



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza  
Instituto de Geociências  
Departamento de Meteorologia

**O mar está para peixes? Condições pesqueiras na  
região costeira do Rio de Janeiro através de  
Sensoriamento Remoto**

Are there Fish in the sea? Fisheries conditions of the Rio  
de Janeiro's coast through remote sensing.

Diana Rocco Albernaz  
Oceanógrafa

Orientador: Lino Augusto Sander de Carvalho, Prof. D.Sc.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia do  
Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Rio de Janeiro, RJ**  
**Dezembro de 2023**

**O mar está para peixes? Condições pesqueiras na região costeira do Rio de Janeiro através de Sensoriamento Remoto**

Diana Rocco Albernaz

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Avaliado por:

---

Prof.º D. Sc. Lino Augusto Sander de Carvalho (Orientador)

---

Prof.º D. Sc. Priscila Kienteca Lange (Co-Orientadora)

---

Prof.º D. Sc. Luiz Paulo de Freitas Assad

---

Prof.º D. Sc. Mauro Cirano

---

D. Sc. Sérgio Ricardo Brito Santos

Rio de Janeiro, RJ

Dezembro de 2023

## AGRADECIMENTOS

Aos que me apoiaram, me fizeram que acreditar que conseguiria, me disseram aquilo que precisava ouvir para não desistir

Aos que tiveram paciência e compaixão nos meus momentos de desespero

Aos que estimulam a capacitação, torcem e ajudam no crescimento profissional

Aos que coletam, processam e disponibilizam dados científicos

Aos que batalham para a manutenção de um monitoramento pesqueiro no Brasil

Aos que compartilham, colaboram e criam uma ciência de livre acesso

Aos que lutam para construção de um mundo baseado em evidências científicas

Aos que entendem a urgência da mudança social para manutenção da humanidade

Aos que ainda não chegaram, mas já são o sol.

## RESUMO

Estoques pesqueiros biologicamente sustentáveis representam cerca de 70% do estoque global. Este percentual está reduzindo ao longo dos anos, tornando urgente o melhoramento de gerenciamento pesqueiro. O presente trabalho utilizou dados de sensoriamento remoto para avaliar a resposta de variáveis ambientais e índices climáticas na atividade pesqueira na região costeira do Estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados dados de Temperatura da Superfície do Mar – TSM, e Concentração superficial de Clorofila-a – Cl-a, além de três índices climáticos: Índice de Oscilação Antártica – AAO, Índice *El Niño*/Oscilação do Sul multivariado – MEI e Índice do Dipolo do Atlântico Sul – SASDI. Os resultados obtidos indicam a predominância da TSM e Cl-a como variáveis que influenciam a pesca em escala anual, com atraso de 2 anos. Por outro lado, nos resultados mensais para o período entre 2017-2020, a TSM e MEI demonstram relevância. O índice SASDI também apresentou resultados significativos, principalmente para espécies demersais. Observou-se relação trófica entre os grupos de pescados, sendo os Pelágicos de Plataforma indicativos da pesca dos demais grupos no ano seguinte, evidenciando relação presa-predador. A Análise Canônica de Coordenadas Principais atingiu rendimento superior nos resultados anuais que mensais. Por outro lado, os modelos mensais apresentaram mais variáveis significativas. As análises espaciais demonstram que zonas de agregação da atividade pesqueira são localizadas em locais onde ocorre o fenômeno da ressurgência, sendo eles Cabo Frio e Cabo de São Tomé. A quebra da plataforma continental também é uma importante área de agrupamento da pesca de peixes pelágicos oceânicos. Foi ainda desenvolvida plataforma interativa e colaborativa para consultas dinâmicas de dados de pesca e de satélites (link: [https://bit.ly/O\\_mar\\_esta\\_para\\_peixes](https://bit.ly/O_mar_esta_para_peixes)), representando um importante passo para a aplicação Abordagem Ecosistêmica à Pesca (AEP) no Estado do Rio de Janeiro. Novos estudos incluindo outras variáveis ambientais e socioeconômicas tendem a ser o caminho para melhoria dos resultados obtidos. A escolha de espécies específicas para aplicação do método pode contribuir para aprimoramento do conhecimento de relações ecológicas e a pesca.

## ABSTRACT

Biologically sustainable fishing stocks represent around 70% worldwide and this percentage is reducing over the years, making the development of fisheries management urgent. The present work used remote sensing data to evaluate the response of the fishing activity to environmental forcing in the coastal region of the State of Rio de Janeiro. Data on Sea Surface Temperature – SST, and surface concentration of Chlorophyll –a – CI-a were used, in addition to three climatic indices: Antarctic Oscillation Index – AAO, multivariate *El Niño*/Southern Oscillation Index – MEI and South Atlantic Dipole Index – SASDI. The results indicate the predominance of TSM and CI-a as variables that influence fishing on an annual scale, with a 2-year delay. On the other hand, monthly results for the period between 2017-2020 show the relevance of TSM and MEI governing fish stocks. The SASDI index also presented significant influence, mainly for demersal species. The trophic relationship was observed between the fishing groups, with the Shelf Pelagius being indicative of the fishing of the other groups in the following year, demonstrating a prey-predator relationship. The Canonical Analysis of Principal Coordinates achieve higher yields in annual than monthly results. Conversely, the monthly models presented more variables that are significant. Spatial analyzes demonstrate that the fishing activity aggregates in upwelling regions, namely Cabo Frio and Cabo de São Tomé. The continental shelf break also demonstrated relevance for the grouping of oceanic pelagic fish. It was also developed an interactive and collaborative platform for dynamic queries of fishing and satellite data (link: [https://bit.ly/O\\_mar\\_esta\\_para\\_peixes](https://bit.ly/O_mar_esta_para_peixes)) which represent an important step towards applying the Ecosystem Approach to Fisheries (AEP) in the State of Rio de Janeiro. New studies including other environmental and socioeconomic variables tend to be the way to improve the results obtained. The choice of specific species to apply the method can contribute to improving knowledge of ecosystem relationships and fishing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção da pesca extrativa e da aquicultura, em ambientes marinhos e nas águas continentais (1960-2010) Fonte: VIANA, 2013.....	5
Figura 2: Estrutura vertical da coluna de água, com as variáveis penetração de luz, concentração de nitrogênio, Cl-a e temperatura. Adaptado de SIGMAN & HAIN, 2012 .....	10
Figura 3: Área de estudo identificando as delimitações de acordo com FIPERJ (2013) e BRASIL (2006). .....	17
Figura 4: Área de estudo utilizada para a Plataforma de disponibilização de Dados, com divisão em três seções: Norte, Central e Sul.....	24
Figura 5: Capa da plataforma com cinco seções: Pesca, Habitat, Mapa, Satélite e Downloads. Página 1 de 9 no total.....	27
Figura 6: Página 1 (de 2) da seção Pesca, que exhibe dados mensais da pesca. Página 2 de 9 no total. As barras verdes representam o Inverno, a Primavera em azul claro, o Verão em azul e o Outono em azul escuro.....	28
Figura 7: Página 2 (de 2) da seção Pesca, que mostra dados anuais da pesca. Página 3 de 9 no total. As barras azuis representam a produção pesqueira (kg). A linha verde representa a pesca industrial e a linha azul a artesanal.....	29
Figura 8: Página 1 (de 2) página da seção Habitat, mostrando a variação temporal das capturas pesqueiras para os períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 4 de 9 no total. A linha azul escura representa DBC, a azul claro DBP, verde escuro indeterminado, verde mais escuro PO e linha ciano PP.....	30
Figura 9: Página 2 (de 2) da seção Habitat, mostrando diferentes critérios de classificação de dados. A página contém dados dos períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 5 de 9 no total. ....	30
Figura 10: Página 1 (de 1) da seção Mapa, mostrando dados de desembarque de pesca divididos por cidades de desembarque. Esta página contém dados dos períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 6 de 9 no total. ....	31
Figura 11: Página 1 (de 2) da seção Satélite, mostrando a concentração de Cl-a e a TSM para o período entre 2011 e 2020. Esta página mostra dados mensais de captura de pesca para fins de comparação. Página 7 de 9 no total.....	32
Figura 12: Página 2 (de 2) da seção Satélite, mostrando a Cl-a e a TSM para o período entre 2011 a 2020 dividido pelos três setores geográficos: Norte, Centro e Sul. Página 8 de 9 no total. ....	33
Figura 13: Seção de downloads, onde os dados utilizados na plataforma ficam disponíveis para download em formato de planilha (.xls), conforme hiperlink disponível para clicar. Página 9 de 9 no total.....	33

Figura 14: Localização considerada para extrair variáveis ambientais para cálculo dos índices utilizados no presente trabalho. Adaptado de SOUZA e REBIOTA (2021).....	40
Figura 15: Captura de Pesca Anual a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire <i>et al.</i> (2021) para o Estado do Rio de Janeiro. ....	42
Figura 16: Captura anual divididos por setor da pesca a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire <i>et al.</i> (2021) para o Estado do Rio de Janeiro. ....	43
Figura 17: Distribuição da captura total por classificação de habitat a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire <i>et al.</i> (2021) para o Estado do Rio de Janeiro.....	43
Figura 18: Dados de Pesca Anual do Estado do Rio de Janeiro divididos por habitat a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire <i>et al.</i> (2021). O eixo a direita pertence à classificação de “Pelágicas Plataforma”, representado pela linha vermelha. ....	45
Figura 19: Variação da média anual de CI-a e TSM entre os anos de 2003 e 2015. Dados obtidos pelo satélite MODIS-AQUA.....	46
Figura 20: Variação da média anual dos índices climáticos AAO, MEI e SASDI para o período de 2003 até 2015 .....	47
Figura 21: Diagrama de calor anual indicando a correlação linear a partir do Método de Pearson para as classes de habitat, variáveis ambientais e índices climáticos.....	48
Figura 22: Correlação cruzada entre os grupos de habitats e médias anuais das variáveis ambientais: CI-a e TSM, o lag (“atraso”) contado em anos. ....	50
Figura 23: Correlação cruzada entre os grupos de habitats e médias anuais dos índices climáticos: AAO, MEI e SASDI, o lag (“atraso”) contado em anos. ....	51
Figura 24: Correlação Cruzada entre Pelágicos de Plataforma e demais habitats e entre TSM e CI-a, o lag (“atraso”) é contado em anos.....	52
Figura 25: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e classes de habitats, superior (sem atraso), inferior (atraso de 2 anos). ....	53
Figura 26: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e classes de habitats, superior (atraso de 3 anos), inferior (atraso de 5 anos) .....	54
Figura 27: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e as dez principais espécies de peixe. ....	56
Figura 28: Base de dados georreferenciada do PMAP. À esquerda, em laranja, os blocos disponibilizados, à direita, em rosa, o recorte realizado para a Área de Estudo .....	62
Figura 29: Captura estimada da pesca, perfil mensal (a) e porcentagem da Área de Estudo em relação a área total do PMAP (b) .....	65
Figura 30: Perfil mensal da pesca classificada por setor pesqueiro, artesanal (verde – eixo esquerda), industrial (cinza – eixo direita) realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.....	66

Figura 31: Captura pesqueira por estações do ano realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.. As estações do ano são representadas pelas cores, vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON). .....	66
Figura 32: Boxplots da captura pesqueira por estações do ano realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020. As estações do ano são representadas pelas cores, vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON). .....	67
Figura 33: Boxplots da captura pesqueira mensal realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.. As estações do ano são representadas pelas cores, vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON). .....	67
Figura 34: Distribuição por classificação de habitat da pesca realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.....	68
Figura 35: Perfil da pesca mensal por habitat realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020. O eixo a direita pertence à classificação de “Pelágicas Plataforma”, representado pela linha vermelha.....	68
Figura 36: Variação de CI-a e TSM na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020 .....	70
Figura 37: Gráfico boxplot anual da série de dados de CI-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.....	70
Figura 38: Gráfico boxplot mensal da série de dados de CI-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020 .....	71
Figura 39: Variação das anomalias mensais de CI-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.....	72
Figura 40: Variação mensal dos índices climáticos AAO, MEI e SASDI para o período de 2017 até 2020 .....	74
Figura 41: Diagrama de calor de correlação linear mensal a partir do Método de Pearson para as classes de habitat, variáveis ambientais e índices climáticos .....	75
Figura 42: Correlação cruzada entre variáveis ambientais e grupos de habitats, o lag (“atraso”) é contado em meses. ....	76
Figura 43: Correlação Cruzada entre índices climáticos e grupos de habitats, o lag (“atraso”) contado em meses. ....	77
Figura 44: Correlação Cruzada mensal entre PP e demais grupos e entre TSM e CI-a, o lag (“atraso”) contado em meses.....	78
Figura 45: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados mensais e as classes de habitats, 28% constrito. ....	78
Figura 46: Dendrograma de ward para observar a multicolinearidade entre as variáveis resposta (grupos de habitats) e variáveis explicativas (ambientais e índices).....	79
Figura 47: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados mensais e dez espécies de peixes, 24% constrito. ....	79

Figura 48: Dendograma de ward para observar a multicolinearidade entre as variáveis resposta (captura das 10 principais espécies de peixes) e variáveis explicativas (ambientais e índices) ..	80
Figura 49: Mapa pesca total (kg), somatório dos anos 2017 (a partir de julho) até 2020 (dezembro) .....	81
Figura 50: Mapas da pesca (kg), somatório para cada ano do período entre 2017 – 2020. ....	82
Figura 51: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2017.....	83
Figura 52: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2017.....	83
Figura 53: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2019.....	84
Figura 54: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2020.....	84
Figura 55: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson entre a Cl-a e os grupos de habitats. ..	86
Figura 56: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson entre a TSM e os grupos de habitats ..	87
Figura 57: Mapa da TSM média para o Outono (MAM) para cada ano entre 2017 - 2020.....	106
Figura 58: Mapa da Cl-a média para o Outono (MAM) para cada ano entre 2017 – 2020.....	107
Figura 59: Mapa da TSM média para o Inverno (JJA) para cada ano entre 2017 - 2020 .....	107
Figura 60: Mapa da Cl-a média para o Inverno (JJA) para cada ano entre 2017 – 2020 .....	108
Figura 61: Mapa da TSM média para a Primavera (SON) para cada ano entre 2017 - 2020....	108
Figura 62: Mapa da Cl-a média para a Primavera (SON) para cada ano entre 2017 – 2020 ....	109
Figura 63: Mapa da TSM média para o Verão (D(0)JF(+2)) para cada ano entre 2017 – 2020	109
Figura 64: Mapa da Cl-a média para o Verão (D(0)JF(+2)) para cada ano entre 2017 – 2020.	110
Figura 65: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e Cl-a, para o Outono (MAM) de cada ano. ....	112
Figura 66: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e Cl-a, para Inverno (JJA) de cada ano. ....	113
Figura 67: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e Cl-a, para Primavera (SON) de cada ano. ....	115
Figura 68: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e Cl-a, para Verão (DJF) de cada ano. ....	116
Figura 69: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo DBC e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI. ....	117
Figura 70: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo DBP e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI. ....	118
Figura 71: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo PP e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI.....	119
Figura 72: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo PO e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI. ....	120
Figura 73: Mapas de correlação p-valor entre o grupos de habitats e Cl-a. ....	120
Figura 74: Mapas de correlação p-valor entre o grupos de habitats e TSM.....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Situação dos estoques pesqueiros no Brasil, resultados do Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). Fonte: BRASIL, 2006.....	5
Tabela 2: Síntese da influência dos índices analisados no Atlântico Sul e possíveis impactos ..	15
Tabela 3: Características dos dados presentes nos documentos utilizados para o levantamento de Dados Pesqueiros .....	19
Tabela 4: Municípios de desembarque pesqueiro monitorados no Estado do Rio de Janeiro em cada base de dados utilizada.....	20
Tabela 5: Exemplos de Bases de Dados de Pesca disponíveis.....	23
Tabela 6: Informações padronizadas das Bases de Dados de Pesca utilizadas .....	25
Tabela 7: Fonte de dados de cada seção e página do O mar está para peixes? plataforma. ....	27
Tabela 8: Dez espécies de peixes selecionadas para as análises estatísticas .....	38
Tabela 9: Índices Climáticos utilizados e principais características .....	39
Tabela 10: Valores totais e percentuais de cada setor da pesca por habitat para o período de 1950 – 2015.....	45
Tabela 11: Explicação (%) da Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5 .....	54
Tabela 12: Variância de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5.....	55
Tabela 13: P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5, considerado significativo se $p < 0,05$ .....	55
Tabela 14: Valores de captura total entre os anos de 2003 e 2015 para das dez principais espécies selecionadas para a análise CAP .....	56
Tabela 15: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados anuais e as dez espécies de peixe, considerado significativo se $p < 0,05$ .....	56
Tabela 16: Valores totais e percentuais de cada setor da pesca por habitat para o período de 2017 – 2020.....	69
Tabela 17: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados mensais e as classes de habitats, considerado significativo se $p < 0,05$ (valores em verde).....	79
Tabela 18: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados mensais e as dez espécies de peixe, considerado significativo se $p < 0,05$ (valores em verde).....	80

## LISTA DE ABREVIACOES

TSM	Temperatura da Superfície do Mar
Cl-a	Concentração superficial de Clorofila-a
AAO	Índice de Oscilação Antártica
MEI	Índice El niño/Oscilação do Sul (ENSO) multivariado
SASDI	Índice do Dipolo do Atlântico Sul
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
DBC	Demersais Bentônicos Costeiros
DBP	Demersais Bentônicos de Plataforma
PP	Pelágicos de Plataforma
PO	Pelágicos Oceânicos
PMAP	Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira
FIPERJ	Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro
IPCC	Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas
REVIZEE	Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva
SOFIA	Situação Mundial da Pesca e da Aquicultura
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
AEP	Abordagem Ecológica à Pesca
CB	Corrente do Brasil
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
AC	Água Costeira
AT	Água Tropical
ABS	Águas de Baixa Salinidade
CAP	Análises Canônicas de Coordenadas Principais

# Sumário

RESUMO .....	iv
Capítulo I – Escopo Geral .....	1
I.1. Introdução .....	1
I.2. Fundamentação Teórica .....	4
<i>I.2.1. Pesca no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro</i> .....	4
<i>I.2.2. Gerenciamento pesqueiro</i> .....	7
<i>I.2.3. Relações entre pesca e condições ambientais</i> .....	9
<i>I.2.4. Sensoriamento remoto orbital de dados de TSM e Cl-a</i> .....	11
<i>I.2.5. Aplicação de dados de satélite nos estudos pesqueiros</i> .....	12
<i>I.2.6. Mudanças climáticas e impactos na pesca</i> .....	13
<i>I.2.7. Índices Climáticos</i> .....	14
I.3. Área de estudo .....	16
I.4. Bases de Dados .....	18
<i>I.4.1 Pesca</i> .....	18
<i>I.4.1.1 Classificação de Habitat</i> .....	20
<i>I.4.2. Sensoriamento Remoto</i> .....	21
Capítulo II – Plataforma de disponibilização de dados .....	22
II.1. Introdução .....	22
II.2. Objetivos .....	23
II.3. Metodologia .....	24
<i>II.3.1. Área de Estudo</i> .....	24
<i>II.3.2. Bases de dados</i> .....	25
<i>II.3.3. Padronização Bases de Pesca</i> .....	25
II.3.4. Plataforma de disponibilização de dados .....	26
II.4. Resultados .....	26
<i>II.4.1. Pesca</i> .....	28
<i>II.4.2. Habitat</i> .....	29
<i>II.4.3. Mapa</i> .....	31

II.4.4. Satélite .....	32
II.4.5. Downloads .....	33
II.5. Discussões .....	34
II.6. Conclusões .....	36
Capítulo III – Análise Anual .....	37
III.1. Introdução .....	37
III.2. Objetivos .....	37
III.3. Metodologia .....	38
III.3.1. Área de Estudo .....	38
III.3.2. Dados de Pesca .....	38
III.3.3. Dados de Satélite .....	38
III.3.4. Índices Climáticos .....	39
III.3.5. Métodos estatísticos .....	40
III.4. Resultados .....	42
III.5. Discussão .....	57
III.6. Conclusões .....	60
Capítulo IV – Análise Mensal .....	61
IV.1. Introdução .....	61
IV.2. Objetivos .....	61
IV.3. Metodologia .....	62
IV.3.1. Área de Estudo .....	62
IV.3.2. Dados de Pesca .....	62
IV.3.3. Dados de Satélite .....	63
IV.3.4. Índices Climáticos .....	63
IV.3.5. Métodos estatísticos .....	63
IV.4. Resultados .....	64
IV.4.1. Análise temporal .....	64
IV.4.2. Análise espacial .....	81
IV.5. Discussão .....	88

<i>IV.6. Conclusões</i> .....	91
Conclusões .....	92
Referências bibliográficas .....	94
ANEXOS.....	105
<i>Anexo I - Planilha de classificação de habitat</i> .....	105
<i>Anexo II – Planilha padrão para inclusão de dados na Plataforma</i> .....	105
<i>Anexo III - Códigos RStudio</i> .....	106
<i>Anexo IV – Mapas sazonais de TSM e Cl-a</i> .....	106
<i>Anexo V – Mapas de correlação sazonal entre TSM e Cl-a</i> .....	111
<i>Anexo VI – Mapas de correlação entre grupos de habitats e índices climáticos</i> .....	116
<i>Anexo VII – Mapas de p-valor da correlação entre grupos de habitats e variáveis ambientais</i> .....	120

## Capítulo I – Escopo Geral

### I.1. Introdução

O percentual de estoques pesqueiros em níveis biologicamente sustentáveis recuou de 90% em 1990 à 68% em 2018, segundo a última publicação do Situação Mundial da Pesca e da Aquicultura (SOFIA) da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (FAO, 2020). A pesca é responsável pela fonte de proteína de aproximadamente 20% (FAO, 2020) da população mundial, e no Brasil mais de 0,5 milhão de pessoas dependem dessa fonte de renda (BRASIL, 2022). Episódios de colapso de recursos pesqueiros são registrados em todo o mundo. No Brasil, se destaca o caso da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) ocorrido no final da década de 80 como resultado predominantemente da sobrepesca (CERGOLE & DIAS-NETO, 2011).

A insustentabilidade dos estoques aliada às demais pressões antrópicas levam a um cenário preocupante para o futuro das atividades pesqueiras globais. O aumento da temperatura do mar, em decorrência das mudanças climáticas, está causando a intensificação da estratificação térmica em escala global, gerando efeitos na comunidade biológica (SARMIENTO *et al.*, 1998). A produtividade marinha vem registrando redução global, sendo observada 6,3% de redução entre 1997 e 2002 (GREGG *et al.*, 2003). O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) estima que a pesca marinha na costa brasileira pode sofrer redução de até 30% (IPCC, 2023). A manutenção da atividade pesqueira nos próximos anos pressupõe um sistema de gerenciamento pesqueiro sustentável e eficiente. Entretanto, o desenvolvimento de políticas públicas para o gerenciamento é desigual ao redor do mundo (FAO, 2020) e difere até mesmo entre os estados Brasileiros.

Diante disto, fica evidente a complicada situação do Brasil que, segundo a FAO (2020), não encaminha desde 2014 dados oficiais das atividades pesqueiras, sendo que as estatísticas nacionais foram paralisadas desde 2008, após a criação da Secretaria Especial da Pesca. Não há possibilidade de desenvolvimento de um programa de gerenciamento pesqueiro sem dados de monitoramento. O último Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura para o Brasil (BRASIL, 2011) destaca a importância de informações básicas para subsidiar o desenvolvimento das políticas públicas voltadas para pesca e aquicultura. Entretanto, o mesmo documento ressalta a ausência de dados estatísticos de qualidade no país. Apesar das lacunas nacionais, alguns Estados possuem levantamentos próprios do cenário da pesca. No caso do Rio de Janeiro,

recentemente foi realizado um monitoramento de desembarques pesqueiros entre julho de 2017 e dezembro de 2020 via Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira - PMAP.

A ciência pesqueira ainda enfrenta a limitação de acesso a dados de qualidade (WATSON, 2017), especialmente em países em desenvolvimento (ZELLER *et al.*, 2016), como é o caso do Brasil. Neste cenário, as políticas públicas propostas pelas agências reguladoras tornam-se precárias, apenas 7% dos estados costeiros brasileiros aplicam avaliação científica rigorosa na gestão pesqueira. Iniciativas vêm sendo tomadas para reconstrução e recálculo dos dados totais de capturas pesqueiras (PAULY, 2007, FREIRE *et al.*, 2015, ZELLER *et al.*, 2016). Há ainda aumento de bases de dados de pesca de acesso aberto (MCMANAMAY e UTZ, 2014) sendo utilizadas para desenvolvimento de gerenciamento de recursos marinhos mais eficiente.

Entretanto, o gerenciamento não depende apenas de dados de pesca, sendo o monitoramento do ecossistema fundamental (KLEMAS, 2013). Aspectos ambientais como temperatura da água, disponibilidade de alimento, circulação oceânica, condições meteorológicas e variabilidade climática são alguns dos fatores que influenciam a ocorrência de peixes e, desta forma, a condição do estoque pesqueiro. A Abordagem Ecosistêmica à Pesca (AEP) se destaca por considerar todo o sistema, incluindo os seres humanos como componentes (FAO, 2013) buscando equilibrar bem-estar humano e a saúde dos ecossistemas (GARCIA *et al.* 2003; MORISHITA 2008). A aplicação de dados de satélite no gerenciamento pesqueiro tem se mostrado eficaz (IOCCG, 2009), principalmente para prever zonas de pesca devido a condições ambientais (CHASSOT *et al.*, 2011). Variáveis como Concentração superficial de Clorofila-a - Cl-a e a Temperatura da Superfície do Mar -TSM demonstram relevância na determinação de áreas de pesca no Atlântico Sul (COLETTI *et al.*, 2018, ROLIM & AVILA-DA-SILVA, 2018, LOPES *et al.*, 2021).

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo principal utilizar dados de sensoriamento remoto para avaliar a resposta da produção pesqueira às alterações de variáveis ambientais, em específico a Cl-a e a TSM, na plataforma continental do Estado do Rio de Janeiro. Também é do escopo do presente estudo avaliar a influência da variabilidade climática sobre a produção pesqueira a partir da utilização os índices climáticos *Antartic Oscillation* – AAO (Oscilação Antártica), *Multivariate El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Index* - MEI V2 (Índice *El Niño*/Oscilação do Sul (ENSO) multivariado) e *South Atlantic Subtropical Dipole Index* - SASDI (Índice do Dipolo do Atlântico Sul). O estudo buscou ainda elaborar plataforma online interativa de acesso aberto à dados pesqueiros, juntamente com dados de satélite, que permita

consultas dinâmicas para aplicação por gestores públicos, pesquisadores, pescadores, indústria pesqueira e educadores.

Além do objetivo principal os objetivos específicos do presente estudo são:

- Sistematizar os dados de estatística pesqueira no Estado do Rio de Janeiro;
- Construir, a partir de dados de estatística pesqueira (quantidade e tipo de pescado), o panorama atual e a evolução da pesca no Estado do Rio de Janeiro;
- Verificar a viabilidade de utilização de dados de sensoriamento remoto da CI-a e TSM nas zonas pesqueiras do Estado do Rio de Janeiro como determinante das condições pesqueiras;
- Observar a influência de processos climáticos na produção pesqueira estadual, utilizando índices climáticos (AAO, MEI e SASDI).

O texto está organizado em capítulos, o primeiro apresenta um escopo geral do tema e o embasamento teórico. Em seguida são apresentados três capítulos (II, III, IV) de diferentes análises realizadas, estruturados em formato de artigo. O segundo capítulo descreve a Plataforma de Disponibilização de Dados, enquanto o terceiro aborda a Análise Anual e, por fim, o quarto baseia-se na Análise Mensal.

## **I.2. Fundamentação Teórica**

### *I.2.1. Pesca no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro*

A produção dos recursos pesqueiros do país apresentou crescimento na década de 1960 atingindo um pico nos anos de 1980, após incentivos governamentais. Entretanto, a partir 1985, apesar dos esforços pesqueiros, a produção extrativista não ultrapassou a marca de 600.000 toneladas (VIANA, 2013) (Figura 1). Infelizmente o monitoramento da produção pesqueira não foi contínuo ao longo dos anos, e a última publicação em âmbito nacional de dados da produção pesqueira é datado de 2010 (FREIRE, 2021). O Brasil é considerado uma nação pesqueira de médio porte, entretanto a atividade é uma importante fonte de geração de renda para mais de meio milhão de brasileiros, sendo 50% da atividade pesqueira realizada pela pesca artesanal (BRASIL, 2022).

O maior programa de aquisição de dados referente aos recursos vivos marinhos do Brasil, o Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE), desenvolvido entre os anos de 1995 e 2005, demonstrou pela primeira vez o panorama dos estados dos estoques pesqueiros do Brasil. Este levantamento evidenciou que 23% dos recursos pesqueiros nacionais estavam plenamente explorados, enquanto 32,98% estavam sobre-explorados. Em termos regionais, na região Sul-Sudeste, os recursos plenamente explorados atingiram 30% e os sobre explorados 56%, (Tabela 1) (BRASIL, 2006), demonstrando a relevância da pesca na Região Sul-Sudeste em relação as demais regiões do Brasil, devido a concentração da pesca industrial.

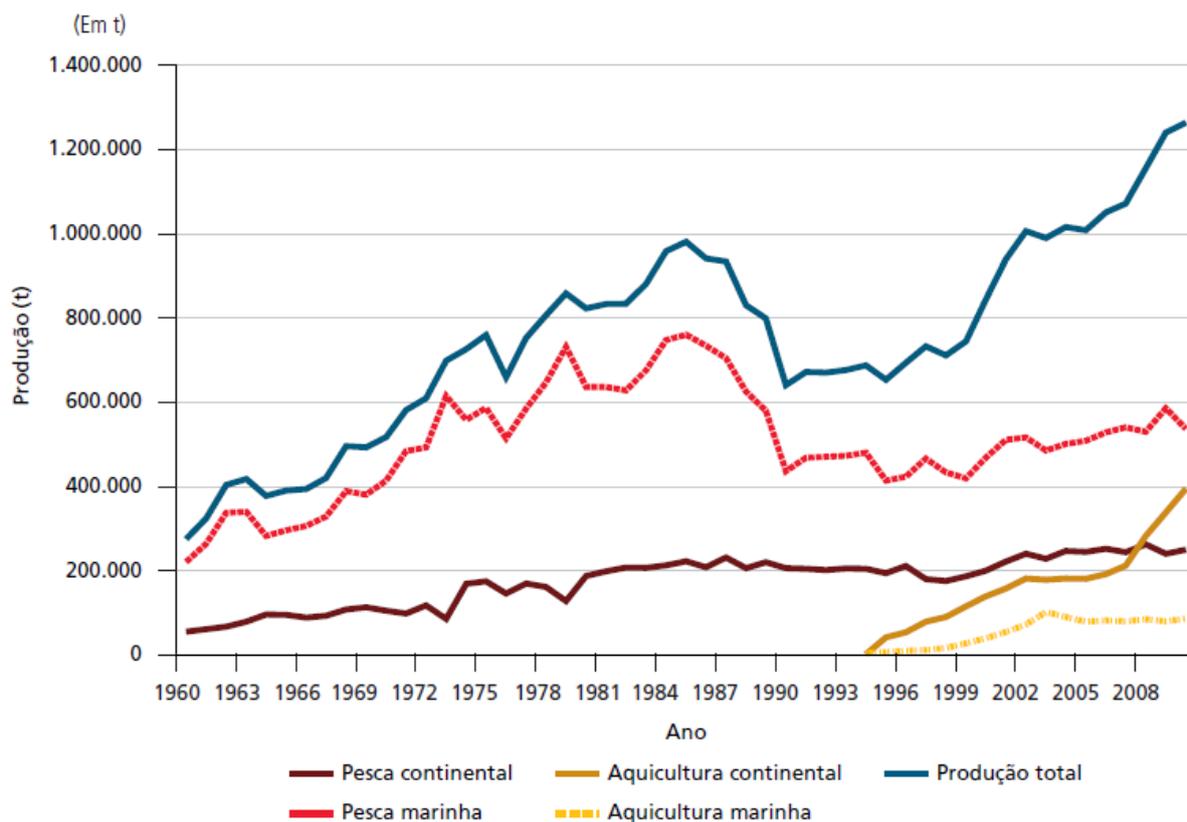


Figura 1: Produção da pesca extrativa e da aquicultura, em ambientes marinhos e nas águas continentais (1960-2010). Fonte: (VIANA, 2013).

Tabela 1: Situação dos estoques pesqueiros no Brasil, resultados do Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). Fonte: BRASIL, 2006. Região Norte – da foz do rio Oiapoque à foz do rio Parnaíba. Região nordeste (NE) – da foz do rio Parnaíba até Salvador, incluindo o arquipélago de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Região Central – de Salvador ao Cabo de São Tomé, incluindo as ilhas de Trindade e Martin Vaz. Região sudeste-sul (S-SE) – do Cabo de São Tomé ao Chuí. MIG - espécies migratórias.

Região/ Situação	Norte	NE	Central	S-SE	MIG	Total
Não explorado (%)	29	0	29	2	0	11,2
Subexplorado (%)	0	16	0	2	7	4,6
Plenamente explorado (%)	42	16	6	30	20	23
Sobreexplorado (%)	8	25	16	56	47	32,9
Não avaliado (%)	21	44	48	10	27	28,3
Total de espécies avaliadas	24	32	31	50	15	152

A pesca no Estado do Rio de Janeiro data de antes mesmo do desenvolvimento urbano e sofreu diversas modificações ao longo do tempo. Sabe-se que algumas artes de pesca foram trazidas pela colonização portuguesa, enquanto outras têm origem nas práticas dos povos nativos (FIPERJ, 2013). Atualmente a pesca artesanal e industrial coexistem, com aproximadamente de 30% da produção pesqueira realizada por pescadores artesanais, enquanto a pesca industrial

representa 70 % da produção (PMAP, 2018a; PMAP, 2020a). A pesca artesanal prevalece na região Norte Fluminense e na Costa Verde, enquanto a pesca industrial é mais comum na região metropolitana (BRASIL, 2006). A Sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é o principal recurso desembarcado no Estado do Rio de Janeiro, além da Sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*), Savelha (*Brevoortia aurea*), Cavalinha (*Scomber colias*), Galo (*Selene* spp.) e Xerelete (*Caranx* spp.) (FIPERJ, 2013a).

Apesar do grande esforço aplicado no programa REVIZEE, o acompanhamento dos estoques pesqueiros no Brasil não se manteve ao longo do tempo. Porém, mesmo com as lacunas nacionais, alguns Estados desenvolveram levantamentos próprios para o cenário da pesca. No caso do Rio de Janeiro, a Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro - FIPERJ é a instituição que produz as estatísticas pesqueiras. Entretanto o monitoramento pesqueiro apresentou discontinuidades: foram produzidas estatísticas entre os anos de 1990 e 2000 e posteriormente retomadas nos anos de 2010 até 2013 quando foram interrompidas novamente. Atualmente, o monitoramento da pesca é realizado através do Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro – PMAP-RJ, desenvolvido em parceria entre a FIPERJ, Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (FUNDEPAG) e a Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS. O PMAP é um instrumento estipulado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como condicionante de licença ambiental para as atividades da PETROBRAS na Bacia de Santos.

### *1.2.2. Gerenciamento pesqueiro*

O Brasil, assim como demais nações, enfrenta o crescimento da atividade pesqueira e o aprimoramento tecnológico, o que vem causando a sobre-exploração dos estoques pesqueiros e colocando espécies marinhas em ameaça de extinção (BRASIL, 2022), como o episódio de colapso de estoques da sardinha verdadeira ocorrido no Brasil no final da década de 1980 (DIAS-NETO, 2010). Este declínio foi caracterizado pela sobreposição de fatores ambientais e antrópicos. Apesar de indícios que a sobrepesca foi predominante neste episódio de colapso da sardinha (CERGOLE & DIAS-NETO, 2011), o enfraquecimento da penetração da Água Central do Atlântico Sul - ACAS na região costeira (CERGOLE, 1995) entre os anos de 1986-1987 impactou o fortemente a desova e o estoque de biomassa nos anos subsequentes (MATSUURA, 1998).

Segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, volume VI – peixes (ICMBio, 2018) o principal vetor de ameaça aos peixes marinhos é a pesca, condição responsável por 90% das espécies listadas como ameaçadas. Nesse sentido, torna-se urgente a implementação de medidas de gestão de recursos pesqueiros.

No Brasil a gestão de recursos pesqueiros passou por diversas fases, tendo mecanismos como a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca (Lei Federal n.º 11.959/2009), assim como Instruções Técnicas, Programa Nacional de Bordo da Frota Pesqueira (Probordo), Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações por Satélite (Preps), Plano Nacional de Desenvolvimento da Pesca, Acordos de Pesca, Defesos (FIGUEREDO, 2015, CERGOLE & DIAS-NETO, 2011; 2011; BRASIL, 2022). Entretanto a descontinuidade das políticas públicas e ausência de estatísticas pesqueiras tem sido apontadas como desafios para implantação de um gerenciamento pesqueiro pleno (BRASIL, 2022). Além disto, as metodologias de gestão devem ser diferenciadas e adequadas a cada uma das frotas, considerando as diferenças entre a pesca industrial e artesanal (VIANA, 2013).

Modelos de avaliação de estoque pesqueiro apresentam limitações como, entre outras, assumir o equilíbrio das pescarias, não incorporar as variações ambientais, e não integrar adequadamente componentes socioeconômicos (CASTELLO, 2007). Tradicionalmente os primeiros métodos de levantamento pesqueiro consideravam as espécies alvo como isoladas do restante do ecossistema, não incluindo assim a pesca de espécies acessórias e alterações nas condições ambientais e biológicas (FAO, 2013). Recentemente, abordagens diferenciadas para gestão pesqueira tem sido discutidas, com destaque para a Abordagem Ecosistêmica à Pesca (AEP) (BRASIL, 2022), que se baseia em considerar todo o sistema, não apenas espécies-alvo,

incluindo os seres humanos como componentes (FAO, 2013) numa tentativa de equilibrar o bem-estar humano e a saúde dos ecossistemas a fim de preservar os recursos para as gerações presentes e futuras (GARCIA *et al.* 2003; MORISHITA 2008).

A aplicação de planejamento marinho mais efetivo depende da utilização de dados confiáveis para o desenvolvimento do AEP, assim como de integração entre dados ambientais e socioeconômicos (KIRKFELDT, 2019). Neste sentido, dados de sensoriamento remoto vêm se destacando por permitirem a aquisição de dados ambientais em alta escala temporal e escala espacial de grandes áreas (IOCCG, 2009). A aplicação de dados de satélite numa abordagem ecossistêmica deve atender as necessidades da comunidade pesqueira, sendo embasado com dados científicos e de fácil interpretação, além de escala adequada (IOCCG, 2009)

### 1.2.3. Relações entre pesca e condições ambientais

Os peixes marinhos ocupam níveis tróficos variados e dependem da estrutura dos níveis inferiores para alimentação (BORNATOWSKI *et al.*, 2018), esses níveis indicam o posicionamento na teia trófica, sendo os grandes predadores os que ocupam os maiores níveis. O fitoplâncton marinho é a base de toda a teia trófica, sendo seu crescimento denominado de produção primária (SIGMAN & HAIN, 2012). A produção primária ocorre por meio da fotossíntese, onde os organismos fitoplactônicos absorvem a luz solar e fazem a fixação do carbono inorgânico e conversão em carbono orgânico (SIMPSON e SHARPLES, 2012). A absorção de energia depende dos pigmentos presentes nas células desses organismos, sendo a Cl-a o principal pigmento por estar presente em todos os organismos fotossintéticos. Por este motivo, a Cl-a é utilizada como um índice de produção primária do ecossistema (IOCCG, 2009). Como os peixes dependem de organismos planctônicos, com destaque para o fitoplâncton, como alimento. Mesmo espécies que não se alimentam diretamente da produção primária tendem a ter relação com a concentração de Cl-a, uma vez que com alta concentração de fitoplâncton são zonas de alimentação do zooplâncton também. A zona de transição de frente superficial de Cl-a foi identificada como região de concentração de Albacora-branca (*Thunnus alalunga*), que se acumula para alimentação de consumidores primários mesmo durante migrações (POLOVINA *et al.*, 2001).

A produção primária marinha depende, majoritariamente, de luz solar e nutrientes (SIGMAN & HAIN, 2012). O impacto da ausência de luz solar na produção primaria normalmente está associado a penetração na coluna de água, ou seja, o quanto a onda eletromagnética está sendo atenuada. Assim, fatores como a presença de material particulado e turbulência podem ser relevantes (TALLEY *et al.*, 2011). O excesso de luz também pode ser limitante, pois pode saturar a capacidade de fotossíntese, podendo gerar danos ao fotosistema (SIMPSON e SHARPLES, 2012). Por outro lado, a concentração de nutrientes depende de quatro principais fontes: a costa, a quebra da plataforma, os sedimentos do assoalho marinho e a interface oceano-atmosfera (SIMPSON e SHARPLES, 2012). Além da distância das fontes, a concentração de nutrientes apresenta gradiente vertical na coluna de água, sendo as camadas superiores, até o limite da camada de mistura, marcadas por baixos valores devido ao consumo pelos organismos fitoplanctônicos (Figura 2) (SIGMAN & HAIN, 2012).

A temperatura oceânica também apresenta um papel extremamente relevante, uma vez que é responsável por estabelecer barreira de densidade vertical denominada de termoclina (TALLEY *et al.*, 2011), impactando diretamente a disponibilidade de nutrientes, além de influenciar a

fisiologia e metabolismo dos peixes. Desta forma, processos que promovam a mistura das águas verticalmente, como turbulência, convecção e ressurgência, são capazes de disponibilizar nutrientes (SIGMAN & HAIN, 2012). Além do impacto na produtividade primária, a temperatura também é fator determinante na distribuição de espécies de peixes, assim como para sobrevivência no estágio larval. Para a sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), verificou-se que a temperatura impacta na taxa de eclosão e tempo para o desenvolvimento de larvas (ANGELO *et al.*, 2021). Por outro lado, para o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) observou-se a destruição seguindo as feições de frentes oceânicas de TSM (COLETTI *et al.*, 2018).

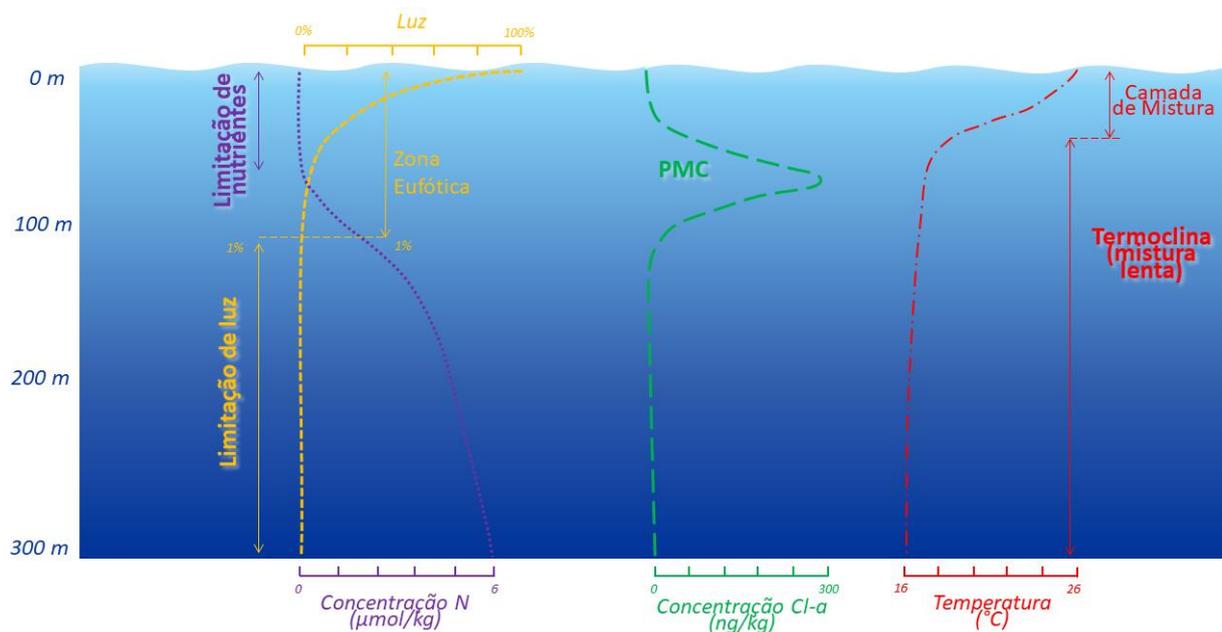


Figura 2: Estrutura vertical da coluna de água, com as variáveis penetração de luz, concentração de nitrogênio, Cl-a e temperatura. Adaptado de SIGMAN & HAIN, 2012.

#### *I.2.4. Sensoriamento remoto orbital de dados de TSM e Cl-a*

A tecnologia do sensoriamento remoto é baseada na aquisição de dados através da detecção e medição da radiação eletromagnética da superfície terrestre (MENESES, 2012). A aquisição destes dados depende de sensores que podem estar acoplados a plataformas distintas, com destaque para os satélites que orbitam a Terra. A radiação eletromagnética medida por satélites é resultado da interação da radiação solar com a Terra (BARBOSA *et al.*, 2019). A radiação eletromagnética tem comportamento ondulatório e é classificada de acordo com o espectro eletromagnético, que se baseia em faixas de comprimento de onda (MENESES, 2012). No caso do presente estudo serão utilizadas as variáveis TSM e Cl-a, obtidas a partir do sinal na faixa do infravermelho e do visível, respectivamente.

A TSM é uma das variáveis mais importantes nos estudos oceanográficos, principalmente aqueles que buscam descrever fenômenos de interação oceano-atmosfera (SOUZA *et al.*, 2004). Para estimativa da TSM via satélite utiliza-se o comportamento espectral do infravermelho termal ( $5\mu\text{m} - 1\text{mm}$ ) (MENESES, 2012). No caso do sensor MODIS, as bandas centradas em comprimentos de onda  $11\mu\text{m}$  e  $12\mu\text{m}$  são utilizadas (SOUZA *et al.*, 2004).

A clorofila-a é o principal pigmento fotossintético presente em organismos fitoplanctônicos (BARBOSA *et al.*, 2019), sendo considerada um dos componentes opticamente ativos da água, ou seja, é capaz de modificar a coloração aparente (MOBLEY, 2020). A alteração no sinal óptico é resultado da presença de uma mistura complexa de materiais particulados e dissolvidos que possuem propriedades ópticas individuais, ou seja, interagem com a luz solar incidente através de absorção e espalhamento (KAMPEL & NOVO, 2004). A clorofila-a apresenta um comportamento espectral singular, com dois picos de absorção, um próximo ao azul ( $430\text{nm}$ ) e outro no vermelho ( $665\text{nm}$ ) (BARBOSA *et al.*, 2019). O resultado em águas com altas concentrações de clorofila é uma aparente coloração verde. Vale destacar, entretanto, que a absorção da luz por um organismo planctônico não é simplesmente a soma dos coeficientes de absorção individuais de pigmentos (MOBLEY, 2020), uma vez que variáveis como tamanho e formato das células também influenciam o espectro da radiação refletida (BARBOSA *et al.*, 2019).

### *I.2.5. Aplicação de dados de satélite nos estudos pesqueiros*

Os dados de sensoriamento remoto são espaciais por natureza, sendo extremamente eficazes para aprimoramento da gestão de uma atividade como a pesca (IOCCG, 2009). A aplicação destes dados pode trazer grandes contribuições, principalmente no que tange a agregação de peixes devido a condições ambientais (CHASSOT *et al.*, 2011). Variáveis como CI-a e TSM vêm sendo utilizadas para delimitar províncias ecológicas nos oceanos (LONGHURST, 1998), regiões que não são constantes no espaço, apresentando variações sazonais e interanuais identificadas a partir de observações de satélite (KLEMAS, 2013).

No Atlântico Sul, foi demonstrado que a espécie do Bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) apresenta comportamento de agregação em regiões de frentes oceânicas, tanto de TSM quanto de CI-a, posicionadas entre águas tropicais da Corrente do Brasil e águas de plataforma (COLETTO *et al.*, 2018). Na pescaria de arrasto, a variável dominante é a TSM, apresentando correlação significativa com a maioria das espécies estudadas (ROLIM & AVILA-DA-SILVA, 2018). A TSM também se destaca como indicador ambiental para a pesca de Lula (*Loligo plei*) na Ilha de São Sebastião-SP. Por outro lado, no Atlântico Equatorial, a pesca do polvo é influenciada de forma predominante pela rugosidade do fundo, CCIa e a TSM (LOPES *et al.*, 2021), enquanto a pesca da Albacora-laje (*Thunnus albacares*) esta principalmente associada a posição e variabilidade da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (ZAGALIA *et al.*, 2004). Alguns países vêm aplicando dados de sensoriamento remoto nos serviços de previsão de pesca, com destaque para o Japão, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Chile, França, Noruega, Portugal e Rússia (KLEMAS, 2013; SANTOS, 2000). O Japão se destaca como país pioneiro na integração de dados de fontes diversas, desde navios até dados de satélite, incluindo informações de captura e ambientais, disponibilizando, regularmente, desde a década de 1930 o serviço de previsão operacional para pesca (YAMANAKA *et al.*, 1988). Por outro lado, nos Estados Unidos foram desenvolvidas ferramentas de previsão para espécies específicas, cujo ciclo de vida, dieta e relações com condições ambientais são melhor compreendidas (STUART *et al.*, 2011). Para pesca de salmão, por exemplo, são gerados informes anuais com indicadores ecossistêmicos para previsão da sobrevivência desta espécie na porção norte da Corrente da Califórnia (*Northwest Fisheries Science Center, 2022, <https://www.fisheries.noaa.gov/west-coast/science-data/ocean-ecosystem-indicators-pacific-salmon-marine-survival-northern>*, acessado em 27/09/2023).

### *1.2.6. Mudanças climáticas e impactos na pesca*

Segundo o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas - IPCC (2019) a temperatura das águas oceânicas pode atingir um aumento de até 3°C no ano de 2100, alterando o equilíbrio ecossistêmico, uma vez que as espécies termotolerantes serão favorecidas. O relatório ainda destaca que, no cenário mais otimista, pode haver uma redução de 10% na pesca na costa brasileira e, no pior cenário, 30% (IPCC, 2023). Há indícios de migração, tanto verticais quanto horizontais, para águas com temperatura mais adequada (BURROWS *et al.*, 2019). A composição da pesca marinha está mudando, sendo observado um aumento na pesca de espécies de águas quentes em altas latitudes e a redução da captura de espécies subtropicais em regiões tropicais (CHEUNG; WATSON; PAULY, 2013). Difunde-se o fenômeno de tropicalização da captura, onde há dominância de espécies de águas quentes (CHEUNG *et al.*, 2012). Este efeito tem sido observado inclusive em espécies demersais do Atlântico Sul, onde a razão da captura entre espécies de água quente e água fria foi de 1,5:1 para 4,1:1 entre 2012 e 2019, um aumento de aproximadamente 170% (PEREZ E SANT'ANA, 2022).

Modelos indicam que o aumento da TSM pode intensificar a estratificação térmica globalmente (SARMIENTO *et al.*, 1998), capaz de influenciar diretamente a atividade biológica primária, podendo causar limitação por nutrientes. A expansão de ambientes oligotróficos poderá favorecer o crescimento de espécies de fitoplacton com células pequenas, impactando a produtividade primária e a composição da base trófica (BOPP *et al.*, 2005). Registros indicam que, entre 1997 e 2002, a produtividade primária marinha teve 6,3% de redução globalmente, sendo de 3,8% no Oceano Atlântico Sul (GREGG *et al.*, 2003). Além da redução, foram observadas alterações no começo e final das estações de crescimento, assim como mudanças na amplitude dos ciclos (HENSON *et al.*, 2013). Globalmente está ocorrendo a conversão de áreas caracterizadas por florações sazonais, típicas de altas latitudes, para áreas sem florações, típicas de condições tropicais (HENSON *et al.*, 2013). Projeções para o Oceano Atlântico Sul indicam florações iniciando mais cedo, sendo causadas principalmente pelo aumento da temperatura (YAMAGUCHI *et al.*, 2022). As florações oceânicas são a principal fonte de alimentação para peixes e larvas (IOCCG, 2009). Foram identificados impactos da alteração da produtividade primária no estoque de peixes comerciais do Mar do Norte no período entre 1988 e 2013, não tendo causado impactos graves nos estoques porque a pressão pesqueira foi reduzida a partir de aplicação de ações de gerenciamento (CAPUZZO *et al.*, 2018).

### 1.2.7. Índices Climáticos

É comum a definição de clima como uma média das condições de tempo. Entretanto, o clima também é composto por um conjunto de variações em diferentes escalas temporais que afetam o sistema oceano-atmosfera (WANG, 2019; BAEZ, GIMENO e REAL, 2021). Muitos estudos têm se dedicado a entender a variabilidade climática, as forçantes e os padrões. Neste sentido, delimitou-se que as oscilações climáticas podem ser estritamente periódicas, quase periódicas ou aleatórias (NOREL *et al.* 2021).

Os índices climáticos buscam mensurar as oscilações quase periódicas, que ocorrem como resultado de modos climáticos, porém sem intervalo de tempo regular (NOREL *et al.* 2021). Além da quase periodicidade, as oscilações costumam apresentar fases e podem afetar áreas remotas (BAEZ, GIMENO e REAL, 2021). Destaca-se ainda que os índices climáticos foram construídos para auxiliar as pesquisas nesta temática (NOREL *et al.* 2021).

A primeira indicação da influência da variabilidade climática na pesca está justamente atribuída ao fenômeno *El Niño*. Esta denominação foi recebida por pescadores peruanos em referência ao menino Jesus, uma vez que, próximo ao Natal, uma corrente de águas quentes atingia a costa e sinalizava o final da temporada de pesca (BAEZ, GIMENO e REAL, 2021).

Dentre os índices climáticos, o presente estudo busca avaliar o impacto dos índices *Antarctic Oscillation* – AAO (Oscilação Antártica), *Multivariate El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Index* - MEI V2 (Índice *El Niño*/Oscilação do Sul (ENSO) multivariado) e *South Atlantic Subtropical Dipole Index* - SASDI (Índice do Dipolo do Atlântico Sul) na produção pesqueira do Estado do Rio de Janeiro.

O AAO se refere a alteração da pressão atmosférica entre as médias e altas latitudes, entre 40°S e 60°S, e foi criado com o intuito de compreender os regimes climáticos do hemisfério sul (GONG; WANG, 1999). Esta oscilação, também conhecida como Modo Anular Sul, representa o periódico fortalecimento e enfraquecimento do vórtice circumpolar, um cinturão da troposfera dos ventos de oeste ao redor da Antártica (BROEKE e LIPZIG, 2004). O AAO apresenta significativa correlação com anomalias de precipitação na América do Sul, sendo responsável na fase positiva, por reduzir a ação do sistema ciclônico sinótico e, assim, reduzir a precipitação (SILVESTRI & VERA, 2003). Além disto, durante o inverno, na fase positiva, do AAO ocorre a redução do cisalhamento dos ventos zonais nas latitudes médias, causando a redução da estabilidade estática e proporcionando condições adequadas para formação de tempestades (BRAHMANADA, CARMO & FRANCHITO, 2003). Outra observação importante refere-se à correlação entre o índice AAO e a formação de furacões, considerando dados de 1871 até

1998 (KE, 2009) e com a pesca de lula (*Illex argentinus*) no Atlântico Sudoeste, quando um atraso de 2 anos é considerado (CHANG *et al.*, 2015). Isto indica a influência de aspectos indiretos bióticos e abióticos na relação da circulação atmosférica e a flutuação do estoque pesqueiro.

O MEI é um dos índices que buscam descrever o *El Niño* que, por sua vez, é um dos fenômenos mais estudados e relevantes para entendimento da variabilidade climática (NOREL *et al.* 2021). Este fenômeno é marcado pelo aquecimento anômalo das águas do Pacífico equatorial, gerada pela integração oceano-atmosfera (TIMMERMANN *et al.*, 2018). No Brasil, são conhecidos o impacto do MEI no regime de precipitação, com seca na região Nordeste e inundações no Sudeste (ANDREOLI *et al.*, 2016). Além disto, durante o *El Niño*, pode ser observado o aumento da frequência da ressurgência de Cabo Frio (PAES & MORAIS, 2007), assim como alterações na produtividade primária marinha no Atlântico Sul (RACAULT *et al.*, 2017).

O SASDI descreve as anomalias de TSM no Atlântico Sul, entre o polo Sudoeste e o Nordeste (MORIOKA *et al.*, 2011). Este dipolo demonstra um padrão levemente inclinado e corresponde ao campo de pressão a nível do mar que responde a variabilidade atmosférica (STERL & HAZELEGER, 2003). O fenômeno do Dipolo do Atlântico Sul (DAS) apresenta, na fase positiva (negativa), polo com temperaturas elevadas no polo Sudoeste (Nordeste) (MORIOKA, *et al.*, 2011). Na região Sudeste, na fase negativa o DAS influencia a posição e intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), causando aumento da precipitação (BOMBARDI; CARVALHO; JONES, 2013). Na fase positiva pode-se observar a intensificação da ressurgência de Cabo Frio e redução da estratificação térmica, sendo registrado anomalias positivas de CI-a (SILVA, 2020).

Tabela 2: Síntese da influência dos índices analisados no Atlântico Sul e possíveis impactos.

<b>Índice na fase positiva</b>	<b>Influências descritas no Atlântico Sul</b>	<b>Possíveis impactos</b>
AAO	Redução a ação do sistema ciclônico sinótico e precipitação Redução a estabilidade estática e proporciona condições para formação de tempestades	Aporte de nutrientes Mistura da coluna de água Mudança na TSM
MEI	Aumento de precipitação Intensificação da ressurgência costeira de Cabo Frio Aumento na produtividade primária	Aporte de nutrientes Mistura da coluna de água Formação de frentes oceânicas de TSM Alteração na disponibilidade de alimento
SASDI	Alteração posição e intensidade da ZCAS Redução precipitação Intensificação da ressurgência costeira de Cabo Frio Aumento na produtividade primária	Aporte de nutrientes Mistura da coluna de água Formação de frentes oceânicas de TSM Alteração na disponibilidade de alimento

### I.3. Área de estudo

A região costeira do Estado do Rio de Janeiro é dividida em três principais trechos, segundo o Diagnóstico da Pesca (FIPERJ, 2013a). O primeiro, Norte Fluminense, é marcado pela ocorrência de restingas e baixadas, além da foz do rio Paraíba do Sul. No trecho central, ou metropolitano, iniciado a partir de Arraial do Cabo até a Ilha de Itacuruçá, ocorrem restingas e baixadas e lagunas costeiras. Por fim, o trecho ao Sul, conhecido como Costa Verde, é marcado pela aproximação da Serra do Mar da costa onde ocorre a presença de praias e cordões arenosos estreitos. Por outro lado, o programa REVIZEE (BRASIL, 2006) divide o litoral do Estado do Rio de Janeiro em duas regiões, sendo uma ao norte do Cabo de São Tomé (RJ) até Salvador (BA), definida como Região central, e outra do Cabo de São Tomé (RJ) até Chuí (RS) definida como Região Norte-Nordeste (Figura 3).

Em relação a geomorfologia, a quebra da Plataforma Continental ocorre aproximadamente aos 200m de profundidade, e o talude apresenta uma série de protuberâncias, como o leque submarino de São Tomé (BRASIL, 2006). A circulação oceânica é marcada pela Corrente de Contorno Oeste denominada de Corrente do Brasil – CB, que apresenta um fluxo superficial para sul ao longo da costa do Brasil (TALLEY *et al.*, 2011), sendo observada na área de estudo a intensificação da formação de meandros (CALADO, 2006). A estrutura vertical da coluna de água na área de estudo apresenta predominantemente as seguintes massas de água: Água Costeira (AC), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (CERDA e CASTRO, 2014; SILVA *et al.*, 2023). Soma-se a elas a presença de Águas de Baixa Salinidade - ABS, originárias da foz do rio Paraíba do Sul (MOSER *et al.*, 2014). O rio Paraíba do Sul forma a maior Bacia Hidrográfica da região sudeste do Brasil, com delta em São João da Barra, sendo o fluxo de sedimentos predominantemente direcionado para o sul (WANDERLEY *et al.*, 2014).

Um dos principais fenômenos oceanográficos presentes na costa do Rio de Janeiro é a Ressurgência Costeira de Cabo Frio - CF, gerada prioritariamente pela incidência de ventos paralelos à costa (NE) e responsável pelo afloramento da ACAS (BRASIL, 2006). O mesmo fenômeno ocorre no Cabo de São Tomé - CST. Entretanto, em CF a TSM mínima registrada é de 15°C, enquanto em CST é 17°C (PALÓCZY *et al.*, 2014). Os meandros da CB são capazes de formar vórtices, com destaque para aqueles observados em CST e CF, sendo essa estrutura capaz de enriquecer a ressurgência costeira através do bombeamento de águas profundas para a superfície (CALADO, 2006, BRASIL, 2006). A sazonalidade da região é influenciada pela incidência de ventos, em que no verão favorecem a intensificação da ressurgência (CERDA e

CASTRO, 2014). Além disso, a presença da ACAS é essencial para a teia trófica e a sustentação da pesca, uma vez que é um dos principais aportes de nutrientes regionais (BRASIL, 2006).

A produtividade primária na plataforma continental é tipicamente caracterizada por organismos planctônicos com células pequenas, devido a presença de águas oligotróficas (SIMPSON e SHARPLES, 2012). A área de estudo é dominada por nanoflagelados, coccolitoforídeos e dinoflagelados (MOSER *et al.*, 2014). Entretanto, a presença de nutrientes, como nitrato e silicato, devido ao aporte de ABS e ACAS, respectivamente, é capaz de aumentar a diversidade e uniformidade fitoplactônica (MOSER *et al.*, 2014). A produtividade primária e os processos hidrodinâmicos também são responsáveis pelo controle da composição e distribuição dos sedimentos, sendo a porção de CF marcada pela presença de frações orgânicas (MAHIQUES *et al.*, 2004).

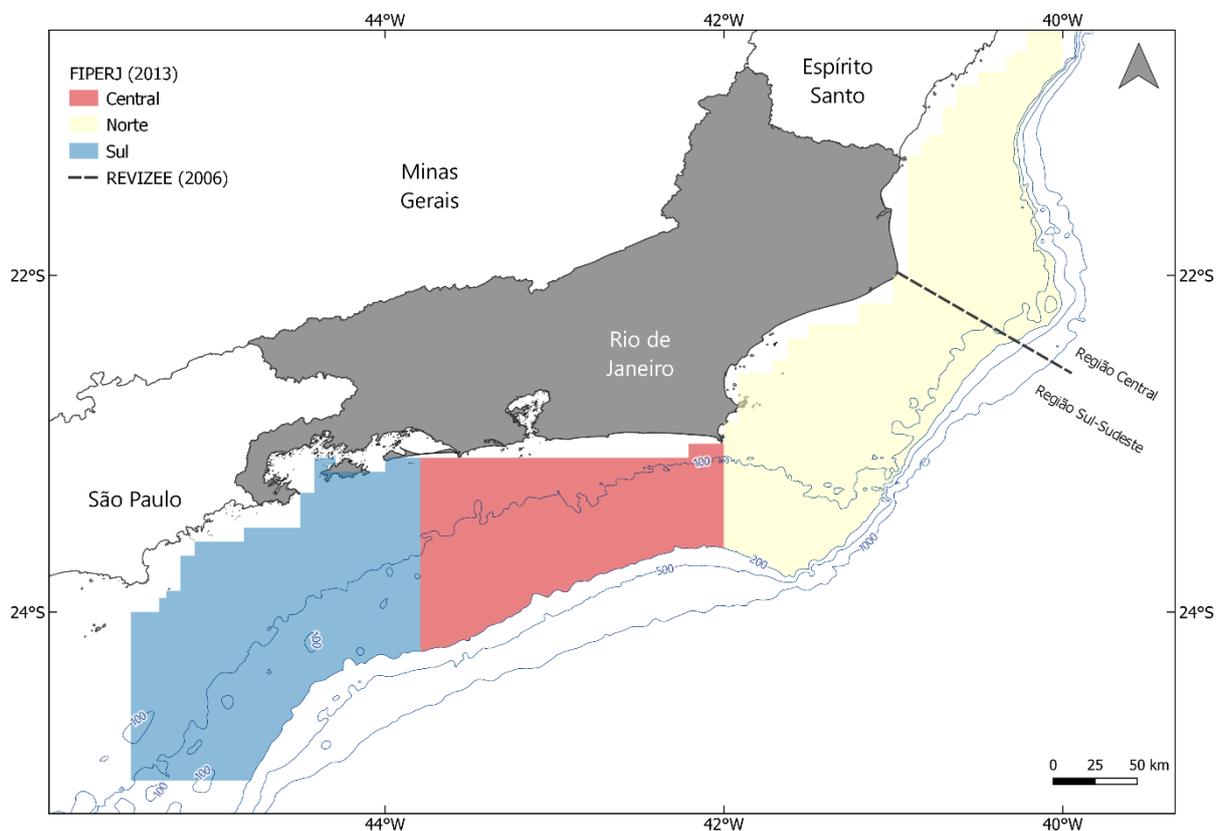


Figura 3: Área de estudo identificando as delimitações de acordo com FIPERJ (2013) e BRASIL (2006).

## **I.4. Bases de Dados**

### *I.4.1 Pesca*

O presente estudo utilizará as seguintes bases de dados de pesca:

- Pesca no Estado do Rio de Janeiro 1997 (JABLONSKI & MOREIRA 1998), produto gerado a partir programa de monitoramento desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, secretaria de pesca (IBAMA) em parceria com agencias locais durante a década de 1990. Essa base foi disponibilizada pela FIPERJ;
- Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ, 2013), a publicação que compila os desembarques pesqueiros dos anos de 2011 e 2012;
- Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira - PMAP, programa imposto pelo IBAMA à Petrobras como medida de compensação ambiental de exploração da Bacia de Santos, inclui os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. No Rio de Janeiro foi conduzido pela FIPERJ e pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio - FUNDEPAG.
- Reconstrução de dados pesqueiros da FREIRE *et al.* (2021), produto gerado a partir da compilação de dados à nível nacional de boletim pesqueiros publicados no Brasil entre os anos de 1950 até 2015.

Ressalta-se a resolução temporal diferente de cada base de dados, sendo JABLONSKI & MOREIRA (1998), FIPERJ (2013) e PMAP (2021) mensais e FREIRE *et al.* (2021) anual (

Tabela 3). Além disto, é importante mencionar a lacuna de dados mensais observada entre os anos de 1996 até 2010 e de 2013 até 2017. Por fim, considerando todas as bases citadas, o ano de 2016 é uma lacuna, sem informações anuais nem mensais.

Tabela 3: Características dos dados presentes nos documentos utilizados para o levantamento de Dados Pesqueiros.

Documento	Região	Ano Publicação	Ano da série de dados	Escala Temporal	Fonte
Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro	Estado do Rio de Janeiro	2013	2011 - 2012	Mensal	FIPERJ, 2013
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro	Estado do Rio de Janeiro	2020 (RT-6, RT-7) 2019 (RT-4 e RT-5) 2018 (RT-2 e RT-3) 2017 (RT-1)	jul2017 - dez2020	Mensal	FIPERJ, 2021
Pesca no Estado do Rio de Janeiro 1997	Estado do Rio de Janeiro	1998	1991 - 1995	Mensal	JABLONSKI & MOREIRA 1998
Reconstrução de dados pesqueiros	Brasil	2021	1950 - 2015	Anual	FREIRE <i>et al.</i> (2021)

As Bases de Dados JABLONSKI & MOREIRA (1998), FIPERJ (2013) e PMAP (2020) utilizam a mesma metodologia de coleta, monitoramento de desembarque pesqueiro. Entretanto é importante frisar que os municípios monitorados são diferentes. Enquanto JABLONSKI & MOREIRA (1998) monitorou 15 (quinze) municípios, FIPERJ (2013) monitorou 6 (seis) municípios e o PMAP (2021) monitorou 15 (quinze), conforme

Tabela 4. Destaca-se ainda que o PMAP (2021) é desenvolvido para Bacia de Santos, em que o município de Cabo Frio (aproximadamente 22,85° S) se estabelece como limite norte da área de abrangência de monitoramento de desembarque pesqueiro. A identificação taxonômica e as categorias analisadas diferem nas bases, entretanto os principais pescados tendem a serem classificados da mesma forma.

Tabela 4: Municípios de desembarque pesqueiro monitorados no Estado do Rio de Janeiro em cada base de dados utilizada.

Base de Dados	Municípios de desembarque monitorados
FIPERJ 1998 (JABLONSKI & MOREIRA 1998)	São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Macaé, Cabo Frio, Arraial do Cabo, Armação dos Búzios, Iguaba Grande, Magé, Niterói, Rio de Janeiro, Itaguaí, Mangaratiba, Angra dos Reis e Paraty
Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ, 2013)	Angra dos Reis, Armação dos Búzios, Cabo Frio, Niterói, São Gonçalo e São João da Barra
Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira - PMAP	Angra dos Reis, Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Duque de Caxias, Itaboraí, Itaguaí, Magé, Mangaratiba, Maricá, Niterói, Paraty, Rio de Janeiro, São Gonçalo, Saquarema

#### 1.4.1.1 Classificação de Habitat

Foi realizado o agrupamento das espécies em diferentes grupos de acordo com o habitat, com o intuito de observar diferenças ecológicas e investigar a relação com as variáveis ambientais coletadas a partir de sensoriamento remoto. Os grupos utilizados nesse estudo foram baseados no estilo de vida e mobilidade dos organismos, estendendo a classificação apresentada no 5º Relatório Semestral do PMAP (FIPERJ, 2020). As classes de habitat são: Demersal / Bentônico Costeiro - DBC, Demersal/ Bentônico de Plataforma - DBP, Pelágico Oceânico - PO e Pelágico de Plataforma - PP.

Para expandir a classificação apresentada em FIPERJ (2020), foram utilizadas informações disponíveis no *Fish Base* (<https://www.fishbase.se/search.php>) e no *World Register of Marine Species* (<https://www.marinespecies.org/index.php>).

A classificação foi baseada nas espécies e nomenclatura apresentadas no PMAP e, desta forma, houve a necessidade de criar a categoria “**Não Classificado**” para as demais bases. Esta categoria também foi utilizada para reunir aquelas espécies que não faziam parte da pesca marinha, como peixes de água doce e organismos típicos de manguezal.

Além disto, quando a categoria do pescado foi registrada com baixo nível de detalhe taxonômico, foi aplicada a classificação de habitat como “**Indeterminado**”. Estes são os casos, por exemplo, em que o nome do pescado é definido como “Outros peixes”, “Outros”, “Mistura”, ou até quando é disponibilizado apenas o nome comum, sem informação espécie.

A metodologia de coleta de dados de pesca, principalmente a partir de 2012, é baseada na entrevista direta com pescadores e mestres de embarcação após o desembarque (FIPERJ, 2018a). Esta metodologia resulta em limitações devido a diversidade de nomes comuns de pescado e a dificuldade de padronização, dadas as regionalidades, além de nem sempre ser registrado o maior detalhamento taxonômico, resultando em perda de informações ao longo do tempo (FREIRE *et al.*, 2015).

A planilha com a classificação de habitat encontra-se disponível no Anexo I.

#### *1.4.2. Sensoriamento Remoto*

Foram utilizados dados de Cl-a (mg/m<sup>3</sup>) e TSM (°C) do satélite AQUA, sensor MODIS (4 km de resolução espacial e mosaicos de 8 dias), para o período de 2003 até 2020, adquiridos pela plataforma *Giovanni* (link de acesso: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>).

## Capítulo II – Plataforma de disponibilização de dados

### II.1. Introdução

Nos tempos atuais, com o avanço tecnológico e a crescente disseminação do acesso à internet, a disponibilidade de informações é vista como um padrão. No entanto, na ciência pesqueira a escassez de informação ainda é citada como um desafio (MCMANAMAY e UTZ, 2014), sendo os relatórios de pesca vagos (WATSON, 2017) e, muitas vezes, informações essenciais, como dados de captura precisos, são raros ou insatisfatórios (PAULY, 2007, FREIRE *et al.*, 2015). Para espécies sem interesse comercial o cenário é ainda pior, especialmente em países em desenvolvimento (ZELLER *et al.*, 2016).

Esta situação tem impacto negativo sobre as agências reguladoras, uma vez que são obrigadas a desenvolver políticas públicas sem embasamento em estatísticas pesqueiras. MORA *et al.* (2009) mostraram que apenas 7% dos estados costeiros brasileiros aplicam avaliação científica rigorosa para a geração de políticas de gestão pesqueira.

Esforços substanciais tem sido feito para a reconstrução e recálculo dos dados totais de capturas pesqueiras (PAULY, 2007, FREIRE *et al.*, 2015, ZELLER *et al.*, 2016). Há um aumento recente no número de bases de dados de pesca de acesso aberto (MCMANAMAY e UTZ, 2014), com projetos como *Sea Around Us* e *FishStats* servindo como referências importantes para dados de pesca globais (Tabela 5). Estas bases desempenham um papel importante, fornecendo informações essenciais para apoiar os modelos de pesca, o que permite a sua utilização na gestão dos estoques pesqueiros (MCMANAMAY e UTZ, 2014).

Em escala nacional a situação de dados pesqueiros no Brasil é precária, conforme discutido. Apesar das lacunas nacionais, alguns estados como Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina possuem seus próprios levantamentos pesqueiros, embora limitados por imprecisões taxonômicas, onde muitas espécies são agrupadas na mesma categoria de peixes ou relatadas como não identificadas. Nestes estados, o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira – PMAP, foi realizado entre julho de 2017 e dezembro de 2022 e monitorou os desembarques de pesca (FIPERJ, 2022, IP/APTA/SAA/SP, 2022, UNIVALI/EMCT/LEMA, 2022). Adicionalmente, o estudo de FREIRE *et al.* (2021) compilaram e reconstruíram dados anuais de capturas pesqueiras em todos os estados brasileiros de 1950 a 2015.

Nesse sentido, o presente capítulo se propõe a desenvolver uma plataforma de acesso à dados pesqueiros do Estado do Rio de Janeiro, assim como à dados de satélite de variáveis ambientais que podem ser utilizados na AEP.

Tabela 5: Exemplos de Bases de Dados de Pesca disponíveis.

Base de dados	Descrição dos dados	Cobertura	Site de acesso
Sea Around Us	Gráficos e mapas interativos divididos por táxons, grupos comerciais, grupos funcionais, país pesqueiro, arte, usuário final, setor pesqueiro, tipo de captura, status relatado e camada de dados	Global	<a href="https://www.seaaroundus.org/">https://www.seaaroundus.org/</a>
Fish Stats FAO	Fichas geradas pelo Painel de Consulta Estatística com seleção por comércio de pescado, Produtos Transformados de Pescado, produção de captura, origem de produção, Comissão Regional das Pescas e produção de captura regional	Global	<a href="https://www.fao.org/fishery/en/statistics">https://www.fao.org/fishery/en/statistics</a>
Estatística Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo	Planilhas e relatórios gerados pelo painel de consulta com as seguintes variáveis: produção (kg), id de desembarque, unidades de produção, valor financeiro. Os dados podem ser agregados por ano, mês, cidade, arte de pesca, táxon, categoria de peixe e setor pesqueiro.	Estado de São Paulo, Brasil	<a href="http://www.propesq.pe sca.sp.gov.br/usuarioexterno/">http://www.propesq.pe sca.sp.gov.br/usuarioexterno/</a>
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP) - SC	Planilhas e relatórios gerados pelo painel de consulta com as seguintes variáveis: produção (kg), id de desembarque. Os dados podem ser agregados por ano, mês, cidade, equipamento de pesca e categoria de peixe.	Estado de Santa Catarina, Brasil	<a href="http://propesqweb.acad.univali.br/usuarioexterno/">http://propesqweb.acad.univali.br/usuarioexterno/</a>
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP) - RJ	Planilhas com as seguintes colunas: produção (g), ano, mês, cidade, setor pesqueiro e categoria do pescado.	Estado do Rio de Janeiro, Brasil	<a href="http://pescarj.fundepag.br/">http://pescarj.fundepag.br/</a>

## II.2. Objetivos

- Desenvolver uma plataforma interativa de acesso aberto de dados pesqueiros para o Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Disponibilizar produtos de dados de satélite de parâmetros ambientais que são importantes preditores da pesca, sendo Cl-a e TSM
- Desenvolver planilha padrão para dados pesqueiros para ser utilizada na plataforma colaborativa

## II.3. Metodologia

### II.3.1. Área de Estudo

Buscou-se utilizar área conforme apresentado no item 1.3. *Área de estudo*. Entretanto na plataforma *Giovanni* não é possível realizar a limitação pela linha de profundidade de 200m. Dessa forma, utilizou o limite de área exposto na Figura 4. Foi aplicada ainda a divisão em zonas, conforme FIPERJ (2013). Cabe ressaltar que a área se refere aos dados de sensoriamento remoto utilizados, uma vez que os dados de pesca não apresentam representação espacial.

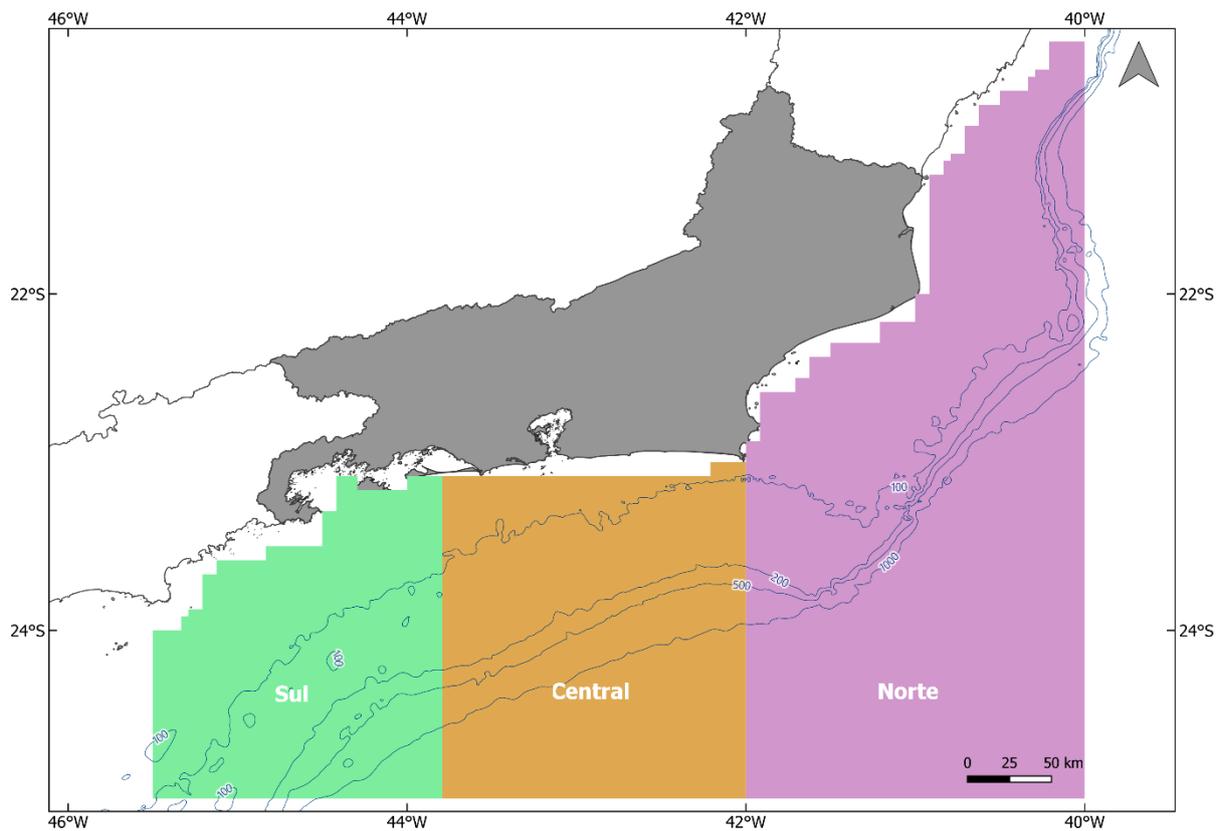


Figura 4: Área de estudo utilizada para a Plataforma de disponibilização de Dados, com divisão em três seções: Norte, Central e Sul.

### II.3.2. Bases de dados

Serão utilizadas as bases descritas no item I.4.1 Pesca e a classificação descrita no item

#### I.4.1.1 Classificação de Habitat.

Para os dados de sensoriamento remoto foram utilizadas as variáveis descritas no item I.4.2. *Sensoriamento Remoto* para o período de 2011 até 2020. Foi utilizado o produto “*Time Series - Area-averaged*” com filtro espacial de “*sea only*”.

### II.3.3. Padronização Bases de Pesca

Além das diferenças metodológicas citadas anteriormente, a base do Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ, 2013) estava disponível apenas em arquivos no formato *.pdf*. Dessa forma, foram elaboradas planilhas padronizadas com as informações disponíveis nas bases de dados. A Tabela 6, a seguir, define os termos que serão utilizados.

Tabela 6: Informações padronizadas das Bases de Dados de Pesca utilizadas.

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>
Ano	Ano em formato numeral
Mês	Mês em formato numeral*
Município de Desembarque	Município de desembarque pesqueiro monitorado em formato de texto*
Setor da Pesca	Setor da pesca: Artesanal e Industrial, formato de texto*
Nome comum	Nome comum do pescado, formato de texto
Espécie	Nome científico com nível taxonômico mais detalhado possível, formato de texto
Captura estimada	Quantidade estimada do desembarque do pescado, formato de numeral, na unidade de kilogramas
Classificação de Habitat	Categoria do habitat do pescado, conforme descrito no item 5.2.3 deste documento

\*quando disponível

#### *II.3.4. Plataforma de disponibilização de dados*

Foi utilizado o software de visualização de dados Power BI (Microsoft), onde foi desenvolvida a plataforma “O mar está pra peixes?”, disponibilizados publicamente (link [https://bit.ly/O\\_mar\\_esta\\_para\\_peixes](https://bit.ly/O_mar_esta_para_peixes)). A plataforma foi dividida em cinco seções: Pesca, Habitat, Mapa, Satélite e Downloads, com gráficos interativos e figuras de visualização de dados criadas em cada seção.

Além disso, também foi previsto a participação colaborativa a partir de submissão de dados de pesca. Para tal, foi desenvolvida planilha padronizada (Anexo II) para inclusão de novos dados. A escolha da instituição responsável pelas atualizações da plataforma está sendo discutida com os interessados, mas a FIPERJ é vista como a instituição mais capacitada para prestar esse serviço.

#### *II.4. Resultados*

A plataforma “O mar está para peixes?” é composta por nove páginas divididas em cinco seções. A capa (Figura 5) expõe as cinco seções como ícones, que são clicáveis e levam o usuário a páginas de seções específicas. Todas as páginas da seção possuem um botão de casa no canto superior esquerdo, que permite ao usuário retornar à página de rosto. Nas páginas da seção, há um painel direito exibindo caixas com cálculos e filtros que podem ser aplicados aos dados. As seções também possuem um botão azul para remover todos os filtros aplicados. Cada seção utiliza uma combinação diferente de conjuntos de dados, conforme mostrado na Tabela 7.



Figura 5: Capa da plataforma com cinco seções: Pesca, Habitat, Mapa, Satélite e Downloads. Página 1 de 9 no total.

Tabela 7: Fonte de dados de cada seção e página do O mar está para peixes? plataforma.

Seção	Pág	Base de dados	Escala temporal	Cobertura temporal
Pesca	2	FIPERJ 1998 (Jablonski & Moreira 1998)		1991 - 1996
		FIPERJ, 2013b	mensal	2011 - 2012
		PMAP (FIPERJ, 2018ab, 2019ab, 2020ab)		2017 - 2020
Pesca	3	Reconstrução de Freire <i>et al.</i> (2021)	anual	1950 - 2015
		PMAP (FIPERJ, 2018ab, 2019ab, 2020ab)		2017 - 2020
Habitat	4, 5	FIPERJ, 2013b	mensal	2011 - 2012
		PMAP (FIPERJ, 2018ab, 2019ab, 2020ab)		2017 - 2020
Mapa	6	FIPERJ, 2013b	mensal	2011 - 2012
		PMAP (FIPERJ, 2018ab, 2019ab, 2020ab)		2017 - 2020
Satélite	7	Chl-a, SST – area total		2011 - 2020
		FIPERJ, 2013b	mensal	2011 - 2012
		PMAP (FIPERJ, 2018ab, 2019ab, 2020ab)		2017 - 2020
Satélite	8	Chl-a, SST - seções	mensal	2011 - 2020

### II.4.1. Pesca

Ao clicar no botão Pesca, o usuário é levado à página 1 (de 2) da seção Pesca (Figura 6). A página 1 exibe gráficos de barras mensais de capturas pesqueiras para três períodos de tempo diferentes, com dados categorizados por cores que representam as quatro estações.

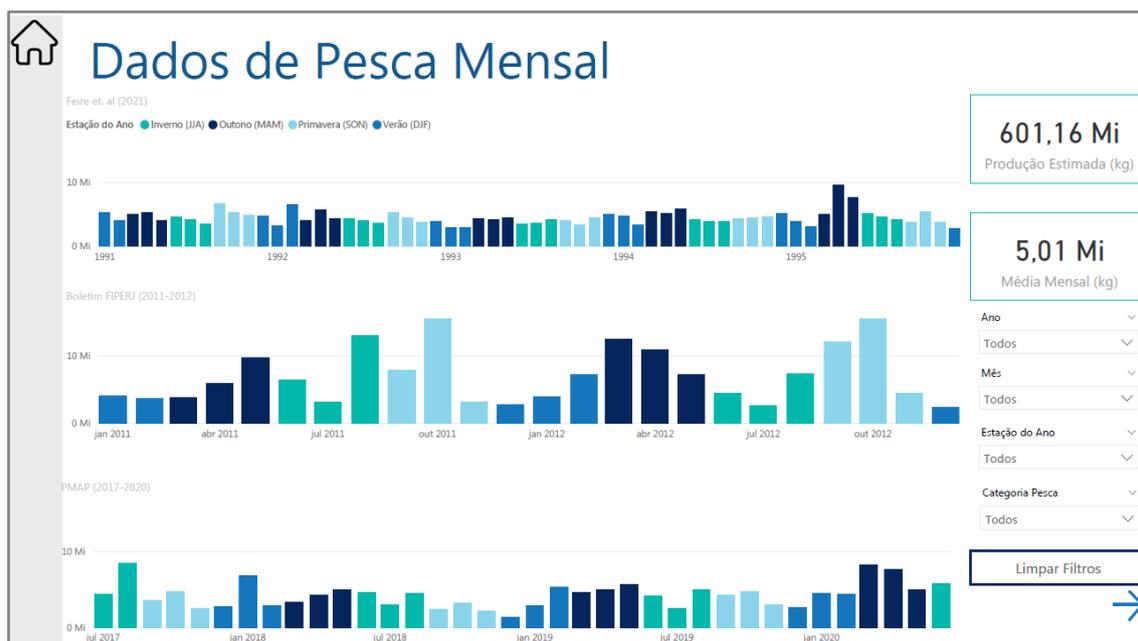


Figura 6: Página 1 (de 2) da seção Pesca, que exibe dados mensais da pesca. Página 2 de 9 no total. As barras verdes representam o Inverno, a Primavera em azul claro, o Verão em azul e o Outono em azul escuro.

A página 2 da seção Pesca apresenta dados sobre pesca numa escala anual (Figura 7). Este conjunto de dados pode ser filtrado por setor pesqueiro e prática pesqueira (artesanal ou industrial). O painel superior apresenta a produção anual estimada e o painel inferior mostra dados categorizados por setor pesqueiro.

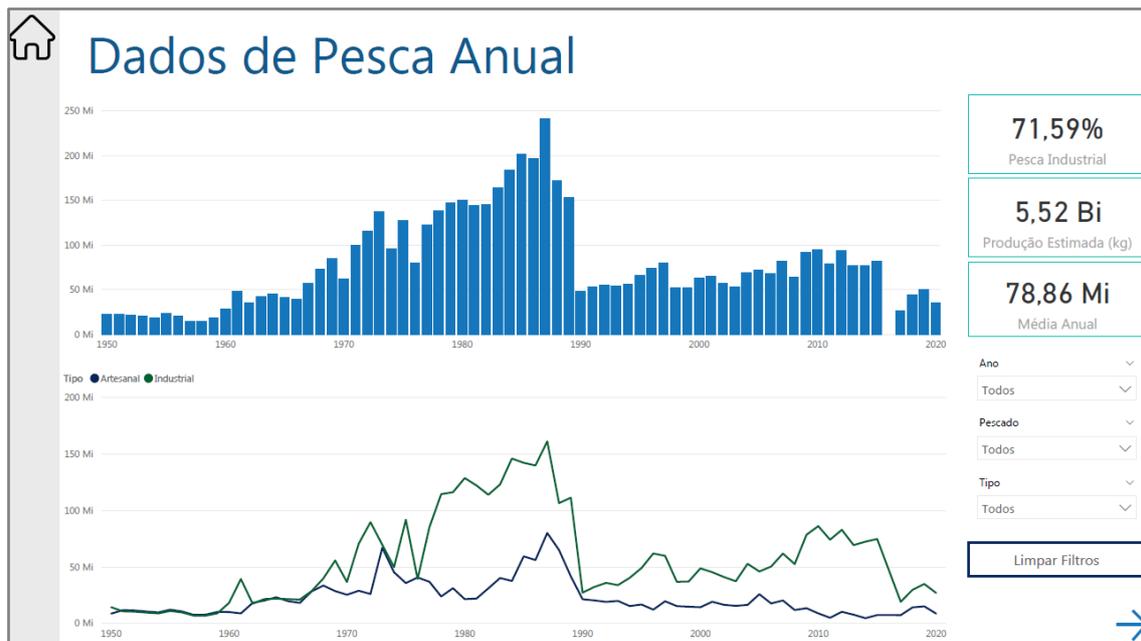


Figura 7: Página 2 (de 2) da seção Pesca, que mostra dados anuais da pesca. Página 3 de 9 no total. As barras azuis representam a produção pesqueira (kg). A linha verde representa a pesca industrial e a linha azul a artesanal.

#### II.4.2. Habitat

A seção Habitat está dividida em duas páginas. A primeira página (Figura 8) apresenta quatro painéis onde os dados da pesca são agrupados por habitat. As figuras exibem quatro classes de habitat definidas anteriormente. A captura de peixes das espécies pelágicas de plataforma é 10 vezes superior à de outras classes de habitat, então este grupo é apresentado em figuras separadas (painéis inferiores).

A segunda página da seção Habitat (Figura 9) exhibe uma árvore hierárquica onde diferentes critérios de classificação de dados podem ser avaliados. Este gráfico é totalmente dinâmico e interativo, onde a produção estimada pode ser categorizada por estação, habitat e categoria de peixes.

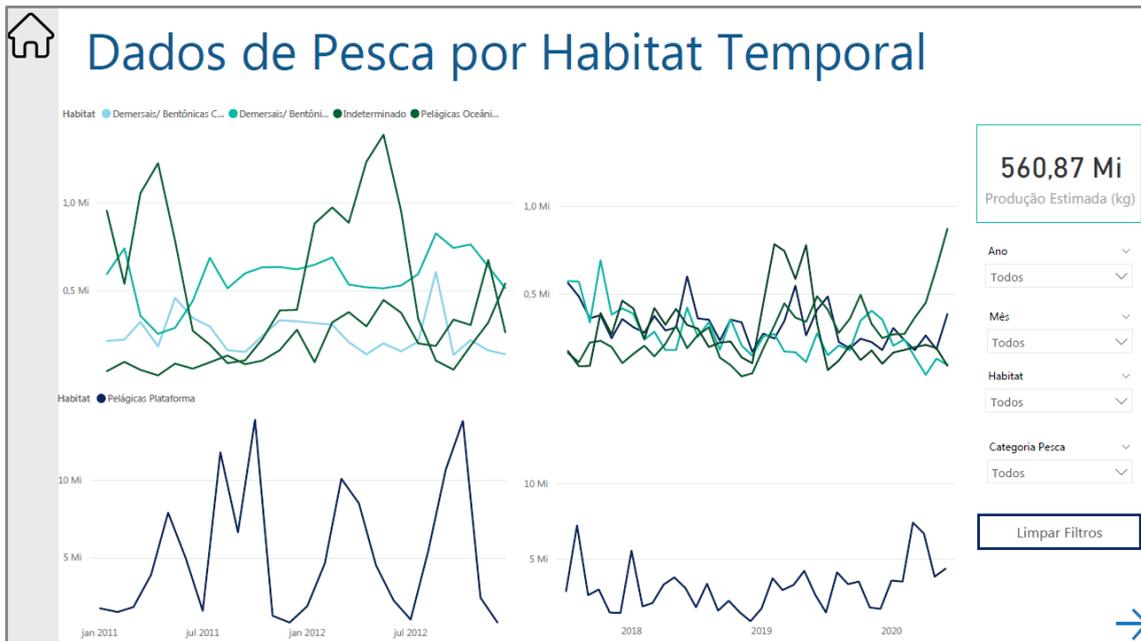


Figura 8: Página 1 (de 2) página da seção Habitat, mostrando a variação temporal das capturas pesqueiras para os períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 4 de 9 no total. A linha azul escura representa DBC, a azul claro DBP, verde escuro indeterminado, verde mais escuro PO e linha ciano PP.

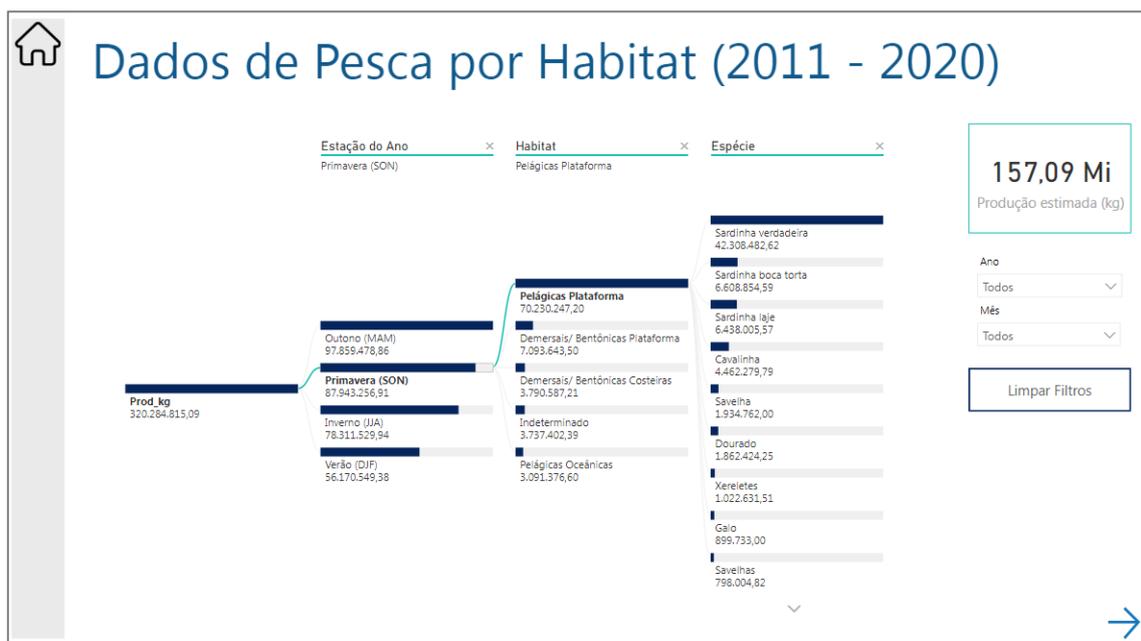


Figura 9: Página 2 (de 2) da seção Habitat, mostrando diferentes critérios de classificação de dados. A página contém dados dos períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 5 de 9 no total.

### II.4.3. Mapa

A seção Mapa apresenta a produção estimada pelas cidades de desembarque pesqueiro. À esquerda, uma figura mostra os desembarques pesqueiros em cada cidade. No centro, um mapa mostra a localização dessas cidades, sendo que cada cidade possui uma cor diferente (Figura 10).

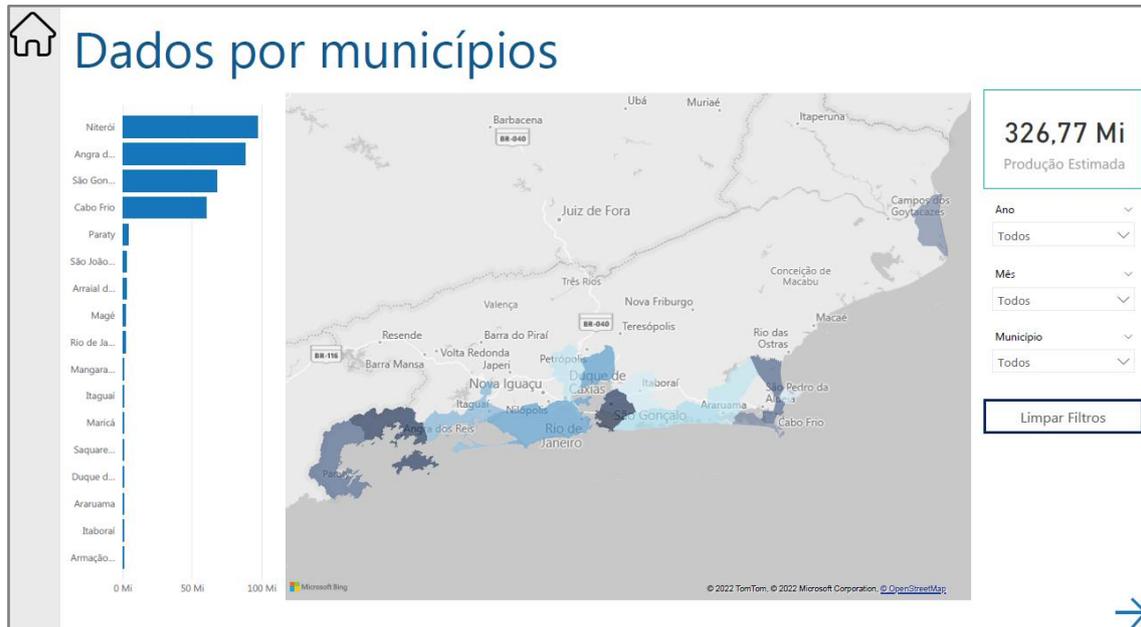


Figura 10: Página 1 (de 1) da seção Mapa, mostrando dados de desembarque de pesca divididos por cidades de desembarque. Esta página contém dados dos períodos de 2011 a 2012 e 2017 a 2020. Página 6 de 9 no total.

#### II.4.4. Satélite

Os dados de satélite são exibidos em duas páginas. A primeira página da seção Satélite (Figura 11) exibe duas figuras. O painel superior mostra a Cl-a (barras) e a TSM (linha). O painel inferior mostra a produção pesqueira no mesmo período.

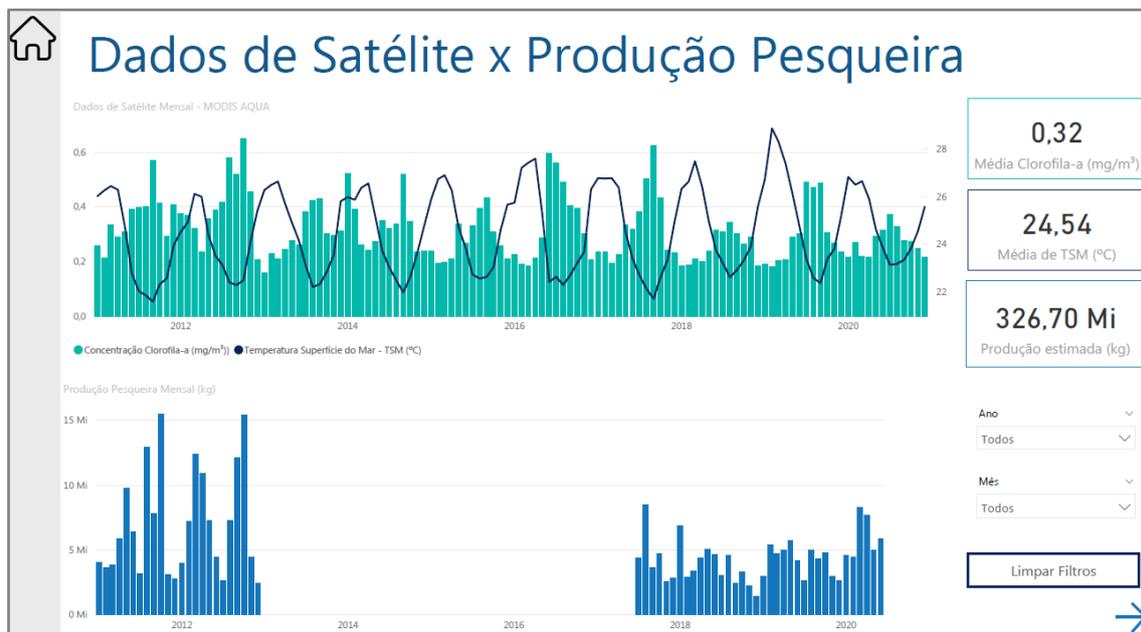


Figura 11: Página 1 (de 2) da seção Satélite, mostrando a concentração de Cl-a e a TSM para o período entre 2011 e 2020. Esta página mostra dados mensais de captura de pesca para fins de comparação. Página 7 de 9 no total.

A segunda página da seção Satélite (Figura 12) mostra três figuras com dados de satélite de três setores geográficos: Norte (painel superior), Central (painel central) e Sul (painel inferior).

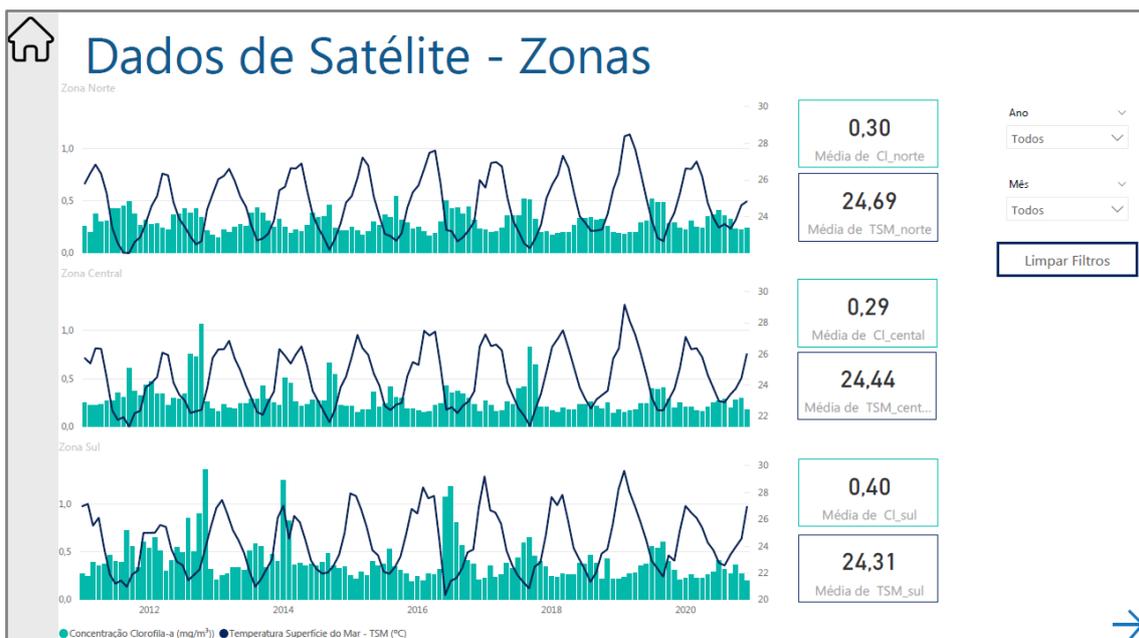


Figura 12: Página 2 (de 2) da seção Satélite, mostrando a Cl-a e a TSM para o período entre 2011 a 2020 dividido pelos três setores geográficos: Norte, Centro e Sul. Página 8 de 9 no total.

#### II.4.5. Downloads

A última página do livro O mar está para peixes? A plataforma (Figura 13) exibe links para download dos arquivos de dados brutos (.xls) usados na plataforma, organizados por dados de pesca na parte superior e dados de satélite na parte inferior. Os arquivos de dados podem ser baixados clicando nos hiperlinks.



Figura 13: Seção de downloads, onde os dados utilizados na plataforma ficam disponíveis para download em formato de planilha (.xls), conforme hiperlink disponível para clicar. Página 9 de 9 no total.

## II.5. Discussões

Em comparação com outras bases de dados pesqueiros de acesso aberto (Tabela 5), O mar está para peixes? tem estrutura semelhante à plataforma *Sea Around Us* (PAULY, ZELLER e PALOMARES, 2020). Ambas as plataformas se destacam pela interatividade do usuário e exibem gráficos e mapas online para fácil visualização e consulta de dados, embora o *Sea Around Us* exiba mais tipos de grupos e recursos avançados de mapas. *Sea Around Us* também inclui informações sobre economia pesqueira, biodiversidade, áreas marinhas protegidas, aquicultura e índices tróficos marinhos. Por outro lado, o *Sea Around Us* apresenta dados anuais, não permitindo a avaliação sazonal.

Quando comparadas a outras plataformas brasileiras de dados pesqueiros, a Estatística da Pesca Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo e o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP) - SC permitem a seleção, agrupamento e download de dados brutos da pesca, enquanto o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP) – O RJ permite apenas o download de dados brutos da pesca. Nenhuma destas plataformas permite a visualização, interpretação e classificação dos dados por habitat, subsecções geográficas e prática de pesca.

O'BOYLE *et al.* (2008), com base no esforço de implementação da AEP para a Plataforma Escocesa Oriental (Canadá), demonstraram a importância de indicadores e pontos de referência que melhor descrevem os sistemas climáticos e oceanográficos que influenciam os ecossistemas. Dessa forma, a procura de dados confiáveis abre um caminho claro para coordenar esforços de agências públicas, institutos de pesquisa, indústria pesqueira e comunidades de pesca artesanal, a fim de produzir as informações necessárias e permitir uma gestão pesqueira eficaz (O'BOYLE *et al* 2008; KIRKFELDT, 2019).

Assim, apesar de ser um avanço para gestão pesqueira no Estado do Rio de Janeiro, O mar está para peixes? ainda precisa ser submetido a um processo de validação com a comunidade pesqueira, para discussão das lacunas e pontos de melhoria. MORA *et al.* (2009) salientam que a sustentabilidade da pesca depende de um processo transparente e participativo, incluindo a integração de dados científicos, legislação e política (DAVIS e HANICH, 2022).

O esforço está alinhado com a AEP, mas também convida as partes interessadas a discutir o que é percebido como uma gestão bem-sucedida e quais são os objetivos, aumentando a consciência de como desenvolver a gestão das pesqueira e conduzir planejamento marinho mais holístico, bem como recomendado por KIRKFELDT (2019). Este é um passo fundamental para permitir objetivos de gestão mais ambiciosos, como o desenvolvimento de um quadro de gestão operacional adaptado ao contexto regional do Rio de Janeiro (LINK *et al.* 2019). Os dados da

plataforma pretendem ser analisados periodicamente utilizando modelos de ecossistemas locais (TOWNSEND *et al.* 2019), leis e regulamentos vigentes, permitindo a proposta de melhores práticas que integrem a AEP (MUAWANAH *et al.* 2018).

Outra limitação de O mar está para peixes? é a escassez de recursos cartográficos, uma vez que os dados geográficos das atividades pesqueiras não estão disponíveis no conjunto de dados utilizado pela plataforma (os conjuntos de dados mostram apenas os locais de desembarque da pesca, não onde as atividades pesqueiras foram realizadas). Além disso, existe uma variedade de outros dados ambientais de satélite, com diferentes resoluções e parâmetros, que poderão ser integrados à plataforma no futuro.

Além de combinar diferentes conjuntos de dados regionais em um único repositório, a inovação da plataforma O mar está para peixes? é a disponibilidade de dados ambientais de satélite de detecção remota (CI-a e TSM) e a possibilidade de compará-los com dados de pesca. O formato simples e adaptável pode fornecer dados precisos provenientes de fontes oficiais e disponibilizá-los a uma ampla variedade de partes interessadas, desde comunidades pesqueiras à academia, ou de ONG à consumidores.

A possibilidade de receber contribuições e inclusão de dados de captura irá contribuir para o preenchimento de lacunas causadas pela falta de monitoramento adequado ao longo de décadas, funcionalidade que também é visada por outros softwares (NOLETO-FILHO *et al.*, 2021). Além disso, O mar está para peixes? é o primeiro banco de dados pesqueiro brasileiro de acesso aberto que permite a participação colaborativa dos usuários.

## II.6. Conclusões

A plataforma piloto interativa de acesso aberto denominada O mar está para peixes? compila dados pesqueiros do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, bem como dados de satélite de parâmetros ambientais relevantes. A plataforma está disponível no link: [https://bit.ly/O\\_mar\\_esta\\_para\\_peixes](https://bit.ly/O_mar_esta_para_peixes). Foi também desenvolvida planilha padrão para ser utilizada pelos usuários para envio de dados de pesca à plataforma.

O mar está para peixes? é a primeira plataforma interativa para conjunto de dados pesqueiros de código aberto no Estado do Rio de Janeiro. A plataforma também inova ao reunir dados pesqueiros regionais e dados ambientais de satélite, permitindo a avaliação ambiental baseada em uma Abordagem Ecosistêmica à Pesca (EAF). Embora ainda não mensurado, espera-se que o impacto desta ferramenta para a gestão e ciência pesqueira local seja significativo, uma vez que facilitará o acesso e a análise de dados pesqueiros. Uma melhoria que pretende-se implementar é o recorte da área de estudo pela isóbata de 200 m a fim de representar a quebra da plataforma no Estado do Rio de Janeiro.

O mar está para peixes? será apresentada a cientistas, pescadores, indústria, educadores e legisladores para melhorar e ajustar a plataforma, a fim de atender às necessidades das partes interessadas. Além disso, será desenvolvido um método para melhorar a plataforma com base na contribuição do usuário, permitindo a continuidade das atividades de relevância e atualização. Este é um passo importante no desenvolvimento de uma abordagem multidisciplinar na gestão e ciência pesqueira regional no Estado do Rio de Janeiro.

Este capítulo gerou o artigo “O Mar Está para Peixes?” – *an Interactive Platform for Open Source Fishery Data in Rio De Janeiro State* (ALBERNAZ *et al.*, 2023)

## Capítulo III – Análise Anual

### III.1. Introdução

A investigação da influência das condições ambientais e sua variabilidade na pesca ainda é um desafio, principalmente em países que não mantêm estatísticas pesqueiras. No caso do Brasil, um esforço amplo de especialistas realizou a reconstrução de dados de pesca desde 1950 até 2015 (FREIRE *et al.*, 2021). A utilização destes dados, juntamente com aplicações de dados de satélite, é urgente para desenvolvimento científico, principalmente no que tange a compreensão ecossistêmica.

Muitas espécies marinhas apresentam ciclo de vida anual, com época de reprodução e desova estabelecidas. A sardinha verdadeira, por exemplo, apresenta maior intensidade reprodutiva no final da primavera e início do verão, com pico na atividade de desova nos meses de dezembro e janeiro (CERGOLE e DIAS-NETO, 2011). A taxa de larvas que obtém sucesso no recrutamento a cada ano pode ser afetada por variações climáticas (IOCGG, 2009), e condições oceanográficas locais (CERGOLE e DIAS-NETO, 2011). Variações climáticas como aumento da TSM (IPCC, 2019), redução na produção primária (GREGG *et al.*, 2003), e alterações na composição do fitoplâncton marinho (BOPP *et al.*, 2005) vem sendo observados e o impacto na atividade pesqueira no oceano Atlântico Sudoeste ainda é imensurável.

Este capítulo avalia a influência da variabilidade interanual no ambiente marinho sobre a pesca no Estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1950 e 2015 a partir dos dados de reconstrução pesqueira disponibilizados por FREIRE *et al.* (2021).

### III.2. Objetivos

- Descrever a variabilidade interanual dos dados de desembarque pesqueiro no Estado do Rio de Janeiro para o período entre 1950 e 2015;
- Descrever a variabilidade interanual dos grupos de pesca para o período entre 1950 e 2015;
- Analisar as variáveis ambientais CI-a e TSM, obtidas por sensoriamento remoto, para o período entre 2003 e 2015
- Observar a influência das variáveis ambientais e dos índices climáticos, AAO, MEI, SASDI, na pesca.

### I II.3. Metodologia

#### III.3.1. Área de Estudo

Foi utilizada a área conforme apresentado no item I.3. Área de estudo, não sendo aplicada subdivisões por seções. Esta área se refere aos dados de sensoriamento remoto utilizados, uma vez que os dados de pesca não apresentam representação espacial.

#### III.3.2. Dados de Pesca

Serão utilizadas a base de FREIRE *et al.* (2021) descrita no item I.4.1 Pesca e a classificação descrita no item

##### I.4.1.1 Classificação de Habitat.

Para análises estatísticas, foram selecionadas as dez espécies de peixes com maior produção, sendo elas: Bonito listrado, Cavalinha, Corvina, Enchova, Galo, Sardinha boca torta, Sardinha laje, Sardinha verdadeira, Savelha e Tainha (Tabela 8)

Tabela 8: Dez espécies de peixes selecionadas para as análises estatísticas.

Nome comum	Nome científico	Classe Habitat	Nível Trófico
Bonito listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Pelágicas Oceânicas	4.4
Cavalinha	<i>Scomber colias</i>	Pelágicas Plataforma	3.9
Corvina	<i>Micropogonias furnieri</i>	Demersais/ Bentônicas Costeiras	3.1
Enchova	<i>Pomatomus saltatrix</i>	Pelágicas Plataforma	4.5
Galo	<i>Selene setapinnis; Selene vomer</i>	Pelágicas Plataforma	3.7 4.3
Sardinha boca torta	<i>Cetengraulis edentulus</i>	Pelágicas Plataforma	2.1
Sardinha laje	<i>Opisthonema oglinum</i>	Pelágicas Plataforma	4.5
Sardinha verdadeira	<i>Sardinella brasiliensis</i>	Pelágicas Plataforma	3.1
Savelha	<i>Brevoortia aurea</i>	Pelágicas Plataforma	2.8
Tainha	<i>Mugil brevisrostris; Mugil curema; Mugil liza</i>	Pelágicas Plataforma	2.0

#### III.3.3. Dados de Satélite

Para os dados de sensoriamento remoto foram utilizadas as variáveis descritas no item I.4.2. Sensoriamento Remoto para o período de 2003 até 2015. Os dados foram extraídos da plataforma Giovanni como arquivos raster de média anual (produto: Time Averaged Map) para cada ano da série de dados. Em seguida, foi realizado o corte pela delimitação da área de estudo (Figura 3, delimitações: 45,5 - 40W; 25 - 20,5S) e, para cada ano, foi calculado o valor médio desta área.

### III.3.4. Índices Climáticos

Foram utilizados os índices AAO, MEI e SASDI, que são derivados de modelos climáticos globais (Tabela 9). Os índices AAO e MEI foram obtidos pela *National Oceanic & Atmospheric Administration* - NOAA na lista de índices climáticos (link de acesso: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>). O SASDI foi obtido pela Ferramenta para o monitoramento dos padrões de teleconexão na América do Sul (SOUZA e REBIOTA, 2021) (link de acesso: <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indices>)

Os índices apresentam resolução mensal e, para as análises anuais, foi realizada uma média anual. Buscou-se utilizar os valores dos índices para observar o quanto a variabilidade climática, seja ela atmosférica ou oceânica, pode impactar a produção pesqueira.

Tabela 9: Índices Climáticos utilizados e principais características.

Índice	Fonte	Variáveis ambientais utilizadas para calcular
AAO	<a href="https://psl.noaa.gov/data/correlation/aao.data">https://psl.noaa.gov/data/correlation/aao.data</a>	Anomalia de altura geopotencial em 700hPa em latitudes superiores a 20°S
MEI	<a href="https://psl.noaa.gov/enso/mei/data/MEI2.data">https://psl.noaa.gov/enso/mei/data/MEI2.data</a>	Combinação de cinco variáveis meteoceanográficas: pressão ao nível do mar, TSM – TSM, componentes meridionais e zonais do vento superficial e radiação de onda longa emitida no Pacífico Tropical (30°S-30°N e 100°E-70°W)
SASDI	<a href="https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indice?id=sasdi">https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indice?id=sasdi</a>	Anomalia de TSM – TSM no nordeste do Atlântico Sul (0°–20°O e 15°S–25°S)

Foi selecionado mapa de SOUZA e REBIOTA (2021) a fim de demonstrar as áreas consideradas para cada índice estudado conforme a Figura 14.

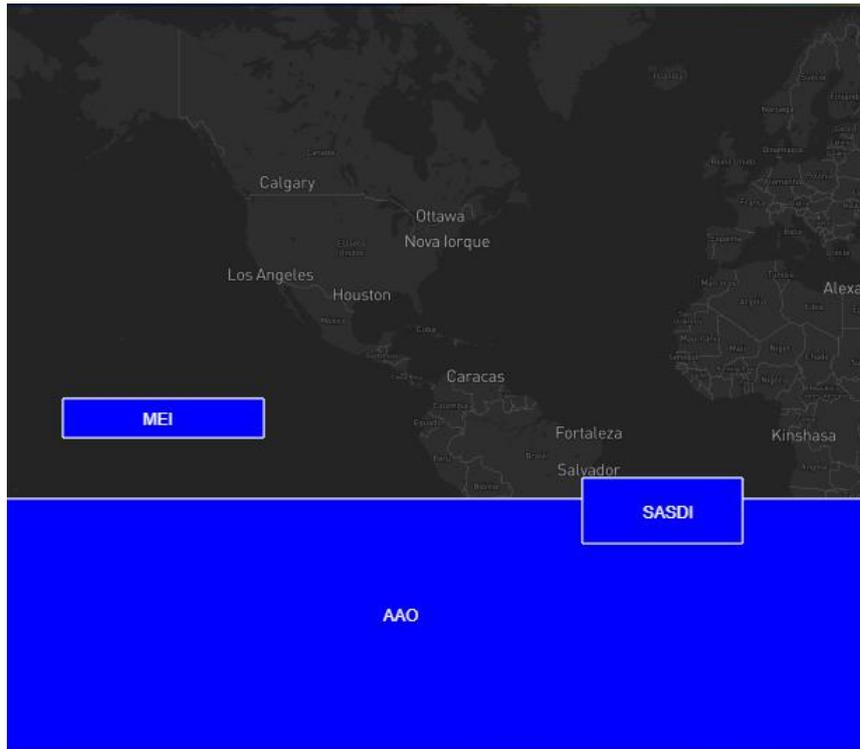


Figura 14: Localização considerada para extrair variáveis ambientais para cálculo dos índices utilizados no presente trabalho. Adaptado de SOUZA e REBIOTA (2021).

### III.3.5. Métodos estatísticos

As anomalias de TSM e CI-a foram calculadas para identificar períodos onde estas duas variáveis apresentaram valores discrepantes da média. Para tal, foi calculada a média anual para todo o período de dados. Em seguida, calculou-se a diferença entre cada ano e a média anual do período (Equação 1Equação 1).

$$Anomalia_{anual(i)} = \bar{x}_{ano(i)} - \bar{x}_{ano(2003-2015)} \quad \text{Equação 1}$$

Para a análise de correlação linear entre os dados de pesca e as variáveis ambientais e índices climáticos, foi aplicado o teste de correlação de Pearson, com limite de significância "p" de 0,05, através do programa *RStudio*, pacote *Multi Environment Trials Analysis (Metan)* e a função *cor\_coef*.

A análise de correlação cruzada foi realizada com o objetivo de avaliar a relação entre as séries de dados em diferentes defasagens temporais (lags). A defasagem é o deslocamento entre as séries, indicando o quanto uma série está "atrasada" em relação à outra. Para esta análise foi utilizado o programa *RStudio* e a função *ccf*.

A Análise Canônica de Coordenadas Principais é um método para realizar ordenação restrita no campo da ecologia (ANDERSON e WILLIS, 2003), tornando possível visualizar o padrão multivariável da base de dados (RATKOWSKY, 2016) através de uma matriz de variáveis de resposta Y (produção pesqueira) e variáveis preditivas X (ambientais e índices climáticos) (ANDERSON e WILLIS, 2003). A visualização gráfica permite observar a nuvem de pontos e vetores representando as variáveis ambientais com direção e sentido para onde apresentam maior explicação das variáveis de resposta.

Para esta análise, foi utilizado o programa *RStudio*, pacote *Vegan* e a função *capscale*. Para preparação dos dados, o conjunto foi dividido em variáveis de resposta Y e variáveis preditivas X. Em seguida, foi realizada a normalização dos dados através da função *scale*. Para a função *capscale*, foram realizados testes utilizando as distâncias *euclidiana* e de *bray curtis*. Além disto, foram utilizadas as fórmulas *summary*, *anova* e *vif.cca* para obter o detalhamento da análise gerada.

A análise foi aplicada para o ano vigente (0 anos), +2 anos, +3anos e +5 anos. A cada atraso, parte da quantidade de dados era perdida, passando de n=13, no ano vigente para 8 em +5 anos. Este teste também foi realizado utilizando a TSM mínima como variável explicativa, entretanto esta apresentava grande redundância com a TSM e optou-se por manter apenas a TSM. Além disto, foi realizado o teste com as distâncias euclidiana e de bray curtis. Entretanto, a euclidiana apresentou melhores resultados nos quesitos de variância do modelo e das variáveis e significância das variáveis.

Todos os códigos do *software RStudio* utilizados para geração dos resultados estão disponíveis no Anexo III.

### III.4. Resultados

É possível observar um aumento gradativo na captura estimada de pescado a partir da década de 60 até meados dos anos 80, quando a captura atinge um ápice observado no ano de 1987. Em seguida, ocorre uma queda abrupta nas estimativas de captura (Figura 15).

A sardinha verdadeira, sozinha, representa 15% do total de captura estimada para o Estado do Rio de Janeiro no período de 1950 e 2015. Considerando os registros a “sardinha”, nome genérico, onde não foi possível ter o detalhamento da espécie, o total chega a aproximadamente 50% da captura total.

O principal setor responsável pela pesca da sardinha é o setor industrial, sendo possível observar que a queda abrupta na captura é mais acentuada para esse setor (Figura 16). Também é possível perceber que, após o colapso, a pesca industrial apresentou um crescimento gradativo, enquanto a artesanal apresentou decréscimo.

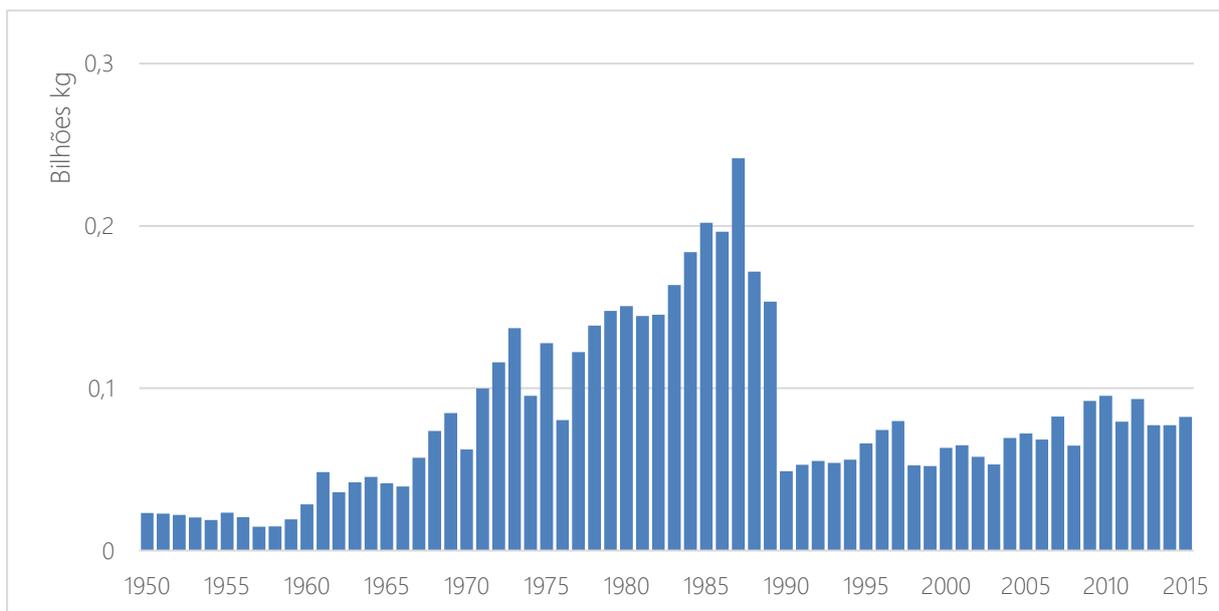


Figura 15: Captura de Pesca Anual a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire *et al.* (2021) para o Estado do Rio de Janeiro.

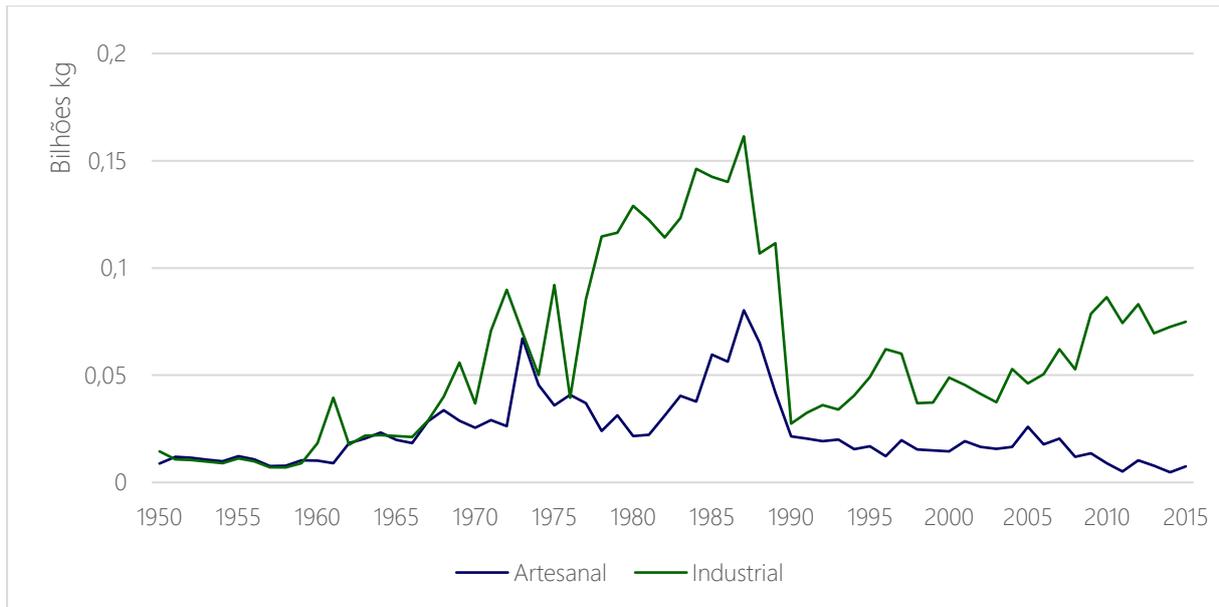


Figura 16: Captura anual divididos por setor da pesca a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire *et al.* (2021) para o Estado do Rio de Janeiro.

A distribuição das espécies por habitats demonstra a predominância de espécies Pelágicas de Plataforma - PP, representando cerca de 70% da captura, seguida das espécies Demersais/ Bentônicas Costeiras - DBC, com aproximadamente 14%, e os demais com valores inferiores à 6% (Figura 17). Apenas 3,67% não foi classificado e cerca de 3% foram classificados como "Indeterminado".

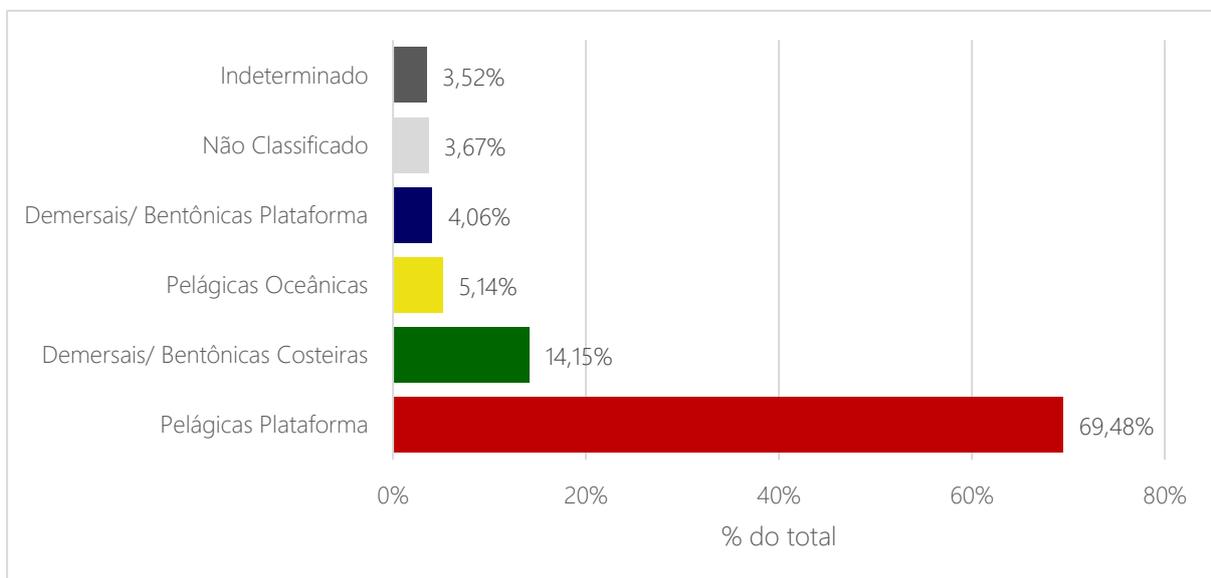


Figura 17: Distribuição da captura total por classificação de habitat a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire *et al.* (2021) para o Estado do Rio de Janeiro.

A avaliação das classes de habitat ao longo do período dos dados não considerou as classes “Não Classificado” e “Indeterminado”. Como demonstrado anteriormente, a pesca de espécies

classificadas como PP apresenta valores com ordem de grandeza diferentes das demais classes. Por este motivo, foi utilizado o eixo secundário à direita para representar essa classe. Mais de 80% da captura de PP foi realizada pelo setor industrial, e portanto a captura ao longo do tempo apresenta um padrão semelhante às variações na pesca industrial, mas que não se assemelha às demais classes (Figura 18). Entre os recursos mais pescados desta classe destacam-se a Sardinha (*Brevoortia aurea*; *B. pectinata*; *Cetengraulis edentulus*; *Harengula clupeola*; *Opisthonema oglinum*; *Sardinella aurita*; *S. brasiliensis*), Sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), Cavalinha (*Scomber colias*), Tainha (*Mugil breviostris*; *Mugil curema*; *Mugil liza*) e Savelha (*Brevoortia aurea*).

Em relação ao DBC, observou-se um aumento da captura durante a década de 60 e 70, atingindo o valor máximo no ano de 1973, seguido por uma queda abrupta. No final da década de 80 houve um crescimento brando, com valores ultrapassando 10 milhões de kg/ano. Em seguida, ocorreu uma nova queda no início da década de 90. Por fim, no final da década de 90, novamente e observado um crescimento na captura que se manteve até o ano de 2007. Logo após, ocorreu nova ruptura, com valores abaixo de 5 milhões kg/ano nos anos de 2008 até 2010. A pesca artesanal representa, majoritariamente, a pesca desta classe com percentual acima de 75% (Tabela 10). Entre os recursos mais pescados desta classe destacam-se a Corvina (*Micropogonias furnieri*), Pescada (*Cynoscion acoupa*; *C. guatucupa*; *C. jamaicensis*; *C. leiarchus*; *C. microlepidotus*; *C. virescens*; *Nebris microps*), Camarão (*Artemesia longinaris*; *Litopenaeus schmitti*; *Penaeus spp.*; *Pleoticus muelleri*; *Plesionika edwardsii*; *Xiphopenaeus kroyeri*), Cangulo (*Balistes spp*) e Pescadinha real (*Macrodon atricauda*).

As espécies classificadas como Demersais/ Bentônicas Plataforma - DBP apresentam picos nos anos de 1969, 1988, 2007 e 2012, com ciclos entre 15 e 20 anos. Estas espécies representam menos de 6% da captura total e, por este motivo, podem estar associadas a uma pesca acessória, não sendo assim espécies alvo. Dentre todos os grupos, este é o que apresenta maior equilíbrio entre a pesca industrial e artesanal, a primeira representando aproximadamente 67% e, a segunda, 33% (Tabela 10). Entre os recursos mais pescados desta classe, destacam-se a Espada (*Trichiurus lepturus*), Pargo Rosa (*Pagrus pagrus*), Batata (*Lopholatilus villarii*), Camarão Rosa (*Penaeus brasiliensis*; *Penaeus paulensis*) e Namorado (*Pseudopercis numida*; *Pseudopercis semifasciata*).

Por fim, a pesca de Pelágicas Oceânicas - PO não apresenta dados até o ano de 1967, e também não são observados padrões oscilatórios. É possível notar um crescimento da pesca na década de 80, único momento que atinge valores superiores à 10 milhões de kg/ano. Em seguida, uma

queda e' observada entre os anos de 2008 e 2010. Mais de 90% da pesca desta categoria é realizada pelo setor industrial (Tabela 10). Entre os recursos mais pescados desta classe, destacam-se o Bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*), Albacora (*Thunnus obesus*, *Thunnus alalunga*), Albacora Bandolim (*Thunnus obesus*), Bonito (*Auxis thazard thazard*; *Euthynnus alletteratus*; *Katsuwonus pelamis*) e Albacora laje (*Thunnus albacares*).

Apenas a classe PP apresentou crescimento de captura no período de 2007 até 2015, enquanto nos demais grupos é observado decréscimo.

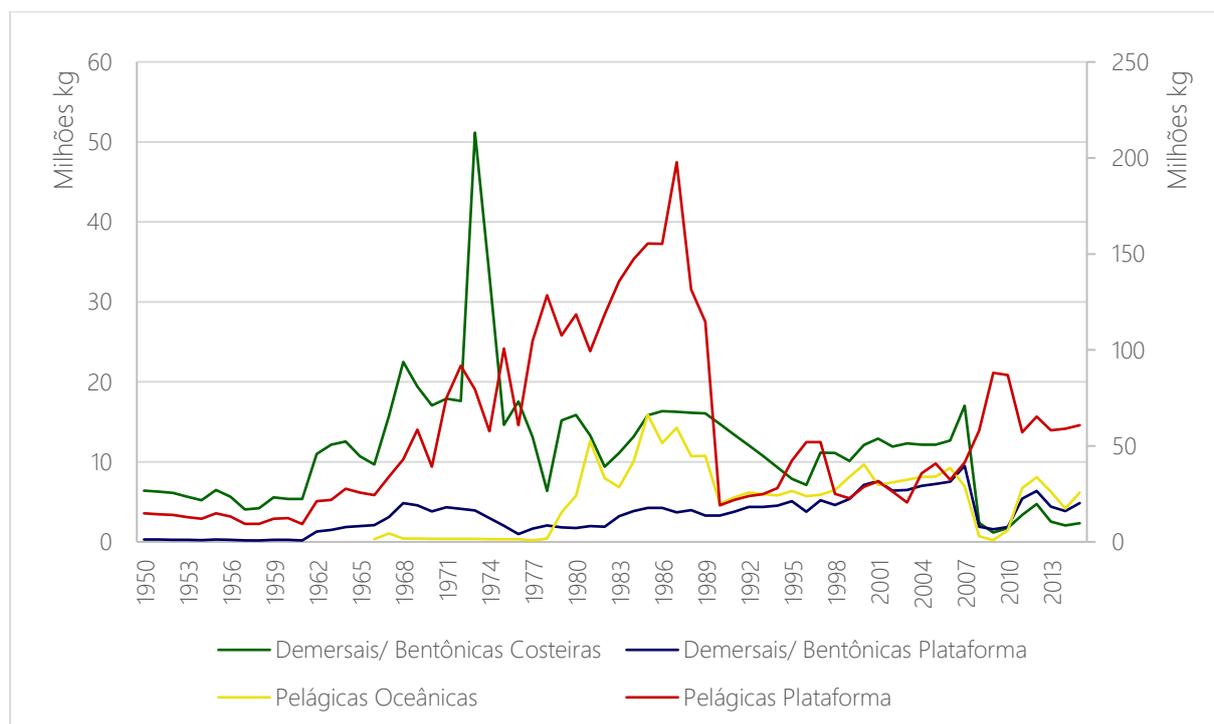


Figura 18: Dados de Pesca Anual do Estado do Rio de Janeiro divididos por habitat a partir da reconstrução de dados pesqueiros da Freire *et al.* (2021). O eixo a direita pertence à classificação de “Pelágicas Plataforma”, representado pela linha vermelha.

Tabela 10: Valores totais e percentuais de cada setor da pesca por habitat para o período de 1950 – 2015.

	DBC	DBP	PO	PP	Total
Artesanal (em bilhões kg)	0,58	0,07	0,02	0,71	1,38
Industrial (em bilhões kg)	0,18	0,15	0,25	3,02	3,59
Total	0,76	0,22	0,28	3,73	4,97
% artesanal	76,93	32,81	8,27	18,98	27,77
% industrial	23,07	67,19	91,73	81,02	72,23

\*Abreviações DBC: Demersais/ Bentônicas Costeiras, DBP: Demersais/ Bentônicas Plataforma, Ind: Indeterminado, PO: Pelágicas Oceânicas e P: Pelágicas Plataforma.

As variáveis ambientais TSM e Cl-a demonstram perfil inverso, sendo observada uma associação entre os menores registros de TSM e os maiores de Cl-a (Figura 19). Para a TSM,

nota-se oscilações, podendo ser descritos dois períodos: o primeiro entre os anos de 2003 e 2010, com os primeiros anos mais quentes e decréscimo gradual até o mínimo registrado em 2007, seguido por um aumento da TSM até os anos de 2009 e 2010; o segundo período ocorreu a partir de 2011, com queda abrupta da TSM e, em seguida, tendência de aumento nos anos seguintes. Para a CI-a são observadas menos oscilações, com valores aumentando gradualmente de 2003 até 2012, em seguida, queda acentuada e decréscimo até 2015.

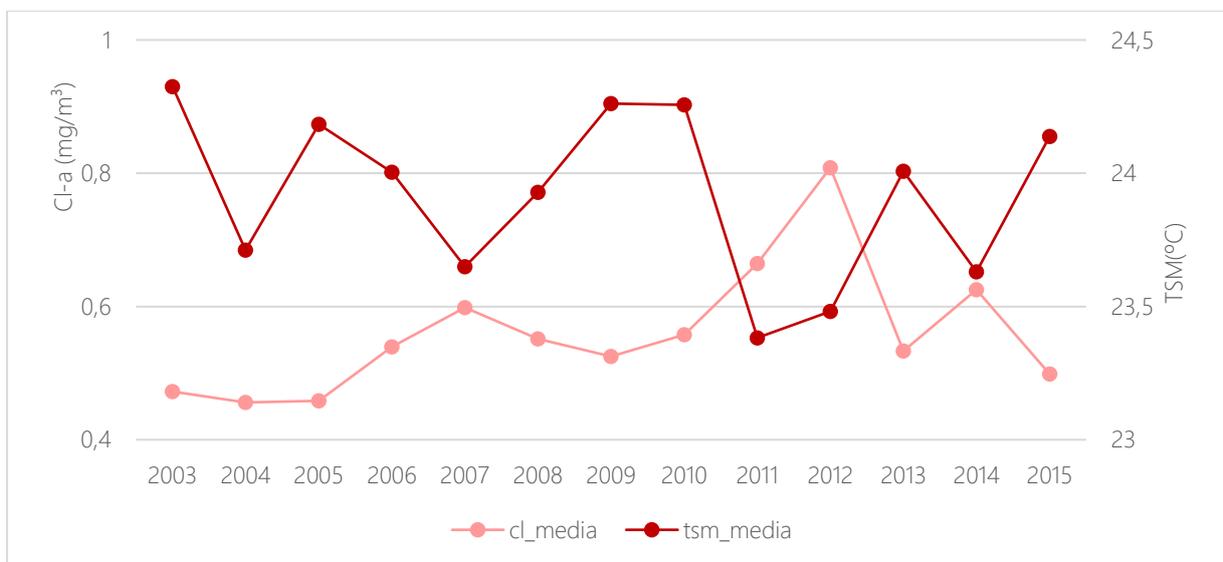


Figura 19: Variação da média anual de CI-a e TSM entre os anos de 2003 e 2015. Dados obtidos pelo satélite MODIS-AQUA.

A anomalia negativa mais evidente na TSM é registrada no ano de 2011, com valor de  $-0,54^{\circ}\text{C}$ . Os anos de 2003, 2009 e 2010 apresentam anomalias positivas acima de  $0,3^{\circ}\text{C}$ . A maior anomalia de CI-a é positiva e registrada no ano de 2012, com valor de  $0,25 \text{ mg m}^3$

Em relação aos índices climáticos, o AAO apresentou mais anos com valores positivos, além de uma oscilação praticamente anual de valores positivos e negativos entre os anos de 2003 até 2011. Após esse período, são registrados quatro anos seguidos de valores positivos. Os valores positivos têm amplitude maior que os negativos, com destaque para os anos de 2008, 2010 e 2015 (Figura 20a). Os dados de MEI apresentam ciclos mais longos, com períodos de valores negativos, entre 2003 e 2004, negativos de 2005 até 2014, seguido por um valor positivo em 2015. O maior valor positivo registrado foi de 1,28 no ano de 2015 e o negativo foi de 1,34 no ano de 2011 (Figura 20b). Por fim, o índice SASDI apresentou ciclo de aproximadamente 3 até 4 anos oscilando entre valores positivos e negativos. O período entre 2004 e 2007 é marcado por valores negativos, assim como entre os anos de 2011 até 2014. O ano de 2012 apresenta o menor valor ( $-1,01$ ) enquanto o maior valor ( $0,73$ ) é registrado no ano de 2003 (Figura 20c).

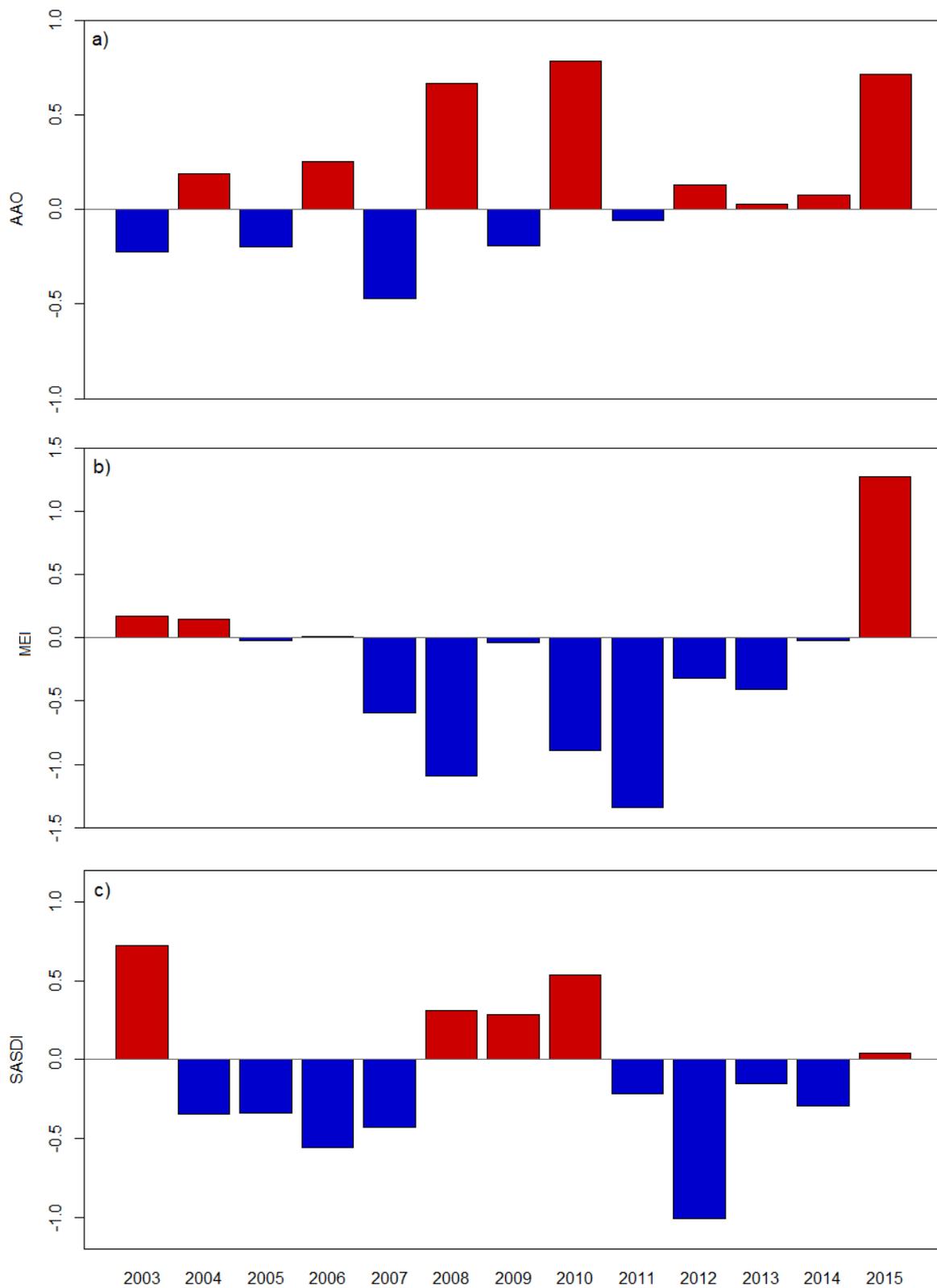


Figura 20: Variação da média anual dos índices climáticos AAO, MEI e SASDI para o período de 2003 até 2015.

A análise de correlação linear (Figura 21) demonstra o coeficiente de Pearson pela escala de cor, entre -1 e 1, e o p-valor abaixo de cada caixa do diagrama. Foi observada correlação

significativa entre as diferentes classes de pesca, sendo positiva entre DBP e PO (0,89) e DBC e DBP (0,88), e negativa entre PP e DBC (-0,81), PP e DBP (-0,77) e PP e PO (-0,76). As variáveis ambientais, TSM e CI-a, apresentaram correlação significativa negativa (-0,72). Por fim, o índice SASDI foi o único que apresentou correlação significativa com a pesca, com destaque para a correlação negativa com PO (-0,59) e DBP (-0,57). Além disto, este índice também apresentou correlação positiva com TSM (0,70).

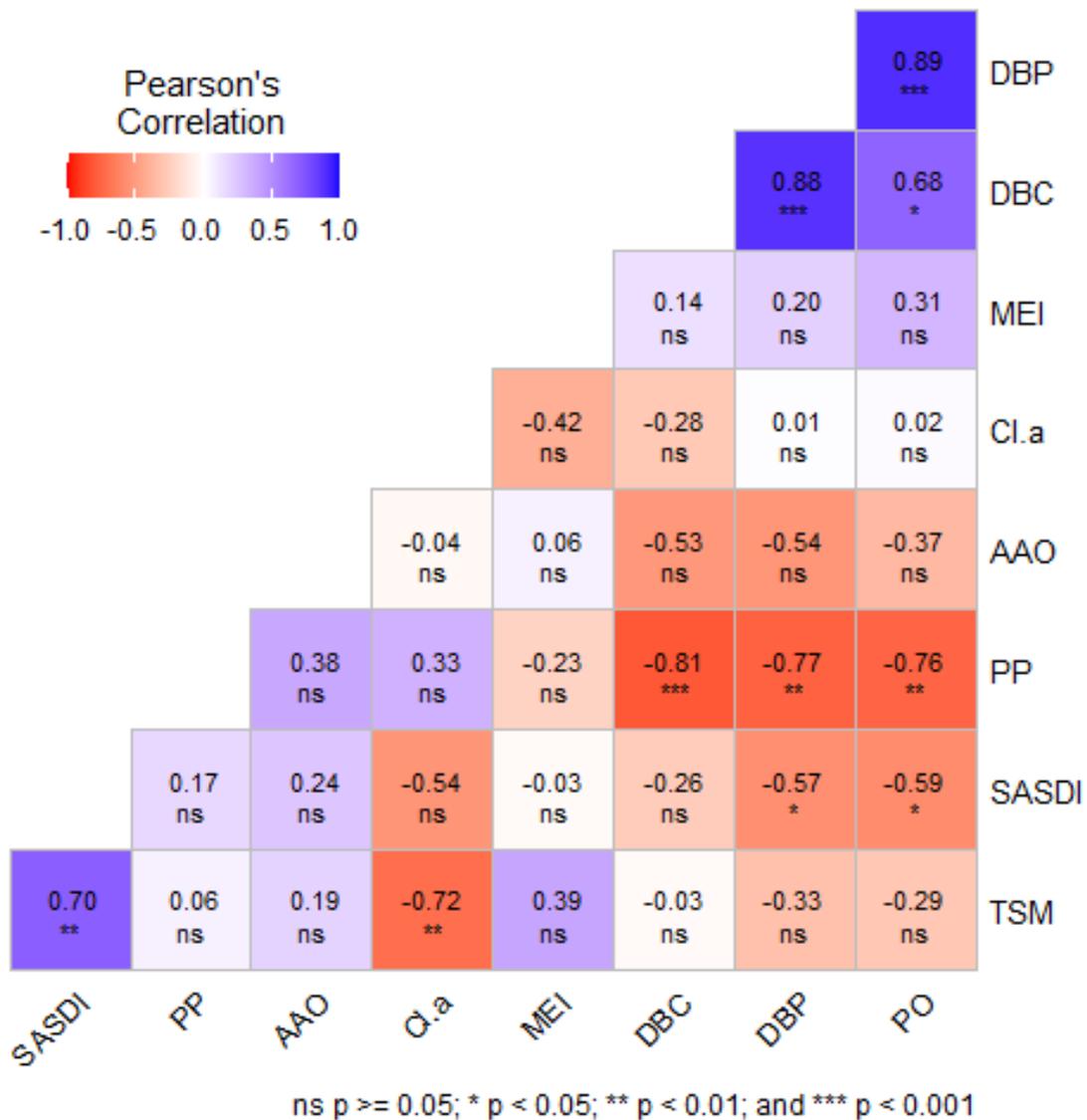


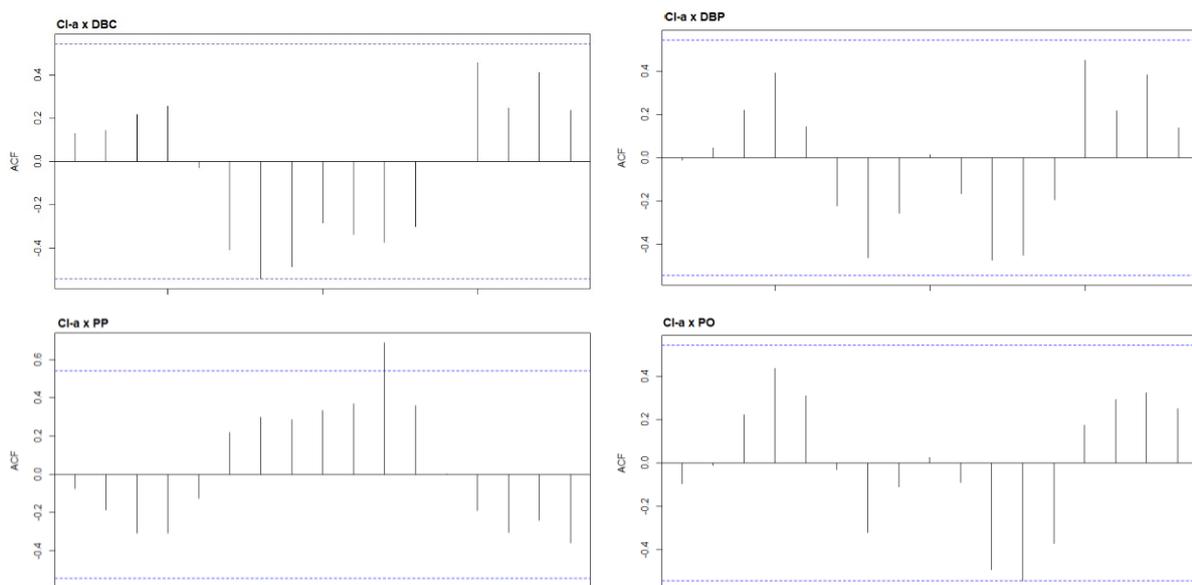
Figura 21: Diagrama de calor anual indicando a correlação linear a partir do Método de Pearson para as classes de habitat, variáveis ambientais e índices climáticos.

O teste de correlação cruzada foi aplicado entre os grupos de habitats com as variáveis ambientais (Figura 22) e com os índices climáticos (Figura 23). Os resultados de CI-a indicam correlação significativa com atraso (lag) temporal com todos os grupos, com exceção de DBC.

Foi observado a correlação positiva com PP e negativa com DBP, ambas com atraso de 2 anos. Enquanto PO apresentaram negativa com atrasos de 2 anos e 3 anos.

A TSM, por sua vez, não apresentou correlação significativa para os DBC, apesar de ser possível identificar os maiores valores com correlação positiva em +2 e +3 anos. Os DBP apresentaram correlação significativa com a TSM com atraso de +3 anos, além de valores positivos altos em atrasos de +2 anos, porém abaixo do limite de significância. Em relação aos pelágicos, apenas PP apresentou correlação com TSM acima do limite de significância, sendo negativa com +2 anos de atraso. Os PO não apresentaram nenhuma correlação acima do limite de significância, com correlações positivas não significativas com +2, +3 e +4 anos, e pico no +3 anos.

O AAO não apresentou nenhuma correlação acima do limite de significância. As maiores correlações com todos os grupos foram observadas no ano zero, ou seja, sem nenhum atraso, com destaque para correlação negativa com os grupos de demersais. O MEI apresentou correlação acima do limite de significância com todos os grupos, com exceção dos DBP. Foi observado um padrão de correlações significantes entre demersais e MEI, sendo positivas entre -4 anos e 0 e negativas entre +2 até +5 anos, sendo observado o oposto para os grupos Pelágicos. O pico entre MEI e pelágicos foi em +5 anos, e entre MEI e demersais foi em +4 anos. O índice SASDI apresentou correlação acima do limite de significância apenas para os DBP e os PO, porém no ano zero, sem atraso. Além disto, observa-se um padrão nas curvas semelhante ao MEI, porém com período de 3 anos entre correlações positivas e correlações negativas.



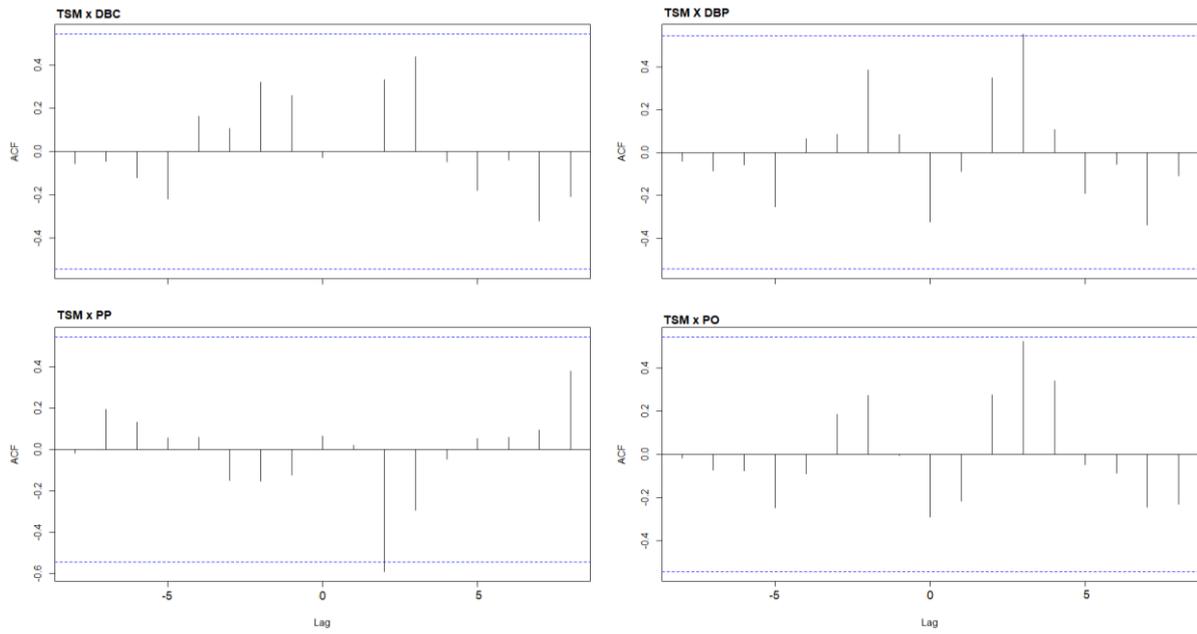
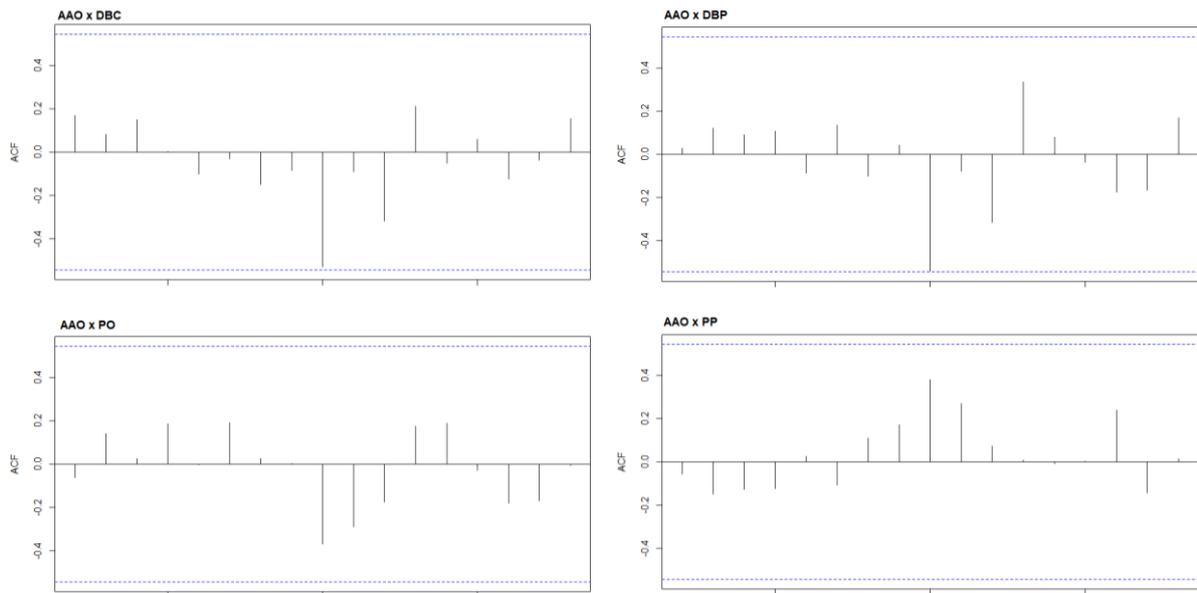


Figura 22: Correlação cruzada entre os grupos de habitats e médias anuais das variáveis ambientais: CI- a e TSM, o lag (“atraso”) contado em anos. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.



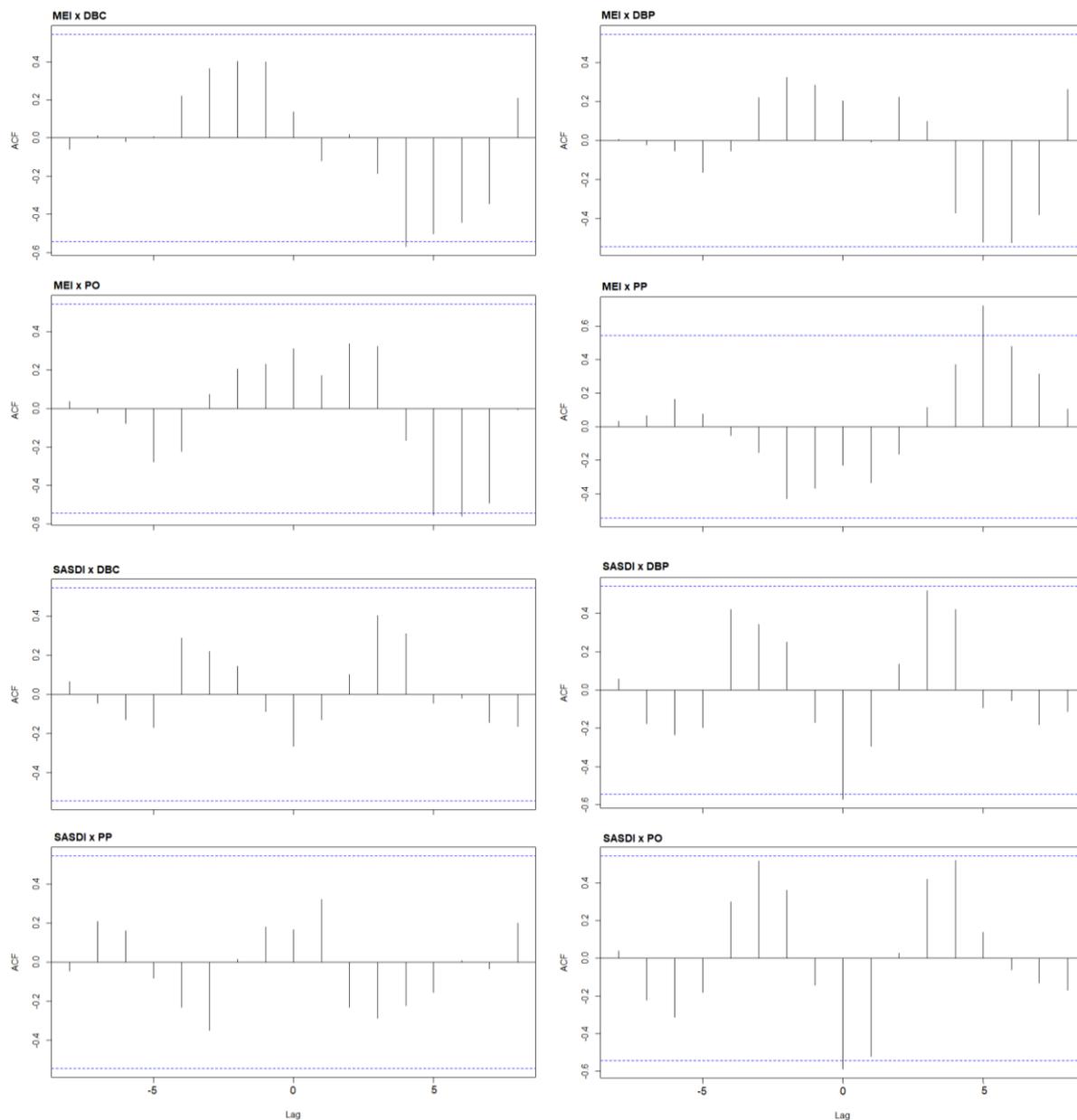


Figura 23: Correlação cruzada entre os grupos de habitats e médias anuais dos índices climáticos: AAO, MEI e SASDI, o lag (“atraso”) contado em anos. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.

Diante do fato dos pelágicos de plataforma serem o grupo com maior quantidade de pesca e terem relações tróficas com os demais grupos, aplicou-se a análise de correlação cruzada entre eles e os demais grupos (Figura 24). Todos os grupos apresentam pico de correlação negativa significativa no ano vigente (atraso = 0). Com os demersais também se observou correlação negativa significativa nos anos -1 e +1, enquanto para PO destaca-se o atraso em +1 ano.

Por fim, a correlação entre TSM e CI-a foi significativa, negativa e sem atraso (Figura 24), conforme observado também na análise de correlação linear (Figura 21).

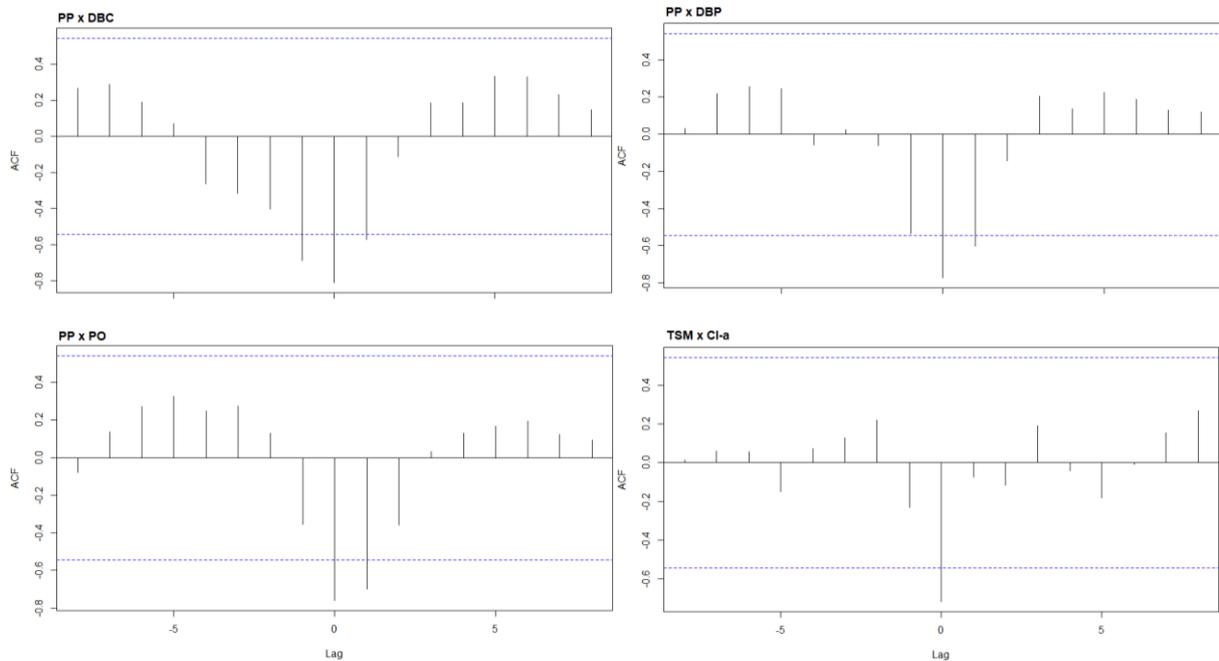


Figura 24: Correlação Cruzada entre Pelágicos de Plataforma e demais habitats e entre TSM e Cl-a, o lag (“atraso”) é contado em anos. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.

Após finalizada a análise de correlação cruzada, os resultados obtidos foram aplicados na Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP). Desta forma, foram geradas análises para o ano vigente (0 anos) (Figura 25a) +2 anos (Figura 25b), +3anos (Figura 26a) e +5 anos (Figura 26b).

Para o ano vigente (0 anos), as variáveis ambientais e os índices climáticos não explicam variações na pesca por classe de habitats. O AAO e TSM apresentam os menores valores p-valor, apesar de acima de 0,05 (Tabela 13). Além disto, pela análise gráfica, AAO explica melhor os dados dos anos 2009, 2010 e 2012 (Figura 25). Em relação aos grupos de habitats, AAO está projetado na negativa assim como PP, indicando que valores negativos deste índice coincidem com menor captura de PP, enquanto MEI está projetado na porção positiva do eixo 1, assim como PO e DBP. Apenas 52% dos dados foram explicados pela análise CAP (Tabela 11). Na análise dos dados com o atraso de 2 anos entre dados de pesca e dados ambientais, ocorre uma modificação, com TSM e Cl-a apresentando maior relevância, projetados ambos negativos no eixo 2 e, no eixo 1, TSM negativa e Cl-a positiva. A TSM condiz com DBC, enquanto Cl-a com PP. Nesta análise, a Cl-a apresenta significância como variável que explica o conjunto de dados, sendo a única em todas as rodadas que atingiu esse limite. Em relação a porcentagem de explicação, houve um pequeno aumento em relação a rodada anterior, atingindo 55%.

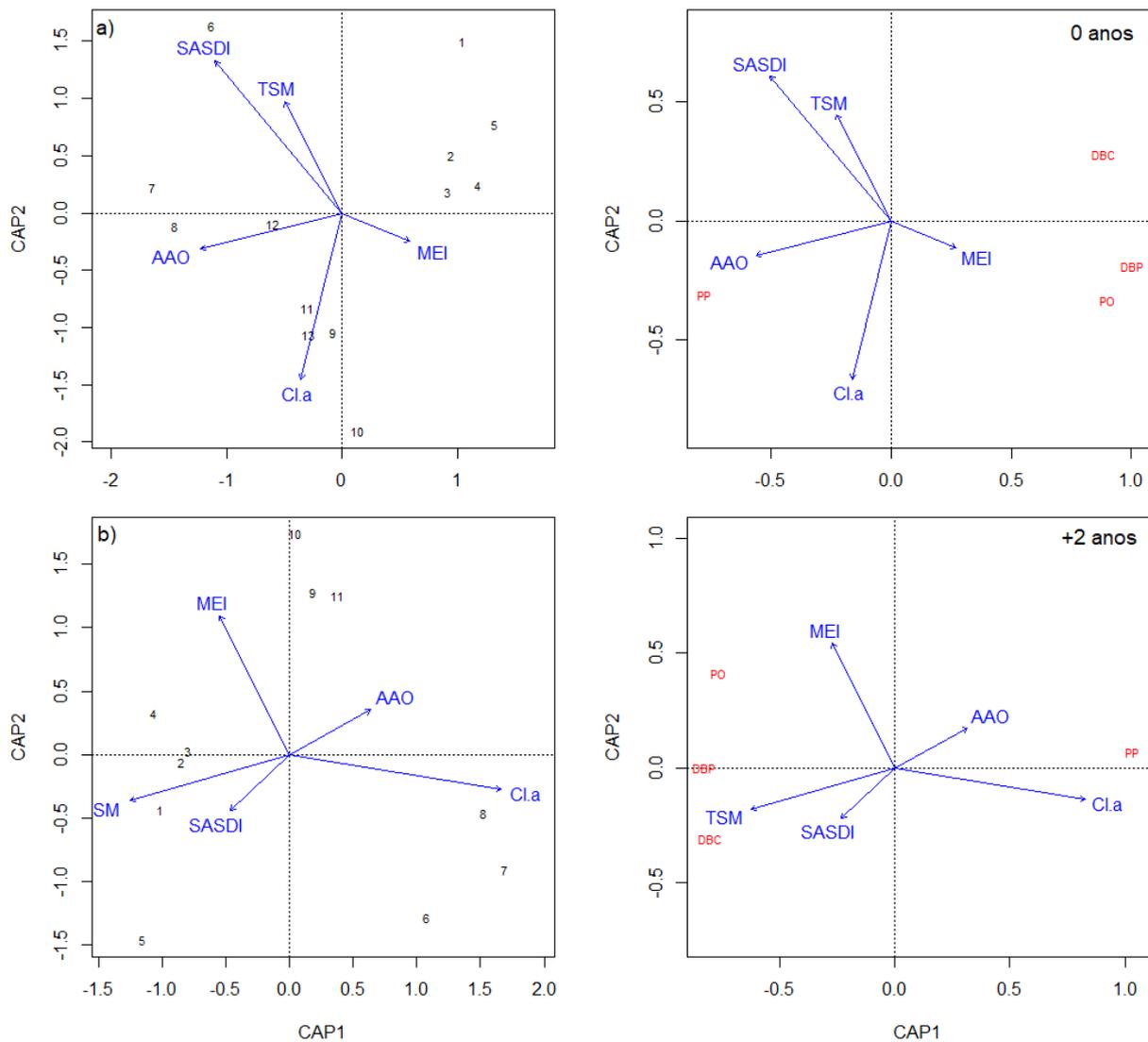


Figura 25: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e classes de habitats, superior (sem atraso), inferior (atraso de 2 anos).

Para os atrasos de +3 anos e +5 anos (Figura 26), a Cl-a manteve-se relevante, sendo a mais significativa no atraso de +3 anos e a segunda mais significativa no atraso de +5anos. Para os resultados de +3 anos, o modelo reduziu a explicação, atingindo o menor valor entre os modelos, de 48%. A Cl-a tende a explicar os resultados dos anos de 2011, 2012 e 2013. Por outro lado, SASDI e TSM explicam os anos de 2008 e 2009, assim como a classe de habitat de DBP. Com o atraso de +5 anos é observado o crescimento da importância de índices climáticos como o MEI e o SASDI, o que corrobora com os ciclos mais longos destes índices. Pela análise gráfica, apenas o MEI explica a pesca do grupo PP. Por fim, apesar do modelo de +5 anos apresentar o maior valor de dados explicados, 75%, este também apresenta a maior variância, provavelmente sendo resultado do menor conjunto de dados utilizado como entrada.

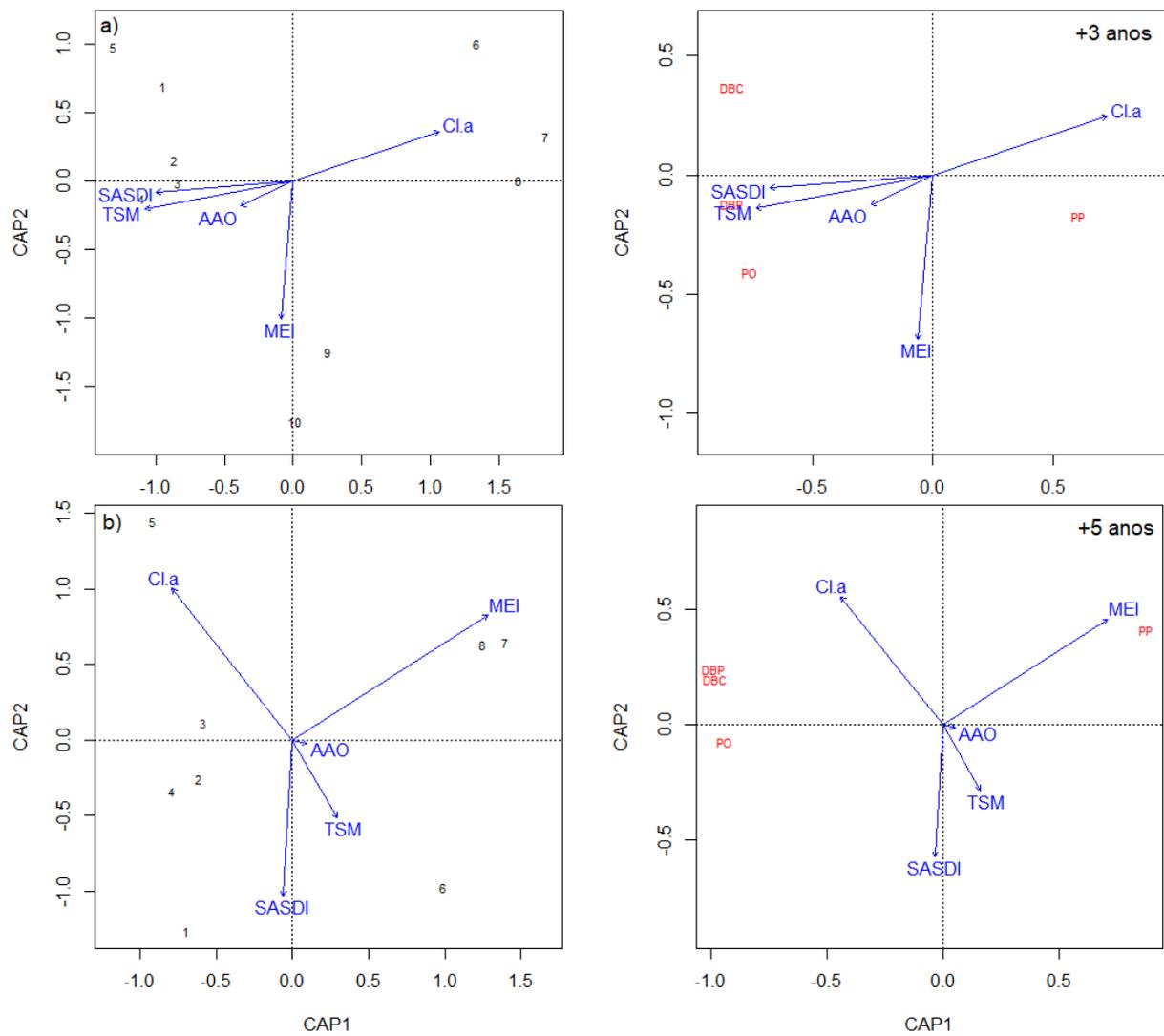


Figura 26: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e classes de habitats, superior (atraso de 3 anos), inferior (atraso de 5 anos).

Tabela 11: Explicação (%) da Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5.

	Explicação (%)			
	0 anos	+2 anos	+3 anos	+5 anos
Contido	52	55	48	75
Não contido	48	45	52	25

Tabela 12: Variância de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5.

	Variância			
	0 anos	+2 anos	+3 anos	+5 anos
AAO	0,60	0,46	0,04	0,00
MEI	0,30	0,09	0,30	1,59
SASDI	0,34	0,10	0,06	0,30
Cl-a	0,19	1,46	1,29	0,70
TSM média	0,66	0,08	0,23	0,41
Modelo	2,10	2,19	1,92	3,00
Resíduos	1,90	1,81	2,08	1,00

Tabela 13: P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais para os anos 0, +2, +3 e +5, considerado significativo se  $p < 0,05$ .

	p-valor			
	0 anos	+2 anos	+3 anos	+5 anos
AAO	0,17	0,30	0,95	1,00
MEI	0,33	0,77	0,54	0,19
SASDI	0,29	0,75	0,92	0,53
Cl-a	0,49	<b>0,05</b>	0,17	0,35
TSM média	0,14	0,78	0,61	0,43
Modelo	0,25	0,42	0,65	0,50

Foi realizada a mesma técnica de CAP para as dez espécies de peixes mais pescadas (Tabela 8). Entre 2003 e 2015, estas espécies representam aproximadamente 80% da pesca anual (Tabela 14). O modelo foi capaz de explicar 52% dos dados de entrada (Tabela 15). A TSM e a Cl-a apresentaram os melhores valores de p-valor, mesmo sem atingir o limite de significância. A análise gráfica mostra que a Cl-a tende a explicar os resultados das espécies Cavalinha e Savelha, enquanto AAO da Sardinha verdadeira (Figura 27). Por outro lado, espécies como Sardinha Boca Torta, Tainha, Enchova e Corvina não respondem as variáveis preditoras utilizadas.

Tabela 14: Valores de captura total entre os anos de 2003 e 2015 para das dez principais espécies selecionadas para a análise CAP.

Nome comum	Captura (10 <sup>6</sup> kg)	% captura total
Sardinha verdadeira	469,64	50,35
Cavalinha	79,50	8,52
Bonito listrado	48,80	5,23
Sardinha boca torta	31,00	3,33
Corvina	30,50	3,26
Tainha	20,70	2,22
Savelha	16,10	1,73
Sardinha laje	13,70	1,47
Galo	13,50	1,44
Enchova	09,27	0,99
Total	732,67	78,54

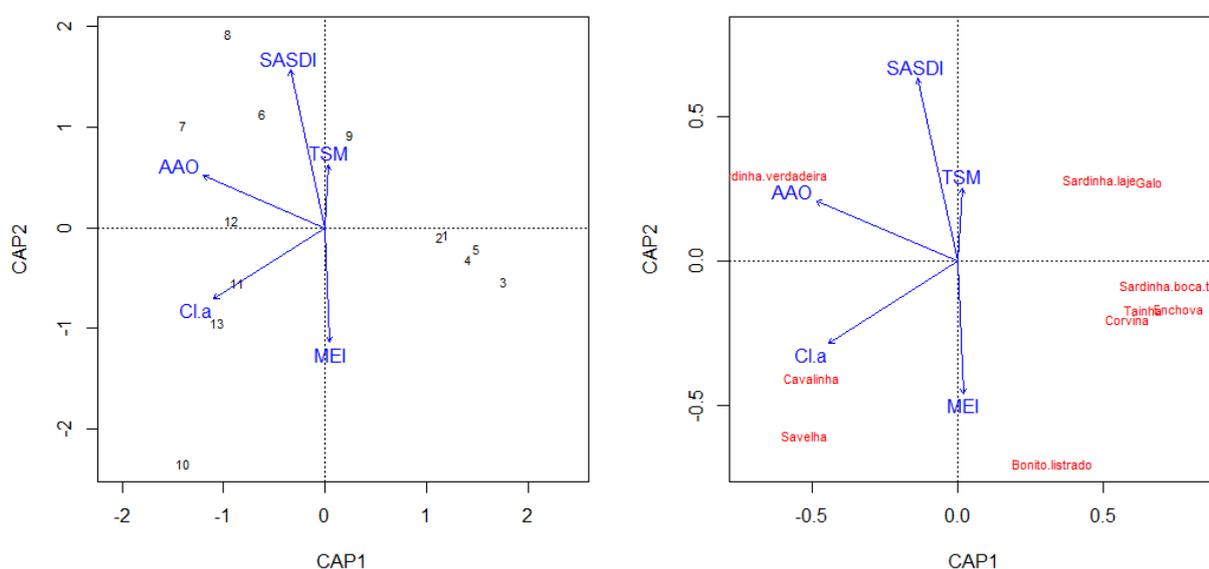


Figura 27: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados anuais e as dez principais espécies de peixe.

Tabela 15: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados anuais e as dez espécies de peixe, considerado significativo se  $p < 0,05$ .

	Variância	p-valor
AAO	1,0139	0,207
MEI	0,9421	0,242
SASDI	0,7180	0,395
Cl-a	1,3689	0,119
TSM média	1,2114	0,179
Modelo	5,2543	0,149
Resíduos	4,7457	

### III.5. Discussão

A ausência de componente geográfica dos dados de pesca de desembarque influencia principalmente as relações observadas com as variáveis ambientais. O perfil da pesca no Estado do Rio de Janeiro demonstra predominância da pesca industrial, representando 70% da pesca total no estado, sendo majoritária em todos os grupos estudados, com exceção dos DBC. A distribuição entre pesca artesanal e industrial ao longo dos anos para o Rio de Janeiro é semelhante ao observado por FREIRE *et al.* (2021) para a região sudeste do Brasil. Os resultados da pesca artesanal podem estar subestimados devido a falhas no monitoramento desta frota.

A sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é a espécie mais pescada, representando, pelo presente trabalho 15% do total da pesca, podendo atingir 50%. O Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ, 2013) indica que essa espécie representou entre 45 – 55% da pesca durante os anos de 2011 e 2012. Além disto, estima-se que entre 1950 e 2015, 99,7% da pesca da sardinha verdadeira foi desembarcada nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo. (FREIRE *et al.*, 2021). Dessa forma, a queda abrupta nos registros de desembarque pode ser explicado pelo colapso na pesca da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) ocorrido no final da década de 1980 devido principalmente à sobrepesca (DIAS-NETO, 2010). Apesar da similaridade com demais estados do Sul e Sudeste, os indivíduos do Rio de Janeiro aparentam estar isolados dos demais, devendo ser analisados como estoques diferentes (SCHROEDER *et al.*, 2022)

As variáveis ambientais, TSM e CI-a, apresentaram correlações negativas, aparentemente restritas ao mesmo ano. Sabe-se que a TSM mais baixa indica a ressurgência de ACAS, o que gera o aumento da produção primária local (BRASIL, 2006). O único índice climático que apresentou relação com variáveis ambientais foi a anomalia positiva observada entre SASDI e TSM, indicando que a área de estudo é mais influenciada pelo polo sudoeste do Dipolo do Atlântico Sul (MORIOKA *et al.*, 2011). A fraca relação entre SASDI e o *El Niño* foi demonstrada (STERL & HAZELEGER, 2003), assim como o enfraquecimento e deslocamento meridional que o *El Niño* pode causar na Alta Subtropical do Atlântico e disparar a fase negativa do SASDI (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Para os grupos de pesca propostos, o PP é o maior destaque, impulsionado pela pesca da sardinha verdadeira, em seguida o grupo de DBC. Este resultado condiz com o fato da pesca na região sudeste do Brasil ser dominada por sardinha e espécies demersais (FREIRE *et al.*, 2015, 2021). O grupo dos demersais, aqui divididos entre DBC e DBP, apresenta diferenças

fundamentais no que tange o setor de pesca responsável pela captura de cada um deles. Os demersais costeiros são predominantemente pescados pelo setor artesanal, enquanto os de plataforma pelo industrial. Por outro lado, os pelágicos, tanto PP quanto PO, a pesca industrial é responsável por mais de 80% das capturas.

O grupo DBC foi o que apresentou resultados menos significativos para todas as análises realizadas, com destaque apenas para correlação cruzada (negativa) com MEI em 4 anos. Os DBP apresentaram correlações lineares (negativas) com SASDI e cruzada (positiva) com a TSM, com atraso de 2 anos. Outros estudos com espécies demersais, como polvo (*Octopus insularis*) (LOPES et al., 2021), lula (*Loligo plei*) (POSTUMA & GASALLA, 2010) e espécies pescadas pela técnica de arrasto (ROLIM & AVILA-DA-SILVA, 2018) demonstraram a TSM como variável dominante para explicação da pesca para essas espécies. Nesse sentido, provavelmente a correlação com o SASDI é derivada da relação deste índice com a TSM, uma vez que indica o Dipolo do Atlântico Sul, que representa a formação de anomalias térmicas. Além disso, a relação entre SASDI e a intensificação da ressurgência de Cabo Frio (SILVA, 2020) pode propiciar o aumento da pesca de pelágicos em detrimento da pesca de demersais. Provavelmente a falta de relação observada com os DBC deve-se a limitação de aquisição de TSM e CI-a próxima a linha de costa pelos sensores utilizados (4 km). Os ambientes costeiros são mais dinâmicos e necessitam de resoluções espaciais mais refinadas (BARBOSA *et al.*, 2019). Além disso, outras variáveis como concentração de nutrientes e precipitação podem ser dominantes para prever a pesca dessas espécies.

Para os pelágicos, destaca-se que o PP apresentou, na análise cruzada, relação com CI-a (positiva) e TSM (negativa) com atraso de 2 anos e MEI (positiva) com atraso de 4 anos. Ou seja, dois anos após o registro de CI-a alta e TSM baixa é observado o aumento da pesca de PP. A sardinha verdadeira apresenta dinâmica do ciclo de vida, na fase de desova, altamente influenciada pela presença da ACAS e, conseqüente, disponibilidade de nutrientes na zona eufótica (CERGOLE, 1995). A maioria dos indivíduos pescados apresentam idade aproximada de 3 anos (CERGOLE e DIAS-NETO, 2011), semelhante ao atraso registrado para as variáveis TSM e CI-a do presente estudo. Anos de *El Niño* acentuados são marcados por quedas na captura da sardinha verdadeira (MADUREIRA E MONTEIRO-NETO, 2020). O presente estudo observou esta correlação, no ano vigente e nos dois seguintes, apesar de não ser significativa. O resultado observado entre MEI e PP pode ser conseqüência da intensificação da ressurgência de Cabo Frio (PAES & MORAIS, 2007), além de demonstrar os ciclos mais longos desse fenômeno.

O grupo PO apresentou correlação linear (negativa) com SASDI e cruzada com Cl-a (negativa) em 3 anos e MEI (negativa) em 5-6 anos. A correlação com SASDI e TSM pode ter relação com a formação de frentes oceânicas, uma vez que o Dipolo de TSM acentuado pode formar essas feições. Essa hipótese pode ser corroborada com a identificação que cardumes de Bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) se acumulam em frentes oceânicas termais, se posicionando entre águas tropicais da Corrente do Brasil e águas de plataforma (COLETTO *et al.*, 2018, ANDRADE, 2003). Por outro lado, o enfraquecimento da ressurgência observada na fase negativa de SASDI (SILVA, 2020) não explica o resultado observado, talvez por se tratar de um grupo de nível trófico superior uma abordagem de presa-predador pode explicar melhor o resultado obtido.

De forma geral, foi possível observar que os grupos DBC, DBP e PO apresentaram perfis de correlação cruzada opostos aos observados em PP, com exceção das relações com AAO. Adicionalmente, os grupos também demonstraram relação cruzada (negativa) com PP no ano vigente e seguinte, além de, no caso de DBC, em -1 ano. A estrutura da teia trófica pode ser regulada por processos *top-down*, quando os predadores de topo são retirados, e *bottom-up*, quando recursos alimentares, produtores primários, da base são retirados (HUNTER e PRICE, 1992). As teias pelágicas se baseiam na produção primária, enquanto as demersais nos detritos, entretanto as teias se relacionam entre si (ODUM, 2006).

Em relação aos pelágicos, os PP tende a apresentarem nível trófico inferior aos PO, como exemplo, a sardinha verdadeira é predada pelo bonito listrado (MADUREIRA E MONTEIRO-NETO, 2020). Apesar de relação menos direta, os pequenos pelágicos também podem introduzir nutrientes no ambiente pelágico através dos detritos gerados (LEIVA-MORENO *et al.*, 2003). A retirada de PP, pela pesca, funciona como *bottom-up*, causando a redução na disponibilidade de alimento para os demais, diminuindo a pesca deles também, até que haja o recrutamento e crescimento novamente. Os resultados do presente estudo indicam que essa influência se dá no ano vigente e no seguinte. A razão entre a pesca de pelágicos e demersais pode funcionar como índice para a influência de nutrientes no ambiente pelágico e bentônico, além de apresentar correlação com Cl-a (LEIVA-MORENO *et al.*, 2003).

Em relação às Análises Canônicas de Coordenadas Principais, o melhor modelo gerado foi aquele com atraso de +2 anos, atingindo 55% de explicação e o único a apresentar variável com significativa, Cl-a. Entretanto, de forma geral, o modelo do ano 0 apresentou a melhor significância total. O modelo de +3 anos apresentou a melhor razão entre a variância do modelo e dos resíduos, seguido pelo do ano 0. O índice AAO foi o que teve as piores performances nos

modelos gerados e o MEI foi o único que demonstrou maior significância com o aumento do atraso. Quando aplicado para as principais espécies o modelo é majoritariamente introduzido com espécies de PP. Apesar de apresentar maior variância em relação aos modelos por grupos, foi o que resultou no modelo com menor p-valor (0,15), além de manter a explicação próxima aos 50%.

Outros modelos gerados para o Atlântico sul, como o *Generalized additive models* (GAMs) para a pesca do bonito listrado indicou a Temperatura de topo da Termoclina e a CI-a como as variáveis mais significativas (COLETTO *et al.*, 2018). O modelo *Boosted Regression Trees* e conseguiu explicar 46% da variabilidade na pesca do polvo e indicou que é principalmente influenciado pelas seguintes variáveis, nessa ordem: rugosidade do fundo, CI-a e a TSM (LOPES *et al.*, 2021).

### III.6. Conclusões

O desembarque pesqueiro no Estado do Rio de Janeiro apresenta predominância da sardinha verdadeira como principal recurso pesqueiro, além da pesca ser majoritariamente exercida pelo setor industrial. O principal grupo de pesca é o PP, impulsionado pela sardinha verdadeira.

As variáveis ambientais TSM e CI-a demonstraram, conforme esperado, correlações negativas em todas as análises realizadas, corroborando com a hipótese de que a feição da ressurgência da ACAS é um dos principais fenômenos oceanográficos da região.

A relação entre a pesca e as demais variáveis demonstrou que o índice SASDI se destacou nas análises lineares, enquanto nas cruzadas a TSM, CI-a e MEI, nessa ordem, foram mais significativos. Além disso, as relações tróficas entre os grupos de pesca foram fundamentais para explicar os resultados obtidos. Os modelos de Análises Canônicas de Coordenadas Principais indicaram que o ano vigente e o atraso de dois anos foram os que melhor explicaram o conjunto de dados.

Por fim, este estudo foi desenvolvido a partir de dados de reconstrução de estatísticas pesqueira (FREIRE *et al.*, 2021), evidenciado a importância destes esforços, principalmente num país marcado pela descontinuidade de monitoramento pesqueiro. A escala de análise anual mostrou-se aplicável principalmente para observar as relações tróficas entre os organismos marinhos. É possível ainda perceber que a pesca responde a variáveis ambientais e climáticas. Aponta-se que o aprimoramento do estudo pode ser conduzido pela inclusão de mais variáveis, assim como recorte para espécies específicas.

## Capítulo IV – Análise Mensal

### IV.1. Introdução

O ambiente marinho apresenta grande dinamismo de variáveis ambientais como TSM e Cl-a, que respondem a ciclos diários e sazonais. Na costa do Estado do Rio de Janeiro, sabe-se que o principal fenômeno oceanográfico local, a ressurgência costeira (CALADO, 2006, BRASIL, 2006), apresenta comportamento sazonal em resposta à incidência de ventos (CERDA e CASTRO, 2014). A variabilidade climática é capaz de causar alterações na sazonalidade, seja intensificando ou enfraquecendo a ressurgência. A fase positiva do Dipolo do Atlântico Sul (DAS) causa a intensificação da ressurgência de Cabo Frio e a redução da estratificação térmica causando anomalias positivas de Cl-a (SILVA, 2020).

A pesca é uma atividade essencialmente espacial (IOCCG, 2009) e deve-se buscar analisar a sazonalidade ambiental neste mesmo contexto. Estatísticas pesqueiras baseadas em dados de desembarque não trazem informações sobre o local onde a pesca foi realizada e, assim, geram incertezas sobre as condições ambientais que podem ter influenciado a dinâmica pesqueira. O PMAP tem se mostrado como amplo projeto de monitoramento pesqueiro na Bacia de Campos que aprimora os dados ao trazer a componente geográfica estimada da pesca. As principais ferramentas de gestão pesqueira estão buscando integração com dados especializados, principalmente aqueles provenientes de sensores remotos (IOCCG, 2009).

Este capítulo buscará avaliar a influência da sazonalidade de variáveis ambientais e climáticas a partir de dados de pesca georreferenciados no Estado do Rio de Janeiro entre os anos de 2017 e 2020.

### IV.2. Objetivos

- Descrever a variação mensal e sazonal dos dados de desembarque pesqueiro no Estado do Rio de Janeiro para o período entre 2017 e 2020;
- Descrever a variação mensal dos grupos de pesca para o período entre 2017 e 2020;
- Analisar as variáveis ambientais Cl-a e TSM, obtidas por sensoriamento remoto, para o período entre 2017 e 2020 em escala de tempo mensal;
- Observar a influência das variáveis ambientais e dos índices climáticos, AAO, MEI, SASDI, na pesca, em escala de tempo mensal.

### IV.3. Metodologia

#### IV.3.1. Área de Estudo

Foi utilizada a área conforme apresentado no item 1.3. Área de estudo, não sendo aplicada subdivisões por seções.

Os dados do PMAP foram disponibilizados também em versão georreferenciada, apresentados em malha com blocos estatísticos de tamanho de 5 min x 5 min (9.260m x 9.260m), se estendendo de Sul de Santa Catarina até o Sul da Baía (Figura 28). Os arquivos disponibilizados em formato de planilhas com os seguintes atributos: bloco, ano, mês, município de desembarque, tipo de pesca, captura total (para cada bloco) e captura por pescado (para cada bloco).

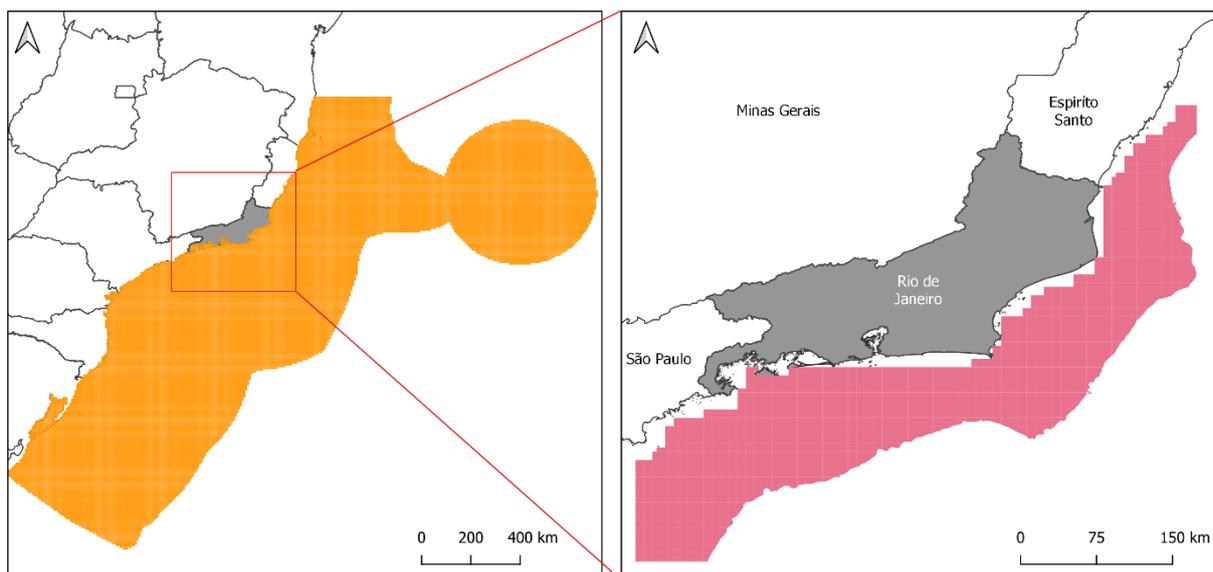


Figura 28: Base de dados georreferenciada do PMAP. À esquerda, em laranja, os blocos disponibilizados, à direita, em rosa, o recorte realizado para a Área de Estudo.

#### IV.3.2. Dados de Pesca

Foram utilizadas as bases de dados mensais descritas no item 1.4.1 Pesca e a classificação descrita no item

1.4.1.1 Classificação de Habitat. A base e respectivo períodos é a de 2017 até 2020, sendo a fonte de dados o PMAP.

#### IV.3.3. Dados de Satélite

Para os dados de sensoriamento remoto foram utilizadas as variáveis descritas no item I.4.2. *Sensoriamento Remoto* para o período de 2017 até 2020. Foi extraído da plataforma *Giovanni* o arquivo *raster* para cada mês da série de dados com a média temporal para o período (produto: *Time Averaged Map*). Em seguida, foi realizado o corte pela delimitação da área de estudo (Figura 3, delimitações: 45,5 - 40W; 25 - 20,5S) e, para cada mês, foi calculado o valor médio da área.

#### IV.3.4. Índices Climáticos

Os índices climáticos utilizados estão descritos no item III.3.4. *Índices Climáticos*, porém, aqui, foram utilizados com resolução mensal.

#### IV.3.5. Métodos estatísticos

Para o cálculo das anomalias de TSM e CI-a, foi realizada a média mensal para todo o período de dados em seguida calculou-se a diferença entre cada mês e a média mensal do período (Equação 2Equação 1).

$$Anomalia_{mensal(i)} = x_{mês(i)} - \bar{x}_{mês(2017-2020)} \quad \text{Equação 2}$$

Para Correlação Linear foram utilizadas as bases de dados de pesca FIPERJ, 2013 e PMAP. Foi realizado o mesmo procedimento descrito no item III.3.5. *Métodos estatísticos*.

No caso dos dados espaciais do PMAP foi utilizado o programa *RStudio*, pacote *Raster* e a função *corLocal*, pelo método Pearson e com parâmetro de vizinhança de 5.

O método utilizado na Correlação Cruzada e Análise Canônica de Coordenadas Principais está descrito no item III.3.5. *Métodos estatísticos*. Todos os códigos do *software RStudio* utilizados para geração dos resultados estão disponíveis no Anexo III.

#### IV.4. Resultados

##### IV.4.1. Análise temporal

A distribuição da pesca mensal foi realizada apenas para a região delimitada pela Área de Estudo. O perfil demonstra que nos meses de 2017 há uma tendência de valores mais altos, sendo observado uma queda nos anos de 2018 e 2019 e crescimento acentuado a partir do começo de 2020, atingindo o pico em março (Figura 29a). A pesca realizada na Área de Estudo representa aproximadamente 25% da captura no período (Figura 29b), com meses de novembro/2017 e março/2020 atingindo 30%. Todas as demais análises serão realizadas apenas com os dados de pesca referentes a delimitação da Área de Estudo.

Os perfis dos setores Artesanal e Industrial demonstram, principalmente, a diferença de escala desses setores (Figura 30). Observa-se ainda distribuição semelhante até o final de 2019, entretanto a partir de 2020 a pesca industrial tem crescimento acentuado, acompanhado do decréscimo da pesca artesanal.

A sazonalidade (Figura 31) da captura de pesca demonstra, novamente, que o ano de 2020 se destaca dos demais anos, principalmente no Outono. Observa-se ainda que nos anos de 2017 e 2019 a estação do ano com mais captura foi a primavera, enquanto em 2018 foi o verão e em 2020 o Outono. Em relação as estações do ano do período completo (Figura 32) o inverno apresenta menor amplitude de dados e demonstra a presença de *outlier* positivo. O Outono apresenta amplitude maior que o inverno, porém com média semelhante. A primavera apresenta a maior amplitude das estações do ano, além de apresentar valores máximos e mínimos superiores aos demais, apesar do valor médio se manter próximo as demais estações. O verão apresenta o menor valor médio e amplitude superior a inverno e outono. Apenas a primavera não apresenta *outlier*, sendo que os registrados no Outono e Inverno são provenientes do ano de 2020, enquanto o registrado no verão do ano de 2018.

A variação mensal (Figura 33) demonstra que os meses de maio e junho apresentam a menor amplitude, enquanto o mês de março é o destaque oposto. Os meses com maiores valores médios são janeiro, abril, agosto e outubro. Não é possível notar uma sazonalidade clara, entretanto o começo do verão e do inverno nota-se uma diminuição na pesca, enquanto no final destas estações o oposto ocorre. A Captura total engloba flutuações individuais de cada categoria dificultado o estabelecimento de padrões sazonais.

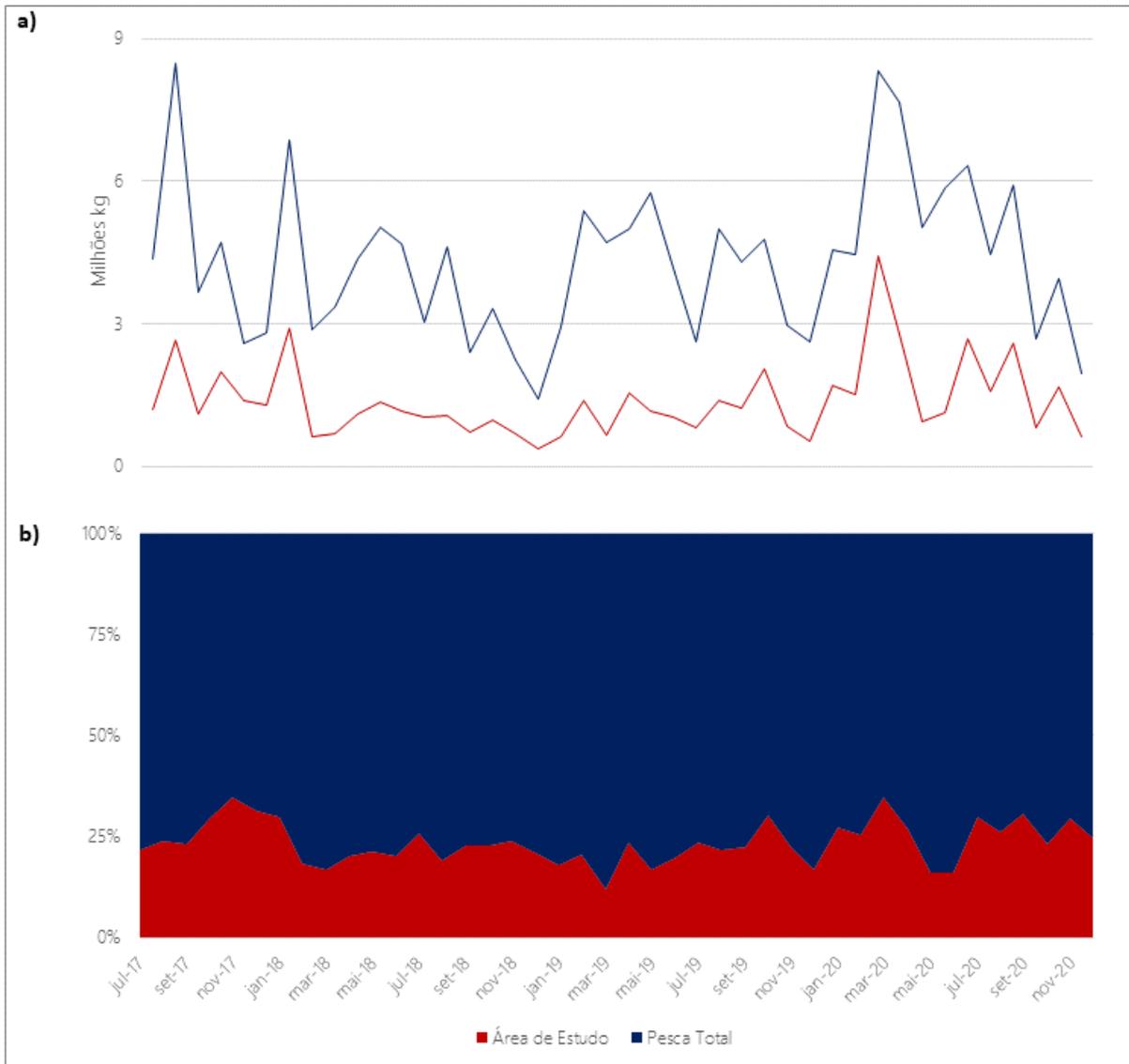


Figura 29: Captura estimada da pesca, perfil mensal (a) e porcentagem da Área de Estudo em relação a área total do PMAP (b).

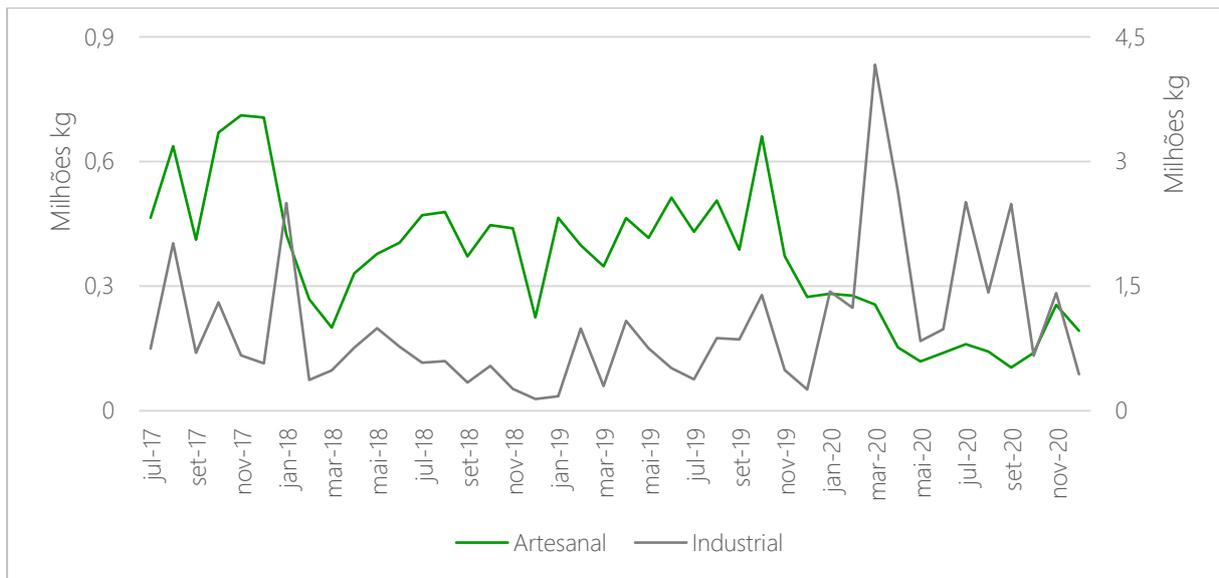


Figura 30: Perfil mensal da pesca classificada por setor pesqueiro, artesanal (verde – eixo esquerda), industrial (cinza – eixo direita) realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.

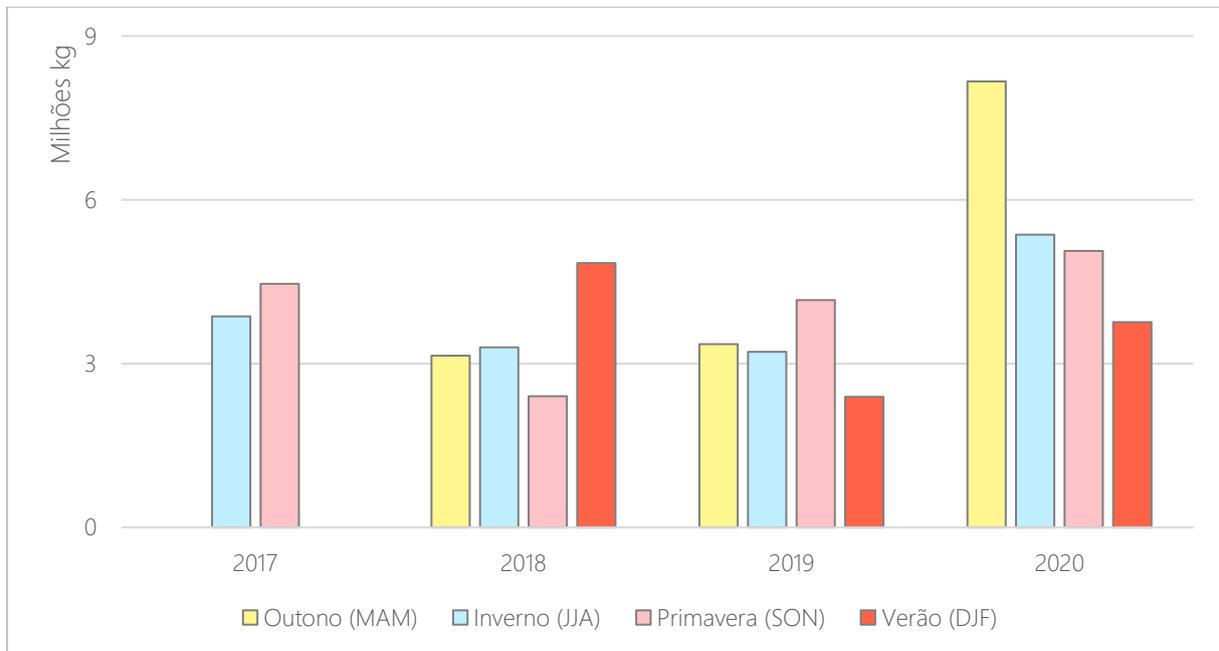


Figura 31: Captura pesqueira por estações do ano entre o período de 2017 – 2020. As estações do ano são representadas pelas cores: vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON).

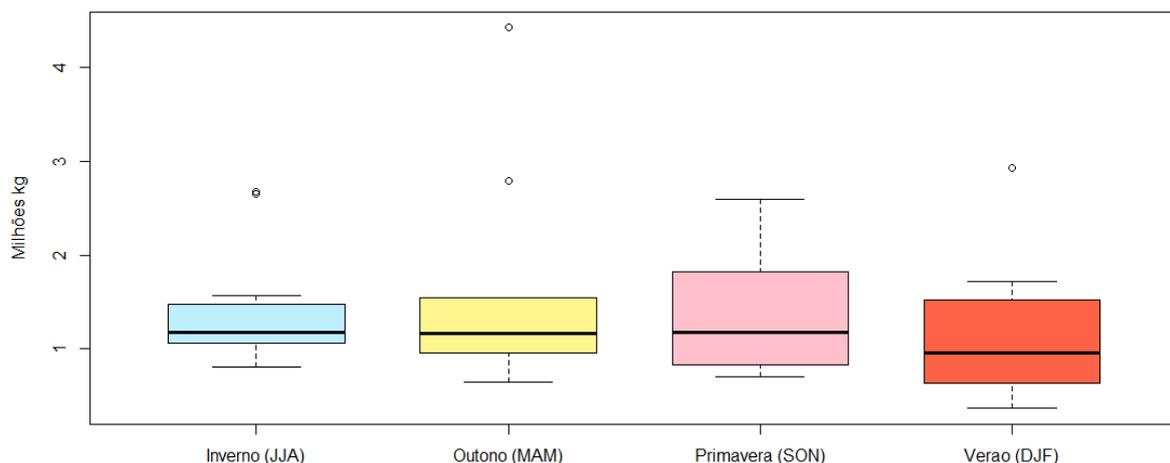


Figura 32: Boxplot de captura pesqueira por estações do ano entre o período de 2017 – 2020. As estações do ano são representadas pelas cores: vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON).

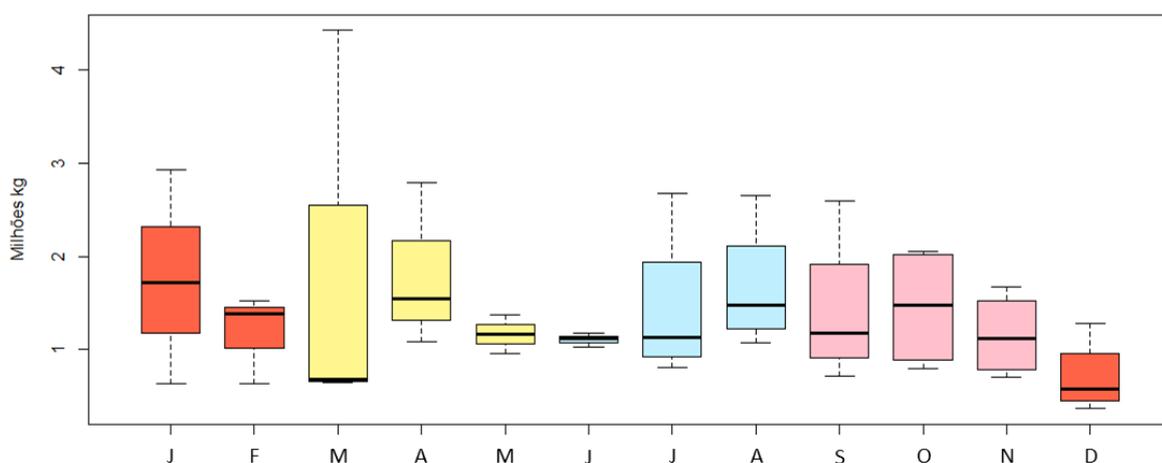


Figura 33: Boxplot de captura pesqueira mensal entre o período de 2017 – 2020. As estações do ano são representadas pelas cores: vermelho = Verão (DJF), amarelo = Outono (MAM), azul = Inverno (JJA) e rosa = Primavera (SON).

A classificação por grupo de habitat demonstrou a predominância das espécies de PP, seguidas por DBC e DBP (Figura 34). O perfil ao longo do tempo (Figura 35) demonstra que os valores mais elevados registrados no ano de 2017 são resultado da pesca de DBP e DBC, por outro lado os valores elevados do ano de 2020 são provenientes do grupo PP. O grupo DBC apresenta decréscimo até o início do ano de 2018, em seguida crescimento e estabelecimento de platô entre julho/2018 e novembro/2019, após isso registra-se decréscimo na pesca desse grupo. O grupo DBP apresenta valores elevados no começo da série e decaimento gradual e estabilização até início de 2020, em seguida um novo decaimento e por fim um crescimento vertiginoso a partir de setembro de 2020. Para PP é possível perceber picos em agosto/2017, janeiro/2018, valores mais baixos entre 2018 e julho/2019 e, em seguida, crescimento acelerado com maior registro em março/2020. Para PO observa-se comportamento semelhante à DBC, com exceção

o período de 2017 em que PO registra crescimento, enquanto DBC decaimento. A proporção entre a pesca artesanal e industrial (Tabela 16) demonstra a predominância na pesca industrial, principalmente no grupo PP e DBP. O grupo DBC apresenta a maior proporção da pesca artesanal, sendo o único grupo em que esse setor representa mais de 50%, PO demonstra um equilíbrio entre os setores pesqueiros.

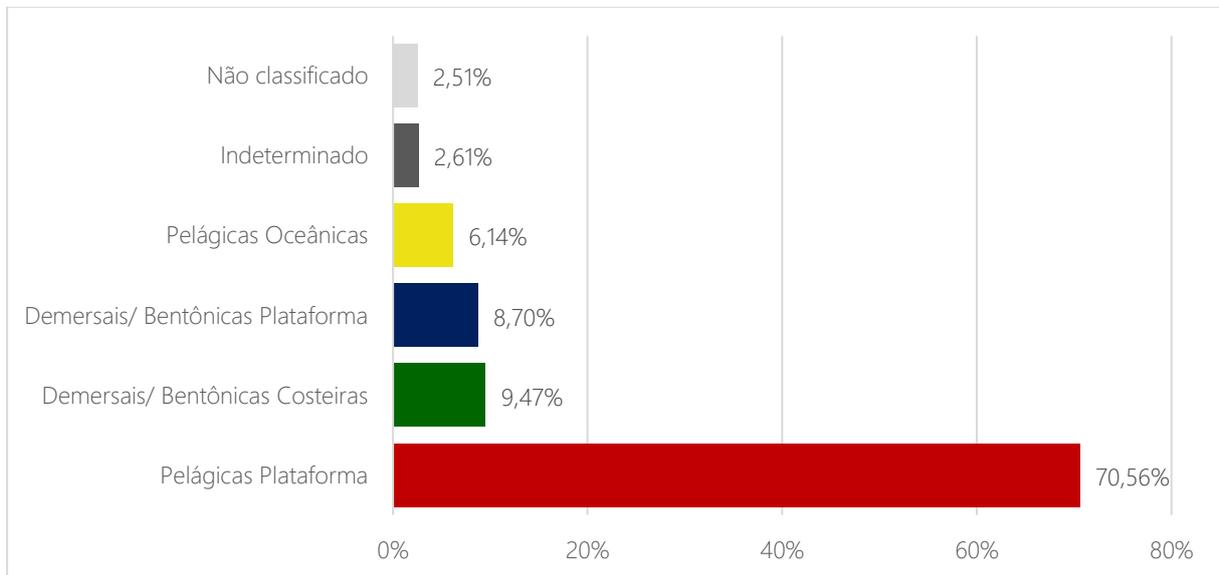


Figura 34: Distribuição por classificação de habitat da pesca realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.

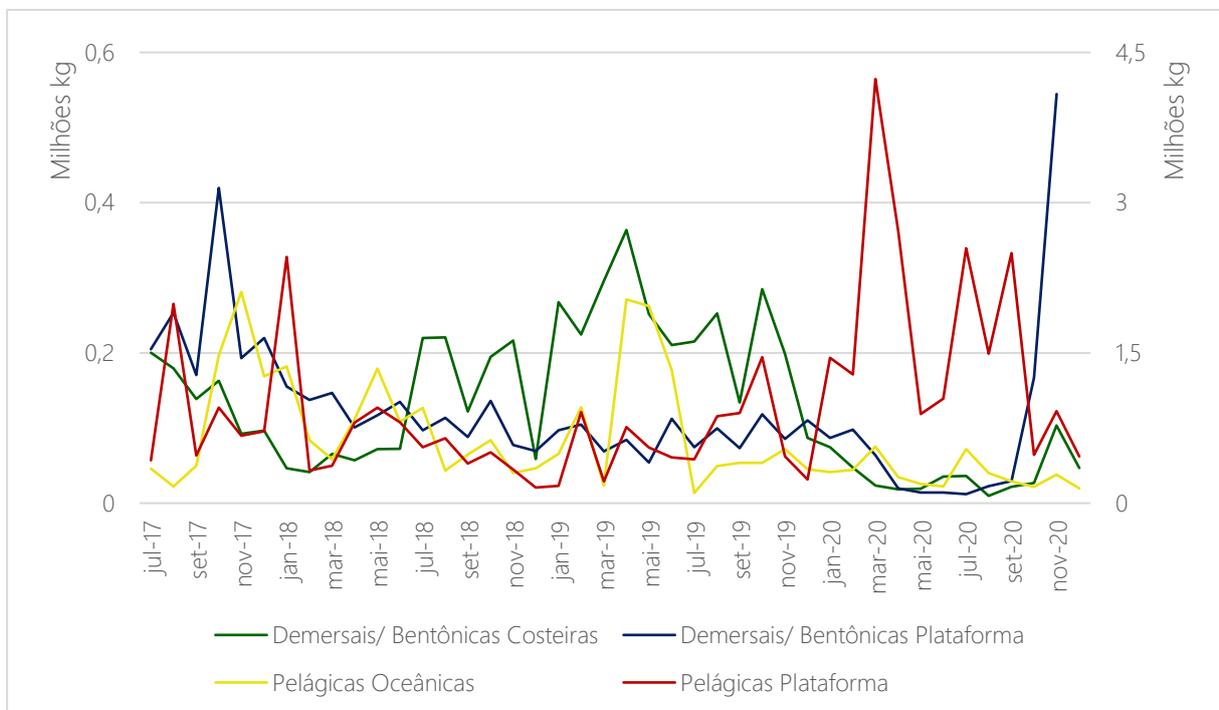


Figura 35: Perfil da pesca mensal por habitat realizada na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020. O eixo a direita pertence à classificação de “Pelágicas Plataforma”, representado pela linha vermelha.

Tabela 16: Valores totais e percentuais de cada setor da pesca por habitat para o período de 2017 – 2020.

	DBC	DBP	PO	PP	Total
Artesanal (em milhões kg)	4,00	1,90	1,66	7,06	14,58
Industrial (em milhões kg)	1,51	3,16	1,91	33,98	40,56
Total	5,50	5,06	3,57	41,01	55,14
% artesanal	73	38	46	17	26
% industrial	27	62	54	83	74

\*Abreviações DBC: Demersais/ Bentônicas Costeiras, DBP: Demersais/ Bentônicas Plataforma, Ind: Indeterminado, PO: Pelágicas Oceânicas e PP: Pelágicas Plataforma.

A variação das condições ambientais (Figura 37) demonstra a sazonalidade de Cl-a e TSM. A Cl-a demonstra oscilações sazonais, com maiores valores no final do inverno e menores valores no final do verão. Nota-se ainda que o inverno de 2017 e de 2019 representaram os maiores valores para o período. Para TSM observam-se oscilações marcadas, com perfil inverso ao registrado para Cl-a. Destaca-se maiores amplitudes entre os anos de 2018 e 2019 em relação a 2020. Em relação a uma tendência anual é possível perceber decréscimo de Cl-a e crescimento de TSM (Figura 37), importante fazer a ressalva que os dados de 2017 não contemplam o ano completo.

A partir do perfil mensal (Figura 38) é possível detalhar a oscilação mensal das variáveis ambientais na área de estudo. No caso da Cl-a, nota-se que entre janeiro e março as concentrações se mantêm constantes, com aumento a partir de abril e atingindo o máximo nos meses de agosto e setembro, em seguida com queda constante. A amplitude dos meses com maiores concentrações é maior que com meses com menores, indicando alta variabilidade. Para a TSM é possível perceber perfil oscilatório, com máximo marcado no mês de março, final do verão e início do outono, e mínimo entre agosto e setembro, final do inverno e início da primavera. As anomalias (Figura 39) indicam, no caso da Cl-a, predominância de registros negativos, com apenas no ápice dos invernos anomalias positivas, com destaque para a anomalia positiva de setembro de 2017. Para a TSM é possível perceber uma tendência de aumento, em que a cada ano o sinal de anomalia negativo torna-se menos acentuado. No caso das anomalias positivas o principal registro é de fevereiro de 2019

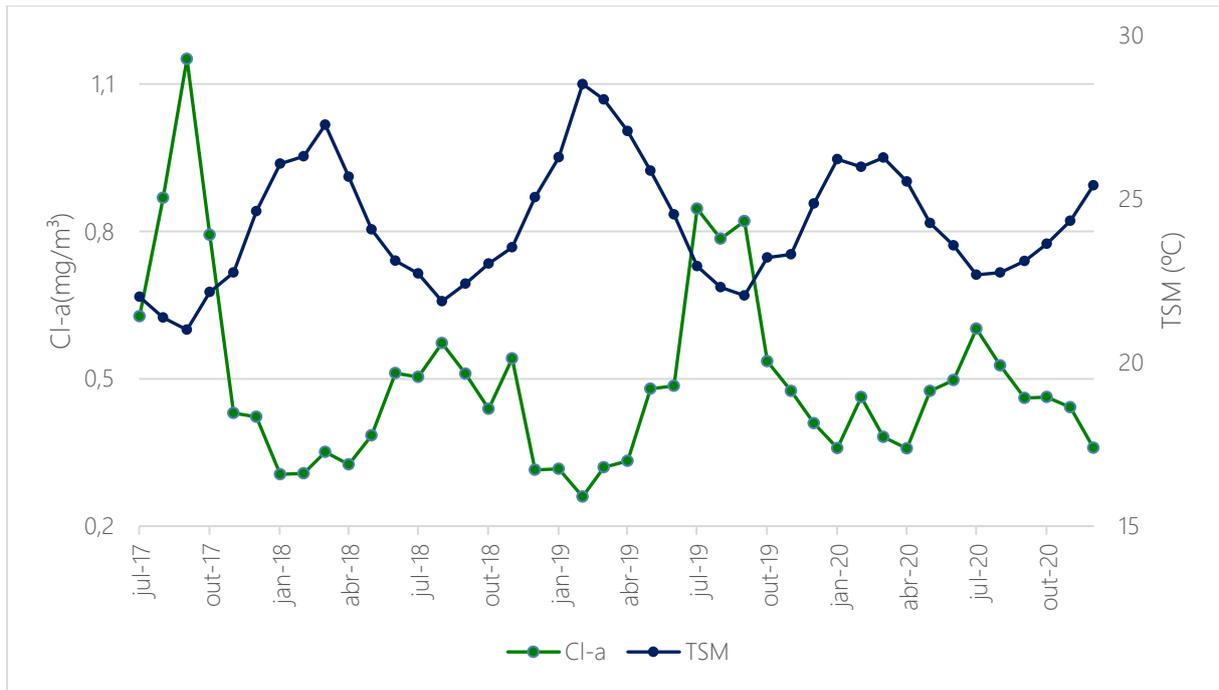


Figura 36: Variação de Cl-a e TSM na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.

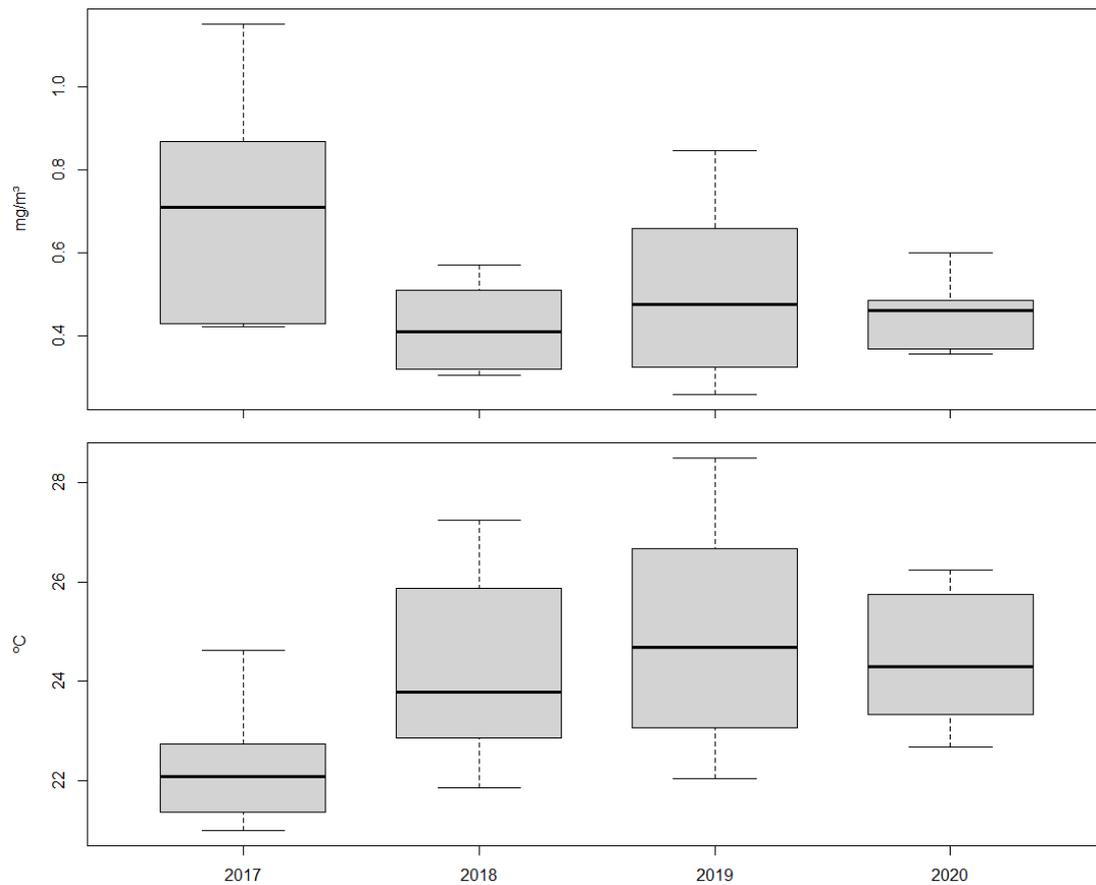


Figura 37: Gráfico boxplot anual da série de dados de Cl-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.

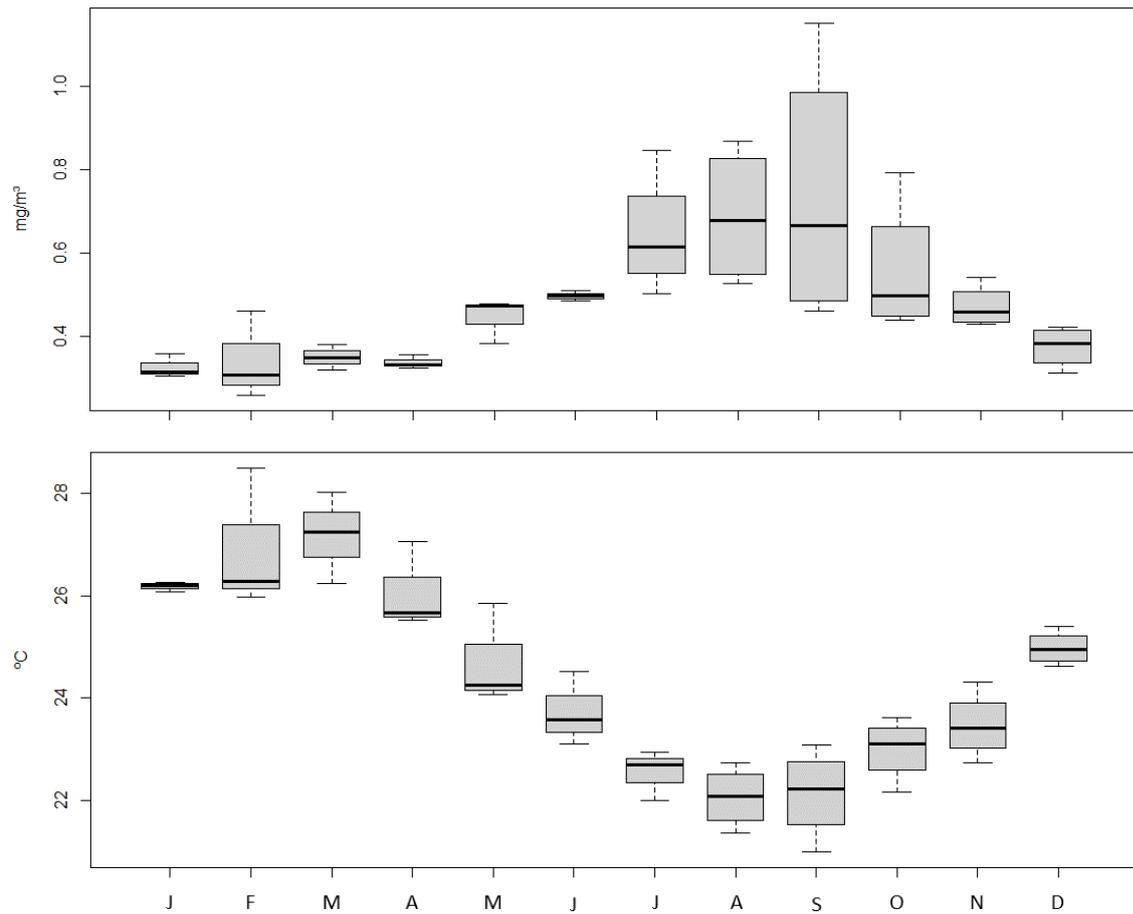
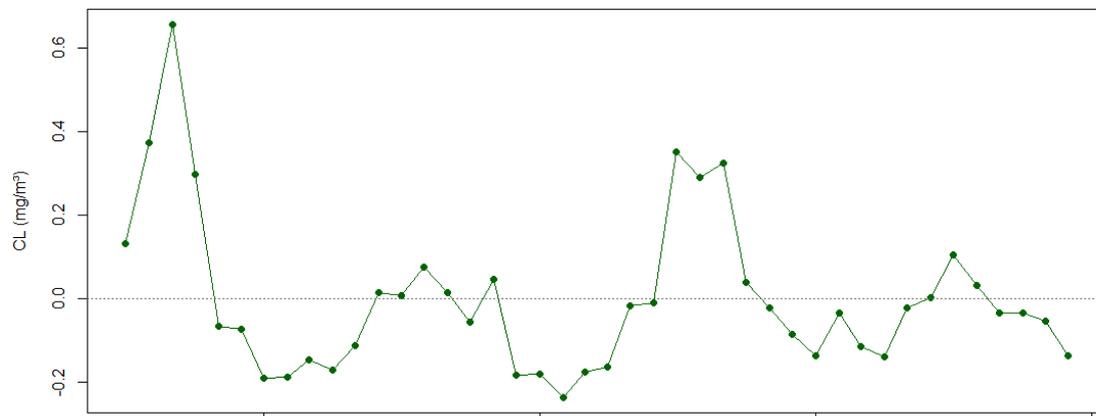


Figura 38: Gráfico boxplot mensal da série de dados de Cl-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.



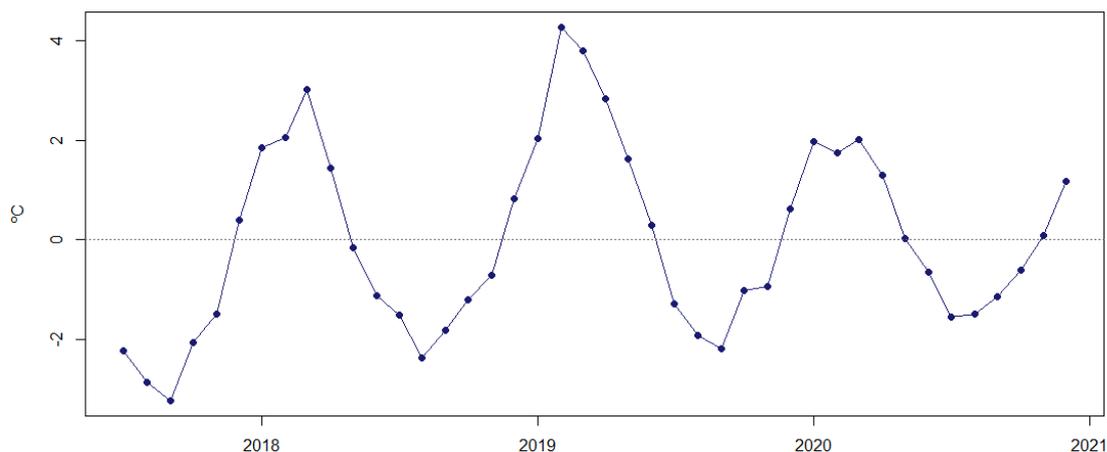


Figura 39: Variação das anomalias mensais de Cl-a (superior) e TSM (inferior), na Área de Estudo entre o período de 2017 – 2020.

Para os índices climáticos (Figura 40) nota-se a semelhança dos registros de MEI e SASDI para o período estudado. Ambos os índices apresentam valores negativos entre outubro/ 2017 e junho/2018, em seguida uma tendência positiva até abril de 2020 para o MEI e até abril/2020 para o SASDI até agosto/2020. Destaca-se que o MEI é mais constante durante a fase positiva, enquanto o SASDI apresenta oscilações. Para o AAO observa-se tendência de comportamento positivo para a maior parte do período estudado, com registros negativos mais constantes entre julho/2019 e janeiro/2020.

A análise de correlações lineares (Figura 41) indica correlações significativas negativas entre: PP e DBC (-0,4), TSM e Cl-a(-0,78), TSM mínima e DBP (-0,4), SASDI e DBP (-0,34). As positivas foram entre: MEI e SASDI (0,58), DBC e MEI (0,62). Evidencia-se que apenas as espécies demersais demonstraram correlação, sendo identificado com os índices climáticos SASDI e MEI. Nenhum grupo apresentou correlação com as variáveis ambientais.

A análise de correlação cruzada dos grupos de habitats com as variáveis ambientais (Figura 42) demonstra a predominância da TSM em comparação a Cl-a. A TSM apresenta correlação significativa com todos os grupos de pesca, sendo observado padrão semelhante para DBC e PP, em que correlações negativas ocorrem com atraso a partir de 1 mês até cerca de 6 meses, com pico em +1 e +2 meses para DBC e +3 e +4 meses para PP. Em seguida ambos os grupos demonstram correlações positivas, sendo que apenas DBC ultrapassa a significância em +7 e +8 meses. Para DBP as correlações significativas ocorrem apenas entre -3 meses até 0 meses e são negativas. PO apresenta padrão semelhante à PP e DBC, mas deslocado. Nesse grupo observa-se correlações positivas em torno de 0 meses, em seguida negativas aproximadamente 5 meses depois e, novamente positivas próximas a 10 meses de atraso. No caso de Cl-a foram observadas correlações significativas para DBC (negativa) e PP (positiva) com atrasos entre -6

e -9 meses, indicando que a pesca dessas espécies influencia do valor de CI-a após esse período. Também se nota a correlação significativa positiva com DBP entre 0 e -3 meses.

A correlação com os índices climáticos indicou que MEI e SASDI apresentam perfis semelhantes (Figura 43). O AAO é o índice que menos apresenta um padrão claro, sendo observado correlações significativas negativas com DBC e com PO de +6 até +8 meses.

O MEI apresenta correlações significativas com todos os grupos, sendo negativas com DBC entre -12 e -10 meses e positiva -2 e +7 meses, negativas com DBP -4 até -2 meses. Entre MEI e PP as correlações são positivas entre -12 e -2 meses e negativas -2 até 12 meses, com pico de significância entre +2 até +8 meses. Enquanto para PO o índice MEI demonstra correlação significativa positiva entre +8 até +11 meses.

As correlações entre SASDI e PP são inversas àqueles entre SASDI e PO, sendo significativa para PO negativa em +4 meses. Para DBC observa-se correlações positivas entre -4 meses e +12 meses, sendo o grupo com mais registros acima do limite de significância para o índice SASDI. O grupo DBP destaca pela correlação negativa significativa com atraso entre -2 meses e +6 meses.

A correlação cruzada entre PP e demais grupos não demonstrou relevância sendo observado apenas próximo a um ano de atraso (Figura 44). Entre TSM e CI-a (Figura 44) observa-se o comportamento cíclico de correlações a cada 6 meses.

A análise de correlação cruzada para os grupos de habitats (Figura 45 e Tabela 17) demonstrou que as variáveis explicativas (ambientais e índices) foram capazes de explicar apenas 27% da captura de pescado por classe de habitat. Entre as variáveis explicativas MEI e SADI demonstraram maior significância, apresentado crescimento no eixo 1 e decréscimo no eixo 2 conforme os grupos DBC e PO. Além dessas variáveis a TSM mínima também merece destaque, apresentando p-valor de 0,054. A variância dos resíduos é alta, porém o modelo gerado é significativo. Por outro lado, o dendograma de Ward (Figura 46) demonstra que os índices apresentam colinearidade com PP, enquanto CI-a com os demersais e as variáveis de temperatura com PO.

Para os resultados das dez espécies (Figura 47 e Tabela 18) de peixes observa-se que a Tainha, Galo e Sardinha-laje tem menor relação com as variáveis explicativas. Nessa análise a variável mais significativa foi CI-a, seguida de MEI. Apenas 24% da captura de pesca dessas dez espécies foi explicada pelas variáveis, entretanto o modelo gerado apresenta significância (p-

valor = 0,001). O dendograma de Ward (Figura 48) demonstra a formação de dois grupos, um com espécies com colinearidade maior CI-a e outro com TSM e os índices.

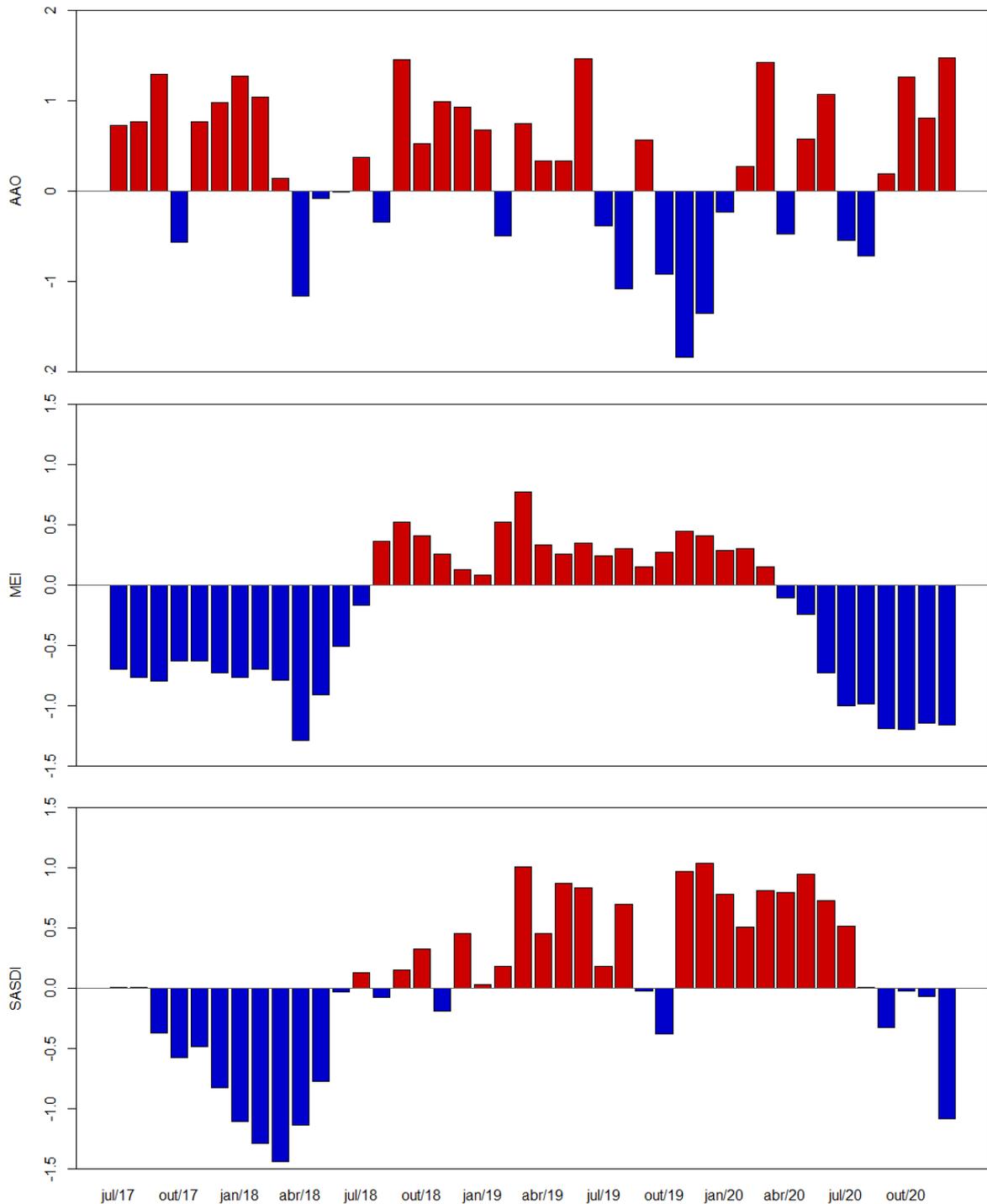


Figura 40: Variação mensal dos índices climáticos AAO, MEI e SASDI para o período de 2017 até 2020.

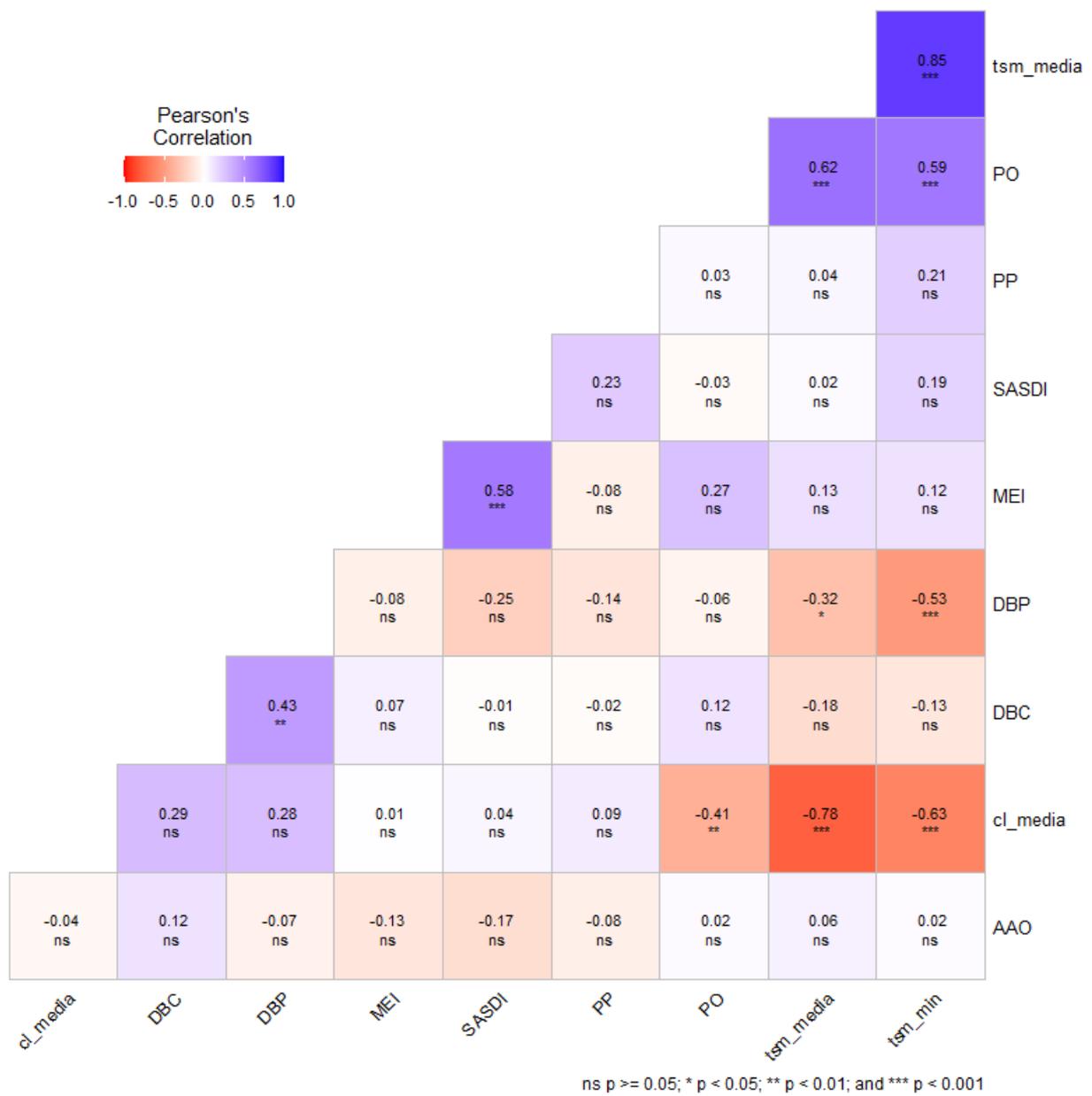


Figura 41: Diagrama de calor de correlação linear mensal a partir do Método de Pearson para as classes de habitat, variáveis ambientais e índices climáticos.

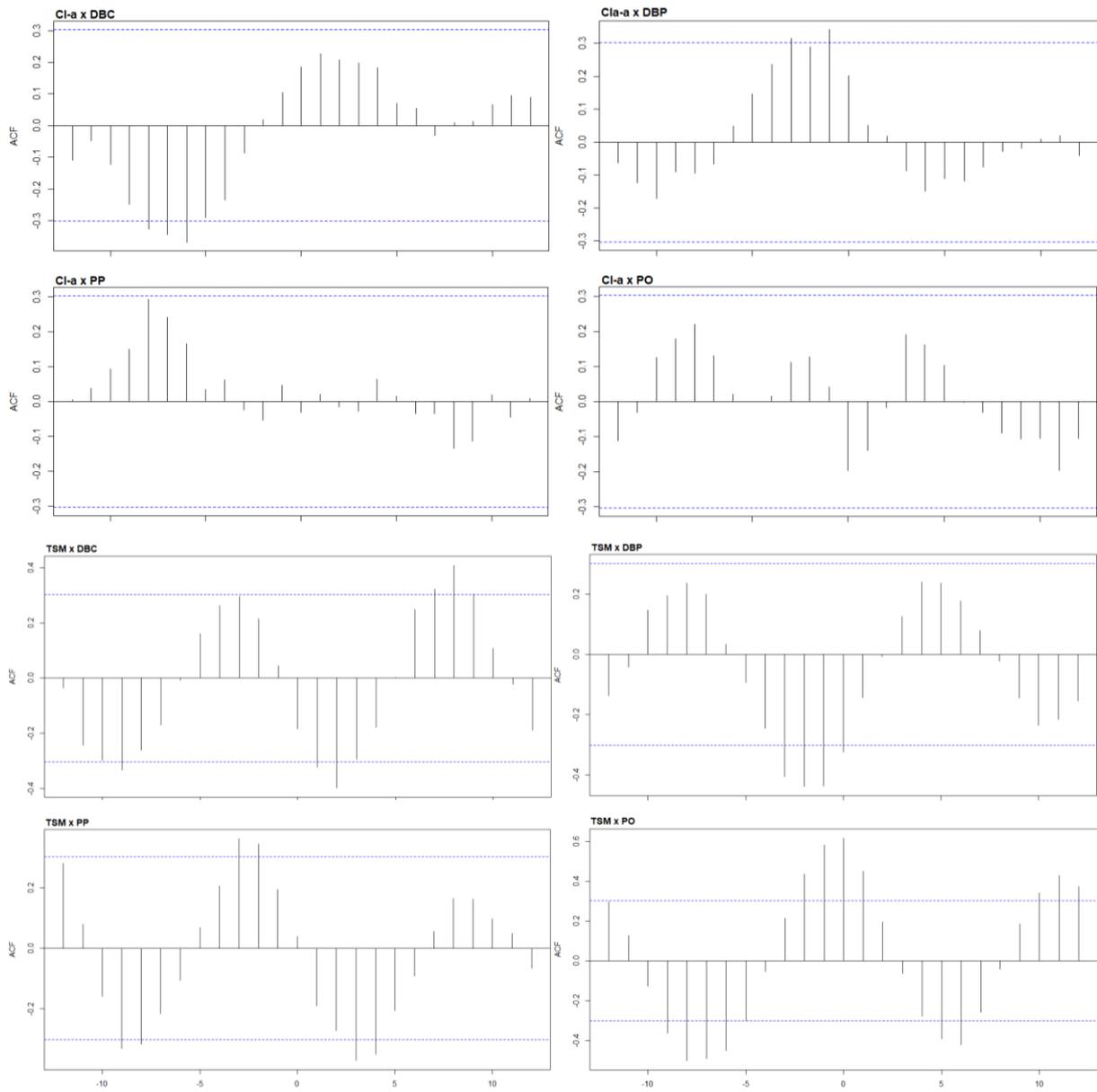


Figura 42: Correlação cruzada entre variáveis ambientais e grupos de habitats, o lag (“atraso”) é contado em meses. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.

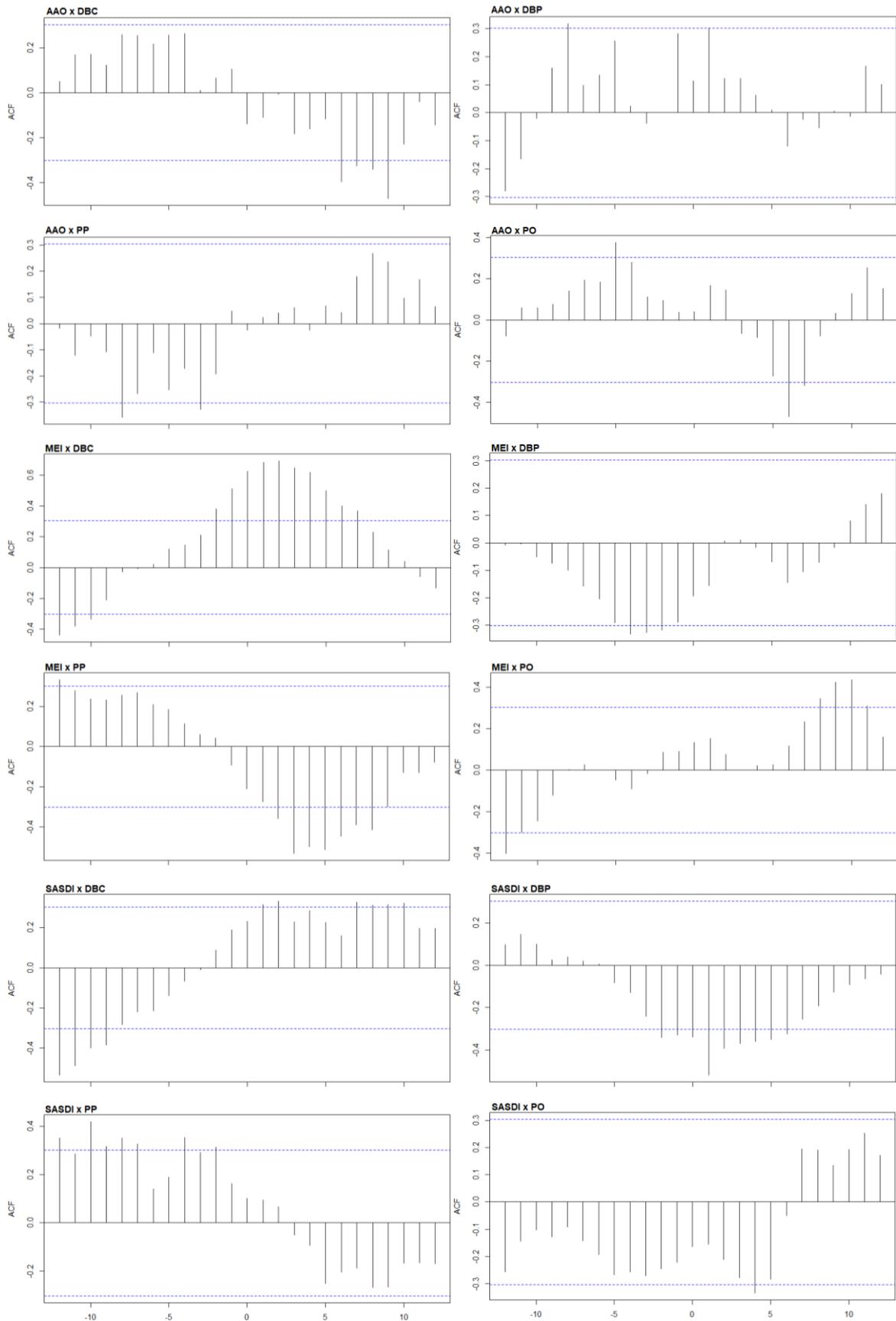


Figura 43: Correlação Cruzada entre índices climáticos e grupos de habitats, o lag (“atraso”) contado em meses. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.

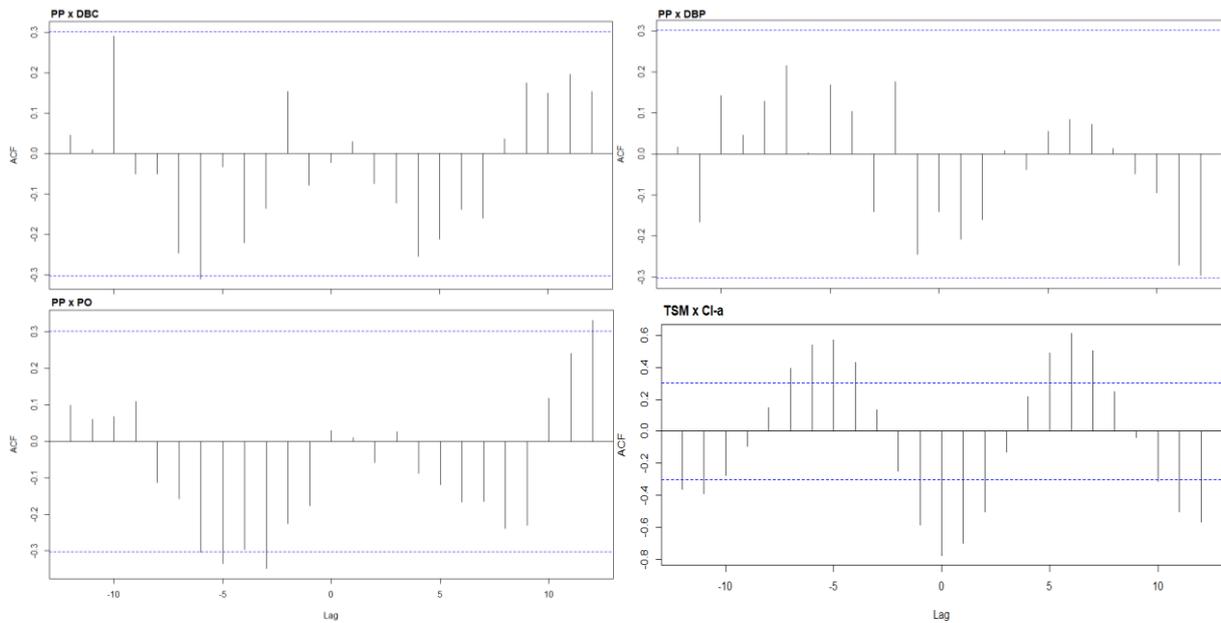


Figura 44: Correlação Cruzada mensal entre PP e demais grupos e entre TSM e Cl-a, o lag (“atraso”) contado em meses. Linhas azuis indicam intervalo de confiança de 95%.

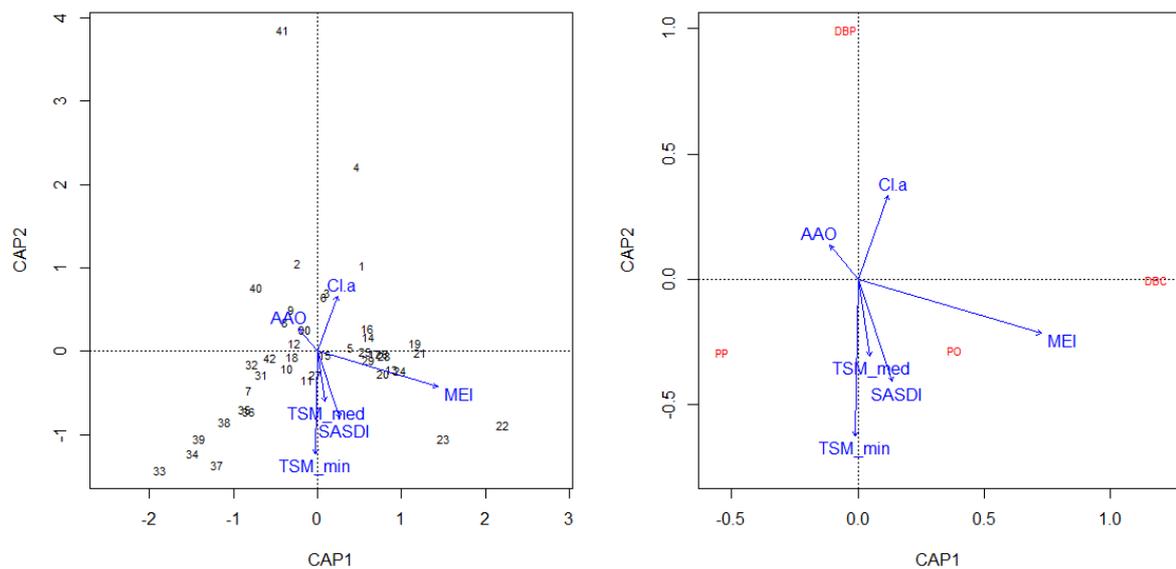


Figura 45: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados mensais e as classes de habitats, 28% constrito.

Tabela 17: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados mensais e as classes de habitats, considerado significativo se  $p < 0,05$  (valores em verde).

	Variância	P-valor
AAO	0,03464	0,792
MEI	0,47053	<b>0,001</b>
SASDI	0,25706	<b>0,015</b>
Cl-a	0,11688	0,198
TSM média	0,01498	0,950
TSM mínima	0,21313	<b>0,054</b>
Modelo	1,1072	<b>0,003</b>
Resíduos	2.8928	

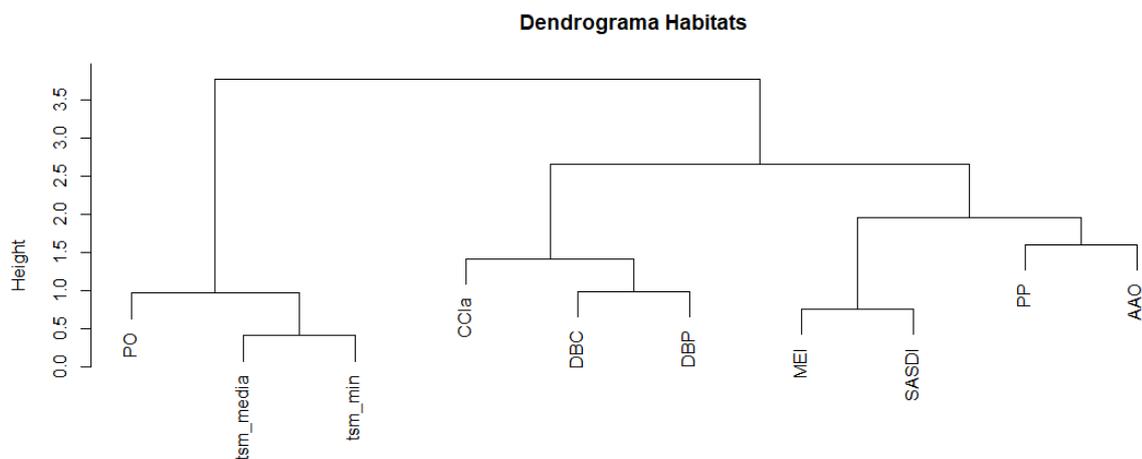


Figura 46: Dendrograma de ward para observar a multicolinearidade entre as variáveis resposta (grupos de habitats) e variáveis explicativas (ambientais e índices).

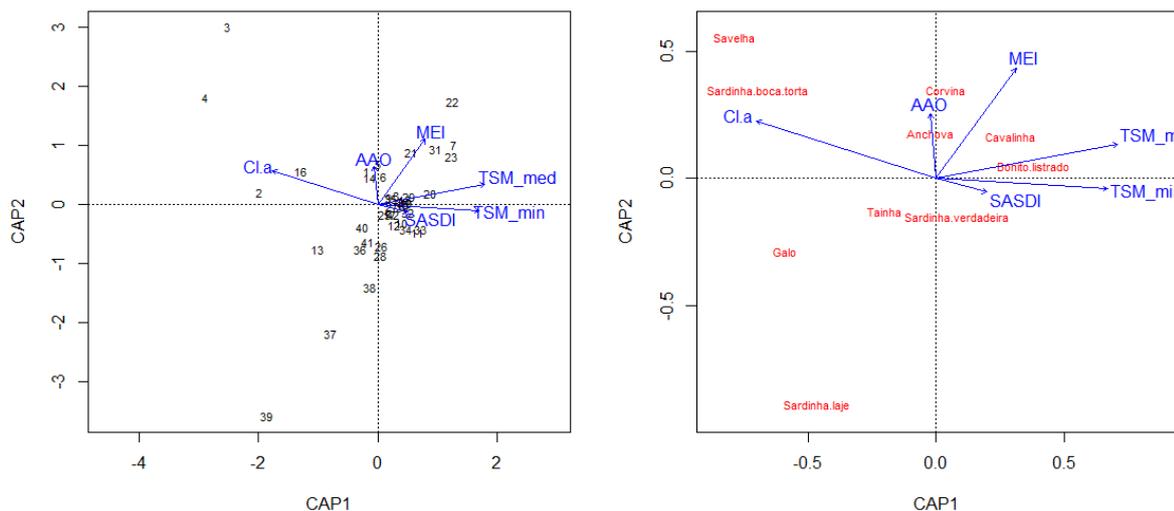


Figura 47: Análise Canônica de Coordenadas Principais para os dados mensais e dez espécies de peixes, 24% constrito.

Tabela 18: Variância e P-valor de cada variável explicativa obtido pela Análise Canônica de Coordenadas Principais os dados mensais e as dez espécies de peixe, considerado significativo se  $p < 0,05$  (valores em verde).

	Variância	P-valor
AAO	0,1043	0,894
MEI	0,4906	<b>0,014</b>
SASDI	0,2711	0,232
Cl-a	0,8438	<b>0,002</b>
TSM média	0,3715	0,078
TSM mínima	0,2669	0,258
Modelo	2,3482	<b>0,001</b>
Resíduos	7,6518	

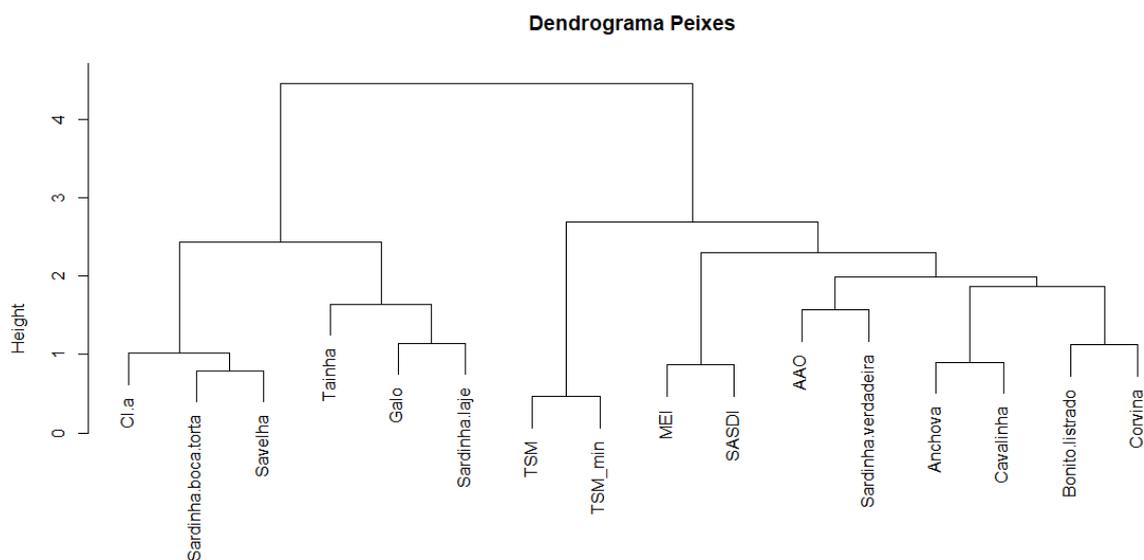


Figura 48: Dendrograma de ward para observar a multicolinearidade entre as variáveis resposta (captura das 10 principais espécies de peixes) e variáveis explicativas (ambientais e índices).

#### IV.4.2. Análise espacial

Foram elaborados mapas de somatório de pesca, tanto para o período completo (Figura 49), como para cada ano analisado (Figura 50). As figuras demonstram a maior quantidade de pesca nas regiões mais próximas a costa, com destaque para as proximidades da Ilha Grande, Arraial do Cabo e Farol de São Tomé. Esses pontos são os locais mais próximos da costa que a resolução dos dados de satélite permite alcançar.

Cada ano apresenta distribuição diferenciada da pesca na área de estudo. O ano de 2017 conta apenas com dados a partir de julho, entretanto apresenta distribuição em toda a zona estudada, com destaque para as proximidades da Ilha Grande, além de concentração maior na porção norte, acima de Arraial do Cabo. Em 2018 é possível observar distribuição mais homogênea em toda a região. O ano de 2019 tem perfil semelhante a 2017. Por fim, o ano de 2020 apresenta as maiores concentrações de pesca por pixel, observadas principalmente entre a Ilha Grande e a Baía de Guanabara e ao norte de Arraial do Cabo.

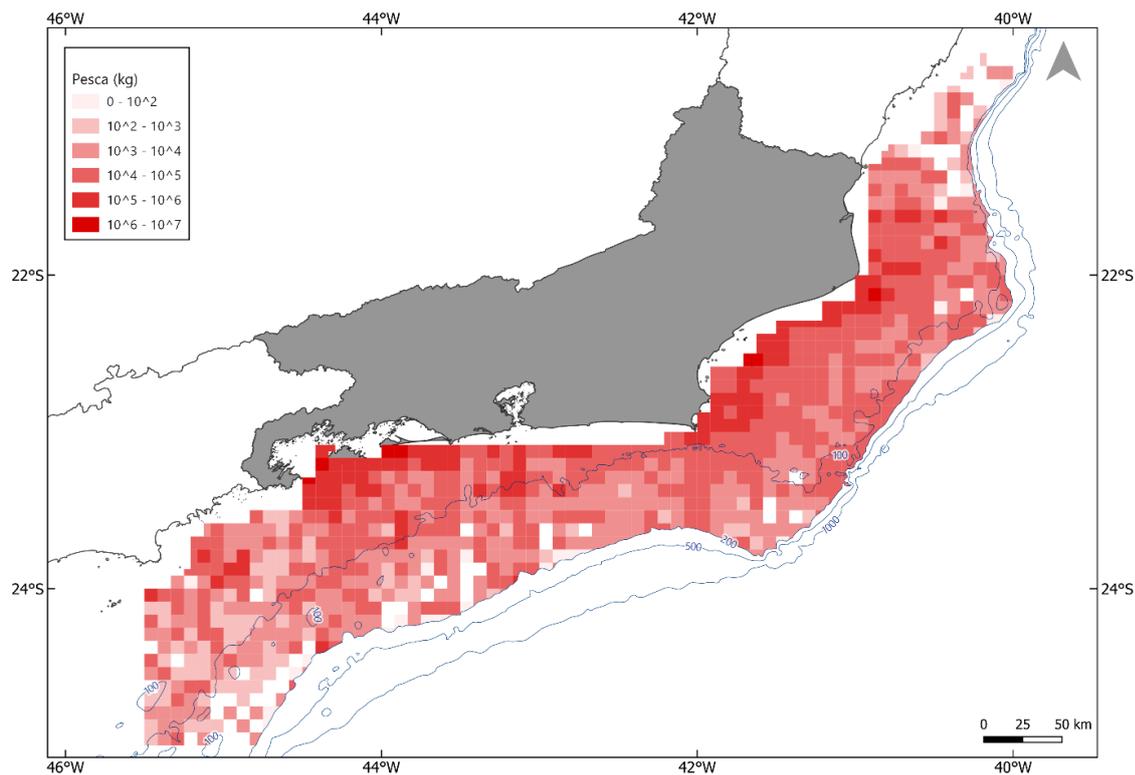


Figura 49: Mapa pesca total (kg), somatório dos anos 2017 (a partir de julho) até 2020 (dezembro).

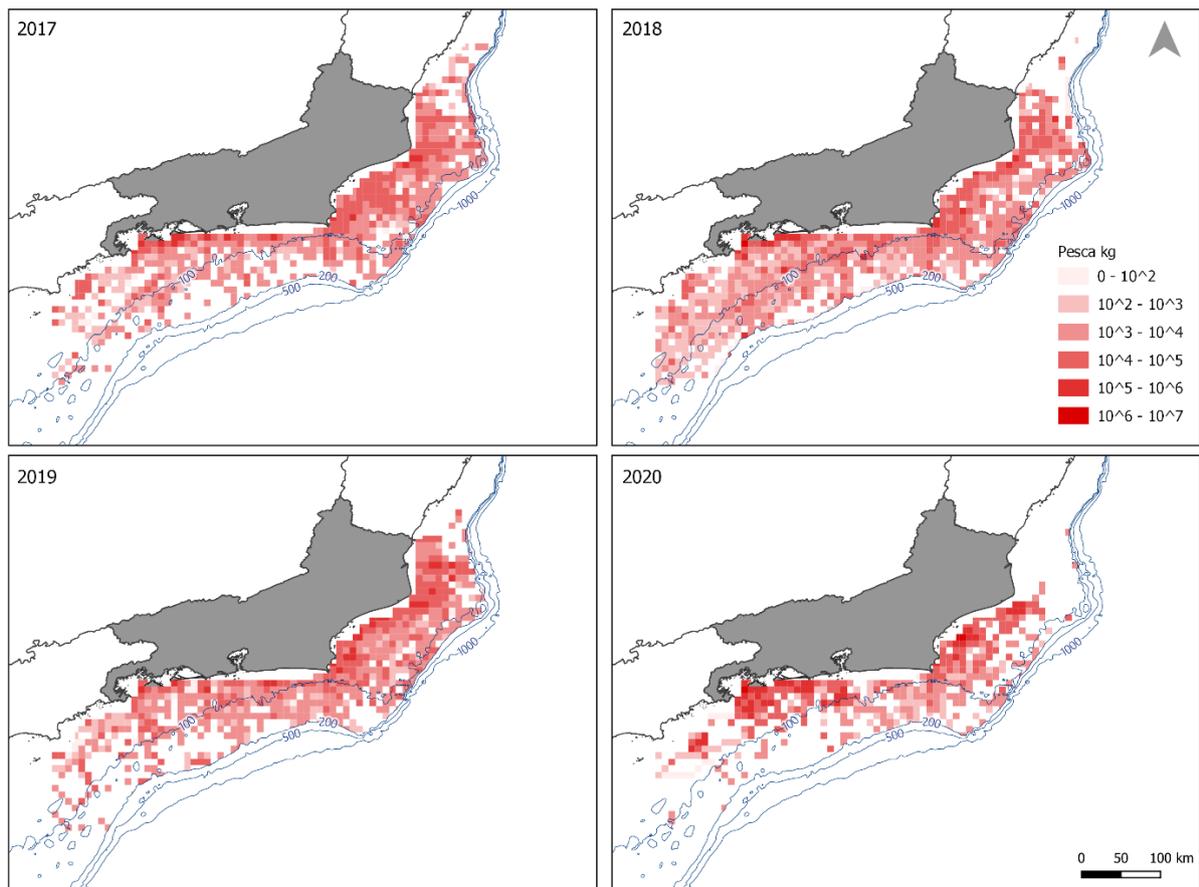


Figura 50: Mapas da pesca (kg), somatório para cada ano do período entre 2017 – 2020.

Buscou-se também observar a distribuição espacial da pesca para cada grupo de habitat para cada ano da série de dados (Figura 51 até Figura 54). Percebe-se, conforme esperado, que o grupo DBC é pescado em regiões mais costeiras, ficando restrito, de forma geral, a profundidades abaixo de 100 m. No ano de 2018 ocorre uma distribuição mais ampla, principalmente em regiões ao sul do Estado. Para o grupo DBP observa-se a ocorrência em regiões mais profundas, com destaque em todos os anos para regiões próximas de Arraial do Cabo.

O grupo PP apresenta uma concentração maior, com ausência de dados em diversas regiões. Observa-se, principalmente no ano de 2020, as concentrações mais elevadas entre a Ilha Grande e a Baía de Guanabara e entre Arraial do Cabo e o Cabo de São Tomé. Por fim, o grupo PO é o de menor distribuição na área estudada, apresentando ocorrência em regiões mais profundas, próximo a quebra da plataforma. Entretanto, observa-se também a presença deste grupo em águas mais rasas, principalmente na região ao norte de Arraial do Cabo.

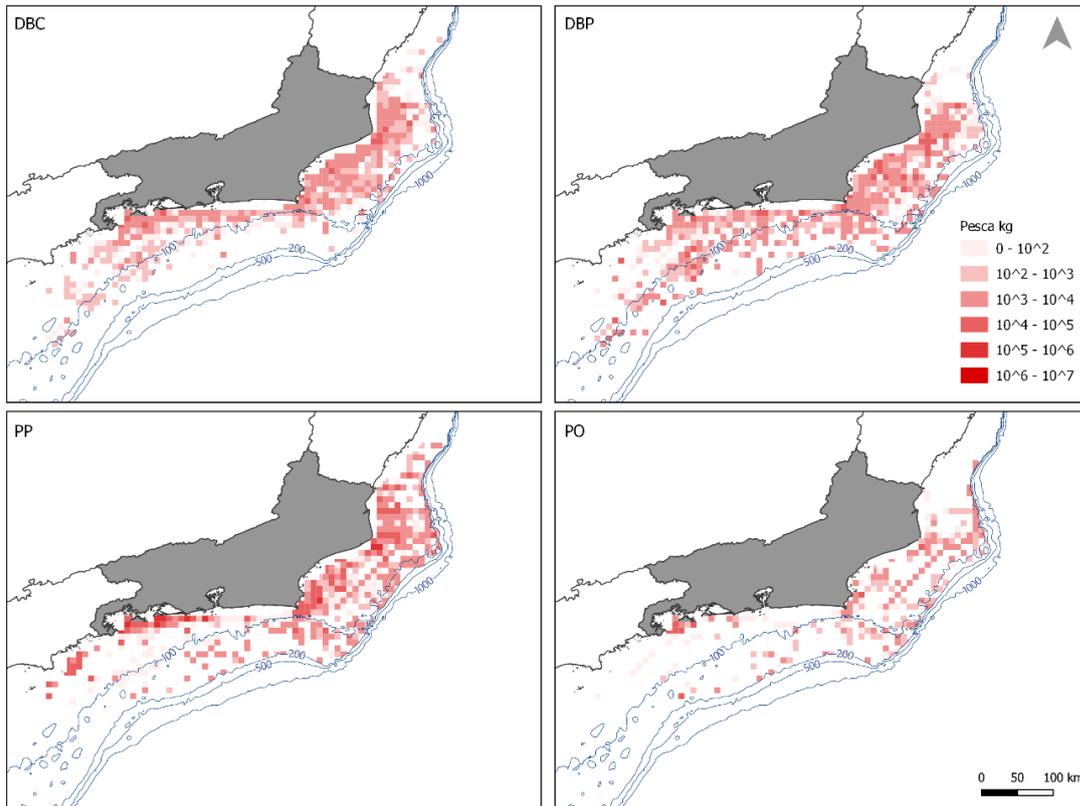


Figura 51: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2017.

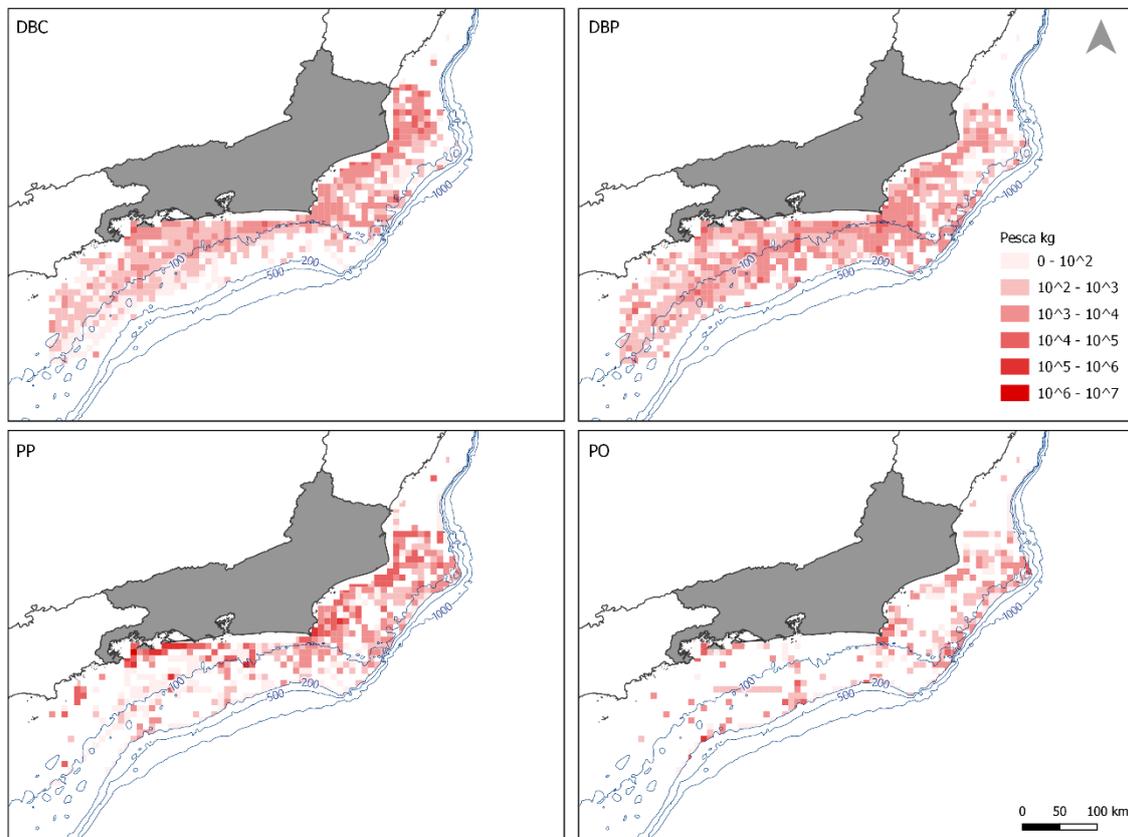


Figura 52: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2018.

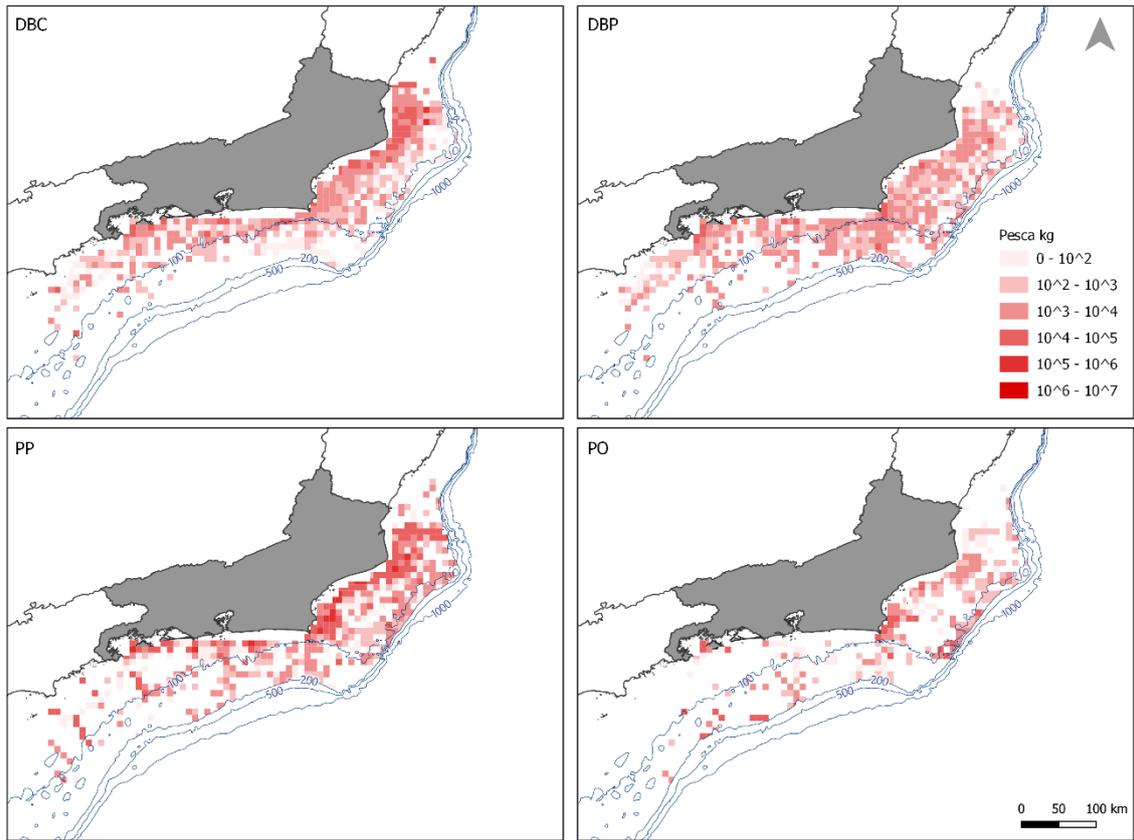


Figura 53: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2019.

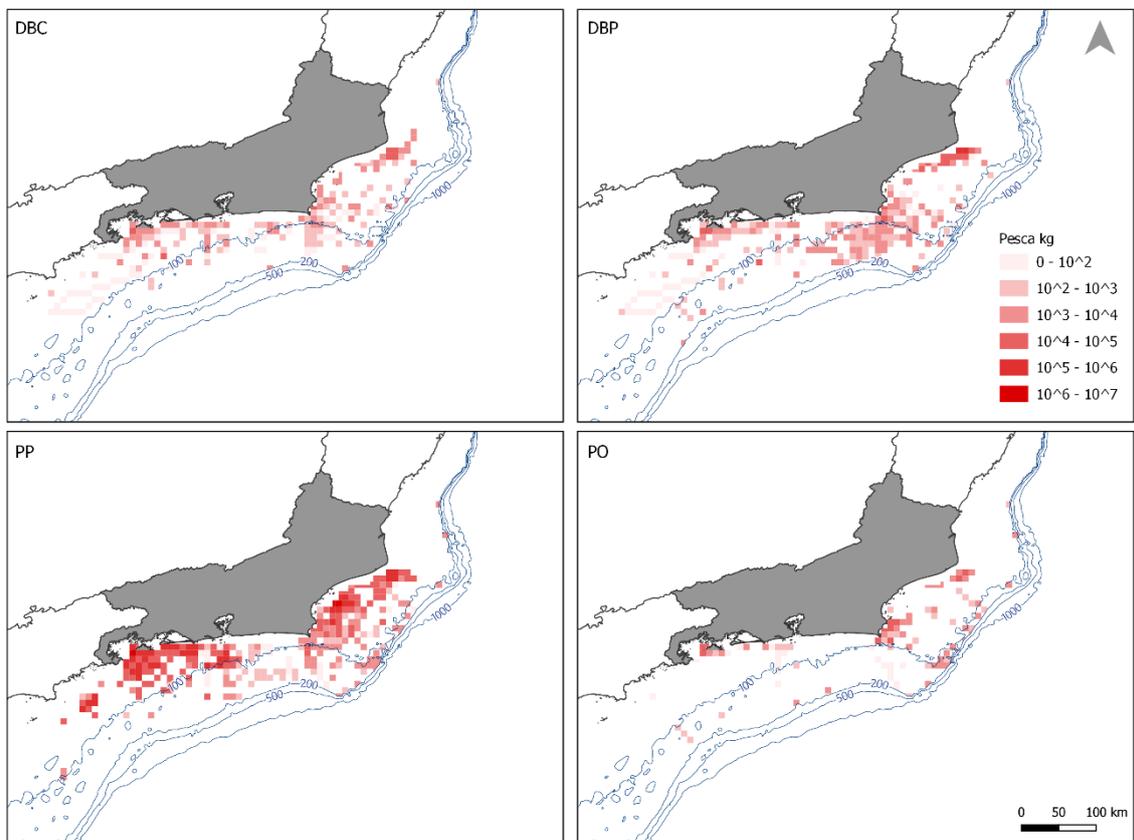


Figura 54: Mapas de pesca (kg), somatório por grupos de habitats para o ano de 2020.

Os mapas por estação do ano, tanto para TSM quanto para Cl-a, são apresentados no Anexo IV (Figura 57 até Figura 64). Para estação do Outono (MAM) observa-se homogeneidade na TSM ao longo da área de estudo, com temperaturas levemente maiores, próximo a quebra da plataforma na região mais ao norte, na direção do Cabo de São Tomé. O ano de 2019 apresentou temperaturas médias acima dos demais anos. A Cl-a demonstra também homogeneidade nas águas, com maiores concentrações próximas ao Cabo de São Tomé, podendo ser resultado de aporte continental.

No inverno (JJA) observa-se a formação de frentes de TSM, feições que marcam a mudança abrupta de TSM, principalmente no ano de 2017, com a presença de águas mais frias ao sul e na região mais próxima a costa, com destaque, no caso do ano de 2017, para região em frente a Baía de Guanabara. Já os anos de 2019 e 2020 ocorrem temperaturas mais elevadas, sendo observado apenas para 2020, uma região com águas levemente mais frias entre Arraial do Cabo e o Cabo de São Tomé. Em relação a Cl-a destaca-se a expansão das áreas de maior concentração, além de serem observadas concentrações mais elevadas na região entre a Baía de Guanabara e a Baía de Sepetiba, bem marcada no ano de 2017, mas também presente em 2019 e 2020. No Anexo V são apresentados os mapas correlações sazonais entre TSM e Cl-a.

A relação com as variáveis ambientais e o grupo DBC (Figura 55 e Figura 56) demonstra menores correlações próxima a linha de costa. As regiões onde foram identificadas maiores concentrações de Cl-a, em frente a Baía da Guanabara e em Arraial do Cabo, tem maiores índices de significância e predominam correlações negativas. Já para TSM observa-se que próximo a Baía de Sepetiba e no limite norte da área há zonas com correlação positiva e valores de significância. Em relação aos índices climáticos, notam-se correlações mais próximas de zero (Anexo VI).

Para o DBP (Figura 55 e Figura 56) observa-se novamente correlações menores próximas a costa. Entretanto, a região de mar aberto próxima a Ilha Grande é uma zona com correlações altas e significativas, sendo preferencialmente negativas tanto com Cl-a e quanto com TSM. Em relação aos índices climáticos, a AAO apresenta correlações positivas na mesma região onde são observadas as negativas com Cl-a e TSM. Além disto, o SASDI apresenta maiores valores de significância, com destaque para porção entre Arraial do Cabo e Cabo de São Tomé (Anexo VI).

Ao analisar PP, é notável ausência de valores nas regiões mais ao sul e próximos ao limite da quebra da plataforma. Observam-se, de forma geral, correlações negativas com Cl-a e positivas com TSM. Nos locais ao sul onde há dados, ocorre uma correlação negativa com a TSM (Figura

55 e Figura 56). Os índices indicam pouca relação, principalmente o MEI. A AAO tende a apresentar mais pontos com correlação positiva, enquanto o SASDI negativa (Anexo VI).

Por fim, o grupo PO apresenta ainda menos pontos de correlação, o que é esperado, uma vez que este é o grupo com menor participação na pesca. Notam-se correlações negativas com a TSM próximo a quebra da plataforma. Além disto, próximo a Arraial do Cabo, observa-se correlações negativas com CI-a e positivas com a TSM (Figura 55 e Figura 56). Já para os índices não é possível identificar padrões (Anexo VI).

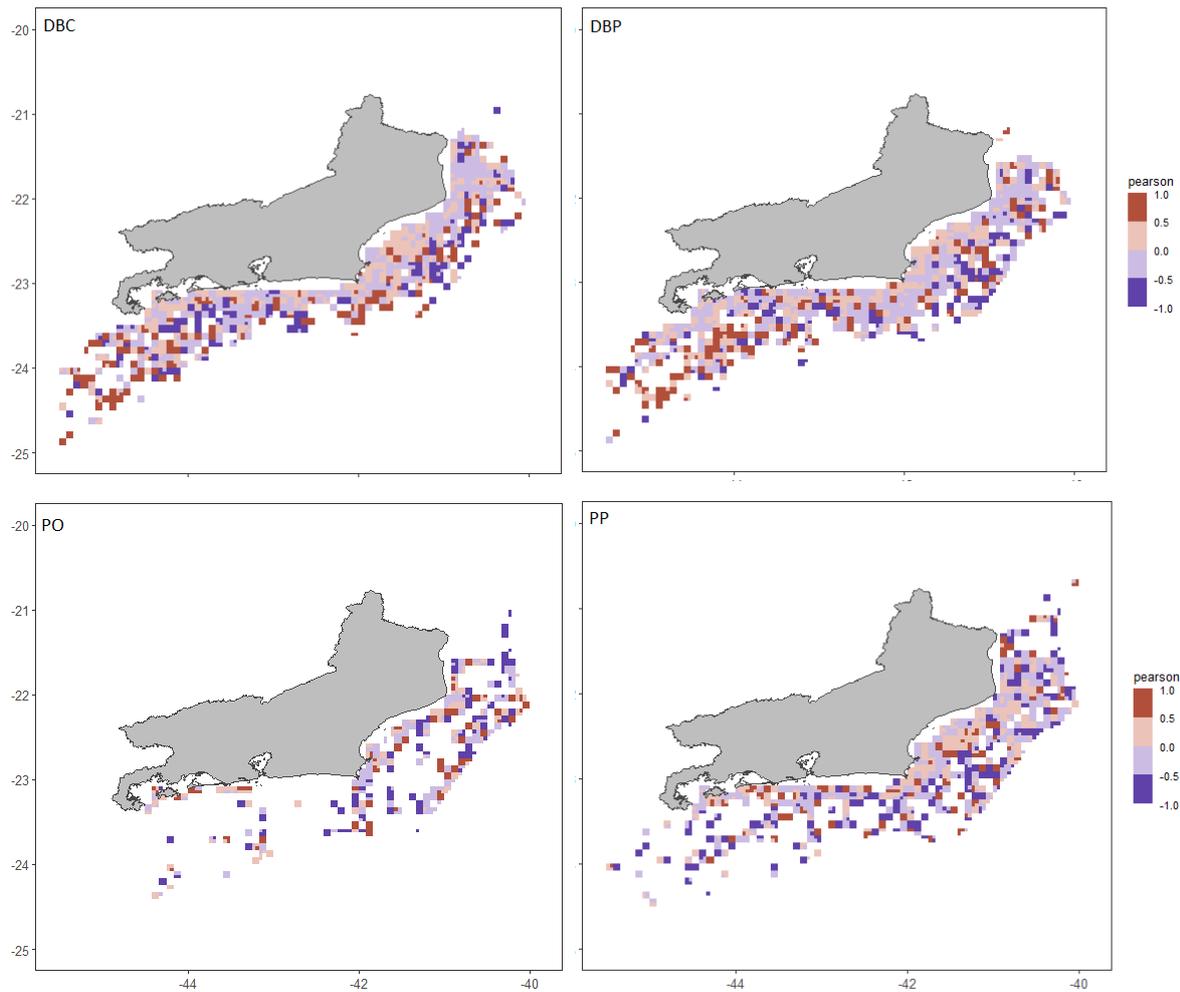


Figura 55: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson entre a CI-a e os grupos de habitats.

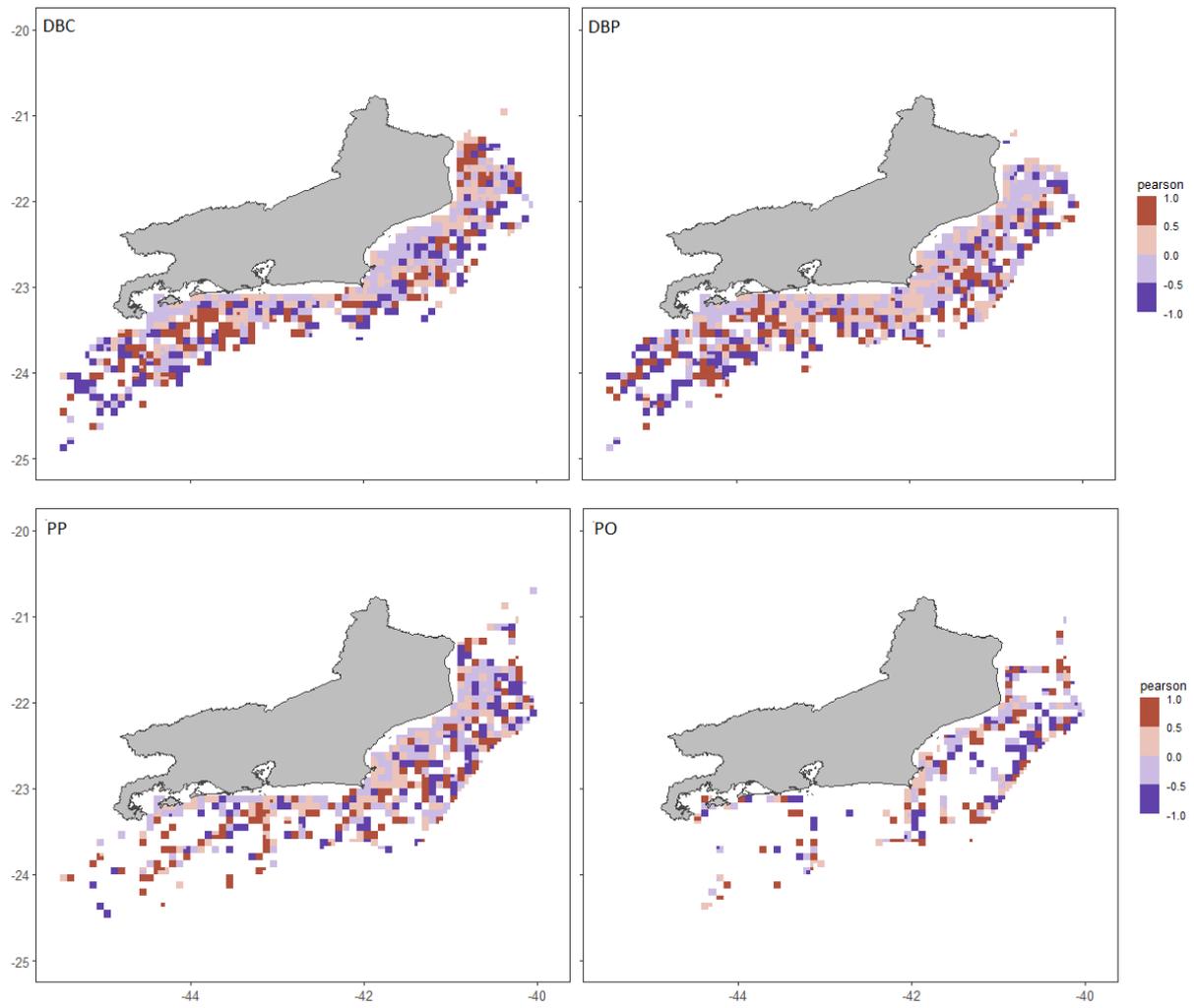


Figura 56: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson entre a TSM e os grupos de habitats.

#### IV.5. Discussão

O perfil mensal dos diferentes habitats é semelhante à análise anual: ambos demonstram a predominância das espécies PP, representando aproximadamente 70% da pesca. Por outro lado, o grupo DBC diminui de percentual, passando de 14% para 9,5%, entre a análise anual e mensal. O grupo DBP aumenta de proporção, enquanto PO se mantém semelhante. Esse resultado pode ter relação com uma modificação nas principais espécies pescadas de DBC nos registros anuais e mensais, em que apenas a Corvina se mantém entre as cinco principais espécies. No caso anual a Corvina é a primeira da lista, já nos registros mensais esta posição é marcada pela Peruá-preta (*Balistes capriscus*): A proporção entre os setores artesanal e industrial também se mantém nas diferentes análises, sendo a principal diferença observada no grupo PO, que apresenta maior equilíbrio entre esses setores na análise mensal. Além disso, o defeso pode ser responsável por influenciar na pesca de determinadas espécies na escala mensal, principalmente pelo setor artesanal.

As correlações lineares demonstraram que apenas a negativa entre SASDI e DBP se mantém entre as duas análises, sendo de -0,57 na análise anual e -0,34 na mensal. Na análise de correlação cruzada também notam-se resultados diferentes, sendo principalmente impulsionados pelas variações sazonais das variáveis ambientais e os índices climáticos. A Análise Canônica de Coordenadas Principais com os dados mensais demonstrou menor proporção de explicação que os dados anuais. Por outro lado, os modelos mensais atingiram nível de significância, enquanto os anuais não. Além disso, o índice MEI apresentou relevância superior nos resultados mensais, o que só foi observado com atrasos de +5anos nos dados anuais.

A sazonalidade das variáveis ambientais é bem marcada, tanto nos resultados temporais quanto nos mapas por estação do ano. O perfil mensal de TSM é semelhante ao observado para o período entre 2014 e 2015 no Atlântico Sudoeste, com valores levemente mais baixos no verão, com máxima de 26°C em janeiro (COLETTO *et al.*, 2018), contrastando o de 28°C registrado no presente estudo. O perfil de Cl-a também demonstra sazonalidade e regiões como Cabo de São Tomé e Baía de Guanabara, como foco de valores mais elevados. COLETTO *et al.* (2018) observou valores de Cl-a com menor sazonalidade, com registros elevados apenas no verão. Por outro lado, os resultados para a Plataforma Sudeste do Brasil (entre 24S e 28S) para os anos de 2003 até 2011 demonstram perfil semelhante ao presente estudo (ROLIM & AVILA-DASILVA, 2018). Entretanto, no presente trabalho nota-se uma leve tendência de atraso no mês de menor TSM e maior Cl-a. Apenas para o verão foi possível observar a formação de frentes

oceânicas de TSM em todos os anos, marcando a intensificação da ressurgência nesta estação do ano (CERDA e CASTRO, 2014). Nota-se ainda uma tendência de anomalias positivas de TSM e de negativas de CI-a.

As correlações cruzadas mensais para os grupos demersais e as variáveis ambientais evidenciou o comportamento inverso entre TSM e CI-a. De forma geral, a TSM aparenta ser determinante, uma vez que apresenta resultados significativos tanto para DBC e DBP. Por outro lado, os índices que se destacam são SASDI e MEI, com correlações positivas com atrasos a partir de 1 mês para o grupo DBC. As correlações cruzadas mais significativas observadas para a pesca de arrasto foram com a TSM (ROLIM & AVILA-DA-SILVA, 2018), sendo observado para os peixes classificados como DBC perfis semelhantes ao do presente estudo. Além disto, o MEI também foi o índice que demonstrou correlação forte para o peixe Goete (*Cynoscion jamaicensis*) (ROLIM & AVILA-DA-SILVA, 2018). Estudos com espécies demersais, como polvo (*Octopus insularis*) (LOPES *et al.*, 2021) e lula (*Loligo plei*) (POSTUMA & GASALLA, 2010) demonstraram a TSM como variável dominante para explicação da pesca.

Em relação aos pelágicos, os resultados mensais demonstraram a prevalência da TSM como variável ambiental e do MEI como índice climático. Diferentemente da análise anual, na escala mensal a relação entre PP e demais grupos não foi clara, indicando que estes organismo têm tempo de crescimento em ciclos anuais. Foi possível observar ainda que, na fase positiva do *El Niño*, a pesca de PP é reduzida, influenciando negativamente em até 12 meses depois. A captura volta a crescer apenas quando a fase negativa do MEI se inicia. Este resultado é corroborado por MADUREIRA E MONTEIRO-NETO (2020) que demonstraram que a queda na captura de sardinha verdadeira após 2014 pode estar relacionada a ocorrência do *El Niño* entre os anos de 2014 e 2016. Destaca-se ainda que a sardinha-verdadeira era marcada por duas fases de defeso de pesca, na reprodução e recrutamento, dificultando a análise de resultados mensais. Para PO, sabe-se que a presença de peixes como o *bonito listrado* apresenta forte relação com frentes de temperatura (COLETTI *et al.*, 2018, ANDRADE, 2003), o que justifica as relações observadas com TSM e MEI.

As Análises Canônicas de Coordenadas Principais - CAP indicaram o MEI e SADI como melhores variáveis preditivas para os grupos de pesca e as variáveis CI-a e MEI na previsão das 10 espécies mais pescadas. Os resultados obtidos para a CAP com espécies específicas demonstra melhoria no modelo e indica a necessidade de foco em organismos para obter relações mais significativas. Os modelos mensais se mostraram significativos, em detrimento dos modelos anuais. O modelo elaborado por COLETTI *et al.* (2018) a partir da técnica de

*Generalized additive models* (GAMs) para a pesca do Bonito demonstrou que a Temperatura da Termoclina e a Cl-a foram as variáveis mais significativas. Por outro lado, LOPES *et al.* (2021) no estudo com a pesca do polvo utilizou um modelo de *Boosted Regression Trees* e conseguiu explicar 46% da variabilidade na pesca, indicando que esta espécie é principalmente influenciada pelas seguintes variáveis, nesta ordem: rugosidade do fundo, Cl-a e a TSM.

A análise espacial demonstrou a relevância das regiões ao sul da Ilha Grande, entre a Baía de Guanabara e Ilha Grande, próximo a Arraial do Cabo, próximo ao Cabo de São Tomé e no limite da quebra da plataforma. Tanto o Cabo de São Tomé quanto Cabo Frio são marcados por vórtices de afloramento da ACAS (CALADO, 2006, BRASIL, 2006). O limite da quebra da plataforma foi observado como agrupamento da pesca de PO. Formações topográficas da plataforma continental foram propostas como indicadores da pesca do Bonito listrado (ANDRADE, 2003). Nas regiões mais costeiras (aproximadamente 20 km da linha de costa), observou-se a dificuldade de gerar correlações lineares significativas, resultante da limitação do dado de satélite, interação com aportes continentais e dinâmica costeira em que são necessários mais variáveis para identificar os fenômenos locais.

#### *IV.6. Conclusões*

O presente capítulo trouxe novos pontos para o estudo da relação entre a pesca e as variáveis ambientais e índices climáticos. Os resultados mensais espaciais aprimoram as discussões por trazerem a componente geográfica. Entretanto, estes dados são restritos a um intervalo temporal menor. Foi observada a sazonalidade na captura de pescado, com variabilidade interanual relevante, conforme demonstra a captura de pescado registrada no ano de 2020.

As variáveis explicativas TSM e MEI apresentam relevância em todas as análises estatísticas aplicadas. A prevalência da fase positiva do MEI no intervalo de tempo estudado (2017 – 2020) pode ser responsável por este resultado. Observou-se ainda que a pesca volta a crescer apenas quando a fase negativa do MEI se inicia, sendo alavancado principalmente pela captura de sardinha verdadeira. Nas análises cruzadas, ficou evidente a sazonalidade de TSM, demonstrando ciclos com atrasos de 0 meses, 6 meses e 12 meses. As Análises Canônicas de Coordenadas Principais - CAP indicaram o MEI e SASDI como melhores variáveis preditivas para os grupos de pesca e as variáveis CI-a e MEI na previsão das 10 espécies mais pescadas. Na análise espacial, as regiões ao sul da Ilha Grande, entre a Baía de Guanabara e Ilha Grande, próximo a Arraial do Cabo e próximo ao Cabo de São Tomé foram significativas para a pesca de PP, enquanto no limite da quebra da plataforma observou-se o agrupamento da pesca de PO. Os demersais demonstraram distribuição mais homogênea e, no caso de DBC, concentração em porções mais rasas.

O PMAP demonstrou ser uma fonte de dados de pesca fundamental para o estudo dessa atividade no Estado do Rio de Janeiro. Percebe-se a importância das estatísticas de desembarque e a necessidade de manutenção e expansão dos pontos de monitoramento.

## Conclusões

O presente trabalho propôs, a partir da utilização de variáveis ambientais e índices climáticos, observar o comportamento da atividade pesqueira na costa do Estado do Rio de Janeiro. Foi possível, através de diferentes análises observar a predominância da TSM e Cl-a, assim como do SASDI e o MEI como variáveis explicativas. O SASDI demonstrou destaque e poucos estudos foram encontrados utilizando esse índice como preditor para a pesca, indicando a necessidade de maiores investigações sobre a relação entre este índice e a pesca. O trabalho pôde identificar também locais de maiores correlações espaciais entre pesca e as demais variáveis, dando indícios de fenômenos locais, como ressurgências causadas por vórtices da Corrente do Brasil ou até aportes continentais.

A análise de correlação cruzada apresentou os resultados mais relevantes, indicando que a pesca apresenta um atraso em relação a mudanças ambientais, principalmente com pico em 2 anos tanto para os DBP quanto para os PP, com destaque para a variável da TSM. Observou-se ainda a relação trófica entre os grupos, em que a pesca de PP influencia com atraso de 1 ano a captura das demais espécies. Já as análises de correlação canônica apontaram a Cl-a como uma das principais variáveis explicativas com dados anuais e MEI para os resultados mensais.

Os mapas gerados reforçam que as divisões propostas para a área de estudo, tanto por FIPERJ (2013) quanto por BRASIL (2006) não são capazes de detalhar as dinâmicas locais, mas que ambas apresentam divisões relevantes. A área entendida como Zona Norte pela FIPERJ (2013) engloba um dos pontos de maiores concentrações de Cl-a observada no período de 2017-2020. Por outro lado, em BRASIL (2006), essa porção é dividida.

Algumas limitações observadas são o fato de que a maioria dos trabalhos desenvolvidos nessa área escolhe a abordagem por espécies. Entretanto, por outro lado, a escolha dos grupos pode demonstrar relações presa-predador. A incorporação de outras variáveis ambientais como profundidade da termoclina, altura da superfície do mar, profundidade de mistura, rugosidade do fundo, Cl-a integrada da coluna de água, velocidade e direção de corrente e vento, assim como as variáveis socioeconômicas, poderiam ser relevantes para aprimoramento das análises realizadas.

Em relação aos dados de pesca, melhorias poderiam ser implementadas a partir da normatização dos dados por esforço de pesca. Entretanto, infelizmente as bases de dados utilizadas não possuíam esta informação disponível, além da inclusão de dados de monitoramento de

embarcações de pesca, como os gerados pelo Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações por Satélite (Preps).

O presente estudo inovou ao desenvolver uma plataforma dinâmica de visualização de dados para a pesca no Estado do Rio de Janeiro. Os resultados indicam que as relações entre os grupos pesqueiros e as variáveis ambientais e climáticas são complexos e podem ser extremamente relevantes para o desenvolvimento de um gerenciamento pesqueiro baseado em abordagem ecossistêmica. O esforço para monitoramento de desembarque e reconstrução de estatísticas pesqueiras é fundamental para o desenvolvimento de pesquisa e aprimoramento de ferramentas de gestão pesqueira no estado.

## Referências bibliográficas

ANDERSON, M. J. & WILLIS T. J. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. **Ecology** 84(2), pp. 511–25, 2003

ANDRADE, H. A., The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. **Fisheries Oceanography** 12:1, 10–18, 2003

ANDREOLI, R. V. et al. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 3, p. 1374–1390, 2016.

ANGELO, M.; MAURÍCIO KOCH LISBOA; MAGNOTTI, C.; MARIANA RANGEL PILOTTO; JACÓ JOAQUIM MATTOS; VINICIUS RONZANI CERQUEIRA. Temperature influence on the initial development of *Sardinella brasiliensis* larvae. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 12, p. 6497–6503, 2021.

ALBERNAZ, D.R., de CARVALHO, L.A.S., LANGE, P.K., SANTOS, S.R.B.S. “O Mar Está para Peixes?” – an Interactive Platform for Open Source Fishery Data in Rio De Janeiro State. **Anu. Inst. Geociênc.**,v. 46:53432, 2023

BÁEZ, J. C.; GIMENO, L.; REAL, R. North Atlantic Oscillation and fisheries management during global climate change. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 31, 319–336, 2021.

BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.M.; MARTINS, V.S.. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. 1ª edição. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 2019. 161p.

BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Simulating the influence of the South Atlantic dipole on the South Atlantic convergence zone during neutral ENSO. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 118, n. 1-2, p. 251–269, 2013.

BOPP, L.; AUMONT, O.; CADULE, P.; ALVAIN, S.; GEHLEN, M. Response of diatoms distribution to global warming and potential implications: A global model study. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. 19, 2005.

BORNATOWSKI, H.; ANGELINI, R.; COLL, M.; BARRETO, R. R. P.; AMORIM, A. F. Ecological role and historical trends of large pelagic predators in a subtropical marine

ecosystem of the South Atlantic. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 28, n. 1, p. 241–259, 2017.

BRAHMANANDA RAO, V.; DO CARMO, A. M. C.; FRANCHITO, S. H. Interannual variations of storm tracks in the Southern Hemisphere and their connections with the Antarctic oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 23, n. 12, p. 1537–1545, 2003.

BRASIL, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Relatório de qualidade do meio ambiente: RQMA Brasil 2020*. – Brasília, DF: IBAMA, 2022. 558 p.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. *BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA*. Brasília: MPA, 2011. 60 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil – Relatório Executivo*. Brasília: MMA, 2006. 303 p.

CALADO, L.; GANGOPADHYAY, A.; ALMEIDA, C. A parametric model for the Brazil Current meanders and eddies off southeastern Brazil. **Geophysical Research Letters**, v. 33, n. 12, 1 jan. 2006.

CAPUZZO, E.; LYNAM, C. P.; BARRY, J.; STEPHENS, D.; FORSTER, R. M.; GREENWOOD, N.; MCQUATTERS-GOLLOP, A.; SILVA, T.; VAN LEEUWEN, S. M.; ENGELHARD, G. H. A decline in primary production in the North Sea over 25 years, associated with reductions in zooplankton abundance and fish stock recruitment. **Global Change Biology**, v. 24, n. 1, p. e352–e364, 2018

CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences** v. 2, p. 47-52, 2007.

CERDA, C.; CASTRO, B.M. Hydrographic climatology of South Brazil Bight shelf waters between Sao Sebastiao (24°S) and Cabo Sao Tome (22°S). **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 5–14, 2023.

CERGOLE, M. C.. Stoke assessment of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the southeastern coast of Brazil. **Scientia Marina**, 59(3-4):597-610. 1995

CERGOLE, M.C., DIAS-NETO, J. Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha verdadeira *Sardinella brasiliensis* no Brasil. Ibama, Brasília. 2011

CHANG, K.-Y, CHEN, C., WANG, H., KUO, C., CHIU, T. The Antarctic Oscillation index as an environmental parameter for predicting catches of the Argentine shortfin squid (*Illex argentinus*) Cephalopoda: Ommastrephidae) in southwest Atlantic waters. **Fishery Bulletin**, v. 113, n. 2, p. 202–212, 2015.

CHASSOT, E.; BONHOMMEAU, S.; REYGONDEAU, G.; NIETO, K.; POLOVINA, J. J.; HURET, M.; DULVY, N. K.; DEMARCQ, H. Satellite remote sensing for an ecosystem approach to fisheries management. **ICES Journal of Marine Science**, v. 68, n. 4, p. 651–666, 2011.

CHEUNG, W. W. L. MEEUWIG, J.J., FENG, M., HARVEY, E., LAM V. W. Y., LANGLOIS, T., SLAWINSKI D., SUN C., PAULY D. Climate-change induced tropicalisation of marine communities in Western Australia. **Marine and Freshwater Research**, v. 63, n. 5, p. 415, 2012.

CHEUNG, W. W. L.; WATSON, R.; PAULY, D. Signature of ocean warming in global fisheries catch. **Nature**, v. 497, n. 7449, p. 365–368, 2013.

COBLE, P. G. Marine optical biogeochemistry: the chemistry of ocean color. **Chem. Rev.** 107, 402-418. 2007.

COLETTI, J. L.; PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P. Operational oceanography applied to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat monitoring and fishing in south-western Atlantic. **Fisheries Oceanography**, v. 28, n. 1, p. 82–93, 2018.

DAVIS, R. A. AND HANICH, Q.. ‘Transparency in fisheries conservation and management measures’ **Marine Policy**. V. 136, 104088. 2022

DIAS-NETO, J. Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil/José Dias Neto. – Brasília: Ibama, 2010. 242 p

FAO. Aplicação prática da abordagem ecossistêmica às pescas. Rome. 83p. 2013

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Rome. 2020.

FIGUEIREDO, L. M. A pesca e o meio ambiente: áreas protegidas para a sustentabilidade pesqueira. **Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União**, n. 44, p. 29–47, 2015.

FIPERJ, Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Anos 2011 e 2012* / Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. – Niterói, 2013a

FIPERJ, Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro* / Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. – Niterói, 2013b

FIPERJ. Estatística Pesqueira do Estado do Rio de Janeiro. On-line Consultancy. *Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro*. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ). acessado em 14 Abril 2022 <<http://pescarj.fundepag.br/>>.

FREIRE KMF, ALMEIDA ZS, AMADOR JRET, ARAGÃO JA, ARAÚJO ARR, ÁVILA-DA-SILVA AO, BENTES B, CARNEIRO MH, CHIQUIERI J, FERNANDES CAF, FIGUEIREDO MB, N HOSTIM-SILVA M, JIMENEZ ÉA, KEUNECKE KA, LOPES PFM, MENDONÇA JT, MUSIELLO-FERNANDES J, OLAVO G, PRIMITIVO C, ROTUNDO MM, SANTANA RF, SANT’ANA R, SCHEIDT G, SILVA LMA, TRINDADE-SANTOS I, VELASCO G AND VIANNA M.. ‘Reconstruction of Marine Commercial Landings for the Brazilian Industrial and Artisanal Fisheries From 1950 to 2015’. **Front. Mar. Sci.** 2021

FREIRE, KMF, ARAGÃO, JAN, ARAÚJO, ARR, ÁVILA-DA-SILVA, AO, BISPO, MCS, VELASCO, G, CARNEIRO, MH, GONÇALVES, FDS, KEUNECKE, KA, MENDONÇA, JT, MORO, PS, MOTTA, FS, OLAVO, G, PEZZUTO, PR, SANTANA, RF, SANTOS, RA, TRINDADE-SANTOS, I, VASCONCELOS, JA, VIANNA, M AND DIVOVICH, E., ‘Reconstruction of catch statistics for Brazilian marine waters (1950-2010)’. pp. 3-30. In: Freire, KMF and Pauly, D (eds). *Fisheries catch reconstructions for Brazil’s mainland and oceanic islands*. **Fisheries Centre Research Reports** vol. 23 (4). Fisheries Centre, University of British Columbia, 2015

FROESE, R. AND D. PAULY. Editors. 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2023).

Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), 2013a *Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Anos 2011 e 2012*. Niterói, acessado em 14 Abril 2022 <<http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>>

Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), 2013b, *Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro*. Niterói, acessado em 14 Abril 2022 <<http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>>

Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), 2020. *Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro – PMAP-RJ. Relatório Técnico Semestral - RTS - 05 - Maio 2020*. Niterói, acessado em 14 Abril 2022 <<http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>>

GARCIA SM, ZERBI A, ALIAUME C, DO CHI T, LASSERRE G.. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. *FAO Fisheries Technical Paper* 443. Rome, FAO. 71 p. 2003

GONG, D.; WANG, S. Definition of Antarctic Oscillation index. **Geophysical Research Letters**, v. 26, n. 4, p. 459–462, 1999.

GREGG, W. W. CONKRIGHT, M.E., CONKRIGHT, P., O'REILLY, J.E., CASEY, N.W. Ocean primary production and climate: Global decadal changes. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 15, 2003.

HENSON, S., COLE, H., BEAULIEU, C., YOOL, A. The impact of global warming on seasonality of ocean primary production. **Biogeosciences**, v. 10, n. 6, p. 4357–4369, 2013.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: ICMBio. 4162 p

IOCCG. Remote Sensing in Fisheries and Aquaculture. Forget, M.-H., Stuart, V. and Platt, T. (eds.), *Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group*, No. 8, IOCCG, Dartmouth, Canada. 2009.

IP/APTA/SAA/SP. Estatística Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo. On-line Consultancy. *Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo*. Instituto de Pesca (IP), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

(APTA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP). Acesso em 14 Abril 2022 <<http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/>>.

IPCC: *Technical Summary* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 39–69, 2019

IPCC: *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, 2023

JABLONSKIA, S. MOREIRA, L.H.A.. *A pesca no Estado do Rio de Janeiro em 1997 – Análise das estatísticas de desembarque*, Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro – FIPERJ, 1998

KAMPEL, M. & NOVO, E. M. L. M. O Sensoriamento Remoto da Cor da Água. In: SOUZA, R. B. **Oceanografia por Satélites**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 180 - 196.

KE, F., Linkage between the Atlantic Tropical Hurricane Frequency and the Antarctic Oscillation in the Western Hemisphere, **Atmospheric and Oceanic Science Letters**, 2:3, 159-164, 2009.

KIRKFELDT, T. S. An ocean of concepts: Why choosing between ecosystem-based management, ecosystem-based approach and ecosystem approach makes a difference. **Marine Policy**, v. 106, p. 103541, 2019.

KLEMAS, V. Fisheries applications of remote sensing: An overview, **Fisheries Research**. vol. 148 pag. 124– 136, 2013.

LEIVA-MORENO, J. I., AGOSTINI, V. N., CADDY, J. F., & CAROCCI, F. Is the pelagic-demersal ratio from fishery landings a useful proxy for nutrient availability? A preliminary data

exploration for the semi-enclosed seas around Europe. **ICES Journal of Marine Science**, 57(4), 2000.

LIMA, J. H. M., LIN, C. F., MENEZES, A. A. S. As pescarias brasileiras de bonito listrado com vara e isca-viva, no sudeste e sul do Brasil, no período de 1980 a 1998. **Boletim Técnico e Científico do CEPENE/IBAMA**. 8 (1): 184-277. 2000

LINK JS, HUSE G, GAICHAS S, MARSHAK AR. Changing how we approach fisheries: A first attempt at an operational framework for ecosystem approaches to fisheries management. **Fish and Fisheries**, v. 21, n. 2, p. 393–434, 2020.

LONGHURST, A. **Ecological geography of the sea**. San Diego: Academic Press, 1998.

LOPES PF, ANDRADE LC, PENNINO MG, LEITE TS. The inter-annual fishing variability in *Octopus insularis* (Leite & Haimovici 2008) as a result of oceanographic factors. **Fish Oceanogr**. 2021.

MADUREIRA, L. A. S. P.; MONTEIRO-NETO, C. **Sustainability of Skipjack Tuna Fishery in Brazil**. [s.l.] Paco e Littera, 2020.

MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; MARIA CIOTTI, A.; DA SILVEIRA, I. C. A.; E SOUSA, S. H. de M.; FIGUEIRA, R. C. L.; TASSINARI, C. C. G.; FURTADO, V. V.; PASSOS, R. F. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 24, n. 15, p. 1685–1697, 2004.

MATSUURA, Y.. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over period 1976-1993. **Rev. Bras. Oceanogr**. 46, 33–43, 1998

MCMANAMAY, R. A. & . UTZ R. M.,. ‘Open-Access Databases as Unprecedented Resources and Drivers of Cultural Change in Fisheries Science’, **Fisheries**, v. 39 n°9, p. 417-425, 2014

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), 2011. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura*. Brasília.

MORA, C., MYERS, R.A., COLL, M., LIBRALATO, S., PITCHER, T.J., SUMAILA, R. U., ZELLER, D., WATSON, R., GASTON, K. J., WORM, B.,. ‘Management Effectiveness of the World’s Marine Fisheries’. **PLoS Biol**. v. 7(6): e1000131. 2009

MORIOKA, Y.; TOMOKI TOZUKA; YAMAGATA, T. On the Growth and Decay of the Subtropical Dipole Mode in the South Atlantic. **Journal of Climate**, v. 24, n. 21, p. 5538–5554, 2011.

MORISHITA J.. What is the ecosystem approach for fisheries management? **Marine Policy** 32: 19–26. 2008

MOSER, G. A. O.; TAKANOHASHI, R. A.; BRAZ, M. de C.; DE LIMA, D. T.; KIRSTEN, F. V.; GUERRA, J. V.; FERNANDES, A. M.; POLLERY, R. C. G. Phytoplankton spatial distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. **Hydrobiologia**, v. 728, n. 1, p. 1–21, 4 fev. 2014.

MUAWANAH U, YUSUF G, ADRIANTO L, KALTHER J, POMEROY R, ABDULLAH H, RUCHIMAT T.. Review of national laws and regulation in Indonesia in relation to an ecosystem approach to fisheries management. **Marine Policy** 91: 150-160. 2018

MUGO, R., SAITOH, S., NIHIRA, A., & KUROYAMA, T.. Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western North Pacific: A remote sensing perspective. **Fisheries Oceanography**, 19(5), 382–396, 2010.

NOREL, M.; KAŁCZYŃSKI, M.; PIŃSKWAR, I.; KRAWIEC, K.; KUNDZEWICZ, Z.W. Climate Variability Indices—A Guided Tour. **Geosciences**, v. 11, n. 3, p. 128, 2021.

O’BOYLE R, SINCLAIR M, WORCESTER T. Chapter 7: Research requirements of an ecosystem approach to fisheries. In. Skjoldal HR, Bianchi G. **The ecosystem approach to fisheries**. CAB International / FAO, Rome, Italy. 95 – 111. 2008.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecología**. [s.l.] Cengage Learning Mexico, 2006.

OKSANEN, J., GUILLAUME BLANCHET, F., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O’HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H., SZOECS, E., WAGNER, H., 2013. Vegan: Community Ecology Package. Available from <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>.

PAES, E. T.; MORAES, L. E. S. A new hypothesis on the influence of the El Niño/La Niña upon the biological productivity, ecology and fisheries of the Southern Brazilian Bight. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2 (2): 94-102, 2007.

PALÓCZY, A.; da SILVEIRA, I.C.A., CASTRO, B.M., CALADO, L., C.. Coastal upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil): The supporting role of deep ocean processes. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 38–50, 1 out. 2014.

PAULY D, ZELLER D, and PALOMARES M.L.D. (Editors) (2020) *Sea Around Us Concepts, Design and Data* ([www.seaaroundus.org](http://www.seaaroundus.org))

PAULY, D. 2007. ‘The Sea Around Us Project: Documenting and Communicating Global Fisheries Impacts on Marine Ecosystems’. **Journal of the Human Environment**, v. 36, n° 4, p. 290-295.

PEREZ, J. A. A.; SANT’ANA, R. Tropicalization of demersal megafauna in the western South Atlantic since 2013. **Communications Earth & Environment**, v. 3, n. 1, 2022.

POLOVINA, J. J.; HOWELL, E.; KOBAYASHI, D. R.; SEKI, M. P. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. **Progress in Oceanography**, v. 49, n. 1-4, p. 469–483, 2001.

POSTUMA, F. A., AND GASALLA, M. A. On the relationship between squid and the environment: artisanal jigging for *Loligo plei* at São Sebastião Island (248S), southeastern Brazil. – **ICES Journal of Marine Science**, 67: 1353–1362. 2010.

R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. Available from <https://cran.r-project.org/>

RACAULT M-F, SATHYENDRANATH S, BREWIN RJW, RAITOS DE, JACKSON T AND PLATT T Impact of El Niño Variability on Oceanic Phytoplankton. **Front. Mar. Sci.** 4:133. 2017

RATKOWSKY, D. A. Choosing the number of principal coordinates when using CAP, the canonical analysis of principal coordinates. **Austral Ecology**, v. 41, n. 7, p. 842–851, 2016.

RODRIGUES, R. R.; EDMO; HAARSMA, R. The Impact of ENSO on the South Atlantic Subtropical Dipole Mode. **Journal of Climate**, v. 28, n. 7, p. 2691–2705, 2015.

ROLIM, F. A.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O. Influence of environmental and operational variables in commercial fishery landings: The case of pair trawlers in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 24, p. 133–142, 2018.

SOUZA, R. B., LORENZZETTI, J.A. e LUCCA, E.V.D. Estimativas da Temperatura da Superfície do Mar através do Sensoriamento Remoto no Infravermelho. In: SOUZA, R. B. **Oceanografia por Satélites**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 103 - 116.

SARMIENTO, J. L., T. M. C. HUGHES, R. J. STOUFFER, AND S. MANABE, Simulated response of the ocean carbon cycle to anthropogenic climate warming, **Nature**, 393, 245–249, 1998.

SCHROEDER, R. SCHWINGEL, P.R., PINTO, E., ALMEIDA, A., CORREIA, A.T., Stock structure of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis* from Southwest Atlantic Ocean inferred from otolith elemental signatures. **Fisheries Research**, v. 248, p. 106192–106192, 2022.

SIGMAN, D. M. & HAIN, M. P. The Biological Productivity of the Ocean. **Nature Education Knowledge** 3(10):21, 2012

SILVA, D. A.; SASAKI, D. K.; DOTTORI, M.; SILVEIRA, I.C.A., C.; BELO, W.C.; MARTINS, R.P.. An inventory of salty and warm subsurface intrusions in the South Brazil Bight. **Continental Shelf Research**, v. 259, p. 104984–104984, 2023.

SILVA, L. H. O. *Influência do Dipolo Subtropical do Atlântico Sul na Dinâmica de Ressurgência Costeira de Duas Regiões no Oceano Atlântico Sul*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, 2020.

SILVESTRI, G. E.; VERA, C. S. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 21, 2003.

SIMPSON, J. H.; SHARPLES, J. **Introduction to the Physical and Biological Oceanography of Shelf Seas**. [s.l.] Cambridge University Press, 2012.

SOUZA, C. A. de; REBOITA, M. S. Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 17, n. 00, p. e02109, 2021.

STERL, A.; HAZELEGER, W. Coupled variability and air-sea interaction in the South Atlantic Ocean. **Climate Dynamics**, v. 21, n. 7-8, p. 559–571, 2003.

STUART, V.; PLATT, T.; SHUBHA SATHYENDRANATH. The future of fisheries science in management: a remote-sensing perspective. **Ices Journal of Marine Science**, v. 68, n. 4, p. 644–650, 17 jan. 2011

TALLEY, L.D., PICKARD, G.L., EMERY, W.J., SWIFT, J.H. **Descriptive Physical Oceanography an introduction**. 6<sup>a</sup>. ed. São Diego: Elviesier, 2011.

TIMMERMANN, A.; AN, S.-I.; KUG, J.-S.; JIN, F.-F.; CAI, W.; CAPOTONDI, A.; COBB, K. M.; LENGAIGNE, M.; MCPHADEN, M. J.; STUECKER, M. F.; STEIN, K.; WITTENBERG, A. T.; YUN, K.-S.; BAYR, T.; CHEN, H.-C.; CHIKAMOTO, Y.; DEWITTE, B.; DOMMENGET, D.; GROTHE, P.; GUILYARDI, E. El Niño–Southern Oscillation complexity. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 535–545, 2018.

TOWNSEND H, HARVEY CJ, DEREYNIER Y, DAVIS D, ZADOR SG, GAICHAS S, WEIJERMAN M, HAZEN EL, KAPLAN IC. Progress on Implementing Ecosystem-Based Fisheries Management in the United States Through the Use of Ecosystem Models and Analysis. **Frontiers in Marine Science** 6: 641. 2019.

UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020. Estatística Pesqueira de Santa Catarina. On-line Consultancy. *Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina*. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). viewed in 14 Abril 2022 <<http://pmap-sc.acad.univali.br/>>

VAN DEN BROEKE, M. R.; VAN LIPZIG, N. P. M. Changes in Antarctic temperature, wind and precipitation in response to the Antarctic Oscillation. **Annals of Glaciology**, v. 39, p. 119–126, 2004.

VIANA, J.P. Recursos Pesqueiros do Brasil: Situação dos Estoques, da Gestão, e Sugestões para o Futuro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, **boletim regional, urbano e ambiental**, 2013.

WANDERLEY, C. V. A.; GODOY, J. M.; GODOY, M. L. D. P.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; MOREIRA, I.; CARVALHO, Z. L. Evaluating Sedimentation Rates in the Estuary and Shelf Region of the Paraíba do Sul River, Southeastern Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2013.

WANG, C. Three-ocean interactions and climate variability: a review and perspective. **Climate Dynamics**, v. 53, n. 7-8, p. 5119–5136, 2019.

WATSON, R. A.. ‘A database of global marine commercial, small-scale, illegal and unreported fisheries catch 1950–2014’. **Nature Scientific Data**, v. 4:170039. 2017

YAMAGUCHI, R.; RODGERS, K. B.; TIMMERMANN, A.; STEIN, K.; SCHLUNEGGER, S.; BIANCHI, D.; DUNNE, J. P.; SLATER, R. D. Trophic level decoupling drives future changes in phytoplankton bloom phenology. **Nature Climate Change**, v. 12, n. 5, p. 469–476, 2022.

YAMANAKA, I., ITO, S., NIWA, K., TANAKE, R., YABUTA, Y., AND CHIKUNI, S., The fisheries forecasting system in Japan for coastal pelagic fish. FAO Fisheries technical paper no. 301, 72 p. 1988

ZAGAGLIA, C. R., LORENZZETTI, J. A., STECH, J. L. Remote sensing data and longline catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic. **Remote Sensing of Environment**, 93, 2004

ZELLER, D., PALOMARE, M.L.D., TAVAKOLIE A., ANG, M., BELHABIB, D., CHEUNG, W.W.L., LAM, V.W.Y., SY, E., TSUI, G., ZYLICH, K., PAULY, D., ‘Still catching attention: Sea Around Us reconstructed global catch data, their spatial expression and public accessibility’. **Marine Policy**. Volume 70, Pages 145-152. 2016.

## **ANEXOS**

*Anexo I - Planilha de classificação de habitat*

Disponível em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/17jaIKA4uooPO8xtFbAKVvj1q0-3qI8XA/edit#gid=313193427>

*Anexo II – Planilha padrão para inclusão de dados na Plataforma*

Disponível em: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gWAB-rjrXAMWq\\_VxCFIdqbixFsxkLIVB/edit?usp=sharing&ouid=110961035652460196597&rtopf=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gWAB-rjrXAMWq_VxCFIdqbixFsxkLIVB/edit?usp=sharing&ouid=110961035652460196597&rtopf=true&sd=true)

Anexo III - Códigos RStudio

Disponível em:

<https://drive.google.com/drive/folders/10cpljwwdvD6ESl2zZQjlwyUorJANfrq1?usp=sharing>

Anexo IV – Mapas sazonais de TSM e Cl-a

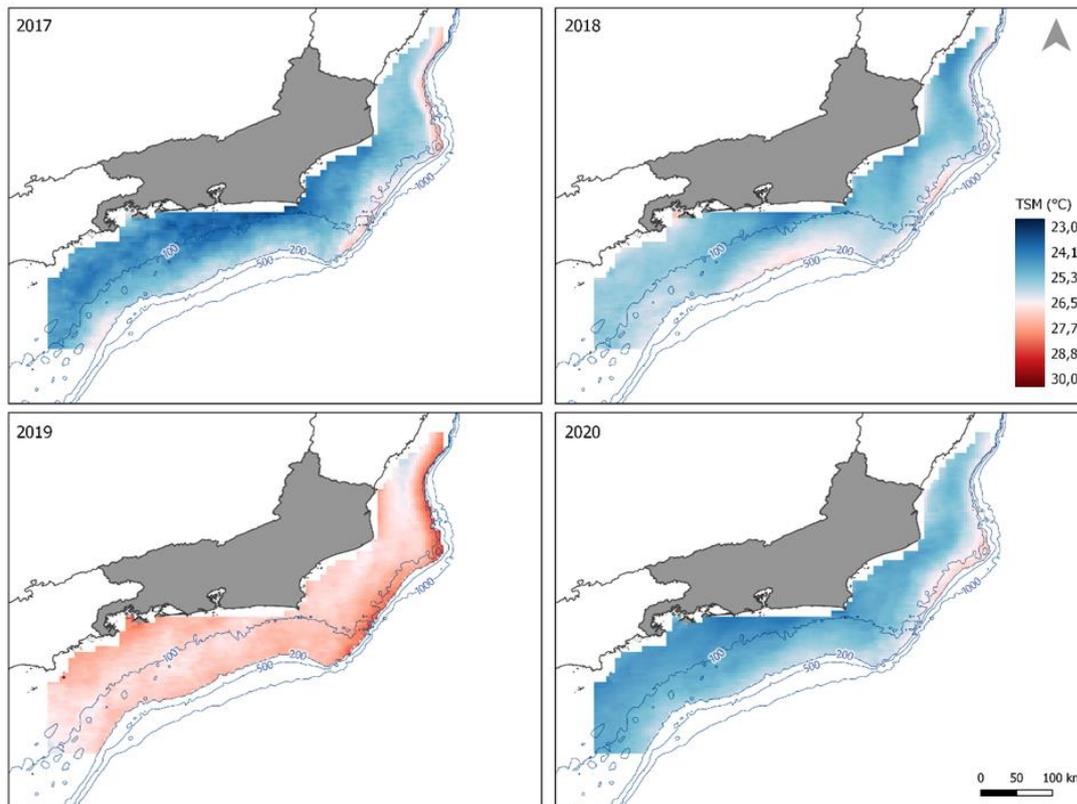


Figura 57: Mapa da TSM média para o Outono (MAM) para cada ano entre 2017 – 2020.

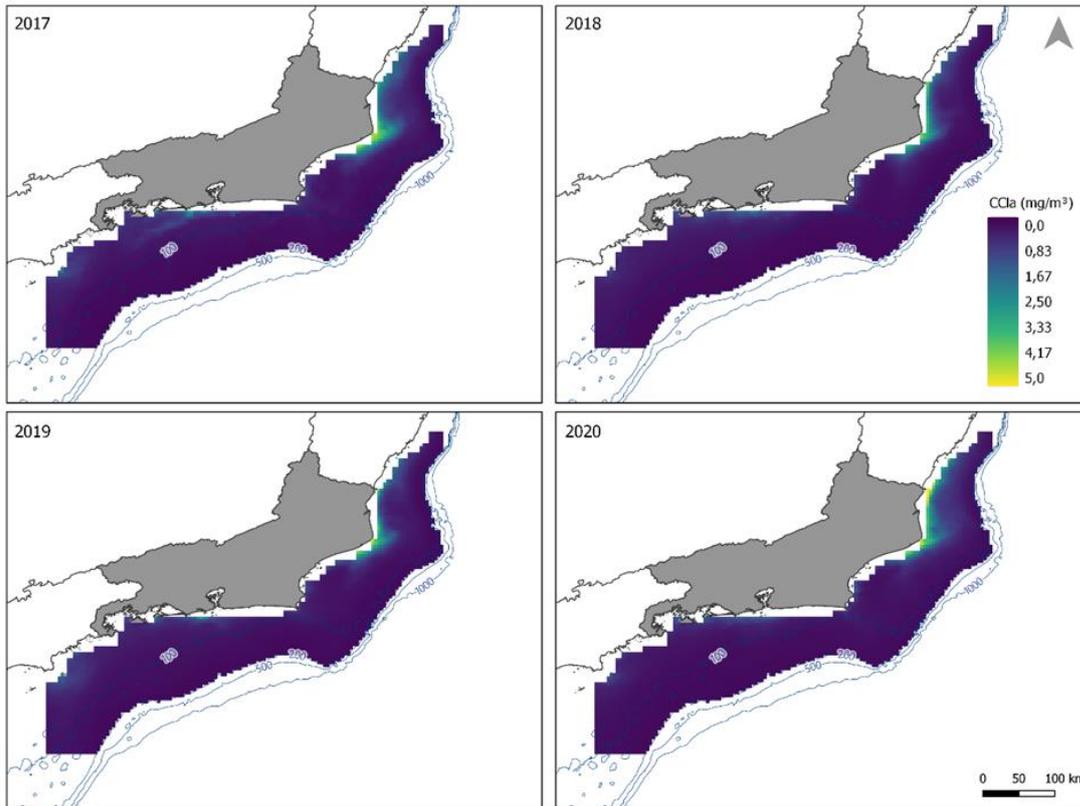


Figura 58: Mapa da CII-a média para o Outono (MAM) para cada ano entre 2017 – 2020.

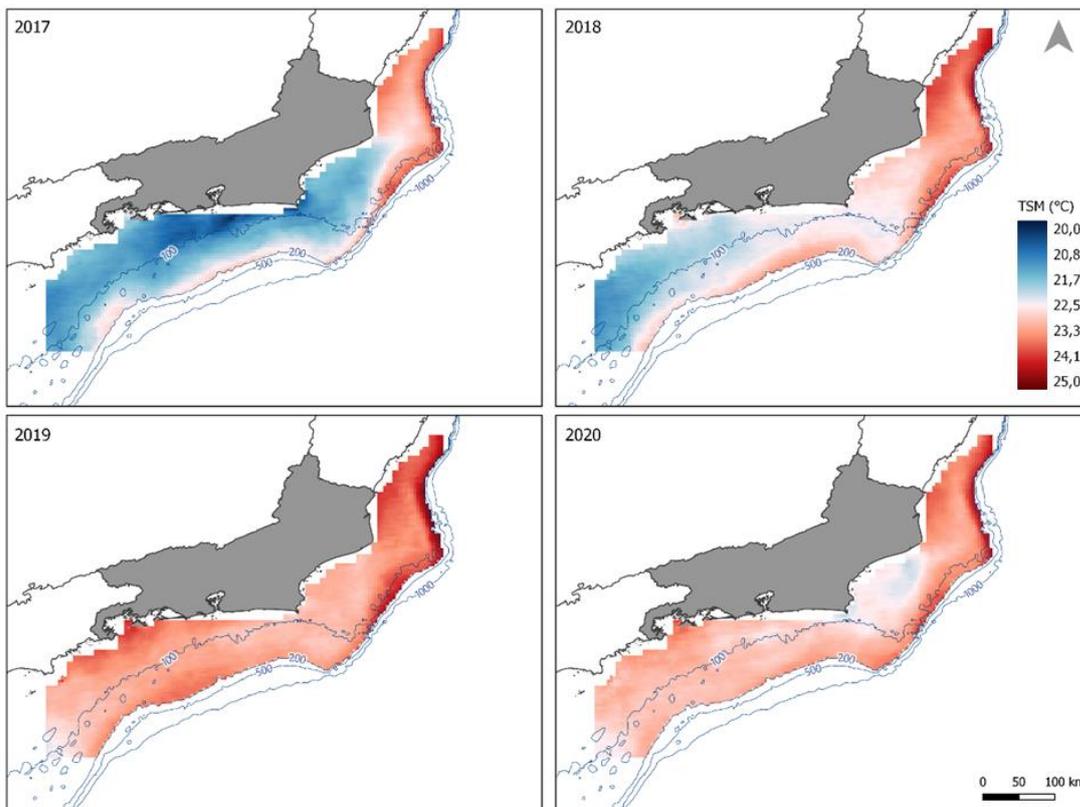


Figura 59: Mapa da TSM média para o Inverno (JJA) para cada ano entre 2017 – 2020.

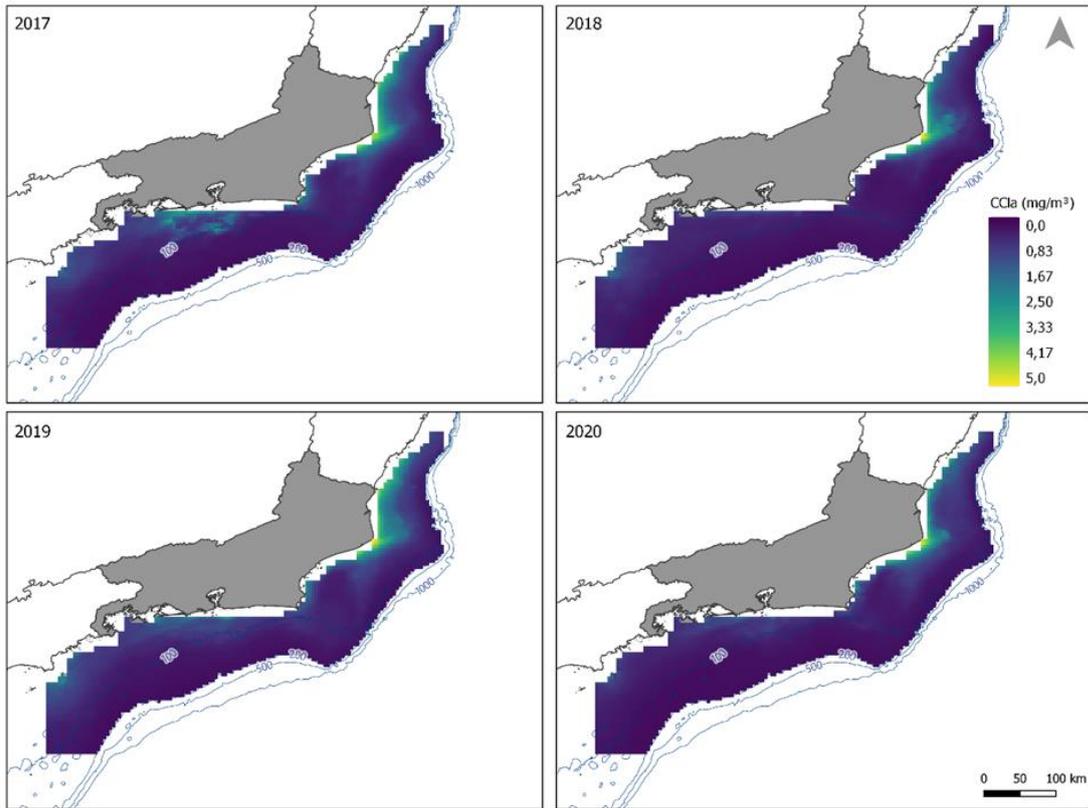


Figura 60: Mapa da CII-a média para o Inverno (JJA) para cada ano entre 2017 – 2020.

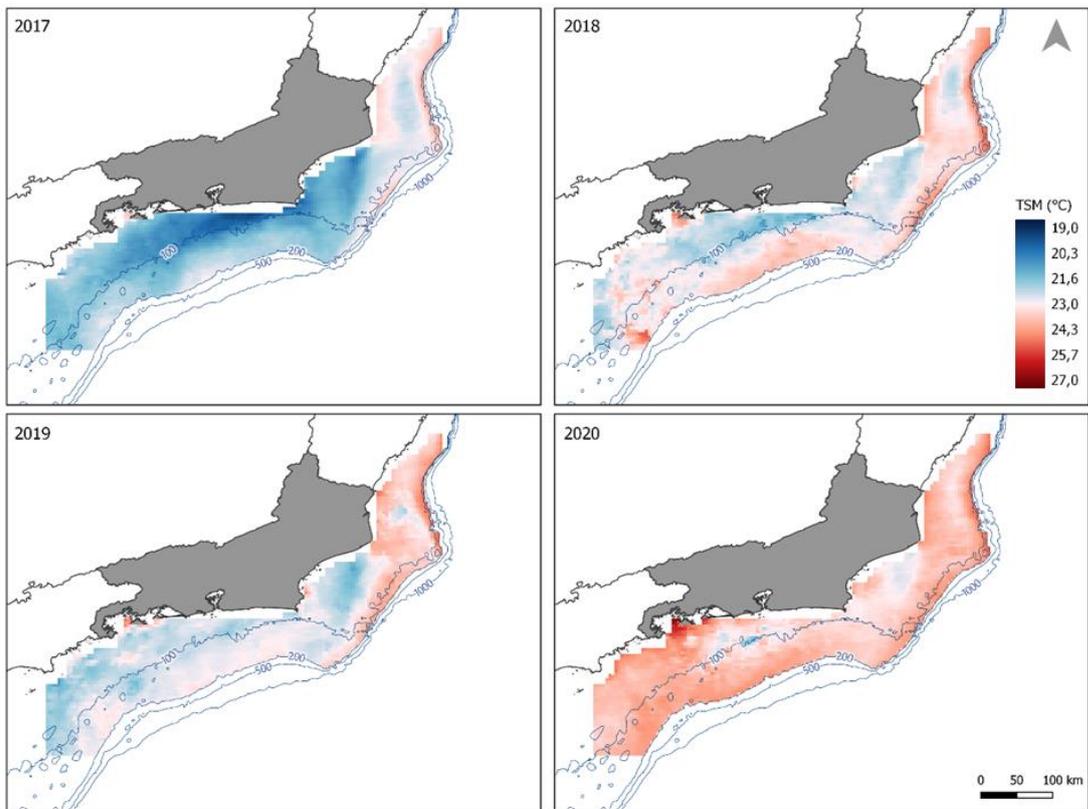


Figura 61: Mapa da TSM média para a Primavera (SON) para cada ano entre 2017 – 2020.

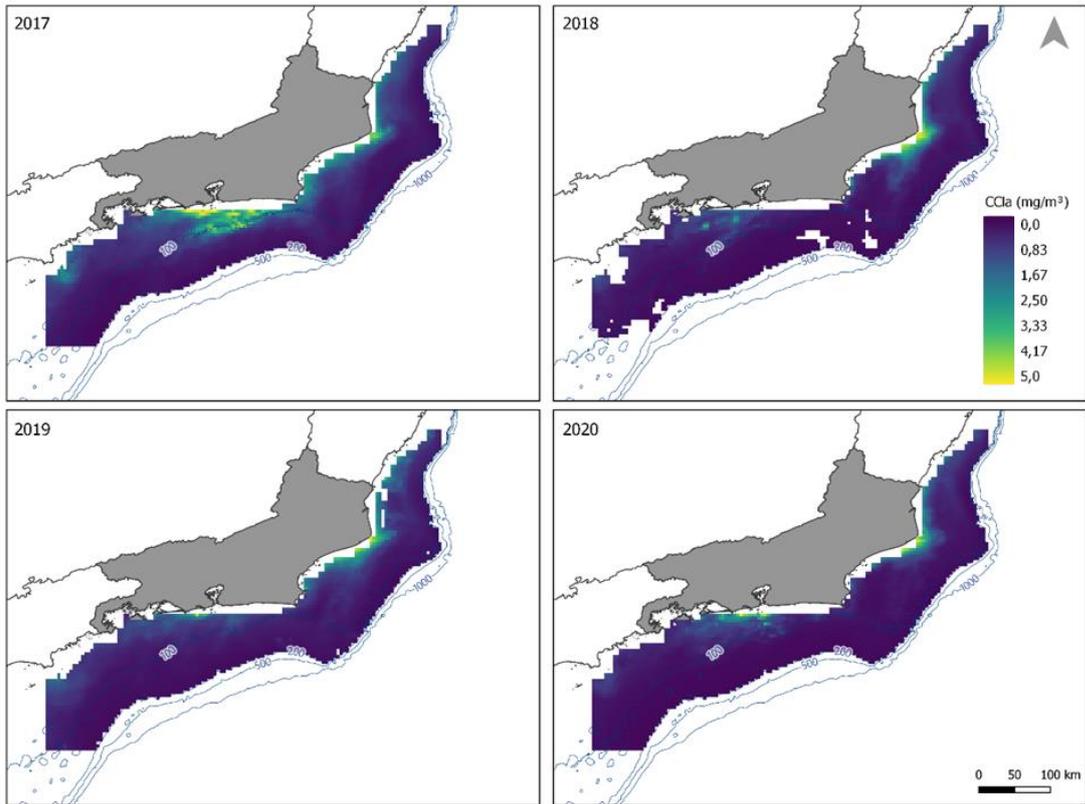


Figura 62: Mapa da Cl-a média para a Primavera (SON) para cada ano entre 2017 – 2020.

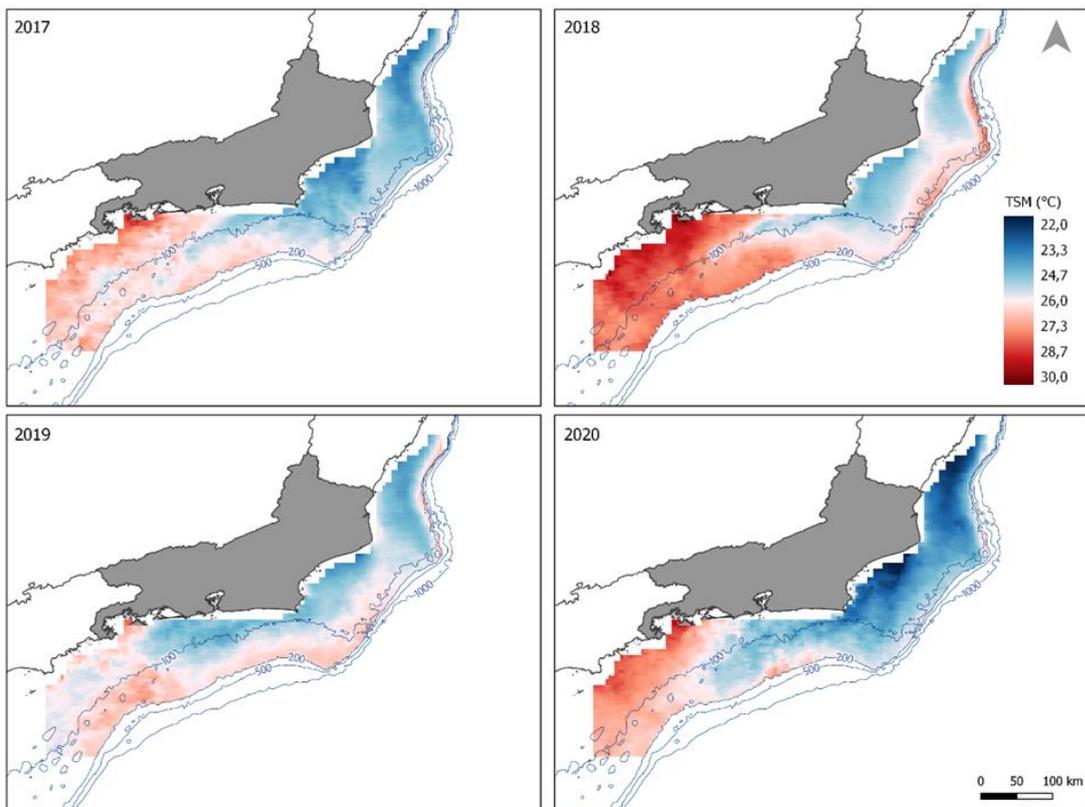


Figura 63: Mapa da TSM média para o Verão DJF para cada ano entre 2017 – 2020.

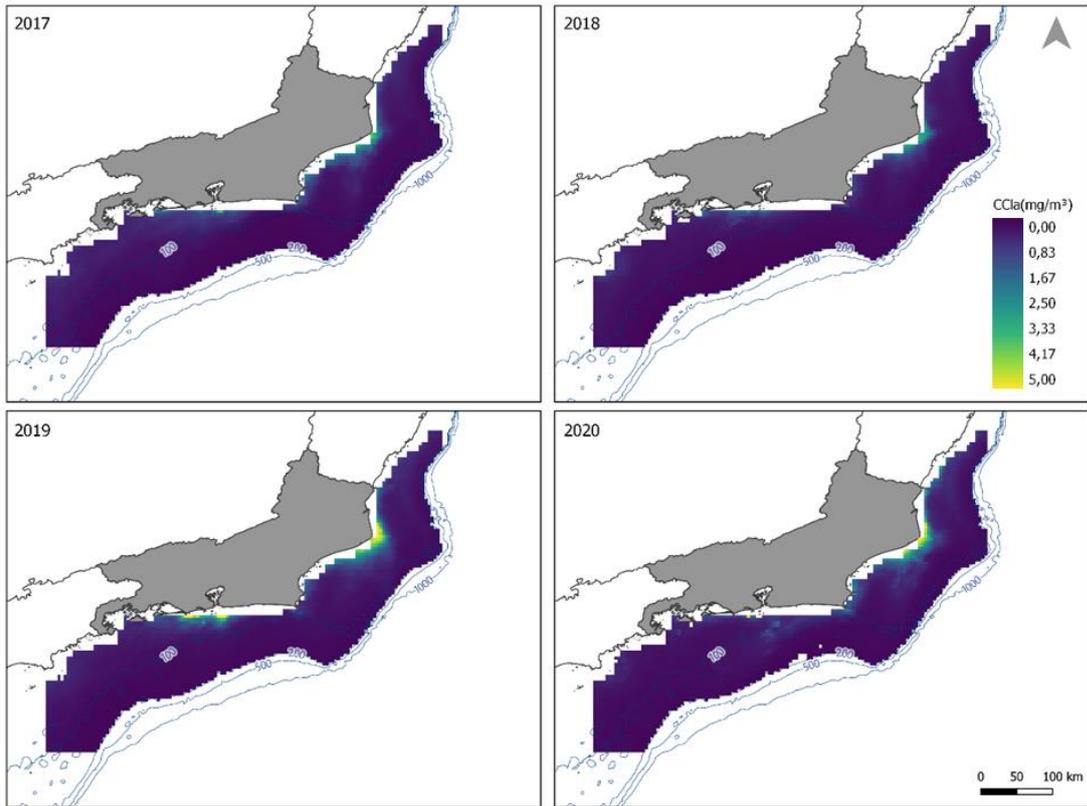
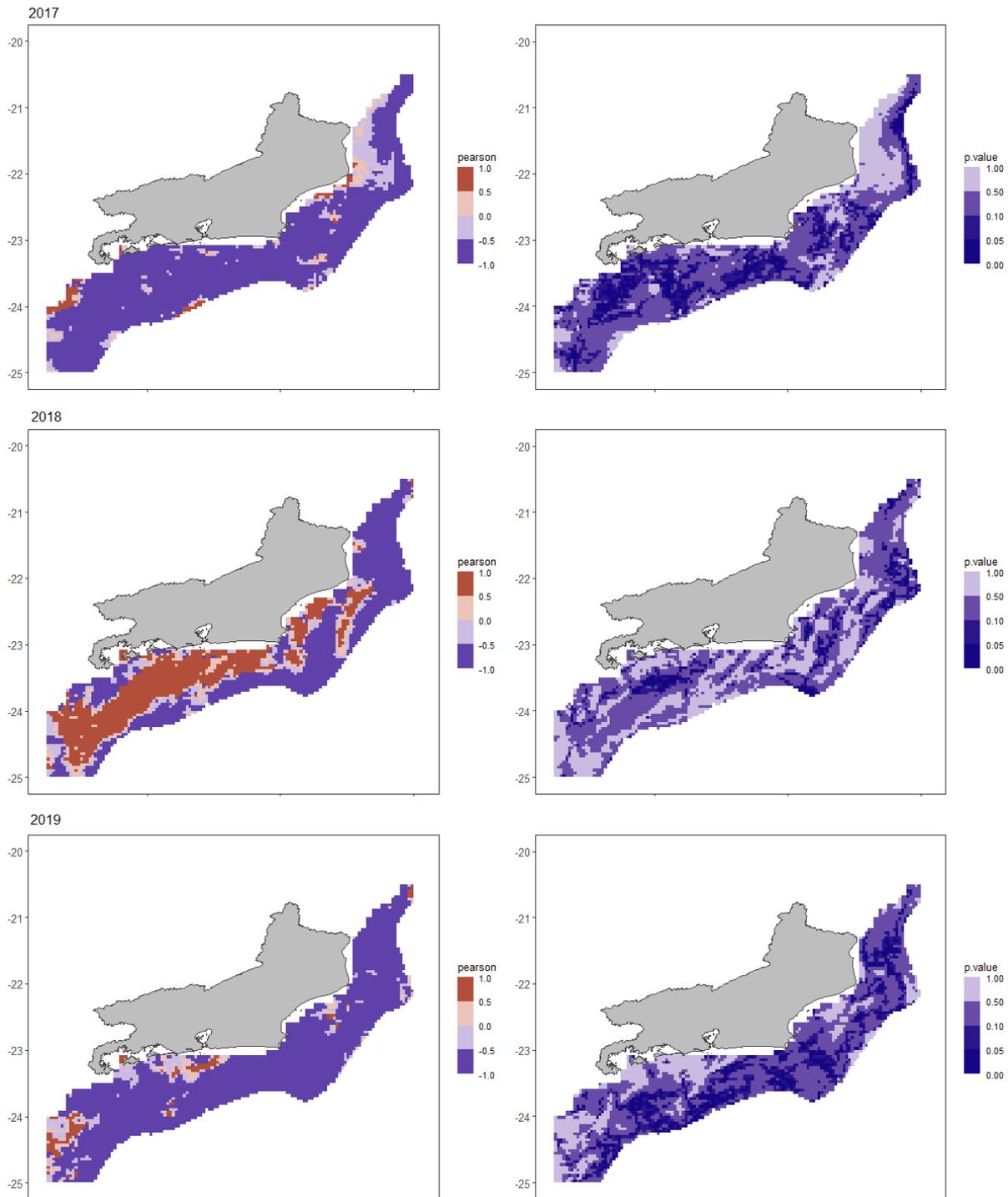


Figura 64: Mapa da Cl-a média para o Verão DJF para cada ano entre 2017 – 2020.

Anexo V – Mapas de correlação sazonal entre TSM e CI-a



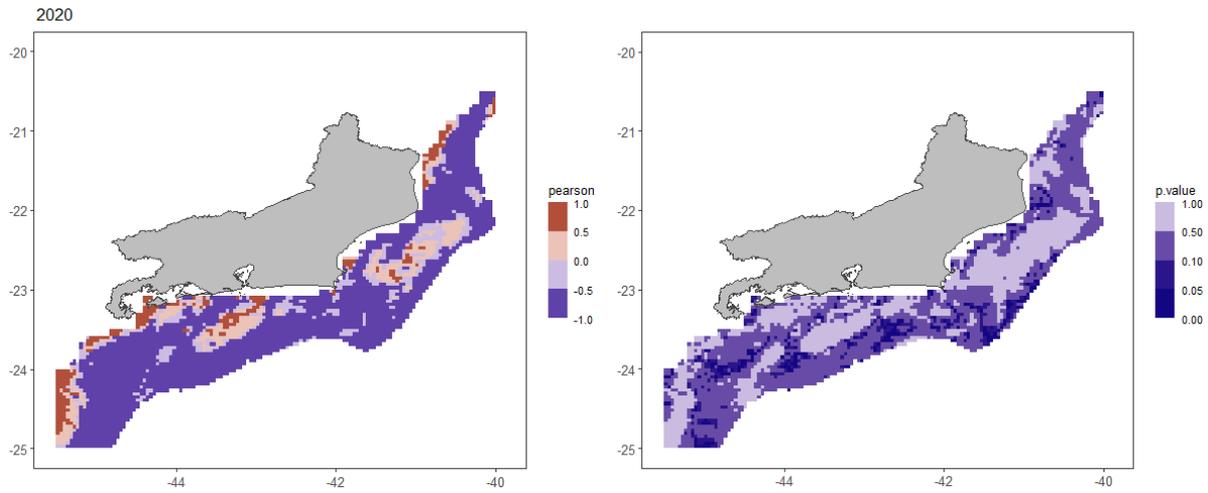
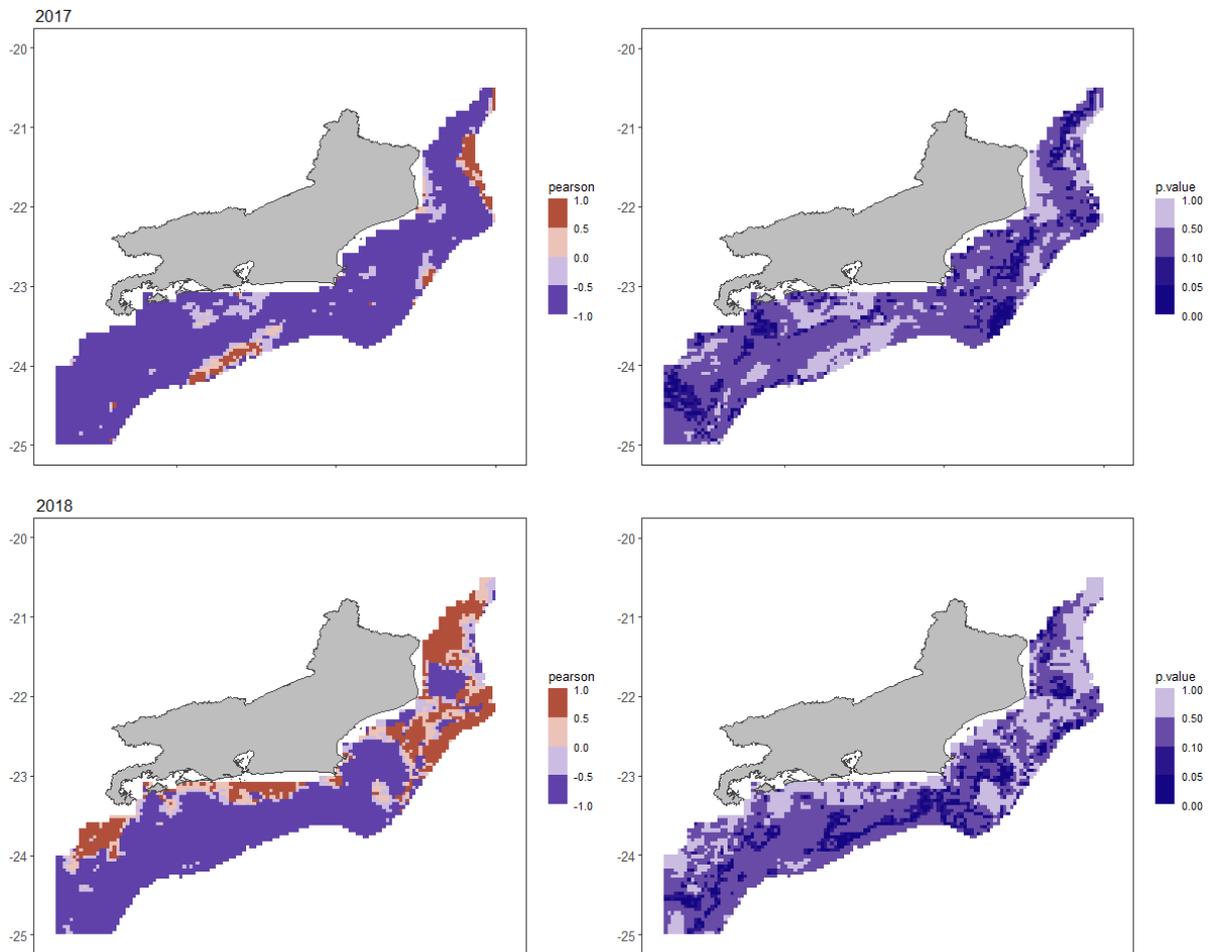


Figura 65: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e CI-a, para o Outono (MAM) de cada ano.



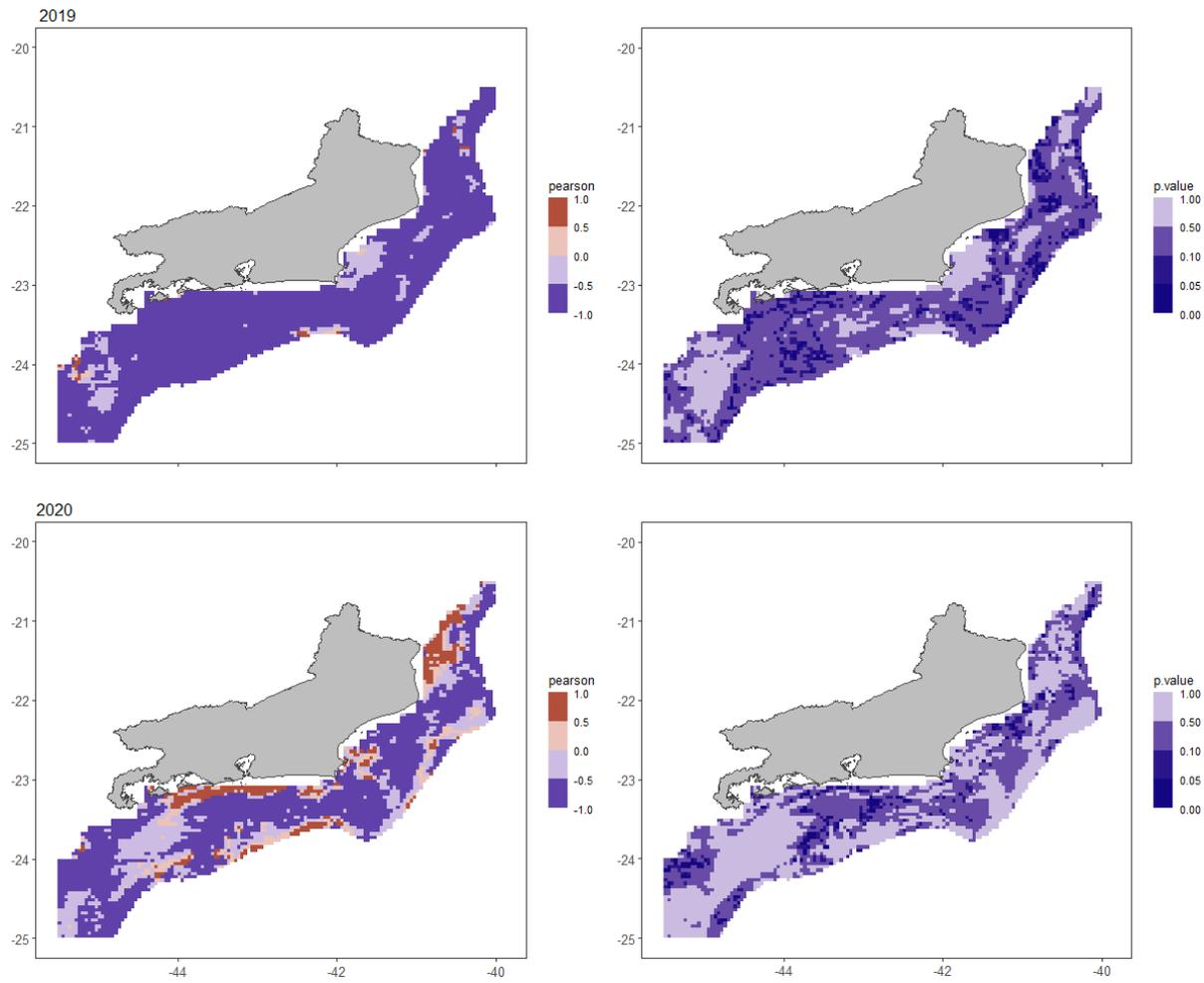
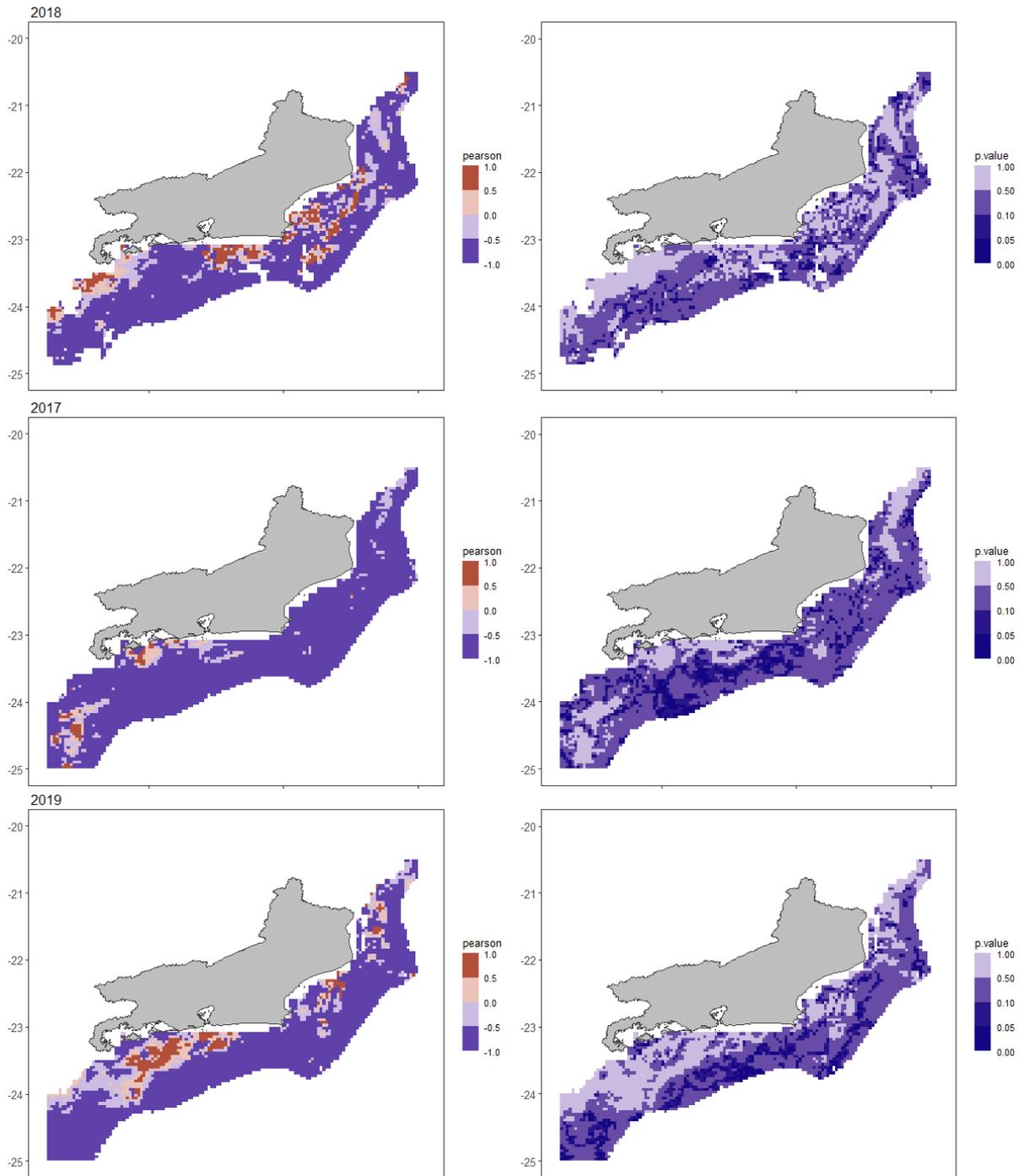


Figura 66: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e CI-a, para Inverno (JJA) de cada ano.



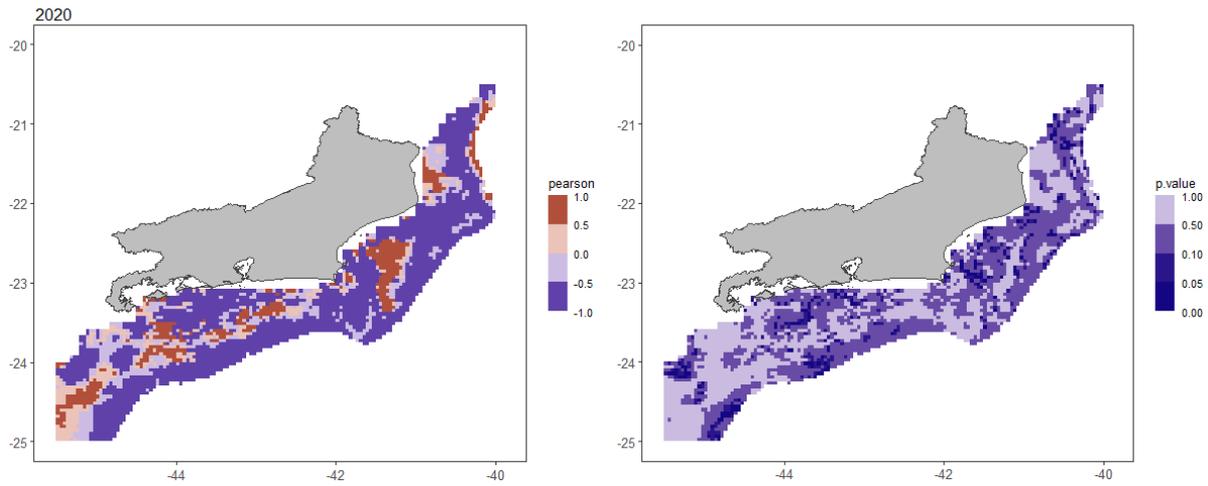
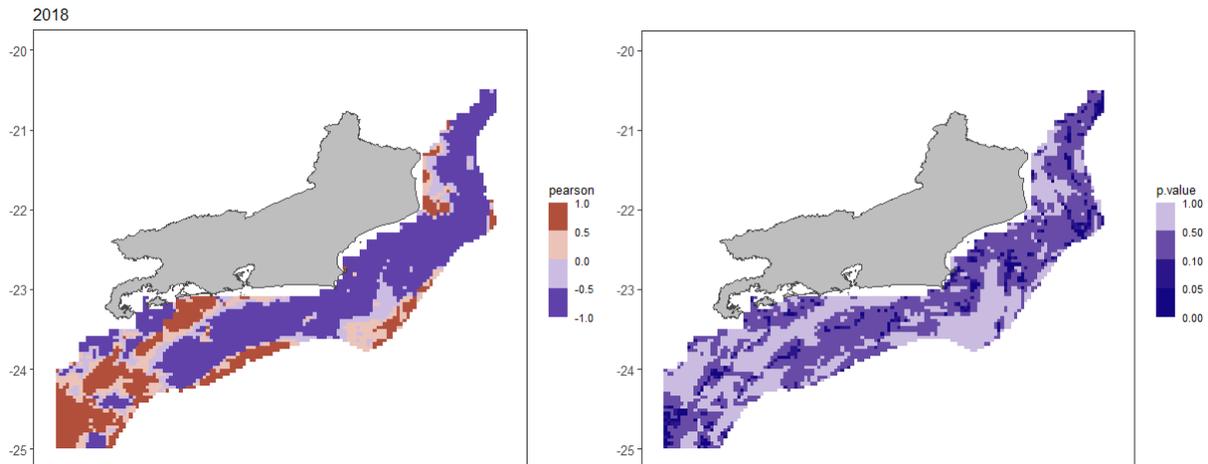
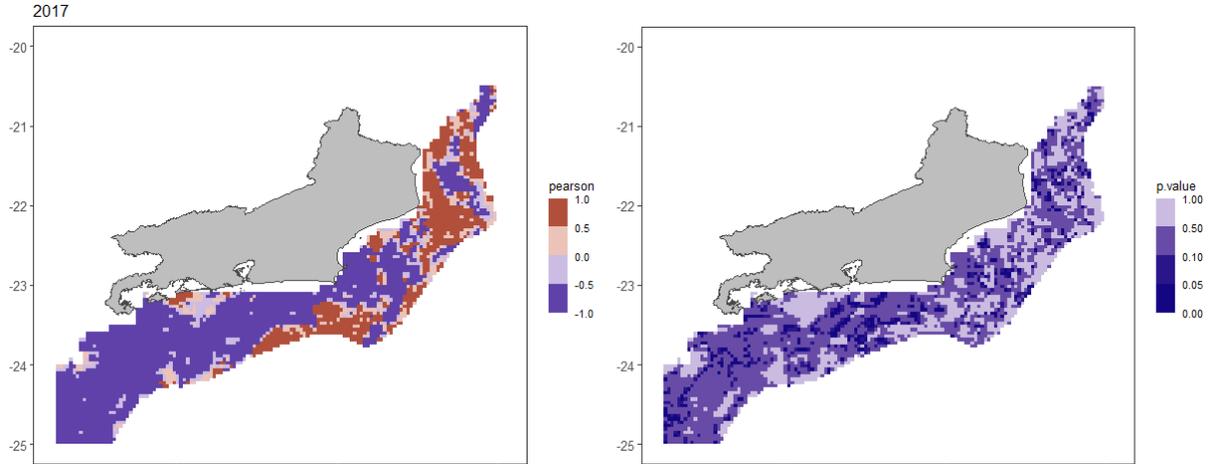


Figura 67: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e CI-a, para Primavera (SON) de cada ano.



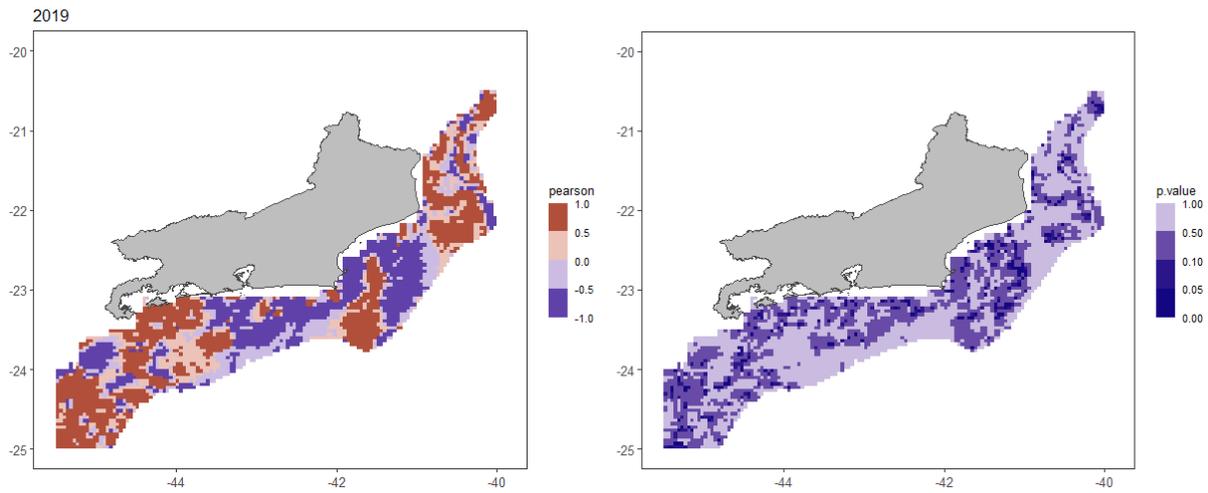
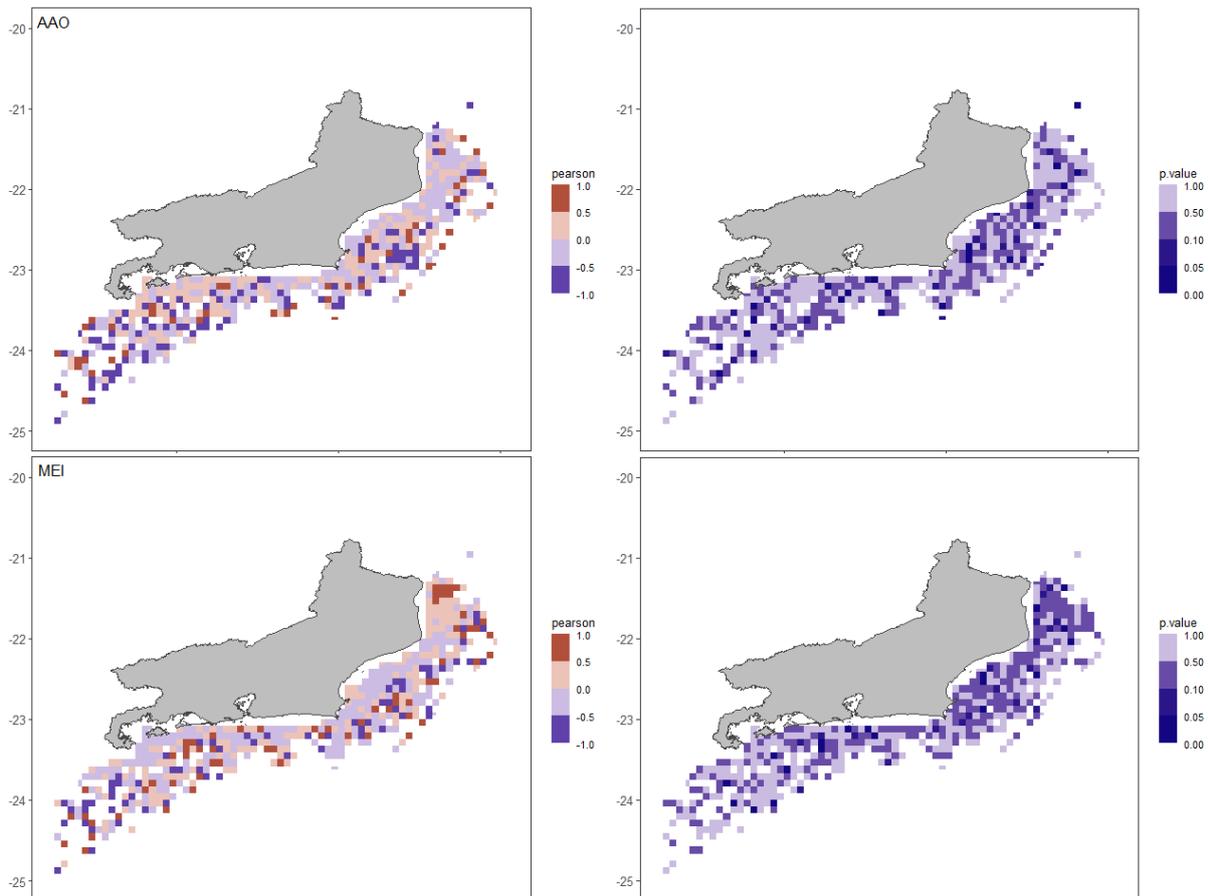


Figura 68: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre as variáveis de TSM e CI-a, para Verão (DJF) de cada ano.

*Anexo VI – Mapas de correlação entre grupos de habitats e índices climáticos*



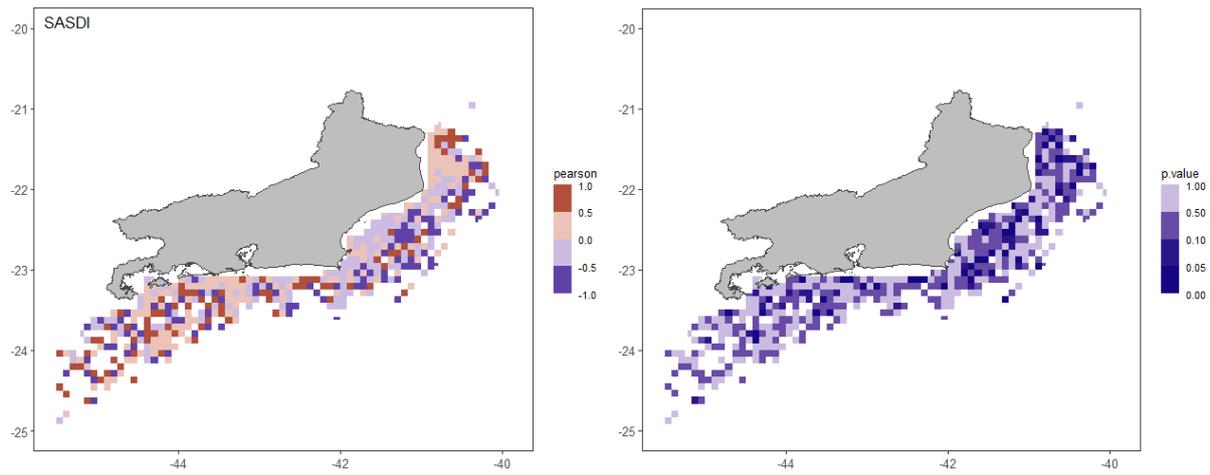
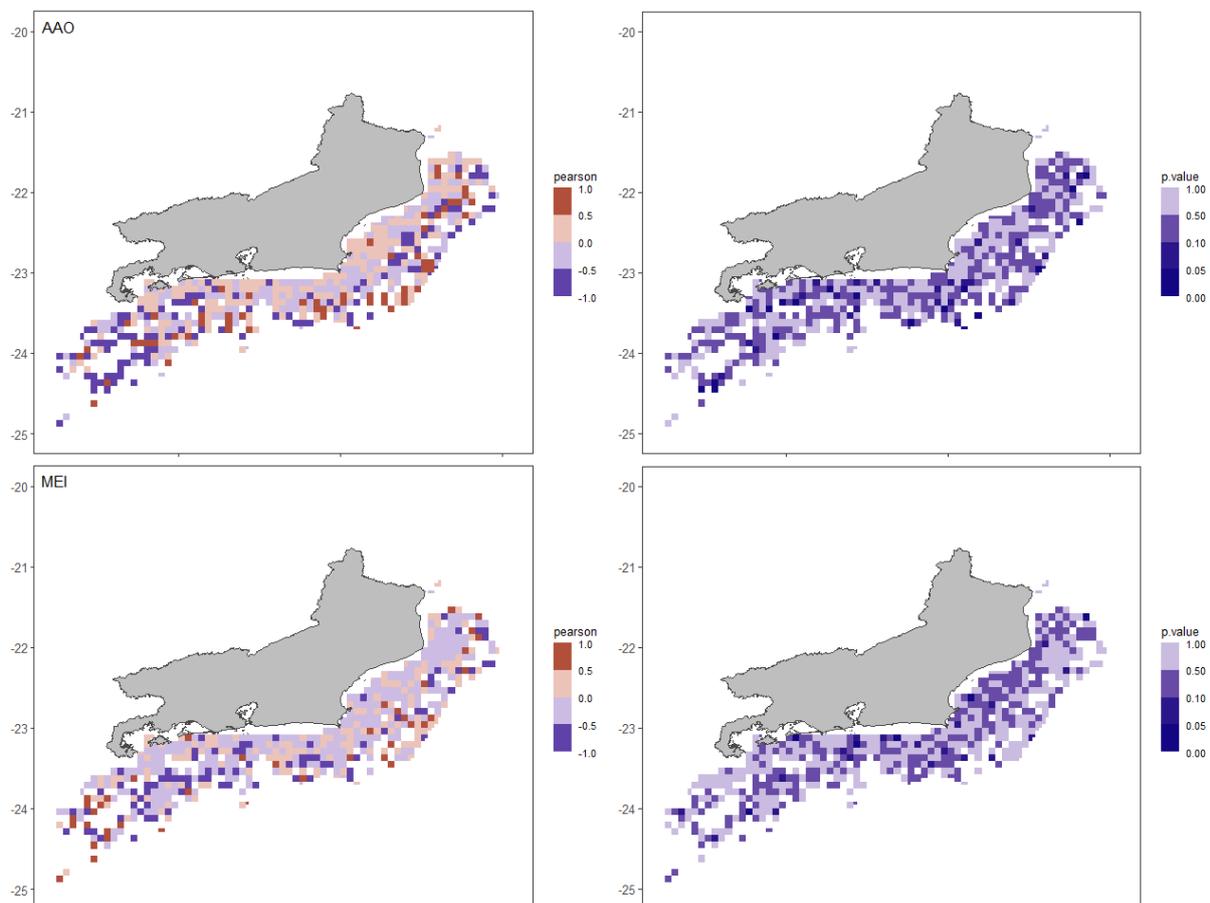


Figura 69: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo DBC e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI.



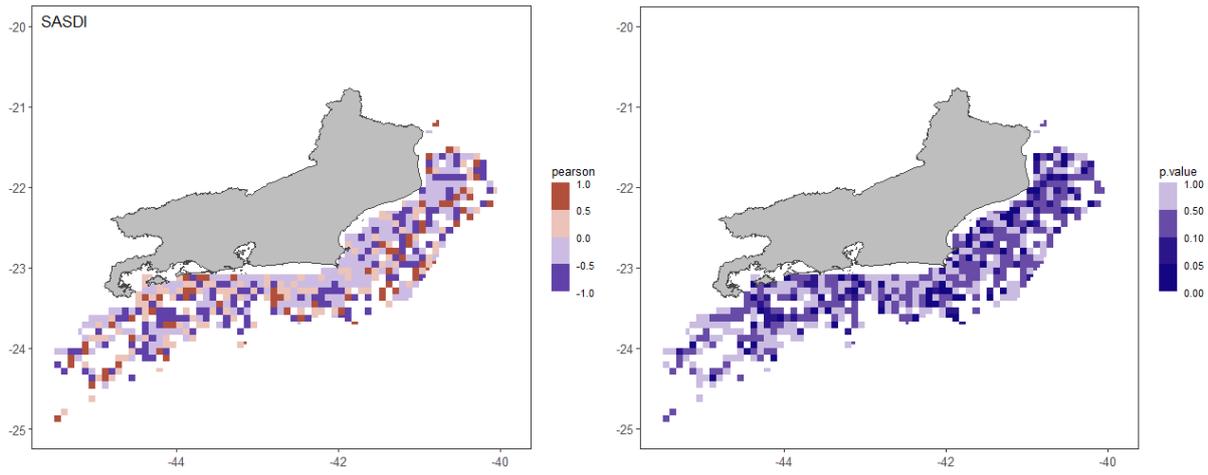
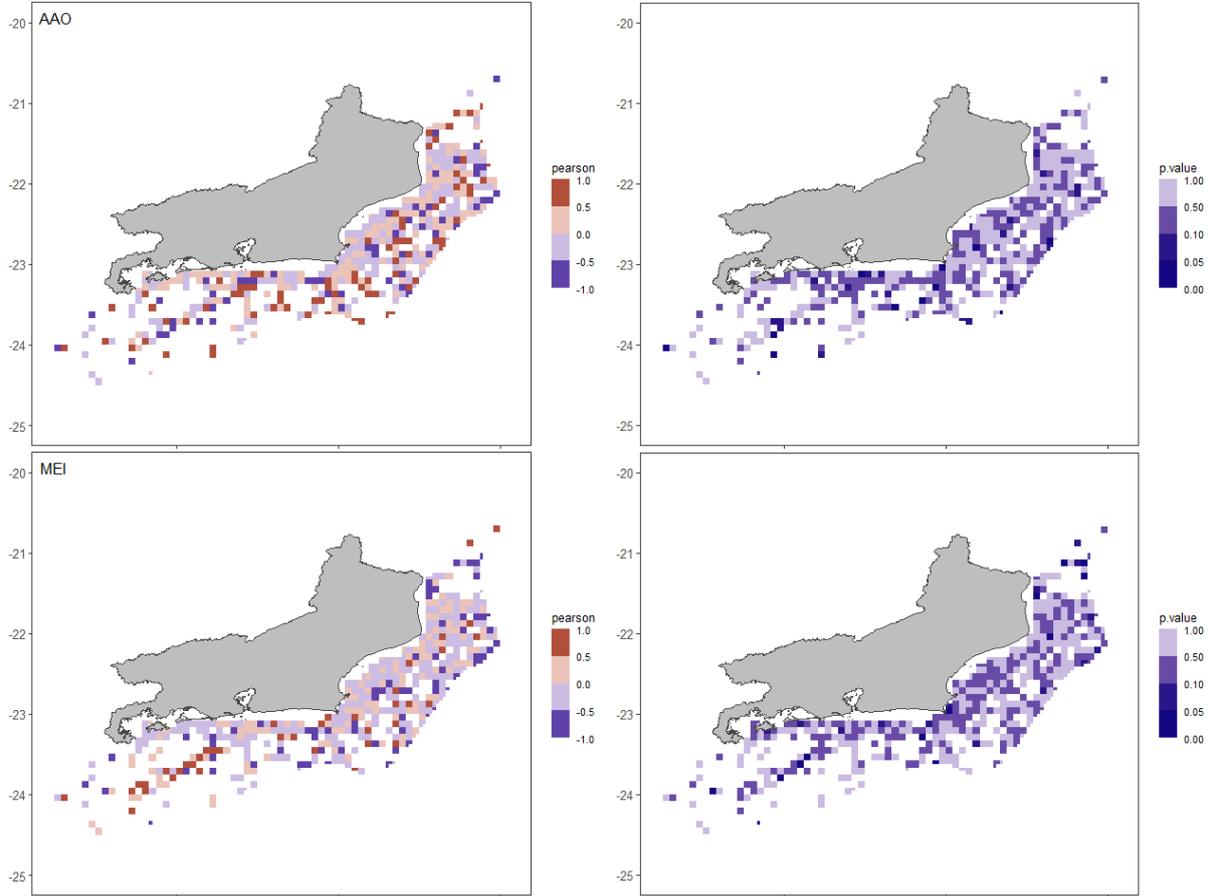


Figura 70: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo DBP e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI.



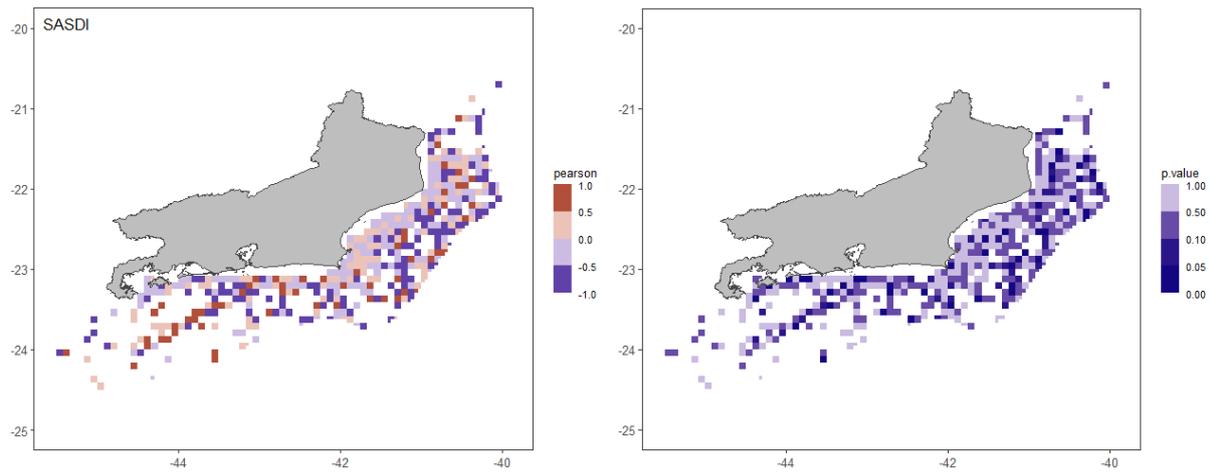
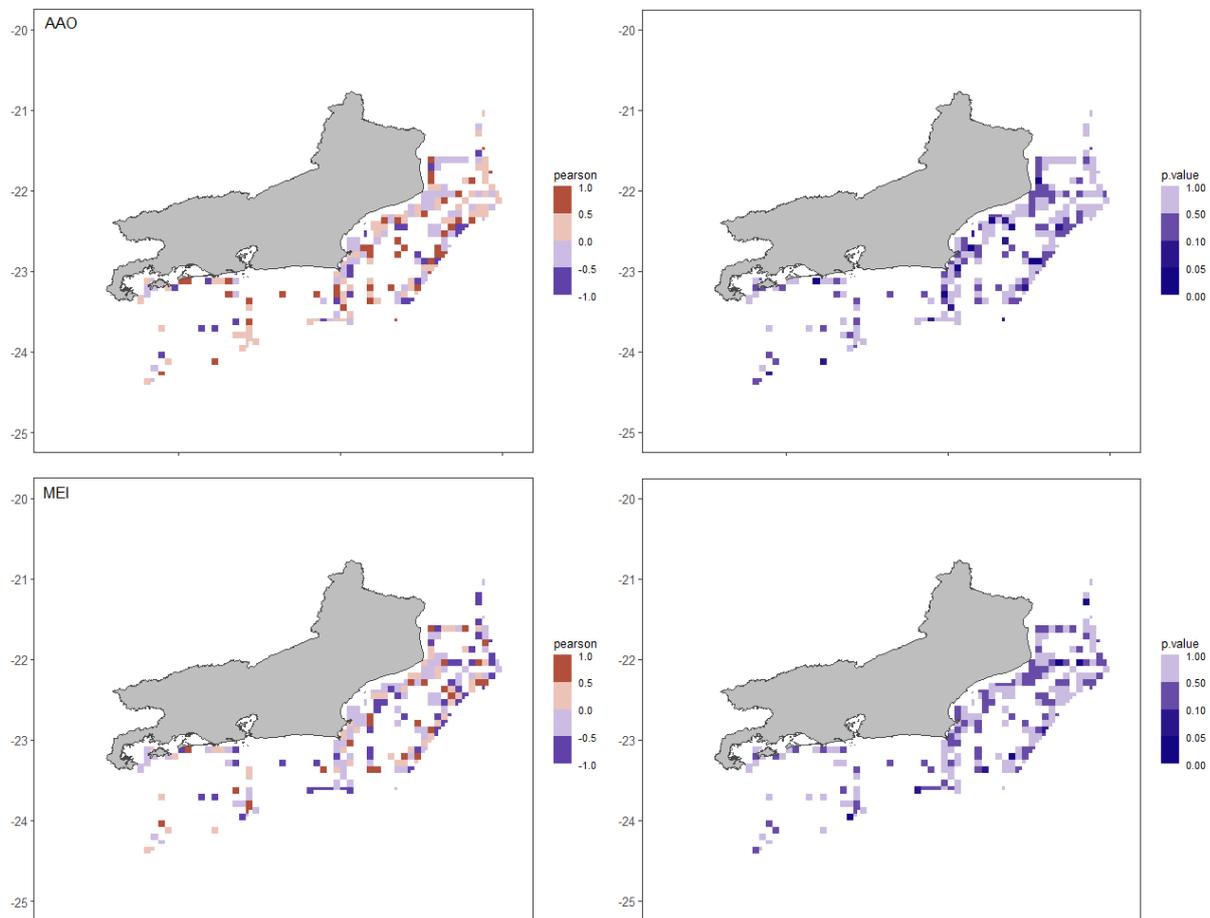


Figura 71: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo PP e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI.



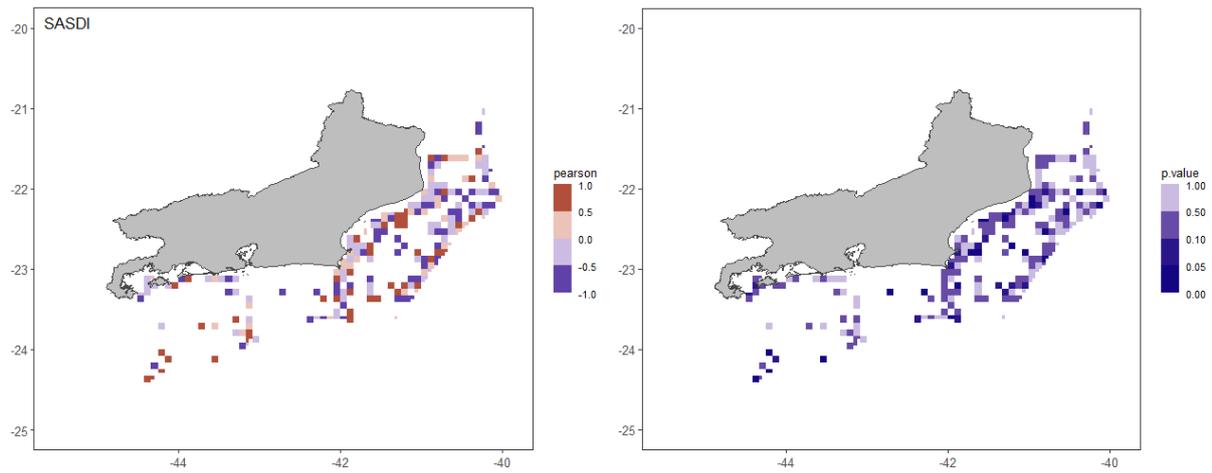


Figura 72: Mapas de correlação, coeficiente de Pearson (esquerda) e p-valor (direita), entre o grupo PO e os índices climáticos: AAO, MEI e SASDI.

*Anexo VII – Mapas de p-valor da correlação entre grupos de habitats e variáveis ambientais*

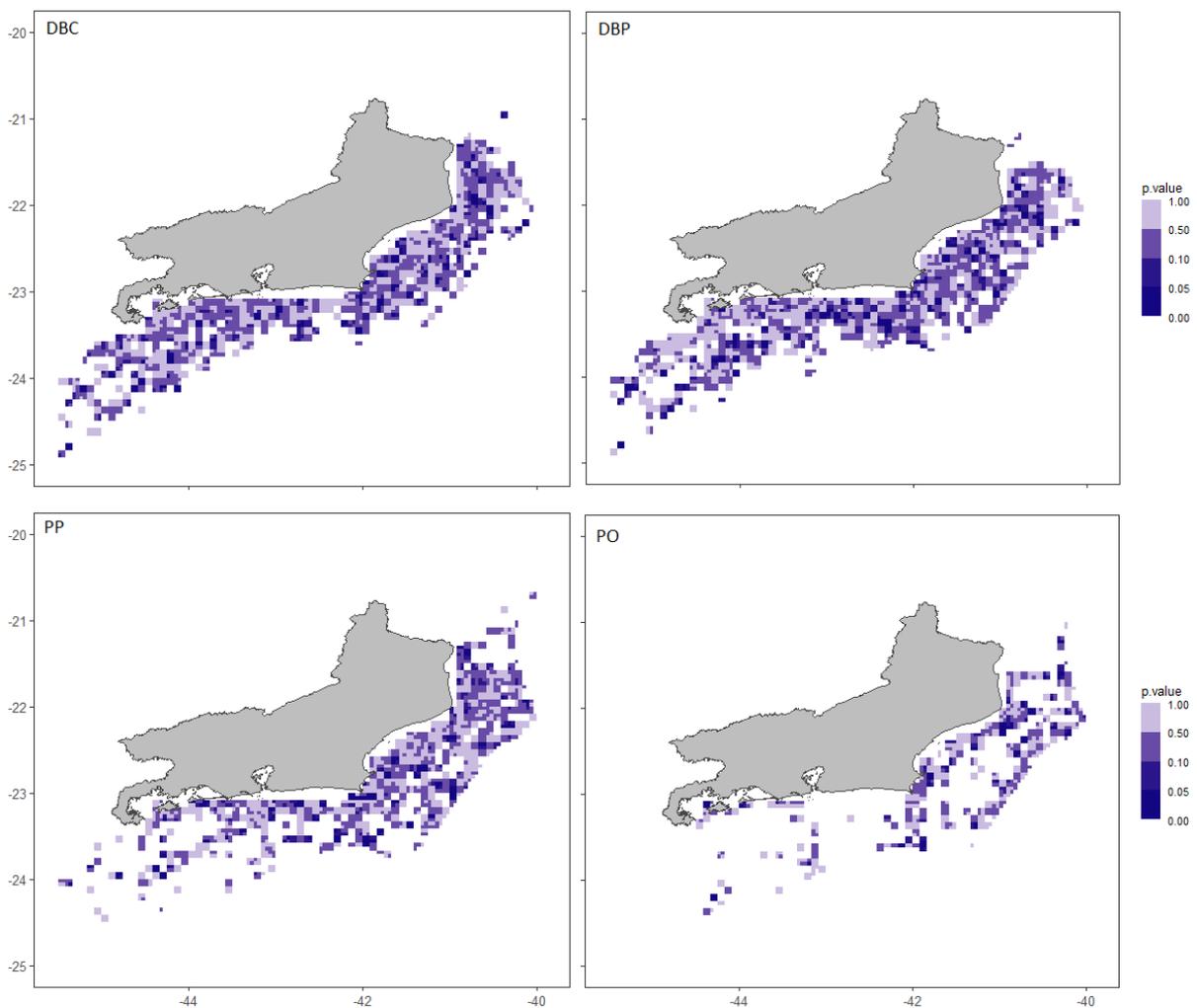


Figura 73: Mapas de correlação p-valor entre o grupos de habitats e CI-a.

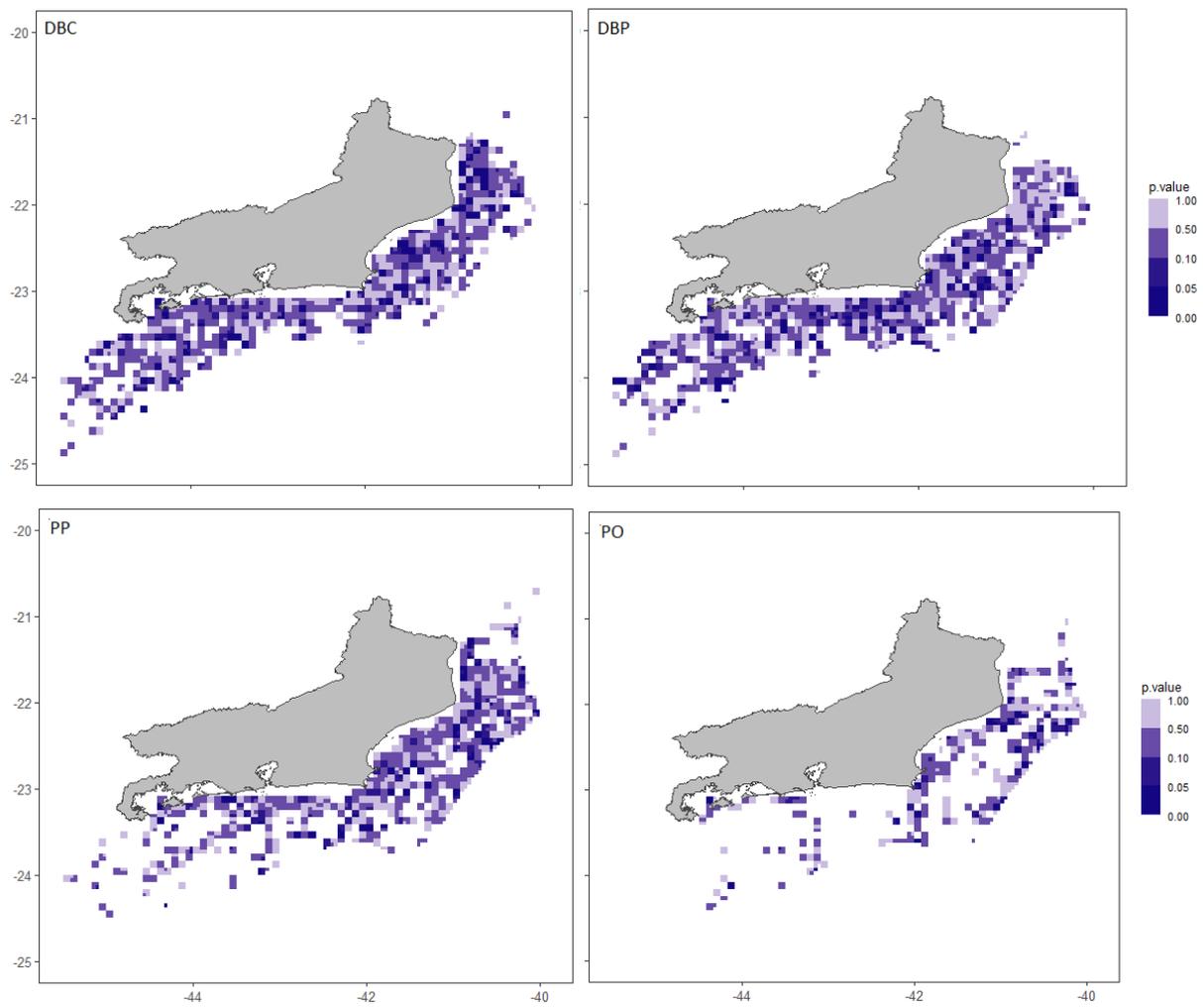


Figura 74: Mapas de correlação p-valor entre o grupos de habitats e TSM.