos (ALLEN *et al.*, 2016).

Segundo Cumming (2011), a resiliência de um sistema (ambiental ou socioambiental) pode ser medida através de indicadores internos (ex. arranjo interno dos elementos, morfologia, número e natureza das “bordas”) ou externos (ex. contexto, conectividade, dispersão de organismos, área influenciada pelo sistema). Os elementos primários internos da resiliência espacial incluem o arranjo espacial dos componentes e interações de um sistema, como o tamanho deste sistema (área), complexidade de forma e o número e natureza das “bordas” deste sistema (CUMMING, 2011).

Indicadores de padrões espaciais (ou métricas de paisagem) fornecem medidas simples da estrutura ecológica de uma determinada superfície (KUPFER, 2012), sendo um método popular para a quantificação de padrões em Ecologia da Paisagem (UUEMAA *et al.*, 2013). Métricas de paisagem indicadoras de complexidade de forma, área, fragmentação e conectividade podem ser usadas para inferir a resiliência de sistemas ambientais. Além destas, a conectividade diferentes unidades paisagens marinhas tem profundas consequências no comportamento, crescimento, sobrevivência e distribuição espacial de espécies marinhas (GROBER-DUNSMORE *et al.*, 2009).

Métricas de paisagem, embora mais amplamente empregadas em estudos terrestres, são comumente utilizadas em trabalhos focados em ecologia de ambientes marinhos (CORTES *et al.*, 2010; HUNTINGTON *et al.*, 2010; WEDDING *et al.*, 2011), ou para o planejamento de áreas de proteção marinhas (RIOJA-NIETO *et al.*, 2013; O’LEARY e ROBERTS, 2018). Estas métricas também têm sido utilizadas como indicadores de funções ecossistêmicas e de paisagem (UUEMAA *et al.*, 2009). Uma abordagem foi sugerida por Frank *et al.* (2012) para associar métricas de estrutura paisagem ao funcionamento ecológico de ecossistemas, e posteriormente aos serviços ecossistêmicos providos por cada unidade. Entretanto, não foram encontrados trabalhos que utilizaram este tipo de indicadores no Planejamento Espacial Marinho, exceto para analisar a distribuição dos usos humanos (ex. DALTON *et al.*, 2010).

O Cap. 2 propõe uma metodologia para o mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM) a serem gerenciados no PEM no Brasil. O presente capítulo tem como objetivo indicar pressões causadas pelas principais atividades humanas sobre as ZEM identificadas, bem como sobrepor a distribuição espacial destas pressões à estimativa de resiliência ambiental, resultando na identificação de áreas prioritárias para a gestão marinha na ZEESB, compostas pelas áreas de maior pressão de atividades humanas e menor resiliência

ecológica.

## 6.2. MATERIAIS E MÉTODOS

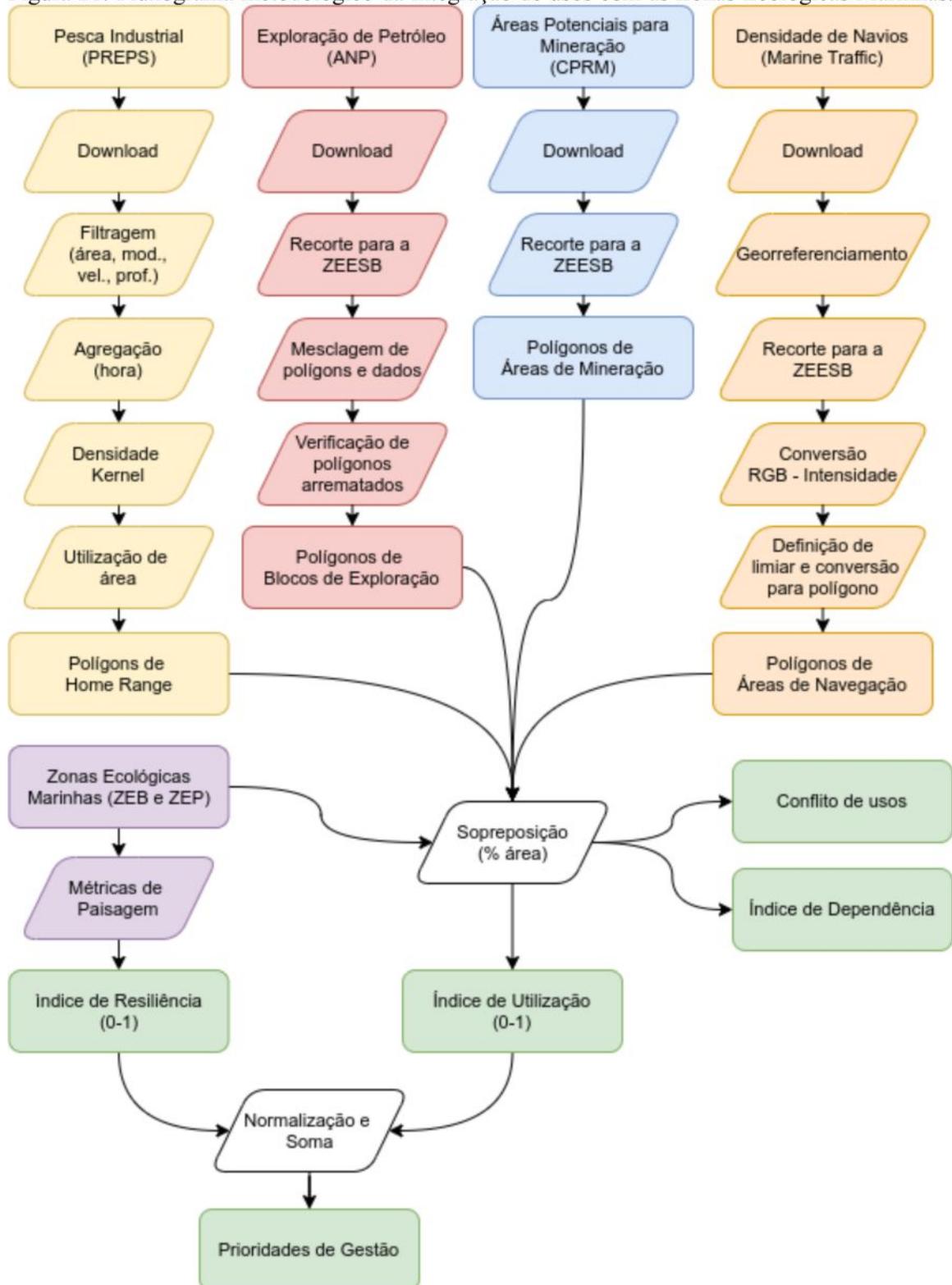
A quantificação das pressões humanas sobre as Zonas Ecológicas Marinhas foi efetuada através da proposição de indicadores de pressão antrópica baseados no mapeamento dos usos e atividades humanas. O cálculo da resiliência das Zonas Ecológicas Marinhas foi realizado por meio da combinação de métricas de paisagem calculadas para a ZEESB.

Foram escolhidos 4 atividades econômicas que possuem relevância na área de estudo, duas atualmente em desenvolvimento (navegação e pesca industrial) e duas atividades potenciais (mineração e extração de petróleo e gás). A pesca industrial foi dividida em 4 modalidades (cerco, espinhel, arrasto e emalhe), a mineração em 2 (blocos de exploração em licenciamento e áreas potenciais para mineração) e a extração de petróleo também em 2 (blocos ofertados e blocos arrematados) Embora outras atividades sejam desenvolvidas nessa área (ex. turismo, pesca artesanal, esportes náuticos), foram escolhidas as atividades econômicas que possuem dados mais consolidados e distribuídos por toda a área de estudo. Além disto, a resolução espacial de toda a análise (1 km) não é compatível com atividades essencialmente costeiras como os exemplos citados.

Cada tipo de atividade humana teve uma fase de pré-processamento diferente, uma vez que os dados de entrada possuem de diferentes naturezas, bases de dados e forma de representação. Entretanto, ao final do pré-processamento, todas as atividades resultaram em um polígono com a área mais intensamente utilizada (ou potencialmente utilizada) para cada atividade. A Figura 21 mostra o fluxograma metodológico para o pré-processamento de dados de atividades humanas, bem como a integração espacial destes com as Zonas Ecológicas Marinhas (ZEM), conforme será explicado nas seções subsequentes.

O processamento e análise de dados foi realizado utilizando o software R 3.4 (R CORE TEAM, 2018) e a edição final dos mapas efetuada no QGIS 3.10.

Figura 21: Fluxograma metodológico da integração de usos com as Zonas Ecológicas Marinhas.



## 6.2.1. Processamento de dados de usos

### 6.2.1.1. Pesca industrial

O Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS) foi instituído e regulamentado em 2006<sup>30</sup>, tendo como finalidade o monitoramento, gestão e controle das operações da frota pesqueira. Esse sistema esteve sob o controle do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura, com acesso restrito à Marinha do Brasil, ICMBio e IBAMA. O acesso a estes dados pela comunidade científica é limitado e, portanto, existem poucos trabalhos acadêmicos que analisaram este imenso conjunto de dados de rastreamento de embarcações pesqueiras (ex. CLAUDINO *et al.*, 2009; SPERB *et al.*, 2007).

Um conjunto de dados do PREPS foi disponibilizado para o Lab. de Recursos Pesqueiros Demersais da Universidade Federal de Rio Grande (FURG). Em agosto de 2019, existiam 2189 embarcações registradas no PREPS, sendo que 1780 atuaram nos anos de 2015 a 2018, período analisado neste trabalho. Os registros foram filtrados, considerando a extensão espacial da ZEESB, para registros em movimento (velocidade maior que 0) e pelas modalidades de pesca industrial com maior número de barcos que atuam na ZEESB: Arrasto de Fundo, Espinhel Pelágico de Superfície, Cerco e Rede de Espera.

Para cada modalidade, diferentes limiares de profundidade e velocidade foram utilizados para remover dados de deslocamento até os locais de captura, na tentativa de manter apenas posições das embarcações em atividade de pesca (Tabela 5). Estes limiares foram baseados na bibliografia disponível (HAIMOVICI *et al.*, 1997; FIEDLER *et al.*, 2015; MAFRA PIO *et al.*, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2016; PORT *et al.*, 2016). Os registros foram agregados a cada uma hora através do cálculo do centróide de todos os pontos neste intervalo de tempo. Esta agregação foi necessária para minimizar a sobreamostragem causada pela diferença de intervalo e sucesso de transmissão entre embarcações ou épocas.

---

30 Instrução Normativa Interministerial n.º 2, de 04 de setembro de 2006 pela Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República-SEAP/PR, Ministério do Meio Ambiente-MMA e Marinha do Brasil

Tabela 5: Critérios de filtragem (velocidade e profundidade), número de embarcações, percentual de barcos em relação ao total no PREPS e número de horas de pesca na ZEESB para cada modalidade de pesca analisada.

Modalidade de Pesca	Nº de Barcos	% de barcos	Tempo de pesca (mil horas)	Limiares de velocidade (km/h)	Limiares de profundidade (m)
Arrasto de Fundo	325	52%	1.362	2 - 4	5 - 300
Espinhel Pelágico	74	45%	137	1 - 6	100 - 5000
Cerco	111	64%	120	1 - 5	5 - 50
Rede de Espera	135	54%	489	1 - 5	5 - 5000
Total	645	53%	2.107		

Modelos de Distribuição Kernel de Utilização (KUD) foram produzidos através do estimador de densidade kernel, que é um método não-paramétrico para estimar a probabilidade de ocorrência de pontos dentro de uma faixa de influência, resultando em uma superfície contínua cujo valor é proporcional ao número de pontos por unidade de área (DRUCK *et al.*, 2004). Estes modelos KUD foram gerados para cada embarcação, utilizando uma largura de faixa de 5 km e resolução espacial de 1 km através do pacote do R ‘adehabitatHR’ (CALENGE, 2006).

Os modelos retornam a de probabilidade de reencontrar a embarcação em um determinado local. Os mapas KUD foram convertidos para polígonos de “home range” (HR) de cada embarcação, representando portanto o menor polígono no qual a probabilidade de reencontrar esta embarcação é maior que 75% (limiar selecionado).

Este tipo de análise (KUD) é largamente utilizado para estimar “hotspots” de fauna marinha (JONSEN *et al.*, 2007; HAWKES *et al.*, 2011; HART *et al.*, 2012; MUELBERT *et al.*, 2012; SHAVER *et al.*, 2013; DI TULLIO *et al.*, 2016; GONZÁLEZ CARMAN *et al.*, 2016), para calcular dinâmica de pescarias (WORM *et al.*, 2009) e sua sobreposição com a fauna marinha (BUGONI *et al.*, 2009; SUGISHITA *et al.*, 2015), bem como para a avaliação de áreas marinhas protegidas e definição de serviços ecossistêmicos (EASTWOOD *et al.*, 2007; TEIXEIRA *et al.*, 2007; HART *et al.*, 2012; O’BRIEN *et al.*, 2012; RONCONI *et al.*, 2012; VAN RIPER *et al.*, 2012).

#### 6.2.1.2. Petróleo e Gás

Os arquivos vetoriais (shapefiles) dos Blocos de Exploração de 15 rodadas (leilões) promovidas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) entre 1998 e 2017 foram obtidos do

website da ANP<sup>31</sup>. Foram separados, entre os dados obtidos, os blocos arrematados dos não arrematados nas rodadas anteriores. Mesmo os blocos não arrematados foram incluídos como atividades potenciais, uma vez que frequentemente blocos não arrematados em uma rodada são incluídos em novas rodadas.

#### 6.2.1.3. Navegação

Os dados de navegação utilizados neste trabalho são provenientes do Sistema Automático de Identificação (AIS), que é um sistema de rastreamento que utiliza a comunicação entre navios para obtenção da sua localização. A empresa pioneira na coleta e agrupamento dos dados de AIS no mundo é a Marine Traffic<sup>32</sup>. O mapa de densidades fornecido no website da empresa foi georreferenciado e os valores na banda do vermelho e azul foram convertidos para densidade através de uma função linear. Para reduzir os ruídos gerados por esta conversão de dados, foi realizado um filtro de média no domínio do espaço (convolução), com uma janela de 9x9 km. Foi estabelecido um limiar de densidade (75% do máximo) para a definição das áreas mais importantes para a navegação.

#### 6.2.1.4. Mineração

Os dados de áreas potenciais para mineração foram obtidos a partir de arquivos vetoriais (shapefiles) disponíveis no website do Serviço Geológico Brasileiro<sup>33</sup>. Os processos minerários em andamento foram obtidos do Sistema de Informações Geográficas de Mineração (SIGMINE) desenvolvido e disponibilizado pela Agência Nacional de Mineração<sup>34</sup>. Foi feita uma seleção espacial neste “shapefile” para manter apenas os polígonos localizados dentro da ZEESB. Tanto as áreas potenciais para mineração quanto os blocos de processos minerários em andamento foram incluídos como atividade potencial, já todos os blocos de exploração mineral na ZEESB se encontram em fase de licenciamento, não tendo sido iniciada a fase de exploração.

### 6.2.2. Sobreposição **entre** usos humanos e Zonas Ecológicas Marinhas

Os polígonos resultantes para os distintos usos humanos foram sobrepostos às Zonas Ecológicas Marinhas, nos compartimentos bentônico (ZEB) e pelágico (ZEP), visando o cálculo de áreas de interseção.

---

31 <http://www.anp.gov.br/>

32 [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)

33 <https://www.cprm.gov.br/>

34 <http://sigmine.dnpm.gov.br/>

Nesta sobreposição, foram calculados 2 índices: (1) Índice de Utilização da Zona Ecológica Marinha (IUZ) e (2) Índice de Dependência da Zona Ecológica Marinha (IDZ). O IUZ representa o percentual de utilização de cada ZEM por atividade humana, e tem o objetivo de indicar a pressão de cada atividade nas ZEM (Equação 2). O IDZ tem o objetivo de indicar o grau de dependência de cada atividade em relação à cada ZEM (Equação 3).

$$IUZ = \frac{\text{Área de Interseção}}{\text{Área Total da ZEM}} \quad (2)$$

$$IDZ = \frac{\text{Área de Interseção}}{\text{Área Total da Atividade}} \quad (3)$$

### 6.2.3. Cálculo de resiliência ecológica

Mapas categóricos podem ser considerados como um mosaico de manchas (“patches”), que, de uma perspectiva ecológica, representam áreas discretas de condições ambientais relativamente homogêneas numa escala específica (MCGARIGAL, 2015). O objetivo da análise de padrões em mapas categóricos é caracterizar a composição e configuração espacial de um mosaico de manchas, e um grande número de métricas tem sido desenvolvidas com este propósito (MCGARIGAL, 2015), tanto no nível de paisagem, classes ou manchas. Diversos índices de métricas de paisagem foram testados no nível de classes (representadas pelas Zonas Ecológicas Marinhas) e de manchas (cada polígono distinto).

Podemos classificar as dezenas de métricas de paisagem em 5 categorias que quantificam: (1) a composição da paisagem (ex. a abundância e variedade de manchas); (2) a sua configuração espacial (ex. o arranjo espacial de manchas individuais, distâncias e bordas); (3) a complexidade de forma das unidades de paisagem (ex. dimensão fractal, razão área/perímetro); (4) a textura (utilizada para dados contínuos) e (5) a conectividade entre manchas (TURNER e GARDNER, 2015).

Foram escolhidas métricas que representam componentes relacionados à resiliência ecológica de sistemas (área, complexidade de forma, fragmentação e diversidade), partindo do princípio que unidades de paisagem menores, com forma mais complexa, fragmentados e menos diversos são menos resistentes à alterações e pressões externas .

Os cálculos de métricas de paisagem foram realizados através das equações descritas no “software” FRAGSTATS (MCGARIGAL *et al.*, 2012) e implementadas em R no pacote “landscapemetrics” (HESELBARTH *et al.*, 2018).

Para representar a área das classes, foi utilizado o percentual da área total (PLAND) para cada ZEM. O índice que melhor representou a complexidade de forma e grau de agregação das zonas foi o “Normalized Landscape Shape Index” (NLSI), que fornece uma medida de agregação através da razão entre superfície e perímetro para a classe como um todo. O cálculo é feito através da equação 4, onde “e” é o perímetro da classe “i”, “min (e)” é o menor perímetro possível para a classe “i” (forma quadrada) e “max (e)” é o maior perímetro possível para a classe (forma mais complexa possível).

$$nLSI = \frac{e_i - \min(e_i)}{\max(e_i) - \min(e_i)} \quad (4)$$

Para analisar a diversidade no nível de classes foi utilizado o Índice de Justaposição e Interpersão (“Interpersion and Juxtaposition Index” - IJI), que representa o grau de mistura entre as manchas com manchas pertencentes a outras classes e fornece um indicador do contexto (análise de vizinhança) ao qual determinada classe pertence. O cálculo do IJI se deu de acordo com a Equação 5, onde  $e_{ik}$  é o comprimento (m) das bordas entre manchas de paisagem i e k, E é o comprimento total de bordas na paisagem e m é o número de manchas (classes) apresentadas no sistema total em análise.

$$IJI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left[ \left( \frac{e_{ik}}{E} \right) \times \ln \left( \frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln \left( 0.5 [m(m-1)] \right)} \quad (5)$$

As as três métricas de paisagem selecionadas (PLAND, NLSI e IJI) retornam valores na mesma escala, entre 0 e 100, portanto não foi necessário a padronização destes valores para agregação. O Índice de Resiliência (IR) foi calculado através da sobreposição dos resultados das três métricas de paisagem descritas anteriormente (Equação 6). É importante notar que como o índice de forma e fragmentação (NLSI) é inversamente proporcional à resiliência de sistemas, ele foi subtraído da soma das demais métricas. O IR foi posteriormente transformado para valores entre 0 e 1 através de uma função linear simples, levando em consideração os valores máximo (200) e mínimo (-100) possíveis de se obter.

$$IR = PLAND + IJI - NLSI \quad (6)$$

#### 6.2.4. Definição de áreas prioritárias para gestão

O Índice de Resiliência Total (IRT) foi calculado através da soma simples do IR no compartimento bentônico e pelágico (Equação 7) e posterior normalização para valores entre 0 e 1.

$$IRT = IR_{ZEB} + IR_{ZEP} \quad (7)$$

O Índice de Diversidade de Usos (IDU) foi calculado pela contagem dos usos sobrepostos para cada “pixel” da área de estudo (Equação 8) e a normalização para valores entre 0 e 1.

$$IDU = N^{\circ} \text{ de usos distintos} \quad (8)$$

O Índice de Prioridade para a Gestão (IPG) foi calculado através da subtração entre Índice de Diversidade de Usos (IDU) e o Índice de Resiliência Total (IRT) (Equação 9), resultando em valores maiores quando a prioridade de gestão é maior, uma vez que áreas com maior diversidade de usos e menor resiliência podem ser consideradas prioritárias para a gestão.

$$IPG = IDU - IRT \quad (9)$$

### 6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

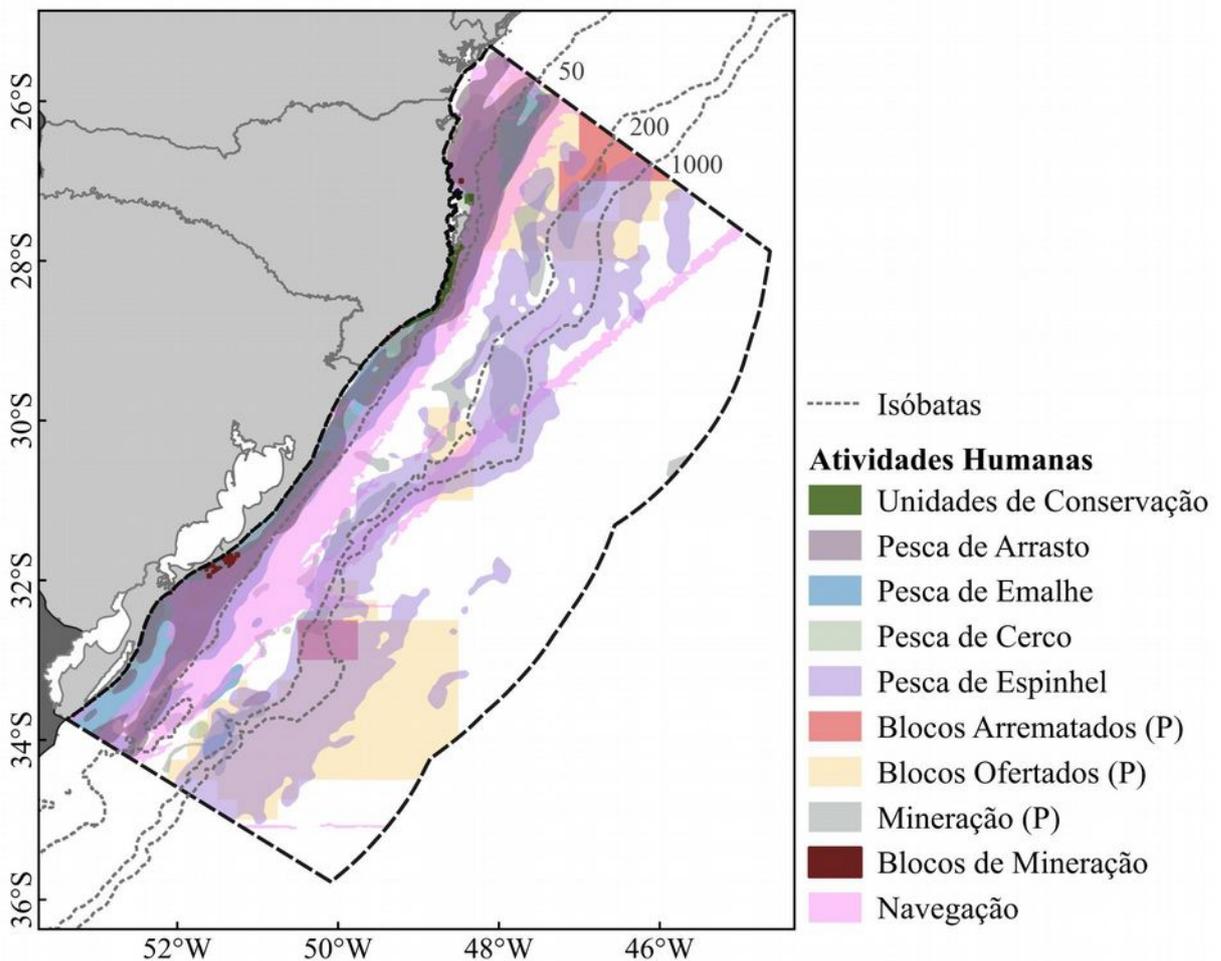
#### 6.3.1. Usos e atividades humanas

A Zona Econômica Exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB), quando comparada com outras áreas do país (ex. Bacia de Campos), não pode ser considerada como uma área densamente utilizada, quando consideradas as atividades analisadas (pesca industrial, navegação, mineração e extração de petróleo e gás) e a escala espacial (que não permite uma análise das atividades mais costeiras). Entretanto, quando consideramos os usos e atividades atuais (pesca e navegação) e potenciais (mineração e extração de óleo e gás), nota-se que ocorre ou é prevista a utilização da maior parte da ZEESB, com grande sobreposição entre usos e atividades, alguns potencialmente conflitantes (Figura 22).

As principais atividades humanas atualmente em desenvolvimento na ZEESB são a pesca industrial e a navegação, sem levar em consideração as atividades estritamente costeiras (ex. turismo, esportes náuticos). Quatro dos principais portos brasileiros se encontram na ZEESB (Paranaguá, Rio Grande, Itajaí e São Francisco do Sul). Esta também é uma das áreas de pesca mais importantes do Brasil (HAIMOVICI *et al.*, 1997), com capturas que

representavam em 1994 aproximadamente metade do total da pesca industrial nacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1995) e cerca de 20% do faturamento total nacional com recursos pesqueiros marinhos em 2007 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007b). Em 2011, foram extraídas cerca de 160 mil toneladas de recursos pesqueiros marinhos na região Sul do Brasil, representando quase 30% do total nacional (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2011).

Figura 22: Mapa de usos e atividades humanas na Zona Econômica Exclusiva do Sul do Brasil. Atividades potenciais estão assinaladas com (P).



O grau de sobreposição entre os diferentes usos e atividades humanas na ZEESB pode ser visualizado através da tabela de contingência (Tabela 6), que representa o percentual de sobreposição para cada par de atividades.

Tabela 6: Percentual de sobreposição\* entre os usos e atividades na ZEESB.

	Mineração (Blocos)	Mineração (Potencial)	Petróleo (Potencial)	Petróleo (Arrematado)	Navegação	Cerco	Emalhe	Espinhel	Arrasto	Unidades de Conservação
Mineração (Blocos)		90	0	0	7	4	79	0	71	7
Mineração (Potencial)	1		15	4	34	3	41	37	33	0
Petróleo (Potencial)	0	7		0	14	3	9	49	9	0
Petróleo (Arrematado)	0	16	0		0	0	0	63	0	0
Navegação	0	16	15	0		13	39	12	35	1
Cerco	0	9	15	0	75		75	0	85	7
Emalhe	1	31	15	0	63	21		2	66	2
Espinhel	0	14	43	6	10	0	1		0	0
Arrasto	1	31	19	0	69	29	80	1		2
Unidades de Conservação	2	4	0	0	61	77	71	0	66	

110.643

\*Os valores de percentual abaixo da diagonal principal (em branco) se referem ao percentual de sobreposição em relação à área total da atividade nas linhas. Os valores acima da diagonal levam em consideração a área total das atividades nas colunas.

O percentual de sobreposição entre as áreas potenciais de mineração e três das quatro pescarias industriais é alto: Emalhe (41%), Espinhel (37%) e Arrasto (33%). Este percentual é ainda mais alto quando analisados os blocos de mineração em licenciamento, uma vez que 79% das áreas de mineração se sobrepõem à área da pesca de emalhe e 71% com a pesca de arrasto. Portanto, será necessária uma discussão entre atores representantes destes setores econômicos quando as atividades de mineração começarem a se desenvolver na ZEESB.

No setor de extração de petróleo e gás, há um potencial de conflito principalmente com a pesca de espinhel pelágico, com 63% de sobreposição da área dos blocos arrematados, e de 49% dos blocos ofertados nas rodadas de exploração.

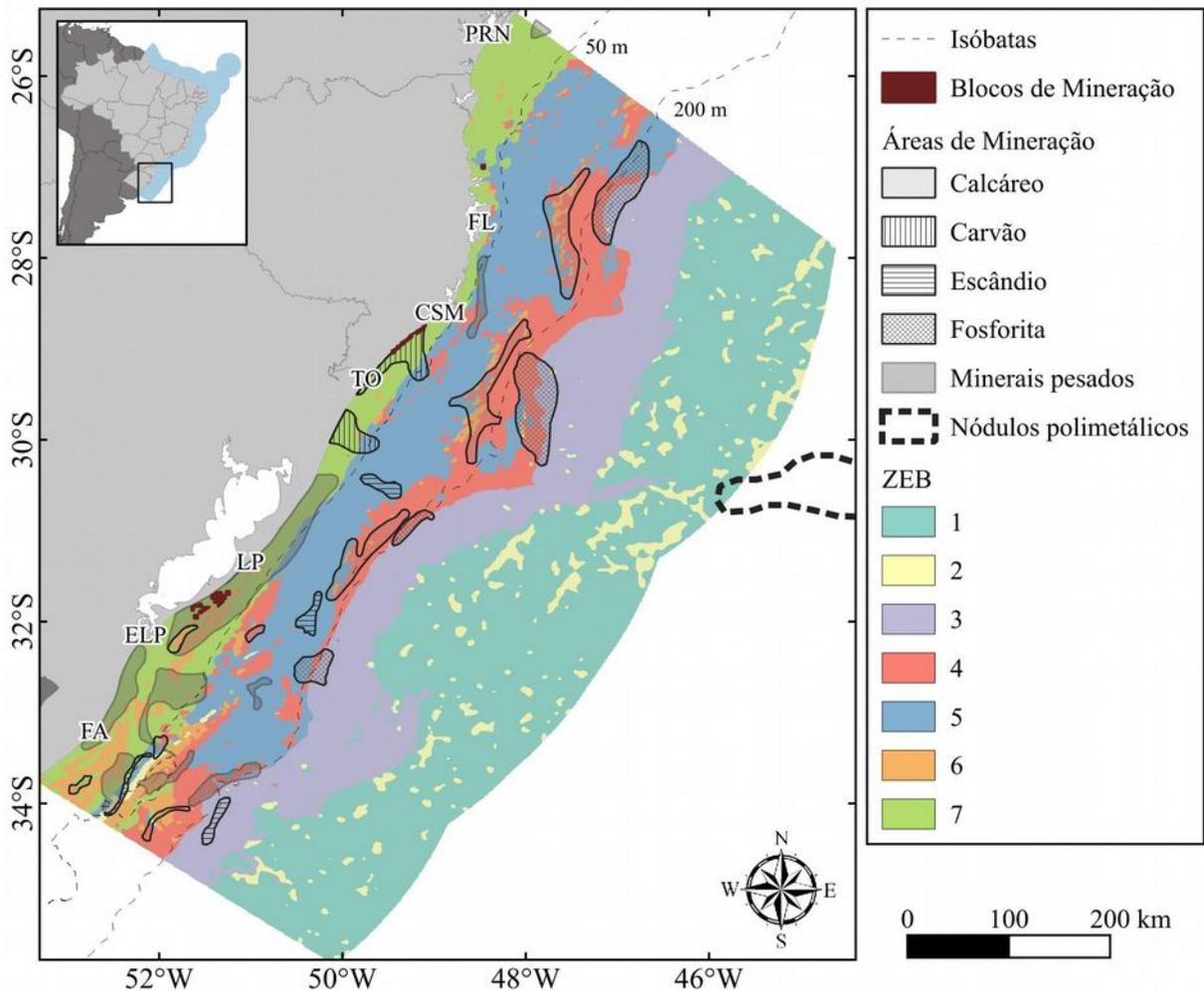
#### 6.3.1.1. Usos e atividades nas Zonas Ecológicas Bentônicas (ZEB)

##### 6.3.1.1.1. Mineração

A maior parte das áreas potenciais para mineração mapeadas na ZEESB está localizada na plataforma continental interna e externa, com exceção da exploração de nódulos polimetálicos, localizada na elevação continental. Os blocos de mineração em licenciamento encontram-se principalmente na ZEB7 (79%) e ZEB6 (19%), que são as zonas mais costeiras. Quando se leva em consideração as áreas potenciais para mineração, se destacam a ZEB7, responsável por 32% do total da área potencial para mineração e a ZEB4, com 26% (Tabela 7).

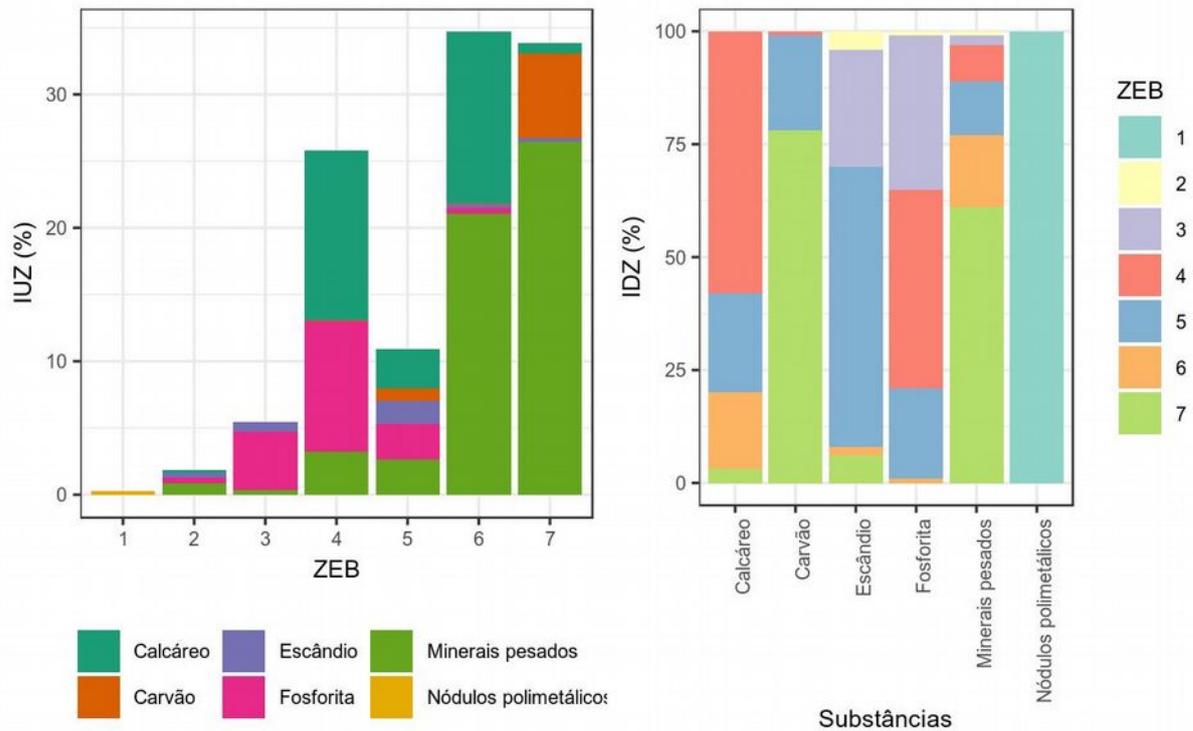
Souza (2010) divide as substâncias minerais de interesse econômico no mar em 4 classes: insumos para a construção civil (areia e cascalho), insumos para agricultura (carbonato de cálcio e fosforita), materiais não metálicos (não identificados na ZEESB) e materiais metálicos (ilmenita, rutilo, zircônio, monazita e nódulos polimetálicos). Grandes depósitos de minerais são encontrados na ZEESB na forma de depósitos prolongados e paralelos na plataforma interna do litoral médio (SOUZA, 2010) e sul do Rio Grande do Sul (Figura 23). Depósitos de carvão são encontrados na zona costeira entre Araranguá (Santa Catarina) e Tramandaí (Rio Grande do Sul) (CORRÊA, 2010). A distribuição dos depósitos de fosforitas está associada à quebra da plataforma continental do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e foram descritas de forma preliminar por Klein *et al.* (1992) e posteriormente, através de técnicas indiretas de hidroacústica, por Pinho *et al.* (2011).

Figura 23: Áreas potenciais e blocos de mineração sobrepostos às Zonas Ecológicas Bentônicas.



A Figura 24 mostra a participação de cada Zona Ecológica Bentônica (ZEB) nas áreas potenciais para mineração através do cálculo do Índice de Dependência da Zona (IDZ). As áreas potenciais para mineração de Carvão estão sobrepostas às ZEBs costeiras, com 78% da área na ZEB7 e 21% na ZEB5. A ZEB7 também é representativa para os minerais pesados (Ilmenita, Monazita, Zircônio e Rutita), representando 61% da área potencial para estes recursos, seguido pela ZEB6 (16%) e ZEB5 (12%). A ZEB4, localizada na quebra da plataforma continental, é importante para calcáreo e fosforita, representando 58% e 44% das áreas potenciais para estas substâncias, respectivamente. Áreas potenciais de mineração de fosforita também estão presentes na ZEB3 (34%) e ZEB5 (20%). Para escândio, a zona ecológica predominante é a ZEB5, que representa 65% da área potencial para esta substância, seguida pela ZEB3 (26%). Os nódulos polimetálicos estão presentes nas áreas mais profundas (ZEB1), porém a maior parte da área potencial para mineração desta substância está fora da ZEE.

Figura 24: Índice de Utilização (IUZ - esquerda) e de Dependência (IDZ - direita) das áreas potenciais para mineração em relação às Zonas Ecológicas Bentônicas.



Ao analisar Índice de Utilização das ZEB pela mineração (Figura 24, esquerda), vemos algumas zonas com grande utilização potencial para mineração, em especial as duas mais costeiras (ZEB6 e ZEB7), com quase 35% de sua área como potencial para mineração, seguidas pela ZEB4 (25%). A ZEB7 (plataforma interna com morfologia de fundos lisos, dominada por areia), possui grande área e, ainda assim grande sobreposição (33%). A ZEB4 é uma extensa área localizada na quebra da plataforma continental e tem grande potencial de mineração de fosforita, entretanto a presença dos corais de profundidade (KITAHARA *et al.*, 2009) faz com que esta seja uma zona sensível para a condução de atividades de mineração.

Com relação às áreas dos processos minerários (blocos de mineração), atualmente todos os polígonos na ZEESB (n = 25, área = 40.700 hectares) estão na fase de licenciamento para pesquisa. A maior área total está destinada à mineração de ilmenita (69%), seguido por carvão mineral (27%) e areia para construção civil (4%).

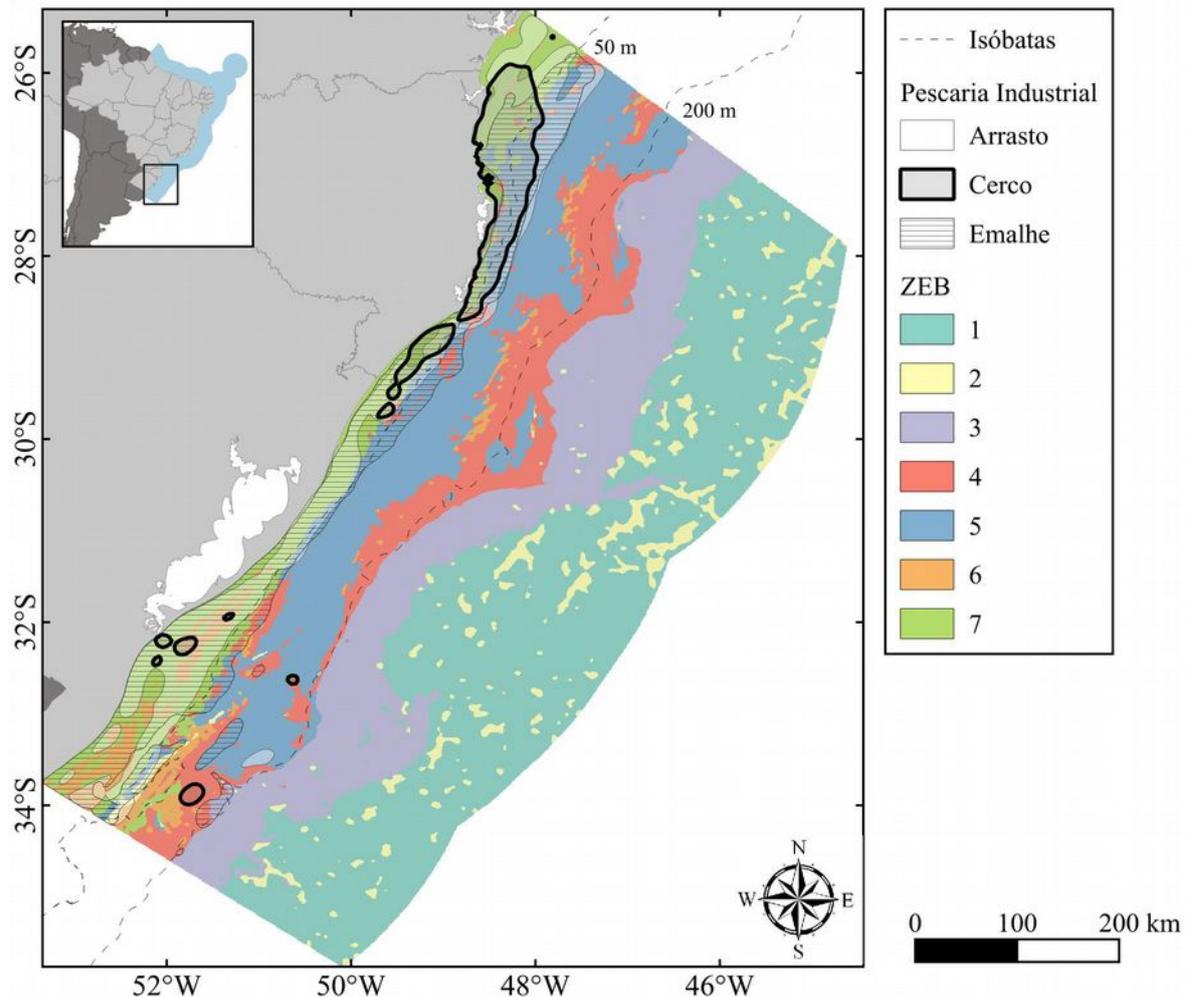
Todos os blocos em licenciamento para areia e carvão mineral se encontram na ZEB7, demonstrando a pressão que esta zona pode sofrer com a atividade no futuro. Já para ilmenita, os blocos se distribuem sobre a ZEB7 (predominante) e ZEB6, localizados próximo à localidade do Estreito, no município de São José do Norte, no litoral médio do RS. A

presença de cascalho e morfologia complexa que caracterizam a ZEB6 estão relacionadas aos parciais biogênicos, sendo, portanto preferível o desenvolvimento desta atividade na ZEB7, que é mais costeira e, portanto, de mais fácil acesso e exploração.

#### 6.3.1.1.2. Pesca Industrial Bentônica

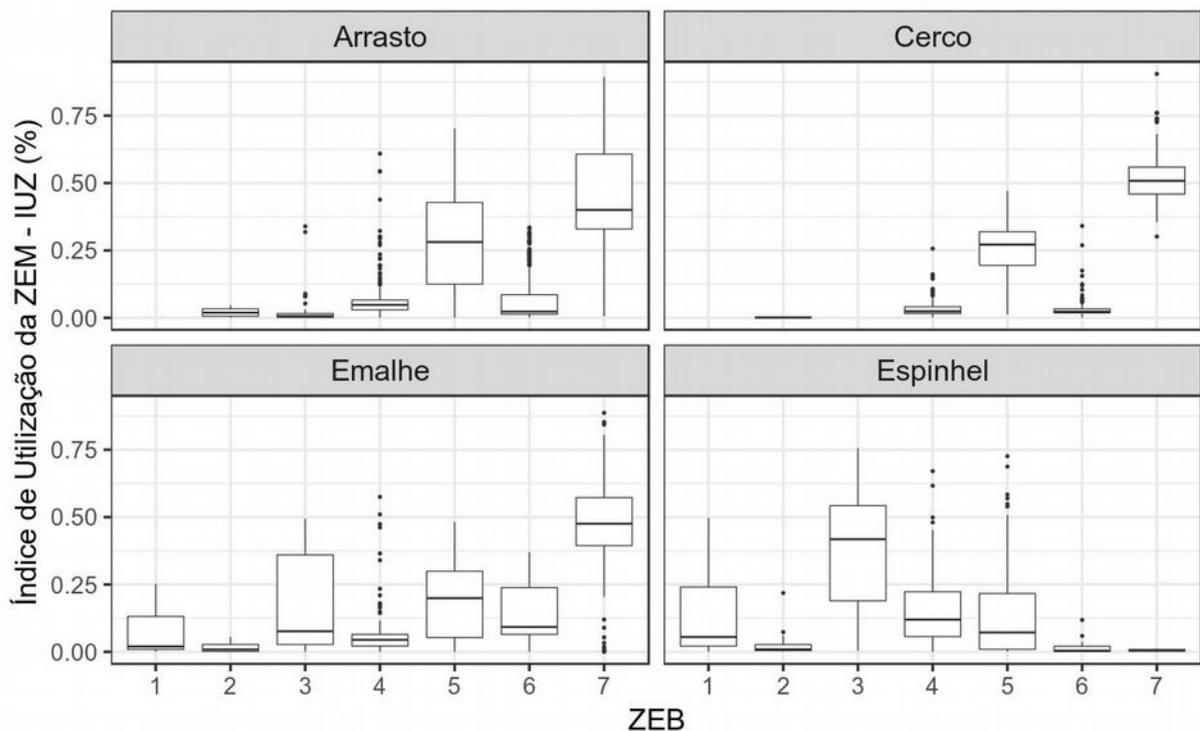
Os dados de pesca de arrasto analisados são provenientes de diferentes tipos de pesca: arrasto de parelha e arrasto de portas. A área de maior densidade de pesca de arrasto se localiza na plataforma continental interna, principalmente entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e o Chuí (Figura 25). Este mapa de utilização corrobora com HAIMOVICI *et al.* (2001), que descrevem a área de atuação do arrasto de parelhas (entre 80 e 100 m) e arrasto de portas (entre 30 e 120 m), ambos principalmente no setor entre o Chuí e a desembocadura da Lagoa dos Patos (DLP). Estes dois tipos de pescarias eram responsáveis por mais da metade do desembarque total de recursos demersais no Rio Grande do Sul (CEPERG/IBAMA, 2005).

Figura 25: Mapa da sobreposição entre a pesca industrial e as Zonas Ecológicas Bentônicas.



Quando analisadas a importância de cada Zona Ecológica Bentônica (ZEB) para as diferentes modalidades de pesca, verificamos diferença significativa (Teste de Kruskal-Wallis,  $\rho < 0,05$ ) entre os valores de Índice de Utilização (IUZ) para cada ZEB em todas as modalidades (Figura 26). Para o arrasto, as ZEBs mais utilizadas são a ZEB5 e ZEB7. A ZEB6 é significativamente menos utilizada pela frota de arrasto de fundo (Teste de Wilcoxon Pareado), apesar de estar na mesma faixa de profundidade das anteriores. Esta diferença pode ser explicada à alta concentração de cascalho nesta zona, relacionada à parcéis biogênicos, que dificultam este tipo de operação de pesca.

Figura 26: Diagramas de caixa (boxplots) do IUZ por embarcação de pesca em Zonas Ecológicas Bentônicas.

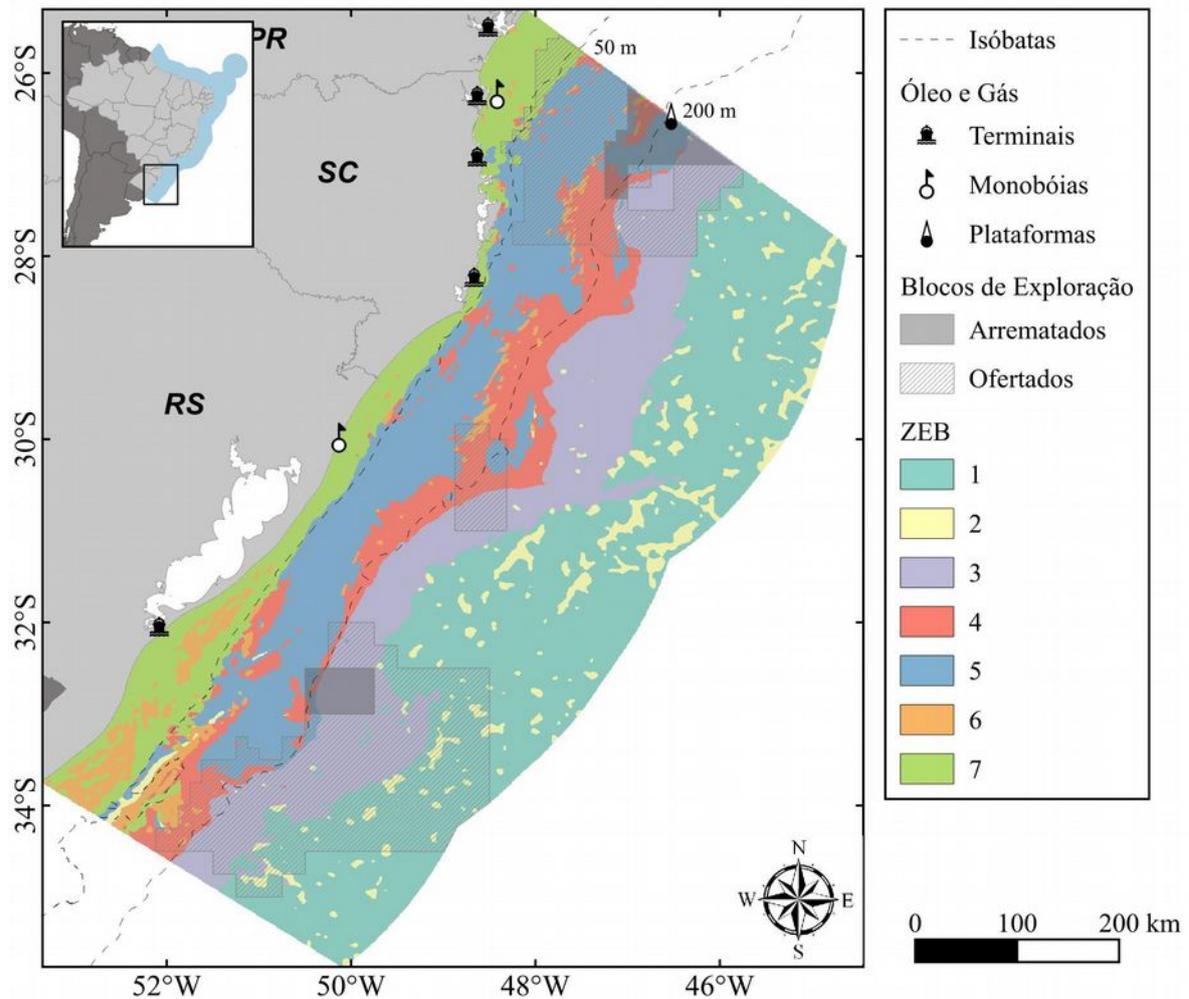


### 6.3.1.1.3. Exploração de Petróleo e Gás

Os blocos de exploração de petróleo e gás estão localizados principalmente no talude e elevação continental na porção sul da ZEESB, e na porção norte na plataforma externa e talude (Figura 27). A maior parte dos blocos arrematados estão localizados próximos à plataforma existente (FPSO Cidade de Itajaí), no norte da ZEESB, na ZEB5 e ZEB3 prioritariamente. Entretanto, alguns blocos foram arrematados nas proximidades do Cone do Rio Grande, sobre a ZEB3. Embora a ZEB3 tenha se apresentado como a mais representativa para a atividade de exploração de petróleo e gás, todas as zonas bentônicas possuem pelo

menos uma pequena área de blocos de petróleo. Entretanto, como foram utilizados os blocos de todas as rodadas da ANP desde 1998, sugere-se, em trabalhos futuros, checar quais blocos ainda podem ser licitados, eliminando aqueles que tem baixa probabilidade de serem licitados nas próximas rodadas.

Figura 27: Blocos de exploração de petróleo (ofertados e arrematados), plataformas e infraestrutura costeira de apoio à atividade de exploração de óleo e gás.



#### 6.3.1.1.4. Integração dos usos e atividades nas Zonas Ecológicas Bentônicas

O Índice de Dependência das Zonas Ecológicas Bentônicas (IDZ) quantifica o percentual da área total de cada atividade que está sobreposto a cada zona ecológica. De forma geral, a ZEB que teve maior importância para os usos e atividades analisados foi a ZEB6, predominante em 6 usos: mineração (blocos em licenciamento e potencial) e pesca (arrasto, emalhe e cerco) e Unidades de Conservação (Tabela 7). Três modalidades de pesca analisadas se mostraram altamente dependentes da ZEB6, uma vez que 58% da área total da

pesca de Cerco, 57% da pesca de Arrasto 48% da de Emalhe se desenvolvem nesta zona ecológica. A ZEB6 tem aproximadamente 68% da sua área utilizada pelo arrasto de fundo, destacando a pressão desta atividade nesta ZEB (Tabela 8).

Tabela 7: Índice de Dependência das Zonas Ecológicas Bentônicas.

	Mineração (Blocos)	Mineração (Potencial)	Petróleo (Potencial)	Petróleo (Arrematado)	Navegação	Cerco	Emalhe	Espinhel	Arrasto	Unidades de Conservação
ZEB1	0	1	28	0	3	0	0	13	0	0
ZEB2	0	1	3	0	1	0	1	2	1	0
ZEB3	0	10	34	40	9	0	1	49	0	0
ZEB4	0	26	12	18	11	6	6	23	3	3
ZEB5	1	20	20	40	44	32	32	12	29	6
ZEB6	19	10	1	1	7	4	12	1	10	7
ZEB7	79	32	3	0	24	58	48	0	57	83
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>424</b>	<b>41.959</b>	<b>96.760</b>	<b>11.248</b>	<b>90.307</b>	<b>15.678</b>	<b>55.583</b>	<b>110.643</b>	<b>45.433</b>	<b>1.776</b>

A análise do Índice de Utilização das Zonas Ecológicas (IUZ - Tabela 8) mostra que as zonas bentônicas costeiras são mais utilizadas, ultrapassando o dobro da sua área para a ZEB6 (256%) e ZEB7 (200%), seguidas pela ZEB5 (161%) e ZEB4 (151%). As modalidades de pesca costeira e navegação são as atividades com maior utilização das ZEB costeiras.

Tabela 8: Índice de Utilização das Zonas Ecológicas Bentônicas.

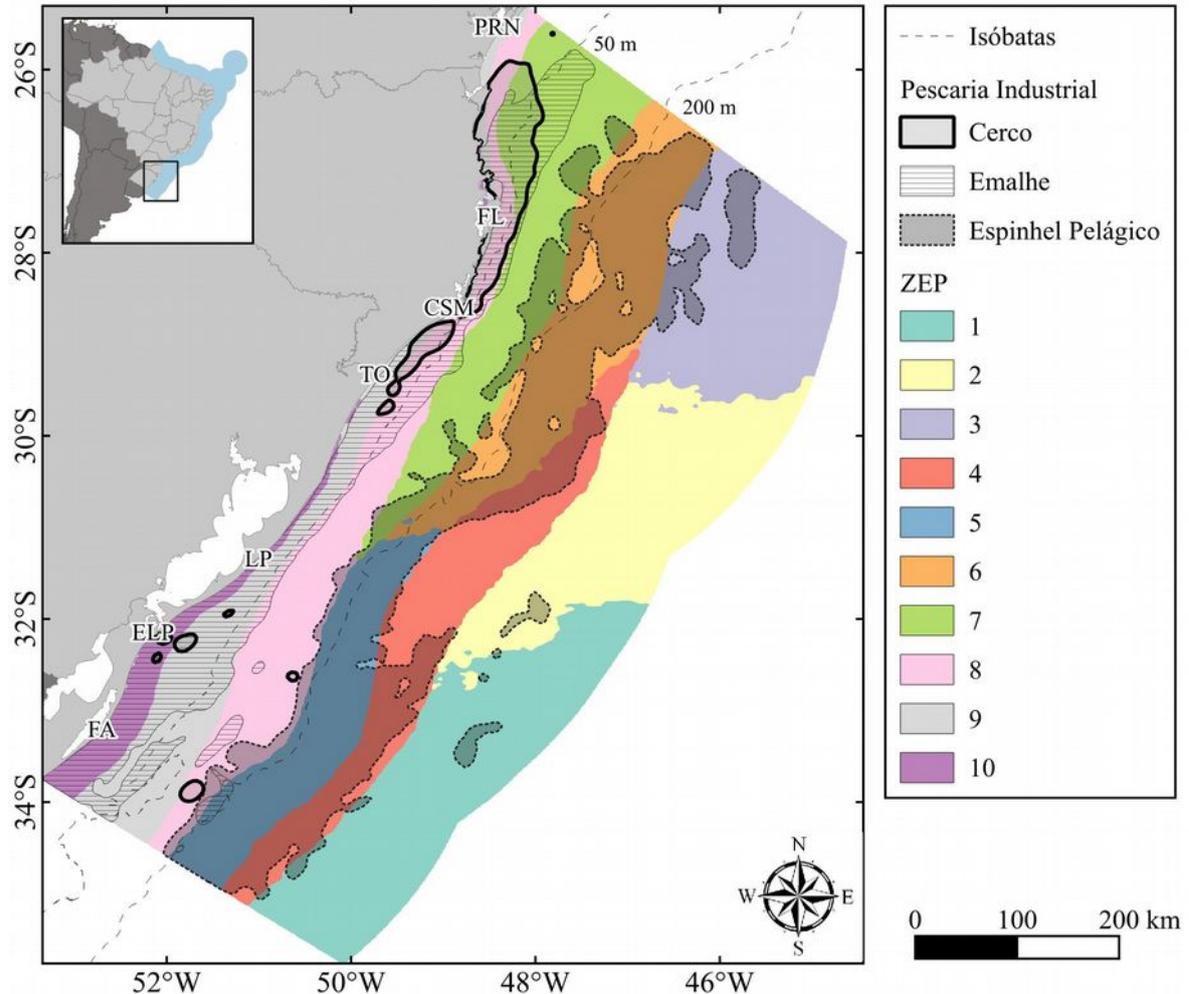
	Mineração (Blocos)	Mineração (Potencial)	Petróleo (Potencial)	Petróleo (Arrematado)	Navegação	Cerco	Emalhe	Espinhel	Arrasto	Unidades de Conservação	Total (%)	Área Total da ZEM (km <sup>2</sup> )
ZEB1	0	0	19	0	2	0	0	10	0	0	31	142.081
ZEB2	0	3	16	0	7	0	4	12	3	0	46	16.597
ZEB3	0	5	42	6	11	0	1	69	0	0	133	78.678
ZEB4	0	25	27	5	22	2	8	59	3	0	151	42.918
ZEB5	0	11	25	6	53	7	24	18	18	0	161	75.095
ZEB6	1	35	8	1	53	5	54	7	35	1	200	12.409
ZEB7	1	33	8	0	56	22	67	1	65	4	256	39.783

### 6.3.1.2. Usos e Atividades nas Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP)

#### 6.3.1.2.1. Pesca Industrial Pelágica

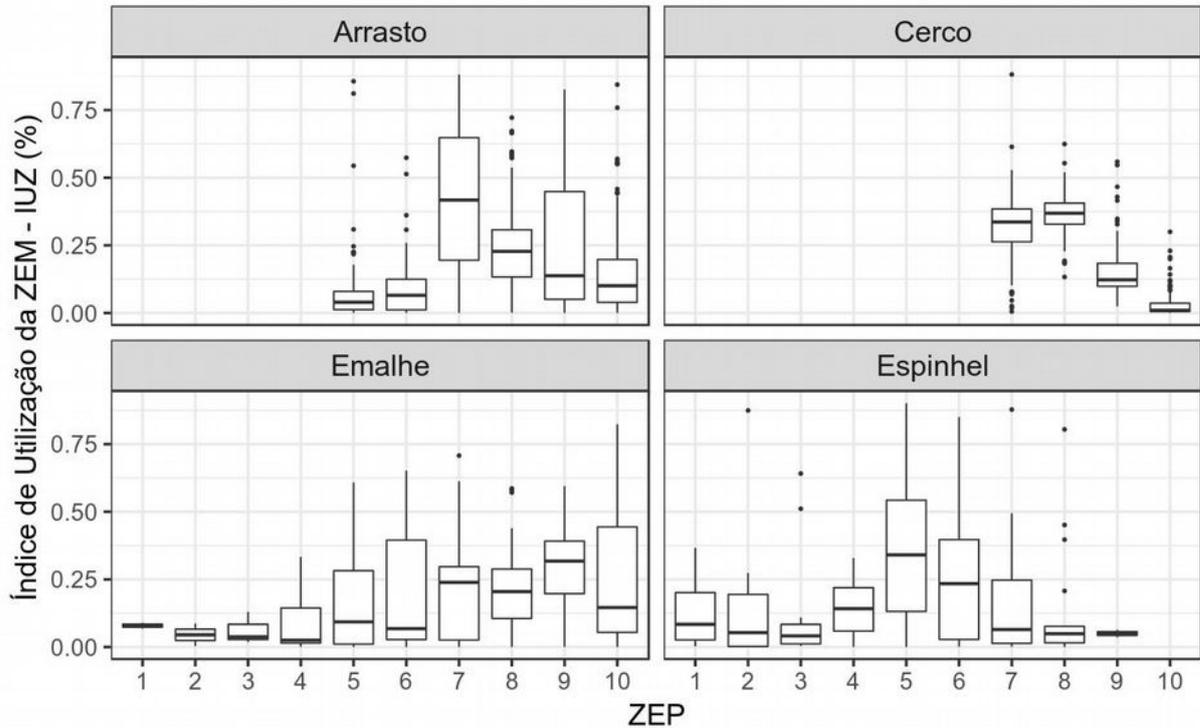
Para as pescarias pelágicas analisadas, há sobreposição espacial entre as modalidades de Cerco e Emalhe. A pesca de Cerco se distribui principalmente na área mais costeira (até 50 m de profundidade) ao longo de Santa Catarina e nas proximidades da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 28). Já a pesca de Emalhe ocupa uma área maior ao longo em profundidades até 70 metros, ao longo dos três estados do Sul do Brasil. A pesca de Espinhel Pelágico não se sobrepõe às duas anteriores, se distribuindo ao longo de plataforma externa e talude, em profundidades entre 150 e 3200 metros.

Figura 28: Distribuição espacial das pescarias industriais sobrepostas às Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP).



Foi detectada diferença significativa do Índice de Utilização (Teste de Kruskal-Wallis) entre as ZEPs para todas as modalidades pelágicas analisadas. No caso do arrasto de fundo, as ZEPs mais utilizadas são as costeiras (ZEP7 à ZEP10). A pesca de cerco se distribui principalmente na ZEP7 e ZEP8, enquanto o emalhe de superfície na ZEP8, ZEP9 e ZEP10. Já o espinhel está associado principalmente às ZEP5 e ZEP6, localizadas sobre o talude e elevação continental (Figura 29).

Figura 29: Diagramas de caixa (boxplots) do IUZ das embarcações pesqueiras em Zonas Ecológicas Pelágicas.

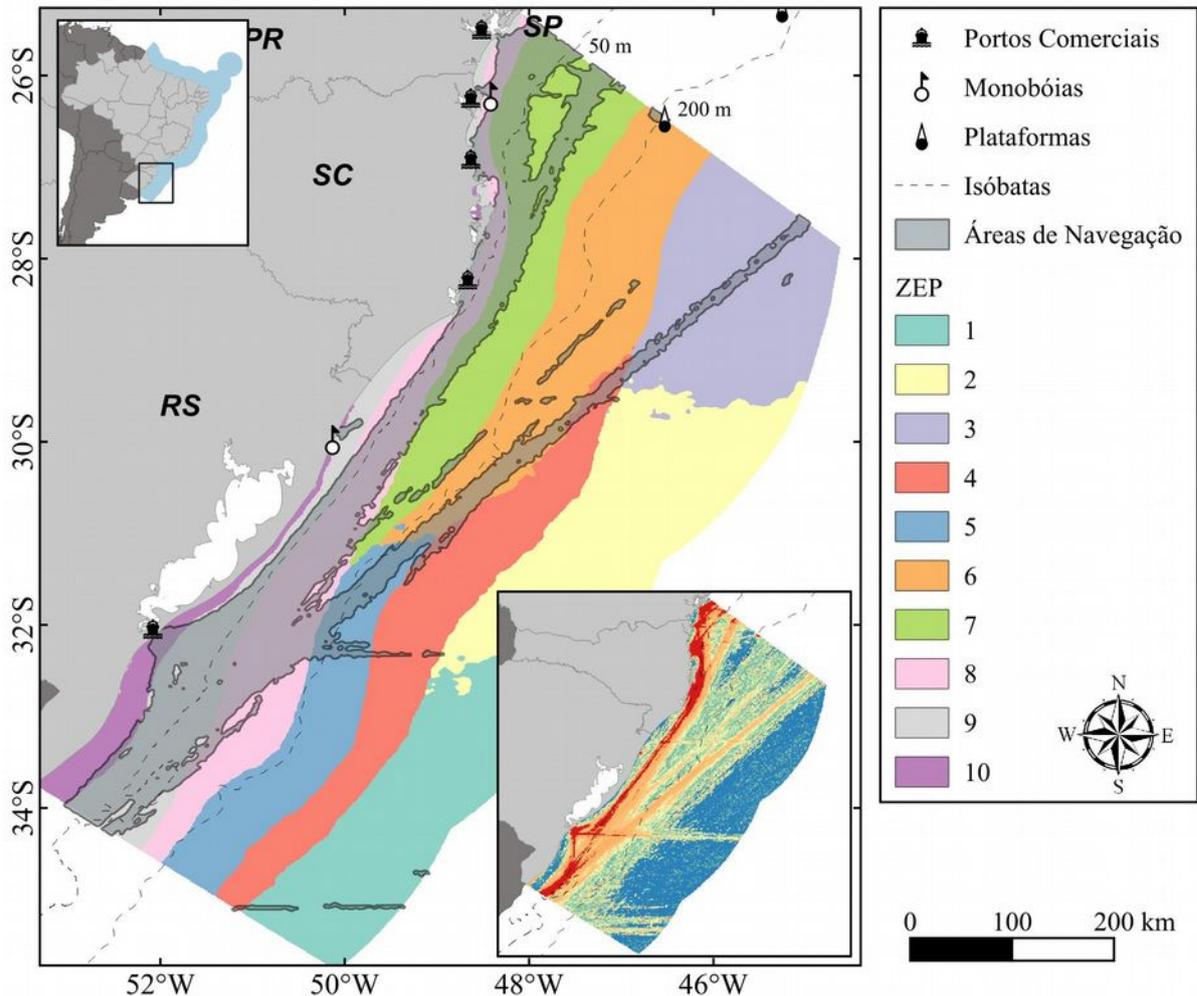


#### 6.3.1.2.2. Navegação

Dados de navegação provenientes do sistema AIS (“Automatic Identification System”) podem ser utilizados de diversas formas para subsidiar o PEM, como para identificar as faixas de navegação (“shipping lanes”), para identificar interações espaço-temporais entre usos ou para investigar as relações da densidade de navegação com estruturas em terra (WRIGHT *et al.*, 2019).

A área de maior densidade de navios está associada à presença dos portos e se alonga por toda plataforma interna da ZEESB (Figura 30). A densidade de navios é alta nas proximidades dos principais portos da região, resultando em um “hotspot” nas proximidades da desembocadura da Lagoa dos Patos (Porto de Rio Grande) e uma mancha mais extensa de alta densidade desde a Ilha de Santa Catarina (ISC) até Paranaguá (PAR).

Figura 30: Mapa da área mais intensamente utilizada para navegação e Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP). No detalhe, mapa de densidade de navios.



A plataforma interna é mais utilizada para navegação em toda a ZEESB. A atividade possui forte associação com a estrutura relacionada à produção de petróleo e gás (plataformas de exploração e monobóias). Ainda, é possível perceber faixas de navegação em águas profundas na área mais ao sul da ZEESB, de navios provenientes dos portos no Rio da Prata, bem como outra faixa importante de navios provenientes do Porto de Rio Grande em direção nordeste.

#### 6.3.1.2.3. Integração dos usos e atividades nas Zonas Ecológicas Bentônicas

A Zona Ecológica Pelágica que teve maior presença em relação aos usos e atividades humanas foi a ZEP9, zona pelágica costeira, com baixa profundidade da zona fótica e alta produção primária. Esta ZEP foi responsável pela maior parte da área para os blocos de mineração (51%), áreas potenciais para mineração (30%), pesca de emalhe (36%) e arrasto

(37%), como pode ser verificado na Tabela 9. As áreas destinadas às Unidades de Conservação se distribuem apenas na ZEP9 (54%) e ZEP8 (46%).

Tabela 9: Índice de Dependência das Zonas Ecológicas Pelágicas.

	Mineração (Blocos)	Mineração (Potencial)	Petróleo (Potencial)	Petróleo (Arrematado)	Navegação	Cerco	Emalhe	Espinhel	Arrasto	Unidades de Conservação
ZEP1	0	0	22	0	1	1	0	2	1	0
ZEP2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
ZEP3	0	0	4	2	4	0	0	7	0	0
ZEP4	4	1	17	1	3	1	1	18	1	0
ZEP5	0	8	17	32	5	0	1	26	0	0
ZEP6	0	26	13	53	6	0	0	34	0	0
ZEP7	0	12	22	10	22	35	19	8	28	0
ZEP8	4	12	4	2	33	46	25	4	23	46
ZEP9	51	30	0	0	24	14	36	0	37	54
ZEP10	40	10	0	0	2	2	17	0	10	0
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>424</b>	<b>41.959</b>	<b>96.760</b>	<b>11.248</b>	<b>90.307</b>	<b>15.678</b>	<b>55.583</b>	<b>110.643</b>	<b>45.433</b>	<b>1.776</b>

No talude, a ZEP que se destacou em relação ao Índice de Dependência das atividades humanas foi a ZEP6, responsável por 53% da área de blocos de exploração de petróleo arrematados e 34% da área da pesca de espinhel (Tabela 9).

Entretanto, quando analisamos o Índice de Utilização das ZEPs (Tabela 10), vemos que quase a totalidade da ZEP5 (talude, alta velocidade de corrente, baixa temperatura) é utilizada pela pesca de espinhel. A ZEP6 também é altamente utilizada pela pesca de espinhel pelágico (76%). A ZEP9 apresentou o maior índice de utilização total (239%), seguida pela ZEP10 (187%) e ZEP7 (175%), todas localizadas na plataforma continental.

Tabela 10: Índice de Utilização das Zonas Ecológicas Pelágicas.

	Mineração (Blocos)	Mineração (Potencial)	Petróleo (Potencial)	Petróleo (Arrematado)	Navegação	Cerco	Emalhe	Espinhel	Arrasto	Unidades de Conservação	Total (%)	Área Total da ZEM
ZEP1	0	0	38	0	2	0	0	4	1	0	45	55.475
ZEP2	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	5	51.295
ZEP3	0	0	8	1	7	0	0	17	0	0	33	46.644
ZEP4	0	1	39	0	6	0	1	47	1	0	96	41.223
ZEP5	0	11	58	12	16	0	2	99	0	0	199	29.000
ZEP6	0	22	25	12	10	0	0	76	0	0	146	49.921
ZEP7	0	10	43	2	40	11	22	19	26	0	175	48.588
ZEP8	0	11	9	0	67	16	31	9	24	2	169	44.763
ZEP9	1	40	0	0	70	7	64	0	53	3	239	31.329
ZEP10	2	37	1	0	18	3	84	2	41	0	187	10.996

### 6.3.2. Resiliência das Zonas Ecológicas Marinhas

Na ZEESB, as Zonas Ecológicas Bentônicas com maior fragmentação (Tabela 11) são a ZEB2, que é formada por montes submarinos da elevação continental (NLSI = 113), seguida pela ZEB7 (NLSI = 99,8), que representa feições côncavas e com alto percentual de cascalho, como parcéis biogênicos localizados na plataforma interna. Conectividade é uma componente central da resiliência ecológica e pode sustentar a capacidade de muitos ecossistemas de lidar com distúrbios (CUMMING, 2011; BERNHARDT e LESLIE, 2013; OLDS *et al.*, 2016).

Com relação ao Índice de Justaposição e Interpersão (IJI), a ZEB4 (quebra da plataforma) é a classe com maior interface com outras zonas (IJI=65,4), seguida pela ZEB7 (IJI = 63,7) e ZEB3 (IJI = 63). TEIXIDÓ *et al.* (2002) analisaram comunidades bentônicas na Antártica e encontraram correlação entre o estágio de sucessão ecológica destas comunidades e o IJI, verificando que comunidades em estágio avançado apresentaram valores mais elevados deste índice em relação à comunidades em estágios iniciais.

Tabela 11: Zonas Ecológicas Bentônicas, métricas da paisagem e Índice de Resiliência (IR).

Zona Ecológica Bentônica	Descrição	% de Área	IJI <sup>35</sup>	NLSI <sup>36</sup>	IR
ZEB1	Elevação continental plana	36%	32,4	17,6	0,50
ZEB2	Feições morfológicas convexas na elevação continental. Montes submarinos.	4%	34,2	113,0	0,08
ZEB3	Porção inferior do talude (Prof. entre 500 e 2000 m)	19%	63,0	14,9	0,55
ZEB4	Quebra da plataforma, alto percentual de areia e ocorrência de cascalho. Feições convexas (BPI positivo).	11%	65,0	49,2	0,42
ZEB5	Plataforma externa, com alta concentração de silte-argila. Feições planas e côncavas (BPI negativo).	18%	60,1	24,5	0,51
ZEB6	Plataforma interna com morfologia de fundos lisos dominado por areia.	9%	55,2	36,6	0,42
ZEB7	Plataforma interna como morfologia complexa, alta rugosidade, dominado por areia e com presença de cascalho.	3%	63,7	99,8	0,22

O paradigma da ecologia de paisagem tem sido utilizado no estudo de sistemas costeiros (PITTMAN *et al.*, 2011) e marinhos bentônicos (WEDDING *et al.*, 2011; LECOURE *et al.*, 2015; ISMAIL *et al.*, 2018; PEREIRA e BONETTI, 2018), mas é pouco conhecido para processos e organismos nos sistemas pelágicos (MOORE *et al.*, 2011, 2016; JELINSKI, 2015). Avanços no sensoriamento remoto e modelagem dinâmica espacial permitem que atualmente se aplique técnicas de ecologia de paisagem para o domínio pelágico, sendo que a utilização de métricas de estrutura de paisagem para explicar a distribuição de espécies e padrões de biodiversidade em relação ao ambiente biofísico é vista como uma área de pesquisa emergente (SCALES *et al.*, 2018). Assim como no ambiente terrestre, no domínio pelágico a paisagem pode ser considerada como um mosaico de manchas (JELINSKI, 2015; SCALES *et al.*, 2018) e muito da heterogeneidade estrutural destes ambientes é modulado pela interação entre os movimentos de massas de água e a morfologia bentônica (SCALES *et al.*, 2018). Áreas de maior heterogeneidade e bordas entre

35 Interspersion and Juxtaposition Index (IJI) se refere à mistura de manchas em uma classe, com outras classes.

36 Normalized Landscape Shape Index (NLSI) é uma medida de agregação das zonas. Quanto maior o valor, mais fragmentada é a classe.

estas manchas são muitas vezes “hotspots” de alta produtividade (OLSON *et al.*, 1994; GARCIA *et al.*, 2004; BOST *et al.*, 2009; DRAGON *et al.*, 2010; SCALES *et al.*, 2014).

De uma forma geral, as Zonas Ecológicas Pelágicas (ZEP) são maiores, mais bem distribuídas e menos fragmentadas que as zonas bentônicas, uma vez que o domínio pelágico é mais dinâmico e difuso que o bentônico. A distribuição da área de cada ZEP também foi mais homogênea do que das ZEB, e 7 das 10 ZEP representaram cada uma mais que 10% da área total da ZEESB, com maior área atribuída àquelas localizadas na elevação continental: ZEP1 (14%), ZEP2 (12%) e ZEP4 (10%). A menor área (3%) e maior fragmentação (NLSI = 35,8) e conseqüentemente menor Índice de Resiliência (IR) foi atribuída à ZEP10 (Tabela 3), localizada na área mais costeira ao sul da ZEESB, seguida pela ZEP9, que é costeira ao norte, mas se estende até o extremo sul sendo ao largo da ZEP10. Todas as ZEP apresentaram valores próximos nas métricas de paisagem, levando a índices de resiliência muito semelhantes.

Tabela 12: Zonas Ecológicas Pelágicas, métricas de paisagem e Índice de Resiliência (IR)

Zona Ecológica Pelágica	Descrição	% de Área	IJI	NLSI	IR
ZEP1	Elevação continental com baixa temperatura superficial e baixa velocidade de corrente.	14%	31,4	7,3	0,46
ZEP2	Elevação continental com alta temperatura, alta radiação fotossinteticamente ativa e baixa velocidade de corrente.	13%	49,8	8,5	0,51
ZEP3	Elevação continental com alta temperatura superficial e alta radiação fotossinteticamente ativa.	11%	41,1	6,2	0,49
ZEP4	Elevação continental, com baixa temperatura e média velocidade de correntes.	10%	66,9	11,6	0,55
ZEP5	Talude Sul. Alta velocidade de corrente, baixa temperatura e baixa salinidade.	8%	48,7	10,7	0,49
ZEP6	Talude Norte. Alta concentração de nutrientes e baixa profundidade da camada de mistura. Alta temperatura.	12%	55,5	8,5	0,52
ZEP7	Plataforma externa norte. Alta penetração de luz.	11%	37,0	9,2	0,46
ZEP8	Plataforma externa com baixa penetração de luz e baixa concentração de clorofila.	11%	46,9	14,0	0,48
ZEP9	Plataforma interna com baixa profundidade da zona fótica e média concentração de clorofila	8%	29,9	20,6	0,39
ZEP10	Plataforma interna sul. Baixa profundidade da zona fótica e alta concentração de clorofila	3%	0,0	35,8	0,22

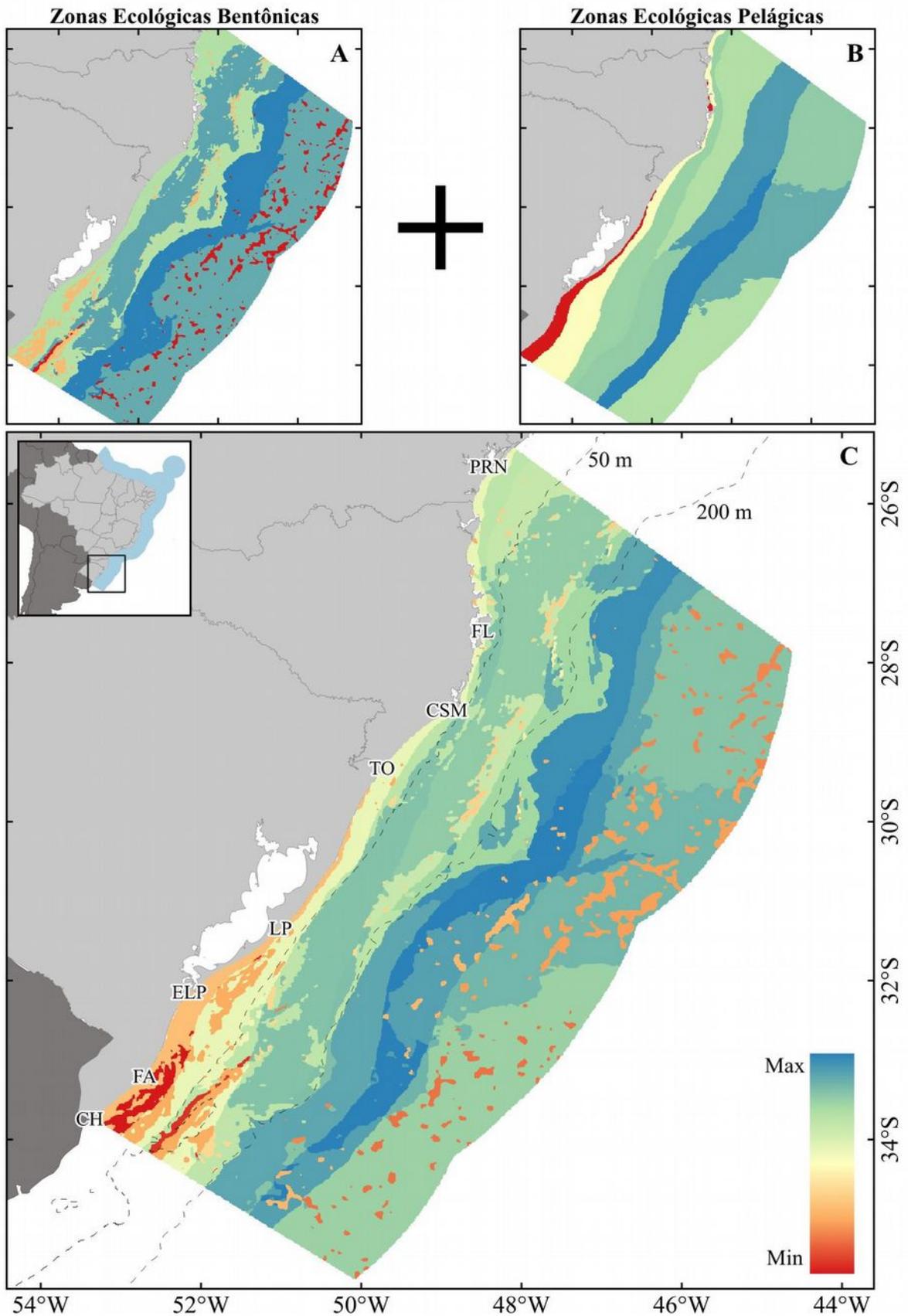
A estruturação vertical das propriedades da coluna d'água (tridimensionalidade) é talvez a feição-chave que distingue ecossistemas pelágicos em comparação com ecossistemas de biomas terrestres (SCALES *et al.*, 2018). As métricas de paisagem podem ser utilizadas também para descrever as estruturas verticais no ambiente pelágico. Sayre *et al.* (2017) propuseram uma metodologia de particionamento vertical e horizontal dos oceanos, fazendo uso de alguns dos descritores utilizados neste trabalho e técnicas de “cluster” hierárquico em estratos de profundidade variáveis. Entretanto, devido à escassez de dados na coluna d'água, a estruturação vertical do ambiente pelágico não faz parte do escopo deste trabalho, que utilizou dados de superfície para o mapeamento das Zonas Ecológicas Pelágicas, partindo do princípio de que dados superficiais são representativos da porção pelágica localizada acima da camada

de mistura. Ademais, considerou-se que a maior parte da biota e das atividades humanas na coluna d'água estão localizadas nas porções superiores do compartimento pelágico, podendo esta faixa de profundidade ser considerada prioridade no Planejamento Espacial Marinho.

O Índice de Resiliência (IR) calculado para as Zonas Ecológicas Marinhas na ZEESB, mostra que no compartimento pelágico (Error: Reference source not found - B) as ZEP mais costeiras são as menos resilientes (ZEP9 e ZEP10). Já no bentônico (Error: Reference source not found - A), os menores valores de IR estão associados aos montes submarinos em altas profundidades (ZEB2), seguido pelos parcéis representados pela ZEB7.

Ao integrar espacialmente os índices de resiliência para ZEB e ZEP, é possível visualizar que as áreas de menor resiliência se encontram na plataforma interna ao sul do Rio Grande do Sul (Figura 31 - C), nas proximidades do Farol do Albardão (FA), devido à sobreposição entre zonas de baixa resiliência nos dois compartimentos ZEB7 no bentônico e ZEP10 no pelágico. As manchas representadas pela ZEB2 (montes submarinos) também estão evidentes no mapa de índice de resiliência total, já que seu índice de resiliência calculado foi mínimo.

Figura 31: Mapas do Índice de Resiliência (IR) no compartimento bentônico (A), pelágico (B) e Índice de Resiliência Total (IRT – C).

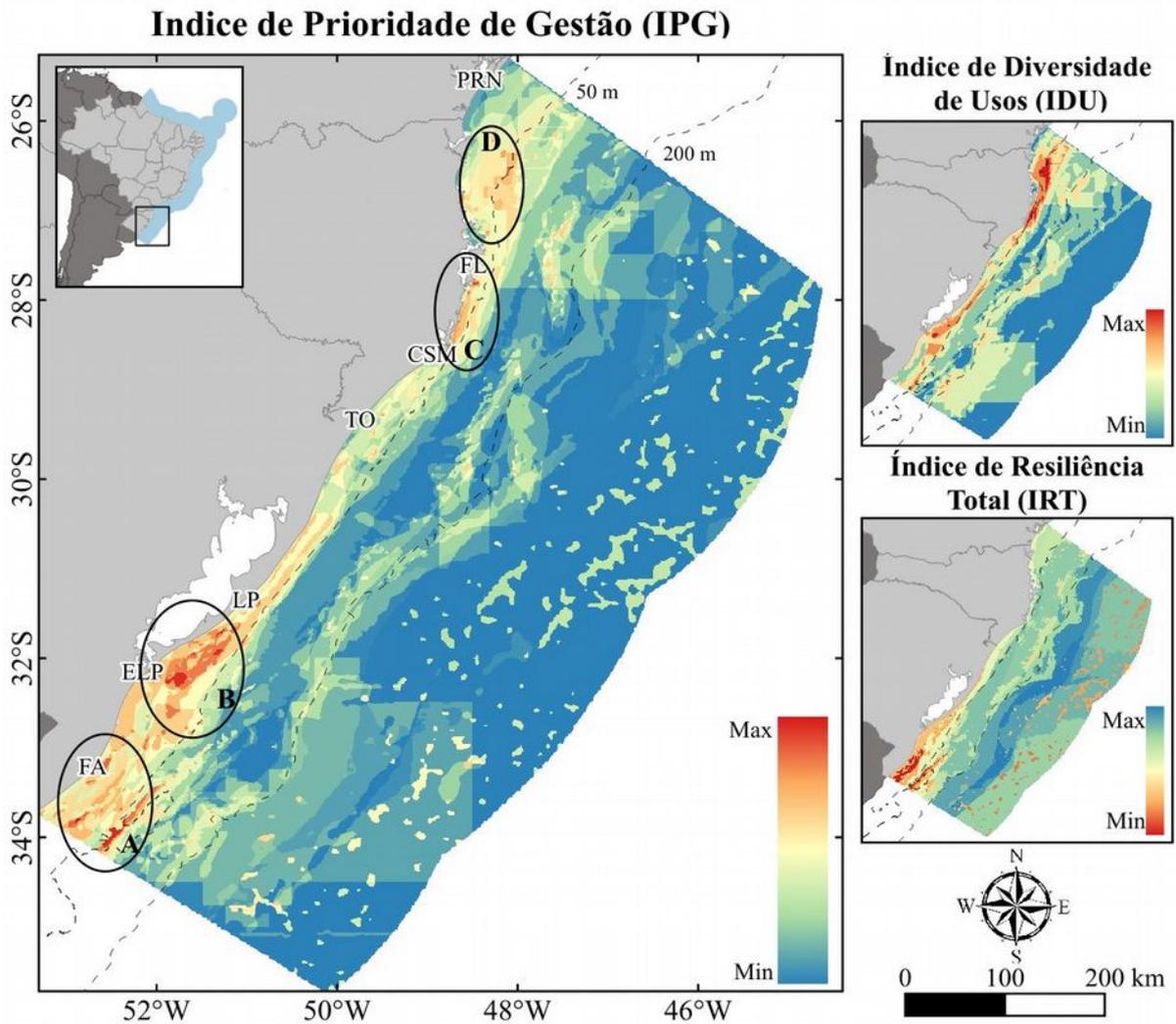


### 6.3.3. Áreas prioritárias para a gestão

Este trabalho apresentou dois índices principais, agregados para os compartimentos bentônico e pelágico: o Índice de Resiliência Total (IRT) e o Índice de Diversidade de Usos (IDU). As áreas prioritárias para a gestão foram definidas com base na sobreposição destes dois índices, partindo do princípio que os locais com maior diversidade de usos (IDU) e menor resiliência ecológica (IRT) são prioritários para a gestão.

As áreas costeiras apresentaram, de maneira geral, maior prioridade de gestão (Figura 32), uma vez são as áreas mais intensamente utilizadas na ZEESB, além de possuírem alta diversidade de habitats. Na plataforma interna (até 50 m), os resultados apontam para quatro áreas prioritárias para gestão: (a) o setor nos entornos do Farol do Albardão (FA), (b) as proximidades da desembocadura da Lagoa dos Patos (ELP), (c) o trecho entre o Cabo de Santa Marta (CSM) e Florianópolis e (d) a plataforma interna ao norte de Florianópolis (FL).

Figura 32: Mapa das áreas prioritárias para a gestão.



### A) Albardão

O setor nas proximidades do Farol do Albardão foi identificado como uma área prioritária para a gestão devido à diversidade de atividades humanas e ao baixo Índice de Resiliência tanto no estrato bentônico (ZEB6 e ZEB7) quanto no pelágico (ZEP10). A bibliografia o aponta como um local de alta relevância biogeográfica, ecológica e econômica, decorrente da sua heterogeneidade de feições e topografia subaquosa, que promovem o aumento da produção primária costeira e sustenta abundância e diversidade de recursos pesqueiros (MATTOS e FERREIRA, 2018). A análise de dados de encalhes de tartarugas marinhas (MONTEIRO *et al.*, 2016) e de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) (FERREIRA *et al.*, 2010) apontam este setor como um dos “hotspots” de mortalidade destes animais no Rio

Grande do Sul. Também é importante como berçário de elasmobrânquios (VOOREN e KLIPPEL, 2005) e indicado como extremamente importante para a conservação segundo o mapeamento de Áreas Prioritárias para Conservação, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2007 e atualizada em 2018<sup>37</sup>.

A criação de uma Unidade de Conservação marinha (ou mosaicos de UCs e áreas de exclusão de pesca) nos entornos do Albardão foi proposta em diversas ocasiões (VOOREN e KLIPPEL, 2005; MATTOS e FERREIRA, 2018) e recentemente (2017) foi feita a seleção de consultoria para levantar e compilar dados para criação de uma UC, dentro do contexto do projeto Áreas Marinhas Protegidas (GEF Mar).

Portanto, os resultados gerados neste trabalho, com o uso exclusivo de descritores físicos e de atividades humanas corroboram com trabalhos anteriores que apontam este setor como prioritário para a gestão.

### **B) Desembocadura da Lagoa dos Patos**

A área de entorno da desembocadura da Lagoa dos Patos se distribui desde a desembocadura propriamente dita até o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Esta área é prioritária para a gestão devido, principalmente, à diversidade e intensidade de atividades humanas. Das atividades econômicas analisadas neste trabalho, três modalidades de pesca se desenvolvem ali com intensidade, assim como a navegação comercial, devido ao acesso ao Porto de Rio Grande. Além disto, existem duas áreas potenciais de mineração de minerais pesados na área costeira ao norte e ao sul da desembocadura, além de uma área potencial para mineração de calcário. Ainda relacionado à mineração, existem 14 blocos de mineração de Ilmenita em fase de licenciamento a cerca de 45 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos. Este setor apresentou baixo Índice de Resiliência (IR), com a ocorrência da ZEB7 (2º menor IR) e ZEB6 (3º), associados à ocorrência da ZEP10, que possui o menor IR no estrato pelágico (Figura 31).

Os índices de mortalidade de golfinhos (*Tursiops truncatus*) numa faixa de até 10 km da desembocadura da Lagoa dos Patos é cerca de cinco vezes maior que no restante da costa do Rio Grande do Sul (FRUET *et al.*, 2012), trecho também apontado como “hotspot” de encalhes das duas espécies de tartarugas-marinhas mais comuns na ZEESB (MONTEIRO *et al.*, 2016).

---

37 <http://areasprioritarias.mma.gov.br/>

É importante notar que, em relação à gestão setorial da pesca, existem duas áreas de exclusão de pesca nesta área, para a modalidade de cerco (traineiras) em uma faixa de 15 km no entorno da desembocadura, e para a o arrasto, numa faixa de 3 milhas da costa (GANDRA, 2011), bem como numa faixa de 10 milhas da costa em todo o litoral do RS para a pesca de emalhe.

Outro fator que aumenta a prioridade de gestão neste setor é que atividades desenvolvidas no mar podem influenciar na saúde dos ecossistemas e nas atividades econômicas dentro do estuário da Lagoa dos Patos. Por exemplo, a pesca industrial de cerco na área marinha adjacente à desembocadura é, na percepção dos pescadores artesanais, um dos principais motivos para a redução na captura dentro do estuário (LOPES, 2014). O estuário da Lagoa dos Patos é a porção mais produtiva da laguna, sustentando uma pesca que costumava a produzir mais de 90% do total de captura da pesca artesanal no Rio Grande do Sul, com benefícios sociais e econômicos para a região (SCHAFER e REIS, 2008).

Portanto, qualquer iniciativa de Planejamento Espacial Marinho nesta área deve integrar os ecossistemas marinho e estuarino, minimizando os conflitos entre usos e atividades humanas em cada um. Isto aumenta a complexidade do processo, tanto em relação aos fatores ambientais quanto ao número de atores e instituições envolvidas.

### **C) Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca**

O setor costeiro localizado entre o Cabo de Santa Marta (CSM) e Florianópolis (FL) foi destacada como uma das áreas prioritárias para gestão na ZEESB. Esta setor foi apontado neste trabalho como importante para navegação (relacionado principalmente ao Porto de Imbituba) e para as três modalidades de pesca costeiras analisadas (emalhe, cerco e arrasto). Além disto, ocorre ali um trecho potencial para mineração de minerais pesados próxima à isóbata de 50m.

Grande parta da área apontada como prioritária para gestão está contida dentro desta unidade de conservação (UC) e, portanto, possui um planejamento espacial próprio, consolidado no Plano de Manejo da UC. Neste, as áreas marinhas são zoneadas em três classes: (a) Zona de Manejo Pesqueiro, (b) Zona de Usos Múltiplos e (c) Áreas Refúgio da Baleia Franca. A Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca foi criada em 2000 e abrange uma área de mais de 150 mil hectares, da qual cerca de 78% é marinha.

Zappes *et al.* (2013) apontaram conflitos entre as pescarias costeiras e a utilização desta área pelas baleias-franca (*Eubalaena australis*) através da entrevista com pescadores,

que relatam a ocorrência de animais presos nas redes e de colisões com embarcações. Além das baleias-franca, esta área é importante para diversas espécies de cetáceos e pinípedes, tartarugas-marinhas e aves. O setor também foi indicado como uma das áreas prioritárias para conservação de estrelas-do-mar no Brasil (PATRIZZI e DOBROVOLSKI, 2018).

Além disto, este setor é importante para diversas modalidades de pesca artesanal e industrial, com alta produtividade primária causada principalmente pelo processo de ressurgência no Cabo de Santa Marta, marcante durante o verão, sendo considerada por Ciotti *et al.* (1995) como uma das mais importantes ressurgências costeiras no Atlântico Sul, com concentrações de clorofila de até 15 mg/m<sup>3</sup>. A pesca de emalhe é apontada no Plano de Manejo da APA da Baleia Franca<sup>38</sup> como a modalidade que causa maiores impactos ao ambiente marinho, devido ao seu volume e abrangência.

O Plano de Manejo da APA da Baleia Franca foi lançado em 2018 e está em fase de implementação, portanto, apesar de ter sido apontada neste trabalho como uma das áreas prioritárias para gestão na ZEESB, é recomendado aguardar para avaliar a efetividade deste plano de manejo antes de iniciar um processo de planejamento espacial marinho nesta área.

#### **D) Litoral Norte de Santa Catarina**

A área prioritária para gestão no litoral norte de Santa Catarina foi destacada devido à alta diversidade de usos, com a ocorrência intensa de três modalidades de pesca industrial (emalhe, cerco e arrasto), bem como da área de navegação comercial e a presença de uma Unidade de Conservação (Reserva Biológica Marinha do Arvoredo). Além disto, existem quatro blocos de mineração em licenciamento para a extração de areia para a construção civil. A área não se destacou em relação ao Índice de Resiliência, embora ocorram ali pequenas manchas da ZEB7 (baixa resiliência). Próximo à isóbata de 50 m, existem dezenas de blocos de exploração de petróleo ofertados nas diversas rodadas de leilão promovidos pela Agência Nacional do Petróleo, porém nenhum arrematado.

Nos entornos da REBIOMAR do Arvoredo, os habitats bentônicos com profundidade maior que 30 m foram caracterizados com uma alta abundância de espécies indicadores de alta produtividade bentônica, sugerindo uma forte influência da Água Central do Atlântico SUL (SACW), rica em nutrientes (PAQUETTE *et al.*, 2016). O setor é igualmente apontado como importante para a pesca de emalhe, com alta ocorrência de captura incidental de tartarugas marinhas (FIEDLER *et al.*, 2012).

---

38 <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2236-apa-da-baleia-franca>

Embora a pesca de arrasto seja proibida na faixa de 1 milha da costa no trecho entre o Farol de Santa Marta e a divisa com o Paraná, os dados de pesca aqui analisados mostram alta densidade de embarcações desta modalidade nesta faixa. O mesmo acontece com a modalidade de cerco, proibida numa faixa de 5 milhas em toda a costa de SC e com o emalhe, proibido numa faixa de 4 milhas da costa. De uma forma geral, respeitando-se as restrições de áreas de pesca, a sobreposição de usos locais seria significativamente reduzida.

#### 6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ZEESB é uma das áreas mais importantes para a pesca industrial no Brasil, visto que mais da metade (53%) das embarcações das embarcações industriais operaram na região no período analisado (2015-2018). Historicamente, é no sul e sudeste do Brasil que a pesca industrial mais se desenvolveu devido às características oceanográficas locais e através de uma série de incentivos do governo, e onde as pescarias industriais são mais bem documentadas (VASCONCELLOS e GASALLA, 2001).

Todas as modalidades de pesca industrial analisadas possuem variações sazonais, modificando a área de atuação, espécies-alvo, profundidade e até o petrecho de pesca. Portanto, é recomendável que a análise de conflitos entre atividades humanas leve em consideração a sazonalidade. A sobreposição entre atividades mensuradas numa abordagem bidimensional podem ser atenuadas numa abordagem tridimensional (levando em consideração as profundidades em que ocorrem) ou quadridimensional (em tempos diferentes). Portanto, o particionamento de dados de usos em estações do ano e categorias de profundidades são fatores a se considerar em trabalhos futuros, especialmente para as áreas apontadas neste trabalho como prioritárias para gestão.

Os polígonos de “home range” utilizados neste trabalho para a análise de dados que originalmente eram pontuais (pesca e navegação) são derivados superfícies contínuas de densidade (“kernel”) através da aplicação de limiares. A análise aqui apresentada pode ser refinada com a utilização destas superfícies de densidade e atribuição de pesos diferentes para cada atividade. Entretanto, optou-se pela transformação destes campos contínuos em objetos discretos para possibilitar a análise conjunta com os outros dados de usos, que são de natureza poligonal (mineração e exploração de petróleo). A abordagem metodológica aqui apresentada é simplificada de forma a ser viável para aplicação na extensa ZEE brasileira, porém em trabalhos futuros recomenda-se a quantificação de serviços ecossistêmicos para cada Zona Ecológica Marinha, bem como a elaboração de uma matriz de conflitos e sinergias no uso

desses serviços pelos diferentes atividades humanas.

A ecologia de paisagem foca nas relações entre padrões de espaciais e processos ecológicos (TURNER e GARDNER, 2015). Porém, a relevância ecológica de muitas métricas de paisagem é frequentemente questionada. As métricas calculadas são sensíveis à resolução dos dados, extensão da área de estudo e resolução temática dos dados de entrada (KUPFER, 2012). O cálculo do Índice de Resiliência utiliza métricas de paisagem levando em consideração uma resolução espacial de 1 km, utilizada em todo o processamento de dados deste trabalho. Tanto a classificação das Zonas Ecológicas Marinhas quanto o cálculo do Índice de Resiliência terão resultados diferentes em uma análise com maior resolução espacial e/ou com abrangência espacial menor. Além disso, o Índice de Resiliência utilizado é baseado na integridade espacial das ZEM e não, necessariamente, na manutenção das funções ecológicas de cada zona. Entretanto, a metodologia apresentada neste trabalho se mostrou adequada para a integração de aspectos ecológicos e as atividades humanas para uma primeira rodada do PEM, na escala espacial proposta.

Áreas particularmente vulneráveis ou densamente utilizadas requerem planos espaciais mais prescritivos e detalhados, enquanto setores com baixa densidade de usos podem ser gerenciados a partir de princípios mais gerais (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITY, 2008). Uma das recomendações da Comissão Europeia para o PEM é para que os governos delimitem áreas de maior intensidade de usos e ali concentrem os esforços de gestão (FLANNERY e Ó CINNÉIDE, 2012b). As áreas de alta diversidade de usos apontadas neste trabalho requerem uma análise mais completa e detalhada, tanto na escala espacial quanto na análise das interações entre os usos. Entretanto, a diversidade de usos, aliada à menor resiliência de Zonas Ecológicas Marinhas nas áreas prioritárias para a gestão apontadas neste trabalho, sugerem a necessidade do PEM para diminuir potenciais conflitos entre atividades humanas e conservar os ecossistemas marinhos e seus serviços.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise das bases e repositórios de dados disponíveis mostrou que existem diversas lacunas espaciais, temporais e temáticas para a representação da extensa Zona Econômica-Exclusiva do Brasil. Os dados bióticos disponíveis são escassos e enviesados e sua distribuição mostra áreas com maior esforço de coleta, não necessariamente setores com maior relevância biológica ou ecológica. O tempo e esforço necessários para minerar e harmonizar os dados disponíveis é muito grande, fazendo com que a adaptação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) para dados marinhos seja prioritária no PEM nacional. O decreto de criação da INDE<sup>39</sup> estabelece que “o compartilhamento e disseminação dos dados geoespaciais e seus metadados é obrigatório para todos os órgãos e entidades do Poder Executivo Federal”, mas a análise das camadas existentes mostra que a INDE quase não possui dados para as áreas marinhas. É necessário, assim, trabalhar junto às instituições de pesquisa para que compartilhem os dados, principalmente quando coletados em projetos financiados pelo governo federal.

O mapeamento das Zonas Ecológicas Bentônicas se mostrou dependente do Modelo Digital Batimétrico (MDB), uma vez que seis descritores utilizados são derivados da batimetria. Isto faz com que seja crucial a utilização da melhor informação possível para elaboração do MDB, bem como o teste de diferentes métodos e a análise da acurácia do modelo interpolado. Portanto, são necessários esforços para reunir, harmonizar e validar os dados batimétricos existentes, dispersos nas diversas instituições de pesquisa e governamentais. Recomenda-se que esta seja uma camada de informação prioritária na no processo de reformulação da INDE para os ambientes marinhos.

Recomenda-se o aproveitamento de dados de usos da pesca industrial (PREPS) e de navegação (AIS), que são dados altamente qualificados, dinâmicos e auto-atualizáveis, permitindo a análise destas atividades humanas de forma sazonal e adaptativa ao longo do tempo. Entretanto, são dados que demandam alta capacidade computacional e expertise em alguma linguagem de programação para filtragem e análise. Para o aproveitamento de todo o potencial destas bases de dados é necessário o compartilhamento destes dados com a comunidade científica, mesmo que de forma agregada ou omitindo informações sigilosas ou sensíveis.

Entretanto, a falta (ou baixa qualidade) de dados não pode ser utilizada como justificativa para postergar o início do Planejamento Espacial Marinho. Embora o fortalecimento, adaptação e alimentação da INDE seja essencial e urgente, este trabalho

---

39 [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm)

mostra que é possível iniciar o processo do Planejamento Espacial Marinho (PEM) utilizando exclusivamente os dados abióticos existentes. Dados abióticos de repositórios globais possuem baixa resolução espacial e, em sua maioria, baixa qualidade nas áreas próximas à costa, mas podem ser utilizados considerando escalas e áreas de abrangência regional (escala de até 1:400.000).

É necessário partir de uma base espacializada de ecossistemas para o PEM, de forma a representar a variabilidade da relevância ecológica das unidades de planejamento, sua resiliência, os impactos cumulativos, as aptidões para cada atividade humana e a quantificação de serviços ecossistêmicos presentes. Este trabalho propõe uma abordagem metodológica para mapeamento de Zonas Ecológicas Marinhas nos compartimentos pelágico e bentônico, que podem ser utilizados como unidades de planejamento para o PEM. Portanto, propõe uma base ecológica para o PEM sem a utilização de dados biológicos, deficitários nos repositórios de dados nacionais.

Das atividades humanas atuais, as modalidades de pesca mais costeiras (arrasto, emalhe e cerco) apresentaram os maiores percentuais de sobreposição entre si e com a navegação. Portanto, há um potencial de conflito entre as pescarias industriais, uma vez que estão competindo pelo mesmo espaço, zonas ecológicas e serviços ecossistêmicos. Por outro lado, uma análise que leve em consideração a sazonalidade e profundidade de atuação destas pescarias poderia indicar um menor potencial de conflito. Os resultados indicam que as Unidades de Conservação marinhas da ZEESB são quase que totalmente utilizadas por estas três modalidades de pesca.

Foram utilizadas métricas de paisagem para a composição de um Índice de Resiliência para as Zonas Ecológicas Marinhas. A integração do Índice de Resiliência nos dois compartimentos (pelágico e bentônico) mostra que áreas costeiras apresentam, no geral, menor resiliência ecológica. Estas são também as áreas com maior intensidade e diversidade de atividades humanas atuais e potenciais, e, portanto, áreas prioritárias para o Planejamento Espacial Marinho, o que corrobora resultados de trabalhos anteriores (ex. MAZZER, 2005; FERNANDES *et al.*, 2018). Foram indicadas quatro áreas prioritárias para a gestão costeira e marinha, que podem ser utilizadas como áreas-piloto para o PEM no Brasil.

Este trabalho usa como estudo de caso uma grande superfície e, portanto, pequena escala cartográfica (1:500.000). Entretanto, o mapeamento das áreas prioritárias para gestão, através da sobreposição entre o índice de resiliência e a diversidade de usos, aponta para as áreas onde é necessário um refinamento da resolução espacial, temporal e temática para o PEM, assim como o preenchimento de lacunas de dados físicos e biológicos. Esta abordagem

sugere a necessidade de um zoneamento multi-escalar. Fazendo uma analogia com as áreas terrestres, a escala de mapeamento nas áreas urbanas, que possuem maior diversidade e intensidade de usos, é maior do que a escala nas áreas rurais. Entretanto, é necessário criar estratégias para minimizar as contradições entre zoneamentos em diferentes escalas.

Os produtos gerados neste trabalho foram disponibilizados em um Sistema de Informações Geográficas baseado em web (WebSIG)<sup>40</sup>, podendo ser utilizados em outros trabalhos ou iniciativas de PEM na ZEESB. Os “scripts” para o mapeamento das zonas ecológicas marinhas e sobreposição dos usos serão organizados na forma de um pacote em R e tornados públicos via GitHub<sup>41</sup>, de forma que a comunidade de usuários possa testar, replicar e aprimorar a proposta metodológica apresentada neste trabalho. Assim, espera-se contribuir para a transformação de dados em informação, contribuindo para subsidiar um PEM baseado na melhor informação científica disponível.

---

40 <http://200.132.11.22/pem/index.html>

41 <https://github.com/gandrat/msp>

## 8. REFERÊNCIAS

- ALLEN, C. R.; ANGELER, D. G.; CUMMING, G. S.; FOLKE, C.; TWIDWELL, D.; UDEN, D. R. Quantifying spatial resilience. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 625–635, 2016.
- ANSONG, J.; GISSI, E.; CALADO, H. An approach to ecosystem-based management in maritime spatial planning process. **Ocean & Coastal Management**, v. 141, p. 65–81, 2017.
- ARDRON, J. A GIS Recipe for Determining Benthic Complexity: An Indicator of Species Richness. **Marine Geography: GIS for the Oceans and Seas**, n. June, p. 169–178, 2002.
- ARDRON, J.; GJERDE, K.; PULLEN, S.; TILOT, V. Marine spatial planning in the high seas. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 832–839, 2008.
- ARKEMA, K. K.; ABRAMSON, S. C.; DEWSBURY, B. M. Marine ecosystem-based management: from characterization to implementation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 10, p. 525–532, 2006.
- ASSIS, J.; TYBERGHEIN, L.; BOSCH, S.; VERBRUGGEN, H.; SERRÃO, E. A.; DE CLERCK, O. Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 3, p. 277–284, 2018.
- BARTLETT, D. Working on the frontiers of science: Applying GIS to the coastal zone. In: WRIGHT, D.; BARTLETT, D. (Eds.). **Marine and Coastal Geographical Information Systems**. 1. ed. London: Taylor and Francis, 2000. p. 13–24.
- BOST, C. A.; COTTÉ, C.; BAILLEUL, F.; CHEREL, Y.; CHARRASSIN, J. B.; GUINET, C.; AINLEY, D. G.; WEIMERSKIRCH, H. The importance of oceanographic fronts to marine birds and mammals of the southern oceans. **Journal of Marine Systems**, v. 78, n. 3, p. 363–376, 2009.
- BRAGA, E. S.; CHIOZZINI, V. C.; BERBEL, G. B. B.; MALUF, J. C. C.; AGUIAR, V. M. C.; CHARO, M.; MOLINA, D.; ROMERO, S. I.; EICHLER, B. B. Nutrient distributions over the Southwestern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): Winter–summer aspects. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1649–1661, 2008.
- BRANDINI, F. P.; TURA, P. M.; SANTOS, P. P. G. M. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, v. 164, p. 52–62, 2018.
- BUGONI, L.; D’ALBA, L.; FURNESS, R. W. Marine habitat use of wintering spectacled petrels *Procellaria conspicillata*, and overlap with longline fishery. **Marine Ecology Progress Series**, v. 374, p. 273–285, 2009.

- BUHL-MORTENSEN, L. *et al.* Maritime ecosystem-based management in practice: Lessons learned from the application of a generic spatial planning framework in Europe. **Marine Policy**, v. 75, p. 174–186, 2017.
- CALENGE, C. The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. **Ecological Modelling**, v. 197, n. 3–4, p. 516–519, 2006.
- CAMPOS NETO, C.; PÊGO FILHO, B.; ROMMINGER, A.; FERREIRA, I. **Portos brasileiros 2009: Ranking, área de influência, porte e valor agregado médio dos produtos movimentados** Discussion Papers. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2009.
- CAMPOS, P. C.; WEIGERT, S. C.; MADUREIRA, L. S. P. Ecobatimetria e características acústicas do leito oceânico na região do Canal do Albardão - Rio Grande do Sul - Brasil. **Atlântica**, v. 31, n. 1, p. 5–23, 2009.
- CARR, M. H.; NEIGEL, J. E.; ESTES, J. A.; ANDELMAN, S.; WARNER, R. R.; LARGIER, J. L. Comparing Marine and Terrestrial Ecosystems: Implications for the Design of Coastal Marine Reserves. **Ecological Applications**, v. 13, n. 1, p. 90–107, 2003.
- CEPERG/IBAMA. **Desembarque de pescado no Rio Grande do Sul: 1991 a 2005**. Rio Grande: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2005.
- CIOTTI, Á. M.; ODEBRECHT, C.; FILLMANN, G.; MOLLER, O. O. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 15, n. 14, p. 1737–1756, 1995.
- CLAUDINO, R.; SANTOS, D.; ZAGAGLIA, C. R.; GILSON BARBOSA, M.; BRICHTA, M. **Quantificação de esforço de pesca através de dados de rastreamento de embarcações por satélite**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto. **Anais...Natal: INPE**, 2009.
- COGAN, C. B.; TODD, B. J.; LAWTON, P.; NOJI, T. T. The role of marine habitat mapping in ecosystem-based management. **ICES Journal of Marine Science**, v. 66, n. 9, p. 2033–2042, 2009.
- COLLIE, J. S.; (VIC) ADAMOWICZ, W. L.; BECK, M. W.; CRAIG, B.; ESSINGTON, T. E.; FLUHARTY, D.; RICE, J.; SANCHIRICO, J. N. Marine spatial planning in practice. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 117, p. 1–11, 2013.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITY. **Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU**. Brussels: [s.n.]. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0791:FIN:EN:PDF>>.
- CONNOR, D.; GILLILAND, P. M.; GOLDING, N.; ROBINSON, P.; TODD, D.; VERLING, E. **UKSeaMap: the mapping of seabed and water column features of UK seas**. [s.l.: s.n.].

CORRÊA, I. C. S. **Mapeamento e Recursos Minerais na Plataforma Continental e Área Oceânica Internacional**. Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC. **Anais...Natal**: 2010.

CORTES, R.; VARANDAS, S.; HUGHES, S. **Environmental drivers of benthic communities: the importance of landscape metrics**. IUFRO Landscape Ecology International Conference. **Anais...Bragança**: 2010.

COSTA, R. L.; MÖLLER, O. O. Estudo da estrutura e da variabilidade das correntes na área da plataforma interna ao largo de Rio Grande (RS, Brasil), no sudoeste do Atlântico Sul, durante a primavera-verão de 2006-2007. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 3, p. 273–281, 2011.

CROWDER, L.; NORSE, E. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 772–778, 2008.

CUMMING, G. S. Spatial resilience: integrating landscape ecology, resilience, and sustainability. **Landscape Ecology**, v. 26, n. 7, p. 899–909, 2011.

DALTON, T.; THOMPSON, R.; JIN, D. Mapping human dimensions in marine spatial planning and management: An example from Narragansett Bay, Rhode Island. **Marine Policy**, v. 34, n. 2, p. 309–319, 2010.

DAVIES, C. E.; MOSS, D.; HILL, M. O. **EUNIS Habitat Classification Revised 2004**. [s.l.: s.n.].

DAY, J. C. Zoning - lessons from the Great Barrier Reef Marine Park. **Ocean & Coastal Management**, v. 45, n. 2–3, p. 139–156, 2002.

DE FREITAS, D. M.; XAVIER, L. Y.; SHINODA, D. **Relatório do Seminário Internacional: Planejamento Integrado do Espaço Marinho**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014.

DE LA HOZ, C. F.; RAMOS, E.; PUENTE, A.; MENDEZ, F. J.; MENENDEZ, M.; JUANES, J. A.; LOSADA, Í. J. Ecological typologies in large areas. An application to the Mediterranean Sea. **Journal of Environmental Management**, v. 205, p. 59–72, 2017.

DEMSAR, U.; HARRIS, P.; BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A. S.; MCLOONE, S. Principal Component Analysis on Spatial Data: An Overview. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, n. 1, p. 106–128, 2013.

DI TULLIO, J. C.; GANDRA, T. B. R.; ZERBINI, A. N.; SECCHI, E. R. Diversity and Distribution Patterns of Cetaceans in the Subtropical Southwestern Atlantic Outer Continental Shelf and Slope. **Plos One**, v. 11, n. 5, p. e0155841, 2016.

DONLON, C. J.; MARTIN, M.; STARK, J.; ROBERTS-JONES, J.; FIEDLER, E.; WIMMER, W. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system. **Remote Sensing of Environment**, v. 116, p. 140–158, 2012.

DOUVERE, F.; MAES, F.; VANHULLE, A.; SCHRIJVERS, J. The role of marine spatial planning in sea use management: The Belgian case. **Marine Policy**, v. 31, n. 2, p. 182–191, 2007.

DOUVERE, F. **Marine spatial planning: Concepts, current practice and linkages to other management approaches**. Ghent: Ghent University, 2010.

DOUVERE, F.; EHLER, C. Introduction. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 759–761, 2008.

DRAGON, A.-C.; MONESTIEZ, P.; BAR-HEN, A.; GUINET, C. Linking foraging behaviour to physical oceanographic structures: Southern elephant seals and mesoscale eddies east of Kerguelen Islands. **Progress in Oceanography**, v. 87, n. 1–4, p. 61–71, 2010.

DRAY, S. On the number of principal components: A test of dimensionality based on measurements of similarity between matrices. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 52, n. 4, p. 2228–2237, 2008.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina, DF: EMBRAPA, 2004.

EASTWOOD, P. D.; MILLS, C. M.; ALDRIDGE, J. N.; HOUGHTON, C. A.; ROGERS, S. I. Human activities in UK offshore waters: An assessment of direct, physical pressure on the seabed. **ICES Journal of Marine Science**, v. 64, n. 3, p. 453–463, 2007.

EHLER, C. Marine Spatial Planning: an idea whose time has come. In: YATES, K. L.; BRADSHAW, C. J. A. (Eds.). **Offshore Energy and Marine Spatial Planning**. New York: Routledge, 2018. p. 6–17.

EHLER, C.; DOUVERE, F. **Marine spatial planning: A step-by-step approach toward Ecosystem-based Management**. IOC Manual ed. Paris: Programme, Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere - UNESCO, 2009.

EHLER, C. N. **Marine Spatial Planning: the International Challenge**. London, UK: 2013.

ETNOYER, P.; CANNY, D.; MATE, B. R.; MORGAN, L. E.; ORTEGA-ORTIZ, J. G.; NICHOLS, W. J. Sea-surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, Mexico. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 53, n. 3–4, p. 340–358, 2006.

EUROPEAN COMMISSION. **MSP Data Study Executive Summary. Evaluation of data and knowledge gaps to implement MSP**. Brussels: European Commission, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **INSPIRE: Infrastructure for spatial data in Europe**. 2017. Disponível em: <<http://inspire.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

FAVA, J. L.; VELICER, W. F. The Effects of Overextraction on Factor and Component Analysis. **Multivariate Behavioral Research**, v. 27, n. 3, p. 387–415, 1992.

- FERNANDES, M. DA L.; ESTEVES, T. C.; OLIVEIRA, E. R.; ALVES, F. L. How does the cumulative impacts approach support Maritime Spatial Planning? **Ecological Indicators**, v. 73, p. 189–202, 2017.
- FERNANDES, M. DA L.; QUINTELA, A.; ALVES, F. L. Identifying conservation priority areas to inform maritime spatial planning: A new approach. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 1088–1098, 2018.
- FERREIRA, E. C.; MUELBERT, M. M. C.; SECCHI, E. R. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CAPTURAS ACIDENTAIS DE TONINHAS (*Pontoporia blainvillei*) EM REDES DE EMALHE E DOS ENCALHES AO LONGO DA COSTA SUL DO RIO GRANDE SUL, BRASIL. **Atlântica**, v. 32, n. 2, p. 183–197, 2010.
- FIEDLER, F. N.; SALES, G.; GIFFONI, B. B.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; SECCHI, E. R.; BUGONI, L. Driftnet fishery threatens sea turtles in the Atlantic Ocean. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 4, p. 915–931, 2012.
- FIEDLER, F. N.; SALES, G.; GIFFONI, B. B. Spatio-temporal distribution and target species of longline fisheries off Southeastern / Southern Brazil between 2000 and 2011. n. January 2016, 2015.
- FIGUEIREDO JR., A. G.; MADUREIRA, L. S. P. **Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação das províncias sedimentares na Região Sudeste-Sul do Brasil**: Série Documentos REVIZEE - Score Sul. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), 2004.
- FLANNERY, W.; Ó CINNÉIDE, M. Stakeholder Participation in Marine Spatial Planning: Lessons from the Channel Islands National Marine Sanctuary. **Society and Natural Resources**, v. 25, n. 8, p. 727–742, 2012a.
- FLANNERY, W.; Ó CINNÉIDE, M. A roadmap for marine spatial planning: A critical examination of the European Commission’s guiding principles based on their application in the Clyde MSP Pilot Project. **Marine Policy**, 2012b.
- FRANK, S.; FÜRST, C.; KOSCHKE, L.; MAKESCHIN, F. A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 30–38, 2012.
- FRASCHETTI, S.; D’AMBROSIO, P.; MICHELI, F.; PIZZOLANTE, F.; BUSSOTTI, S.; TERLIZZI, A. Design of marine protected areas in a human-dominated seascape. **Marine Ecology Progress Series**, v. 375, p. 13–24, 2009.
- FRAZÃO SANTOS, C.; AGARDY, T.; ANDRADE, F.; CROWDER, L. B.; EHLER, C. N.; ORBACH, M. K. Major challenges in developing marine spatial planning. **Marine Policy**, 2018.
- FRUET, P. F.; KINAS, P. G.; DA SILVA, K. G.; DI TULLIO, J. C.; MONTEIRO, D. S.; ROSA, L. D.; ESTIMA, S. C.; SECCHI, E. R. Temporal trends in mortality and effects of by-

catch on common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 8, p. 1865–1876, 2012.

GALPARSORO, I. *et al.* Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 12, p. 2630–2638, 2012.

GALPARSORO, I.; BORJA, A.; UYARRA, M. C. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean. **Frontiers in Marine Science**, v. 1, n. July, 2014.

GANDRA, T. B. R. Conflitos espaciais e zoneamento ambiental no estuário. In: TAGLIANI, P. R. A. (Ed.). **Manejo Integrado do Estuário da Lagoa dos Patos**. Rio Grande: Editora da FURG, 2011. p. 81–88.

GANDRA, T. B. R.; GOBEL, C. F.; MONTEIRO, D. S.; SÉRGIO CURI ESTIMA; SECCHI, E. R.; SWIMMER, Y.; MARCOVALDI, M. Â. **Análise de imagens de temperatura superficial do mar (TSM) para detecção de frentes oceânicas e correlação com movimentos de tartarugas-cabeçuda (*Caretta caretta*) no sul do Brasil**. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...** João Pessoa, PB: MCT/INPE, 2015.

GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. **Utilização do software de apoio à decisão MARXAN para a priorização de áreas de conservação na Zona Econômica-Exclusiva no Sul do Brasil**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...** Santos: INPE, 2017.

GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. Onde estão os dados para o Planejamento Espacial Marinho (PEM)? Análise de repositórios de dados marinhos e das lacunas de dados geoespaciais para a geração de descritores para o PEM no Sul do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 405–421, 2018.

GARCIA, C. A. E.; SARMA, Y. V. B.; MATA, M. M.; GARCIA, V. M. T. Chlorophyll variability and eddies in the Brazil–Malvinas Confluence region. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 51, n. 1–3, p. 159–172, 2004.

GERHARDINGER, L. C.; GORRIS, P.; GONÇALVES, L. R.; HERBST, D. F.; VILANOVA, D. A.; DE CARVALHO, F. G.; GLASER, M.; ZONDERVAN, R.; GLAVOVIC, B. C. Healing Brazil's Blue Amazon: The Role of Knowledge Networks in Nurturing Cross-Scale Transformations at the Frontlines of Ocean Sustainability. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, n. January, 2018.

GERHARDINGER, L. C.; QUESADA-SILVA, M.; GONÇALVES, L. R.; TURRA, A. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 179, n. February, p. 104825, 2019.

GERN, F. R.; LONGARETE, C.; CHRISTOFIDIS, M.; ROSA, F. D.; MAÇANEIRO, L. R.; POLETTE, M. Diagnóstico da zona de uso aquaviário e portuário de Itajaí – ZUAP (SC):

bases para planejamento espacial marinho (PEM) local. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, p. 459–482, 2017.

GILLILAND, P. M.; LAFFOLEY, D. Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 787–796, 2008.

GÖKE, C.; DAHL, K.; MOHN, C. Maritime spatial planning supported by systematic site selection: Applying marxan for offshore wind power in the western baltic sea. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. e0194362, 2018.

GONZÁLEZ CARMAN, V.; ACHA, E. M.; MAXWELL, S. M.; ALBAREDA, D.; CAMPAGNA, C.; MIANZAN, H. Young green turtles, *Chelonia mydas*, exposed to plastic in a frontal area of the SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 78, n. 1–2, p. 56–62, 2014.

GONZÁLEZ CARMAN, V.; BRUNO, I.; MAXWELL, S.; ÁLVAREZ, K.; ALBAREDA, D.; ACHA, E. M.; CAMPAGNA, C. Habitat use, site fidelity and conservation opportunities for juvenile loggerhead sea turtles in the Rio de la Plata, Argentina. **Marine Biology**, v. 163, n. 1, p. 1–13, 2016.

GROBER-DUNSMORE, R.; PITTMAN, S. J.; CALDOW, C.; KENDALL, M. S.; FRAZER, T. K. A Landscape Ecology Approach for the Study of Ecological Connectivity Across Tropical Marine Seascapes. In: **Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 493–530.

GUERRY, A. D. *et al.* Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 8, n. 1–2, p. 107–121, 2012.

HAIMOVICI, M.; VASCONCELLOS, M.; KALIKOSKI, D. C.; ABDALLAH, P. R.; CASTELLO, J. P.; HELLEBRANDT, D. Diagnóstico da pesca no litoral do Estado do Rio Grande do Sul. In: ISAAC, V. J. *et al.* (Eds.). **A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais**. Belém: UFPA, 2006. p. 157–180.

HAIMOVICI, M.; CASTELLO, J. P.; VOOREN, C. M. Fisheries. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Eds.). **Subtropical convergence environments: the coastal and sea in the Southwestern Atlantic**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 183–196.

HALPERN, B. S. *et al.* A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. **Science**, v. 319, n. 5865, p. 948 LP – 952, 2008.

HALPERN, B. S. *et al.* Near-term priorities for the science, policy and practice of Coastal and Marine Spatial Planning (CMSP). **Marine Policy**, v. 36, n. 1, p. 198–205, 2012.

HART, K. M.; LAMONT, M. M.; FUJISAKI, I.; TUCKER, A. D.; CARTHY, R. R. Common coastal foraging areas for loggerheads in the Gulf of Mexico: Opportunities for marine conservation. **Biological Conservation**, v. 145, n. 1, p. 185–194, 2012.

HAWKES, L. A. *et al.* Home on the range: Spatial ecology of loggerhead turtles in Atlantic waters of the USA. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 4, p. 624–640, 2011.

HESSELBARTH, M. H. K.; SCIAINI, M.; NOWOSAD, J. **landscapemetrics: Landscape Metrics for Categorical Map Patterns.**, 2018. Disponível em: <<https://r-spatialecology.github.io/landscapemetrics/>>

HOGG, O. T.; HUVENNE, V. A. I. I.; GRIFFITHS, H. J.; LINSE, K. On the ecological relevance of landscape mapping and its application in the spatial planning of very large marine protected areas. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 384–398, 2018.

HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1–23, 1973.

HUNTINGTON, B. E.; KARNAUSKAS, M.; BABCOCK, E. A.; LIRMAN, D. Untangling Natural Seascape Variation from Marine Reserve Effects Using a Landscape Approach. **PLoS ONE**, v. 5, n. 8, p. e12327, 2010.

ISMAIL, K.; HUVENNE, V.; ROBERT, K. Quantifying spatial heterogeneity in submarine canyons. **Progress in Oceanography**, n. xxxx, p. 0–1, 2018.

JELINSKI, D. E. On a landscape ecology of a harlequin environment: the marine landscape. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 1, p. 1–6, 2015.

JONSEN, I. D.; MYERS, R. A.; JAMES, M. C. Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. **Marine Ecology Progress Series**, v. 337, n. 2004, p. 255–264, 2007.

KITAHARA, M. V. Novas ocorrências de corais azooxantelados (Anthozoa, Scleractinia) na plataforma e talude continental do sul do Brasil (25-34º S). **Revista Biotemas**, v. 19, n. 3, p. 53–63, 2006a.

KITAHARA, M. V. **Sistemática, distribuição geográfica, abundância e importância dos bancos de corais da plataforma e talude continental do sul do Brasil, com ênfase para a identificação de áreas potenciais para a exclusão da pesca demersal.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2006b.

KITAHARA, M. V.; CAPÍTOLI, R. R.; HORN FILHO, N. O. Distribuição das espécies de corais azooxantelados na plataforma e talude continental superior do sul do Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 99, n. 1967, p. 223–236, 2009.

KLEIN, A. H. DA F.; GRIEP, G. H.; CALLIARI, L. J.; VILLWOCK, J. A. **Concentrações fosfáticas no terraço do Rio Grande.** Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais...**Sao Paulo: 1992.

KRUG, L. A.; PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S.; BARBOSA, A. B. Ocean surface partitioning strategies using ocean colour remote Sensing: A review. **Progress in Oceanography**, v. 155, p. 41–53, 2017.

KRUG, L. A.; PLATT, T.; BARBOSA, A. B. Delineation of ocean surface provinces over a complex marine domain (off SW Iberia): An objective abiotic-based approach. **Regional Studies in Marine Science**, v. 18, p. 80–96, 2018.

KUPFER, J. A. Landscape ecology and biogeography. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 36, n. 3, p. 400–420, 2012.

LECOURS, V.; DEVILLERS, R.; SCHNEIDER, D.; LUCIEER, V.; BROWN, C.; EDINGER, E. Spatial scale and geographic context in benthic habitat mapping: review and future directions. **Marine Ecology Progress Series**, v. 535, p. 259–284, 2015.

LITTAYE, A.; LARDON, S.; ALLONCLE, N. Stakeholders' collective drawing reveals significant differences in the vision of marine spatial planning of the western tropical Pacific. **Ocean & Coastal Management**, v. 130, 2016.

LONG, R. D.; CHARLES, A.; STEPHENSON, R. L. Key principles of marine ecosystem-based management. **Marine Policy**, v. 57, p. 53–60, 2015.

LOPES, R. DA C. **A PESCA ARTESANAL DA TAINHA *Mugil liza* NA LAGOA DOS PATOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: UM ENFOQUE ETNOICTIOLOGICO**. Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2014.

LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; MONTÚ, M. A.; MUELBERT, J. H.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 189–202, 2006.

LUNDBLAD, E. R.; WRIGHT, D. J.; MILLER, J.; LARKIN, E. M.; RINEHART, R.; NAAR, D. F.; DONAHUE, B. T.; ANDERSON, S. M.; BATTISTA, T. A Benthic Terrain Classification Scheme for American Samoa. **Marine Geodesy**, v. 29, n. 2, p. 89–111, 2006.

MAFRA PIO, V.; PEZZUTO, P. R.; WAHRLICH, R. Only two fisheries? Characteristics of the industrial bottom gillnet fisheries in southeastern and southern Brazil and their implications for management. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, p. 882–897, 2016.

MAHIQUES, M. M. DE *et al.* The Southern Brazilian shelf: general characteristics, quaternary evolution and sediment distribution. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. spe2, p. 25–34, 2010.

MASSER, I. What 's Special about SDI Related Research ? v. 1, p. 14–23, 2006.

MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; PIOLA, A. R. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. **Ocean Science**, v. 6, n. 4, p. 983–995, 2010.

MATTOS, P. H.; FERREIRA, W. L. DOS S. Modelos propositivos para gestão pesqueira e ambiental na região do Albardão, sul do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 183–198, 2018.

MAZZER, A. M. **Classificação de áreas aplicada ao Zoneamento Ecológico Econômico costeiro-marinho para o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC)**. Livro de Resumos do II Congresso Brasileiro de Oceanografia. **Anais...** Vitória: AOCEANO, 2005.

MAZZER, A. M. **Projeto de livro científico: conceitos e técnicas em Planejamento Espacial Marinho**. Monografia (Pós-Doutorado) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2016.

MCGARIGAL, K. **FRAGSTATS HELP v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps**. LandEco Consulting. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>>.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps** Amherst University of Massachusetts, , 2012. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura (2011)**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estatística da Pesca (1994)**. Tamandaré: Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste (CEPENE), 1995.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**. 2007a. Disponível em: <<http://areasprioritarias.mma.gov.br/>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estatística da Pesca (2007)**. Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 2007b. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/gestao-pesqueira/estatistica-pesqueira/2007-ibama-estatistica-da-aquicultura-e-pesca-no-brasil.pdf>>.

MITCHELL, P. J.; MONK, J.; LAURENSEN, L. Sensitivity of fine-scale species distribution models to locational uncertainty in occurrence data across multiple sample sizes. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, n. 1, p. 12–21, 2017.

MÖLLER, O. O.; PIOLA, A. R.; FREITAS, A. C.; CAMPOS, E. J. D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1607–1624, 2008.

MONTEIRO, D. S.; ESTIMA, S. C.; GANDRA, T. B. R.; SILVA, A. P.; BUGONI, L.; SWIMMER, Y.; SEMINOFF, J. A.; SECCHI, E. R. Long-term spatial and temporal patterns of sea turtle strandings in southern Brazil. **Marine Biology**, v. 163, n. 12, p. 247, 2016.

MOORE, C. H.; DRAZEN, J. C.; RADFORD, B. T.; KELLEY, C.; NEWMAN, S. J. Improving essential fish habitat designation to support sustainable ecosystem-based fisheries management. **Marine Policy**, v. 69, p. 32–41, 2016.

- MOORE, C. H.; VAN NIEL, K.; HARVEY, E. S. The effect of landscape composition and configuration on the spatial distribution of temperate demersal fish. **Ecography**, v. 34, n. 3, p. 425–435, 2011.
- MUELBERT, M. M. C.; DE SOUZA, R. B.; LEWIS, M. N.; HINDELL, M. A. Foraging habitats of southern elephant seals, *Mirounga leonina*, from the Northern Antarctic Peninsula. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 88–89, p. 47–60, 2012.
- MUSSI, C. S. **Mapeamento da geodiversidade e análise de bens e serviços ecossistêmicos prestados pela plataforma continental de Santa Catarina, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- NILSSON, C.; GRELSSON, G. The Fragility of Ecosystems: A Review. **The Journal of Applied Ecology**, v. 32, n. 4, p. 677, 1995.
- O'BRIEN, S. H.; WEBB, A.; BREWER, M. J.; REID, J. B. Use of kernel density estimation and maximum curvature to set Marine Protected Area boundaries: Identifying a Special Protection Area for wintering red-throated divers in the UK. **Biological Conservation**, v. 156, p. 15–21, 2012.
- O'LEARY, B. C.; ROBERTS, C. M. Ecological connectivity across ocean depths: Implications for protected area design. **Global Ecology and Conservation**, v. 15, p. e00431, 2018.
- OLSON, D. B.; PODESTÁ, G. P.; EVANS, R. H.; BROWN, O. B. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. **Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers**, v. 35, n. 12, p. 1971–1990, 1988.
- OLSON, D. B.; HITCHCOCK, G. L.; MARIANO, A. J.; ASHJIAN, C. J.; PENG, G.; NERO, R. W.; PODESTÁ, G. P. Life on the edge: Marine life and fronts. **Oceanography**, v. 7, n. 2, p. 52–60, 1994.
- OUTEIRO, L. *et al.* Using ecosystem services mapping for marine spatial planning in southern Chile under scenario assessment. **Ecosystem Services**, v. 16, p. 341–353, 2015.
- PALMA, E. D.; MATANO, R. P. Disentangling the upwelling mechanisms of the South Brazil Bight. **Continental Shelf Research**, v. 29, n. 11–12, p. 1525–1534, 2009.
- PAQUETTE, M. L.; BONETTI, C.; BITENCOURT, V.; BONETTI, J. Spatial patterns of benthic foraminifera as a support to the oceanographic characterisation of Arvoredo biological marine reserve (South Atlantic, Brazil). **Marine Environmental Research**, v. 114, p. 40–50, 2016.
- PATRIZZI, N. S.; DOBROVOLSKI, R. Integrating climate change and human impacts into marine spatial planning: A case study of threatened starfish species in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 161, n. 161, p. 177–188, 2018.

PEREIRA, M. L. M. **Caracterização de paisagens marinhas de unidades de conservação marinho-costeiras no Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

PEREIRA, M. L. M.; BONETTI, J. Caracterização geomorfológica do relevo submarino de áreas marinhas protegidas brasileiras com base em técnicas de análise espacial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 127–147, 2018.

PINARBAŞI, K.; GALPARSORO, I.; BORJA, Á.; STELZENMÜLLER, V.; EHLER, C. N.; GIMPEL, A. Decision support tools in marine spatial planning: Present applications, gaps and future perspectives. **Marine Policy**, v. 83, n. May, p. 83–91, 2017.

PINHO, M. P. DE; MADUREIRA, L. S. P.; CALLIARI, L. J.; GRIEP, G. H.; COOKE, C. V. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrência identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 113–126, 2011.

PIOLA, A. R.; MÖLLER, O. O.; GUERRERO, R. A.; CAMPOS, E. J. D. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1639–1648, 2008.

PITTMAN, S.; KNEIB, R.; SIMENSTAD, C. Practicing coastal seascape ecology. **Marine Ecology Progress Series**, v. 427, p. 187–190, 2011.

PORT, D.; ALVAREZ PEREZ, J. A.; DE MENEZES, J. T. The evolution of the industrial trawl fishery footprint off southeastern and southern Brazil [Evolución de la huella espacial de la pesca de arrastre en el sureste y sur de Brasil]. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, p. 908–925, 2016.

PRESSEY, R. L.; BOTTRILL, M. C. Approaches to landscape- and seascape-scale conservation planning: convergence, contrasts and challenges. **Oryx**, v. 43, n. 4, p. 464–475, 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>.

RIOJA-NIETO, R.; BARRERA-FALCÓN, E.; HINOJOSA-ARANGO, G.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. Benthic habitat  $\beta$ -diversity modeling and landscape metrics for the selection of priority conservation areas using a systematic approach: Magdalena Bay, Mexico, as a case study. **Ocean & Coastal Management**, v. 82, p. 95–103, 2013.

ROBESON, S. M. Spherical Methods for Spatial Interpolation: Review and Evaluation. **Cartography and Geographic Information Systems**, v. 24, n. 1, p. 3–20, 1997.

ROFF, J. C.; TAYLOR, M. E. National frameworks for marine conservation - A hierarchical geophysical approach. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 10, n. 3, p. 209–223, 2000.

- ROFF, J. C.; TAYLOR, M. E.; LAUGHREN, J. Geophysical approaches to the classification, delineation and monitoring of marine habitats and their communities. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 13, n. 1, p. 77–90, 2003.
- RONCONI, R. A.; LASCELLES, B. G.; LANGHAM, G. M.; REID, J. B.; ORO, D. The role of seabirds in Marine Protected Area identification, delineation, and monitoring: Introduction and synthesis. **Biological Conservation**, v. 156, p. 1–4, 2012.
- SAPPINGTON, J. M.; LONGSHORE, K. M.; THOMPSON, D. B. Quantifying Landscape Ruggedness for Animal Habitat Analysis: A Case Study Using Bighorn Sheep in the Mojave Desert. **Journal of Wildlife Management**, v. 71, n. 5, p. 1419–1426, 2007.
- SARACENO, M.; PROVOST, C.; PIOLA, A. R. On the relationship between satellite-retrieved surface temperature fronts and chlorophyll a in the western South Atlantic. **Journal of Geophysical Research**, v. 110, n. C11, p. C11016, 2005.
- SAYRE, R. G. *et al.* A three-dimensional mapping of the ocean based on environmental data. **Oceanography**, v. 24, n. 3, p. 162–173, 2017.
- SCALES, K. L.; MILLER, P. I.; HAWKES, L. A.; INGRAM, S. N.; SIMS, D. W.; VOTIER, S. C. On the front line: Frontal zones as priority at-sea conservation areas for mobile marine vertebrates. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 6, p. 1575–1583, 2014.
- SCALES, K. L.; ALVAREZ-BERASTEGUI, D.; EMBLING, C.; INGRAM, S. Pelagic seascapes. In: PITTMAN, S. J. (Ed.). **Seascape Ecology**. Oxford: Wiley Blackwell, 2018. p. 57–88.
- SCHAFER, A. G.; REIS, E. G. Artisanal fishing areas and traditional ecological knowledge: The case study of the artisanal fisheries of the Patos Lagoon estuary (Brazil). **Marine Policy**, v. 32, n. 3, p. 283–292, 2008.
- SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. 1. ed. Rio Grande: Ecoscientia, 1998.
- SHAVER, D. J.; HART, K. M.; FUJISAKI, I.; RUBIO, C.; SARTAIN, A. R.; PEÑA, J.; BURCHFIELD, P. M.; GAMEZ, D. G.; ORTIZ, J. Foraging area fidelity for Kemp's ridleys in the Gulf of Mexico. **Ecology and evolution**, v. 3, n. 7, p. 2002–12, 2013.
- SHERMAN, K. The Large Marine Ecosystem Concept: Research and Management Strategy for Living Marine Resources. **Ecological Applications**, v. 1, n. 4, p. 349–360, 1991.
- SHERMAN, K. Toward ecosystem-based management (EBM) of the world's large marine ecosystems during climate change. **Environmental Development**, v. 11, p. 43–66, 2014.
- SHUCKSMITH, R.; GRAY, L.; KELLY, C.; TWEDDLE, J. F. Regional marine spatial planning – The data collection and mapping process. **Marine Policy**, v. 50, n. PA, p. 1–9, 2014.

- SHUCKSMITH, R. J.; KELLY, C. Data collection and mapping - Principles, processes and application in marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 50, n. PA, p. 27–33, 2014.
- SMITH, G. Creating the spaces, filling them up. Marine spatial planning in the Pentland Firth and Orkney Waters. **Ocean & Coastal Management**, v. 116, p. 132–142, 2015.
- SMITH, G.; BRENNAN, R. E. Losing our way with mapping: Thinking critically about marine spatial planning in Scotland. **Ocean & Coastal Management**, v. 69, p. 210–216, 2012.
- SMITH, H. D. The industrialisation of the world ocean. **Ocean & Coastal Management**, v. 43, n. 1, p. 11–28, 2000.
- SOUZA, K. G. DE; MARTINS, L. R. S.; CAVALCANTI, V. M. M.; PEREIRA, C. V.; BORGES, L. Recursos minerais marinhos: fatos portadores de futuro, prioridades de estudo no Brasil e projetos estruturantes. **Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 247–261, 2007.
- SOUZA, K. G. DE. O Futuro Da Exploração Mineral Em Águas Brasileiras E Internacionais. **Ciencia e Cultura**, v. 62, n. 3, p. 23–25, 2010.
- SOUZA, R. B. DE; MATA, M. M.; GARCIA, C. A. E.; KAMPEL, M.; OLIVEIRA, E. N.; LORENZZETTI, J. A. Multi-sensor satellite and in situ measurements of a warm core ocean eddy south of the Brazil–Malvinas Confluence region. **Remote Sensing of Environment**, v. 100, n. 1, p. 52–66, 2006.
- SOUZA, R. B. DE; ROBINSON, I. S. Satellite and Lagrangian observations of the Brazilian Coastal Current. **Continental Shelf Research**, v. 24, p. 241–262, 2004.
- SPALDING, M. D. *et al.* Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573, 2007.
- SPERB, R. M. *et al.* Brazilian Industrial Fishing Vessels Monitoring Program. **OSGeo Journal**, v. 2, n. September, p. 1–4, 2007.
- ST. MARTIN, K.; HALL-ARBER, M. The missing layer: Geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 779–786, 2008.
- STAMOULIS, K. A.; DELEVAUX, J. M. S. Data requirements and tools to operationalize marine spatial planning in the United States. **Ocean & Coastal Management**, v. 116, p. 214–223, 2015.
- STELZENMÜLLER, V.; LEE, J.; SOUTH, A.; FODEN, J.; ROGERS, S. I. Practical tools to support marine spatial planning: A review and some prototype tools. **Marine Policy**, v. 38, p. 214–227, 2013.
- STRICKLAND-MUNRO, J.; KOBRYN, H.; BROWN, G.; MOORE, S. A. Marine spatial planning for the future: Using Public Participation GIS (PPGIS) to inform the human dimension for large marine parks. **Marine Policy**, v. 73, p. 15–26, 2016.

SUGISHITA, J.; TORRES, L. G.; SEDDON, P. J. A new approach to study of seabird-fishery overlap: Connecting chick feeding with parental foraging and overlap with fishing vessels. **Global Ecology and Conservation**, v. 4, p. 632–644, 2015.

TEIXEIRA, P. DA S.; HARTMANN, C.; ESTEVES, L. S. **Subsídios para o gerenciamento costeiro por erosão na falésia do Balneário Hermenegildo, RS, Brasil**. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 2007.

TEIXIDÓ, N.; GARRABOU, J.; ARNTZ, W. E. Spatial pattern quantification of Antarctic benthic communities using landscape indices. **Marine Ecology Progress Series**, v. 242, n. Levin 1992, p. 1–14, 2002.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**. 2nd Editio ed. New York: Springer, 2015.

UN GENERAL ASSEMBLY. **Convention on the Law of the Sea, 10 december 1982**, 1982. Disponível em: <[http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm)>

UUEMAA, E.; ANTROP, M.; ROOSAARE, J.; MARJA, R.; MANDER, Ü. Landscape metrics and indices: An overview of their use in landscape research. **Living Reviews in Landscape Research**, v. 3, n. January, 2009.

UUEMAA, E.; MANDER, Ü.; MARJA, R. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. **Ecological Indicators**, v. 28, p. 100–106, 2013.

VAN RIPER, C. J.; KYLE, G. T.; SUTTON, S. G.; BARNES, M.; SHERROUSE, B. C. Mapping outdoor recreationists' perceived social values for ecosystem services at Hinchinbrook Island National Park, Australia. **Applied Geography**, v. 35, n. 1–2, p. 164–173, 2012.

VASCONCELLOS, M.; GASALLA, M. A. Fisheries catches and the carrying capacity of marine ecosystems in southern Brazil. **Fisheries Research**, v. 50, p. 279–295, 2001.

VERFAILLIE, E.; DEGRAER, S.; SCHELFAUT, K.; WILLEMS, W.; VAN LANCKER, V. A protocol for classifying ecologically relevant marine zones, a statistical approach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 83, n. 2, p. 175–185, 2009.

WATSON, D. The natural neighbor series manuals and source codes. **Computers & Geosciences**, v. 25, n. 4, p. 463–466, 1999.

WEDDING, L.; LEPCZYK, C.; PITTMAN, S.; FRIEDLANDER, A.; JORGENSEN, S. Quantifying seascape structure: extending terrestrial spatial pattern metrics to the marine realm. **Marine Ecology Progress Series**, v. 427, p. 219–232, 2011.

WILSON, M. F. J.; O'CONNELL, B.; BROWN, C.; GUINAN, J. C.; GREHAN, A. J. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. **Marine Geodesy**, v. 30, p. 3–35, 2007.

WORM, B. *et al.* Rebuilding Global Fisheries. **Science**, v. 325, n. 5940, p. 578–585, 2009.

WRIGHT, D.; JANZEN, C.; BOCHENEK, R.; AUSTIN, J.; PAGE, E. Marine Observing Applications Using AIS: Automatic Identification System. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, 2019.

WRIGHT, D. J.; HEYMAN, W. Introduction to the special issue: Marine and Coastal GIS for Geomorphology, habitat mapping, and marine reserves. **Marine Geodesy**, v. 31, n. 4, p. 223–230, 2008.

ZANELLA, J. F. I. F.; GONÇALVES, G. A.; MÖLLER, O. O. **Análise da variação espaço-temporal das frentes térmicas de quebra de plataforma e feições associadas no Oceano Atlântico Sul-Occidental entre 25°S e 37°S**. IX Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**Santos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1998.

ZAPPES, C. A.; DA SILVA, C. V.; PONTALTI, M.; DANIELSKI, M. L.; DI BENEDITTO, A. P. M. The conflict between the southern right whale and coastal fisheries on the southern coast of Brazil. **Marine Policy**, v. 38, p. 428–437, 2013.

ZONNEVELD, I. S. Basic principles of classification. In: KLIJN, F. (Ed.). **Ecosystem Classification for Environmental Management**. [s.l.] Springer-Science + Business Media Dordrecht, 1994. p. 23–47.