

**SHRIMP\_NEN**

**Rede cooperativa multidisciplinar para subsidiar o manejo da pesca dos estoques de camarões da região Norte e Nordeste do Brasil com foco ecossistêmico**

**Chamada MCTI/MPA/CNPq N° 22/2015: Ordenamento da Pesca Marinha Brasileira**

**Linha temática III: Camarões da Costa Norte/Nordeste (N/NE)**

**RELATÓRIO FINAL**

**Coordenação:** Victoria Judith Isaac Nahum

Universidade Federal do Pará

**Vice-Coordenação:** Flavia Lucena Frédou

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Novembro, 2022

## **DADOS GERAIS DO PROJETO**

Processo CNPq: Processo: 445766/2015-8

Instituição executora: Universidade Federal do Pará

Coordenação Geral: Dra. Victoria J. Isaac Nahum

Vice-Coordenação: Dra. Flávia Lucena Frédou

Período do relatório – Janeiro de 2018 até Outubro de 2022

## **OBJETIVO GERAL DO PROJETO**

Promover estudos multidisciplinares que subsidiem os tomadores de decisão sobre possíveis formas da gestão pesqueira e da conservação dos estoques de camarões nas regiões N e NE do Brasil, permitindo a proposição de medidas que contemplam as características ambientais, econômicas, e socioculturais de cada região, delimitando cenários que considerem impactos regionais e globais, em longo prazo.

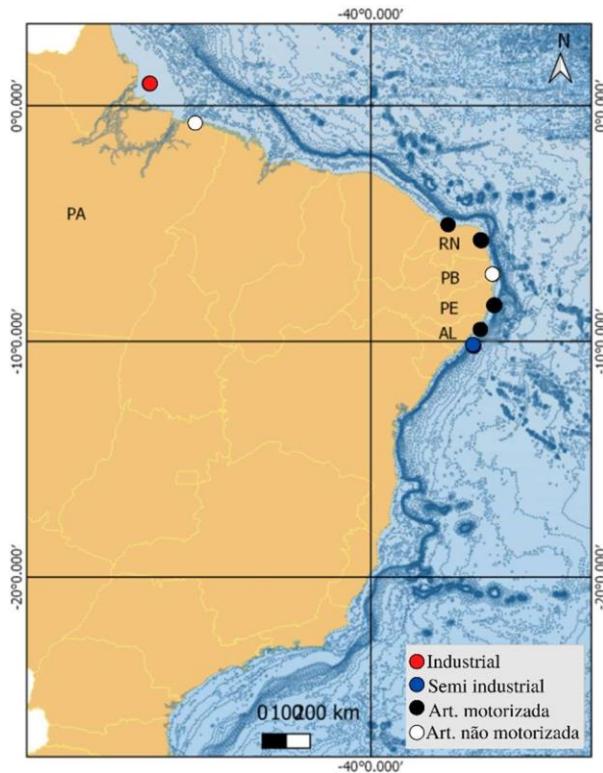
## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Realizar estudos sobre biologia e ecologia das populações de camarões e da fauna acompanhante da pesca artesanal e industrial, incluindo informações sobre reprodução, recrutamento, crescimento somático e mortalidade.
- 2) Realizar a avaliação do estado de exploração dos principais estoques alvos da pesca artesanal e industrial.
- 3) Realizar estudos com abordagens ecossistêmicas para o manejo e gestão dos recursos camaroeiros, incluindo modelos de fluxos de energia, análise de risco e modelos para mudanças climáticas globais.
- 4) Realizar estudos econômicos que permitam considerações sobre a sustentabilidade da atividade pesqueira de camarões e da cadeia produtiva.
- 5) Realizar estimativas dos índices de captura de espécies não desejadas na pesca de camarões, índices de biodiversidade e estrutura das assembleias bióticas capturadas na fauna acompanhante, bem como viabilidade, eficiência e impactos do uso de dispositivos para evitá-la.

- 6) Realizar estudos sobre a qualidade e quantidade do conhecimento tradicional de pescadores de camarões e da percepção territorial dos recursos e usuários como base para a gestão participativa.
- 7) Realizar estudos sobre formas de gestão da pesca e a eficiência das medidas de manejo, buscando sugestões e alternativas.
- 8) Realizar comparações entre os sistemas de pesca de camarões do N e do NE para tecer proposições sobre possíveis medidas de manejo e gestão dos recursos do N e NE do Brasil.
- 9) Emitir recomendações que possam ser utilizadas pelos gestores e tomadores de decisão a fim de promover a adoção de políticas de gestão, ordenamento e monitoramento sustentáveis para os estoques de camarões e a sua fauna associada.
- 10) Promover a formação de uma rede de parcerias institucionais de caráter multidisciplinar para incentivar o intercâmbio do conhecimento científico e tecnológico sobre a pesca de camarões, assim como formar recursos humanos capacitados para contribuir com o manejo sustentável dos recursos e a conservação dos ecossistemas.

### ÁREA DE ESTUDO

A área contemplada pelo projeto abrange o litoral marinho das regiões do NE e do N do Brasil. Especificamente o projeto apresenta atividades nos estados de Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pará. Dentro destes estados se realizaram coletas em diversos municípios do litoral como por exemplo: Barra de Sirinhaém-PE, Pontal do Peba-AL, Jaraguá-AL, Baía Formosa-RN, Porto do Mangue-RN, Lucena-PB, Belém-PA e Bragança-PA (**Figura 1**).



**FIGURA 1:** ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO SHRIMP\_N\_NE E SUAS COMUNIDADES PESQUEIRAS NA COSTA DO BRASIL.

### ESTRUTURA DO PROJETO E ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O projeto foi dividido em eixos temáticos, a saber: Composição da captura, Parâmetros populacionais, Etno-ecologia, Avaliação de estoques, Enfoque ecossistêmico e cenários futuros (incluindo mudanças climáticas), Tecnologia pesqueira, Economia pesqueira, Eixo Transversal, Manejo, Banco de dados **Tabela 1**, abordados, neste relatório, na medida do possível, de uma maneira integrada entre os estados e regiões. A metodologia aplicada no projeto para os diversos eixos temáticos foi padronizada para ambas as regiões, N e NE, preservando as especificidades regionais e da frota pesqueira. Bases de dados foram construídas para que os dados possam ser compartilhados pelos pesquisadores e alunos da rede, com maior facilidade. Finalmente, os eixos foram sintetizados de forma a permitir uma visão integrada multidisciplinar com o objetivo de sugerir medidas de regulamentação para a pesca de camarão na área de estudo.

**TABELA 1 : CLASSIFICAÇÃO DOS EIXOS TEMÁTICOS PROJETO SHRIMP\_NNE.**

Eixo temático	Tópicos
<b>Biologia Populacional</b>	Diversidade; (camarões e fauna acompanhante). Reprodução; Alimentação; Migração; Conhecimento ecológico local
<b>Avaliação de Estoques</b>	Dinâmica populacional. Mortalidade Natural e por Pesca; Modelos.
<b>Interações ecossistêmicas</b>	Guildas tróficas, Modelos de fluxos de energia (Ecopath); Simulações de cenários (Ecosim); Análise de sensibilidade; Análise de risco;
<b>Economia Pesqueira</b>	Análise de custos e benefícios; Rentabilidade e lucros. Modelos.
<b>Tecnologia Pesqueira</b>	Dispositivos para evitar fauna acompanhante; Simulação de impactos;
<b>Manejo</b>	Arcabouço legal; Percepção dos pescadores; Manejo.
<b>Cenários futuros</b>	Modelos da pesca considerando mudanças climáticas e ambientais.

O relatório contém duas partes. Parte I descreve os resultados científicos obtidos no período de janeiro de 2018 a outubro de 2022. Parte II descreve a produção técnica e científica do projeto, bem como a sua contribuição na formação de recursos humanos.

# SUMÁRIO

PARTE I – RESULTADOS OBTIDOS .....	15
1. APRESENTAÇÃO – TIPOLOGIA DA FROTA DE CAMARÃO DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL E COLETA DE DADOS .....	15
1.1. Tipologia.....	15
1.2. Coleta de dados .....	16
2. EIXO BIOLOGIA POPULACIONAL.....	17
2.1. Composição das capturas. Proporção camarão: peixe: macrofauna .....	17
2.2. Composição das capturas de peixes no by-catch da pesca de camarões.....	18
2.3. Composição do bycatch - invertebrados.....	24
2.4. Alimentação dos camarões.....	27
2.5. Alimentação dos peixes.....	27
2.6. Reprodução dos camarões.....	29
2.7. Reprodução dos peixes .....	29
2.8. Migração ontogenética sazonal do camarão rosa e pesca na região amazônica .....	31
2.9. Bioecologia de camarões marinhos no conhecimento ecológico local (CEL) de pescadores artesanais no NE do Brasil.....	33
3. EIXO AVALIAÇÃO DE ESTOQUES .....	34
3.1. Parâmetros Populacionais dos Camarões e Avaliação de Estoques (Modelos analíticos).....	34
3.2. Avaliação de estoques de camarões (Modelos data poor).....	38
3.3. Dinâmica populacional de peixes .....	40
3.4. Avaliação de estoques de peixes .....	42
4. EIXO ECONOMIA PESQUEIRA .....	47
4.1. Avaliação econômica da pesca de camarão em diferentes escalas.....	47
4.2. Estrutura da cadeia produtiva e de valor da pesca do camarão na região N e NE .....	55
4.3. Modelagem da captura de camarões em função de indicadores macro-econômicos .....	56
5. EIXO TECNOLOGIA DE PESCA .....	60
6. EIXO INTERAÇÕES ECOSSISTÊMICA E CENÁRIOS FUTUROS .....	66
6.1. Análise de risco ecológico .....	66
6.1.1. SICA- Scale, Intensity and Consequence Analyses para a costa Norte .....	67
6.1.2. PSA - Productivity and Susceptibility Analyses para as regiões N e NE.....	68
6.2. Modelagem ecossistêmicas - Ecopath e Ecossim.....	74
6.2.1. Modelo ECOPATH estático.....	74
6.2.2. Modelo dinâmico ECOPATH com ECOSIM (EwE) .....	79

<b>6.3. Modelagem multivariada – influência de variáveis ambientais e climáticas .....</b>	86
<b>6.4. Modelos de adequabilidade de habitat – Norte e Nordeste .....</b>	93
7. EIXO MANEJO .....	100
8. EIXO TRANSVERSAL .....	106
<b>8.1. Banco de Dados.....</b>	106
<b>8.2. Divulgação.....</b>	106
9. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES .....	107
10. REFERÊNCIAS .....	110
<b>PARTE II – PRODUÇÃO E FORMAÇÃO DE RH.....</b>	122
11. FORMAÇÃO DE RH SHRIMPS (REGIÃO NORTE E NORDESTE) .....	122
<b>11.1. Doutorado .....</b>	122
<b>11.2. Mestrado .....</b>	124
<b>11.3. Graduação.....</b>	126
<b>11.4. Trabalho de Conclusão de Curso.....</b>	128
12. PRODUÇÃO CIENTÍFICA .....	129
<b>12.1. Livros.....</b>	129
<b>12.2. Artigos .....</b>	129
<b>12.3. Resumos em eventos.....</b>	134
13. PRÊMIOS.....	136
14. EVENTOS .....	136
<b>14.1. Realização de eventos.....</b>	136
<b>14.2. Participação em eventos.....</b>	137
15. REALIZAÇÃO DE CURSOS .....	138

## **Lista de Figuras**

Figura 1: Área de estudo do projeto Shrimp_N_Ne e suas comunidades pesqueiras na costa do brasil.....	4
Figura 2: Composição das capturas comerciais de camarões ( <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> , <i>Penaeus schimitti</i> <i>Penaeus subtilis</i> ), com peixes e macrofauna como bycatch.....	18
Figura 3: Indicadores de diversidade e da composição de espécies de peixes que compõem a fauna acompanhante da pesca de camarão nas localidades estudadas, com destaque para as espécies comuns e exclusivas em todas as localidade e espécies exclusivas por localidade.....	21
Figura 4: Componentes da diversidade taxonômica da ICTIOfauna acompanhante do arrasto do camarão marinho no Norte-Nordeste do Brasil.....	22
Figura 5: Componentes da diversidade funcional da ictiofauna acompanhante do arrasto do camarão marinho no Norte-Nordeste do Brasil.....	22
Figura 6: Participação relativa dos principais filos da macrofauna bentônica na fauna acompanhante da pesca de camarões marinhos nas costas do Pará, Pernambuco e Alagoas .....	25
Figura 7: Abundância dos principais filos da macrofauna bentônica nos sedimentos das áreas de pesca de camarões marinhos nas costas do Pará, Pernambuco e Alagoas .....	26
Figura 8: Proporção da dieta para os peixes capturados como fauna acompanhante na costa de Sirinhaém, nordeste do Brasil. O dendrograma, À esquerda, foi realizado através de análise hierárquica de cluster baseada na proporção da dieta dos predadores. As espécies são abreviadas como na Tabela 7.....	28
Figura 9: relação entre $\delta^{13}\text{C}$ (%) e $\delta^{15}\text{N}$ (%), valores (média $\pm$ DP) para fontes basais (círculos cinza) e consumidores (invertebrados e peixes) amostrados no litoral de Sirinhaém, nordeste do Brasil. O dendrograma no canto direito do Aglomerado Hierárquico (AHC) para 27 consumidores representa os grupos tróficos indicados por cores, onde cada nó representa uma espécie individual .....	28
Figura 10: Proporção de estágios maturacionais por período amostral para fêmeas do camarão sete barbas ( <i>X. kroyerii</i> ). A- Imaturo, B- Em Maturação, C- Maturo e D- Desovado. AL: Alagoas; PB: Paraíba, PE: Pernambuco .....	30
Figura 11: Proporção de estágios maturacionais por período amostral para fêmeas do camarão branco ( <i>P. schimitti</i> ). A- Imaturo, B- Em Maturação, C- Maturo e D- Desovado. AL: Alagoas, PB: Paraíba, PE: Pernambuco .....	30
Figura 12: Proporção de estágios maturacionais por período amostral para fêmeas do camarão Rosa ( <i>Penaeus subtilis</i> ). A- Imaturo, B- Em Maturação, C- Maturo e D- Desovado. PE: Pernambuco .....	30
Figura 13 : Plataforma continental da Amazônia, norte do Brasil e os principais pesqueiros da frota industrial .....	31
Figura 14: Diagrama do padrão de migração ontogenética do camarão rosa na plataforma continental da Amazônia. FG = área de pesca; X= comprimento total médio por área .....	32
Figura 15: A plataforma continental da Amazônia, no norte do Brasil, destacada em verde a área originalmente proposta de exclusão de pesca e em vermelho a nova área ampliada de proibição de captura com os principais pesqueiros .....	33
Figura 16: Parâmetros populacionais e mortalidade para as espécies <i>Penaeus subtilis</i> (rosa), <i>Penaeus schimitti</i> (cinza) e <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (verde) nos estados do Pará (PA), Rio Grande do Norte (RN),	

Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Alagoas (AL). Notas: Comprimento da carapaça assimptótico ( $CC_{\infty}$ ; mm) e coeficiente de crescimento ( $K$ ano $^{-1}$ ); comprimento da primeira maturidade sexual ( $C_{50}$ ; mm); Mortalidade natural ( $M$ ; ano $^{-1}$ ); mortalidade pesqueira ( $F$ ; ano $^{-1}$ ), comprimento da carapaça de primeira captura ( $CC_c$ ; mm) .....	37
Figura 17: Rendimentos Máximos Sustentáveis ( <i>Maximum Sustainable Yield- MSY</i> ) calculados para os estoques dos camarões rosa (P), branco (W) e sete-barbas (S) para as regiões Norte (N) e Nordeste (NE) representados pela linha tracejada. Os intervalos que contém 95% das estimativas são representados nas cores vermelha, branca e verde para os camarões rosa, branco e sete-barbas respectivamente .....	39
Figura 18: Estimativas de $L_{\infty}$ , $K$ , e $L_{50}$ das principais espécies capturadas como fauna acompanhante na pesca de camarão do norte e nordeste do Brasil .....	42
Figura 19: Frequência de tamanhos da captura da fauna acompanhante de peixes capturada pela pesca de arrasto de camarão no Norte (PA) e Nordeste (AL, PE, PB, RN) em relação aos parâmetros populacionais de $L_{50}$ e $L_{\infty}$ .....	44
Figura 20: Variação de preço médio/kg de comercialização das espécies de camarões capturadas na costa Norte e Nordeste .....	50
Figura 21: Cadeia produtiva da pesca de arrasto de camarões realizada pela frota camaroera Norte e Nordeste, demonstrando principais segmentos e fluxos de comercialização. Legenda: Laranja: Pontal do Peba-AL (Semi-industrial); Verde: Barra de Sirinhaém-PE (Pequena escala); Amarelo: Baía Formosa-RN (Pequena escala); Vermelho: Bragança-PA (Artesanal); Preto: Belém-PA (Pesca industrial).....	56
Figura 22: Resultados do modelo GAM sobre os impactos de cada fator macroeconômico no esforço de captura de <i>P. subtilis</i> : a) PIB <sub>EUA</sub> ; b) preço do diesel; c) PIB <sub>Japão</sub> ; d) PIB <sub>Brasil</sub> ; e) tempo. As áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança de 95%. As curvas sólidas mostram as funções GAM ajustadas. As % de explicação de cada variável estão indicadas no canto superior esquerdo .....	58
Figura 23: Resultados do modelo GAM sobre os impactos de cada fator macroeconômico no esforço de captura de <i>P. subtilis</i> : a) PIB <sub>EUA</sub> ; b) tempo; c) taxa de câmbio; d) PIB <sub>Japão</sub> ; e) PIB <sub>França</sub> . As áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança de 95%. As curvas sólidas mostram as funções GAM ajustadas. As % de explicação de cada variável estão indicadas no canto superior esquerdo .....	59
Figura 24 : Resumo metodológico e dos resultados alcançados com os testes de dispositivos redutores de <i>bycatch</i> das pescarias artesanais (Nordeste) e industrial (Norte) realizadas entre 2018 a 2022 no âmbito do projeto SHIMPS_NEN e REBYC (Nordeste) .....	65
Figura 25: Resumo dos resultados obtidos para o <i>bycatch</i> com os testes de dispositivos redutores de <i>bycatch</i> das pescarias artesanais (Nordeste) e industrial (Norte) realizadas entre 2018 a 2022, no âmbito do projeto SHIMPS_NEN e REBYC (Nordeste) .....	65
Figura 26: Frequência de ocorrência de grupos taxonômicos presentes no arrasto industrial de camarão ou que tem algum tipo de interação com as pescarias na plataforma continental amazônica .....	68
Figura 27: Valores de produtividade (P), suscetibilidade (S) e vulnerabilidade (v) das espécies capturadas pela pesca de arrasto pelo fundo nas regiões norte e nordeste. A escala de cores representa os valores mais baixos v (azul) e mais altos v (vermelho). As linhas para cada ponto mostram o desvio padrão obtido das simulações de incerteza (1.000 repetições) .....	73
Figura 28: Exemplo de estrutura da rede trófica do modelo Ecopath de Barra do Sirinhaém (SIR). As linhas cinzas representam os caminhos tróficos e as linhas laranja, vermelha e azul são espécies capturadas por cada tipo de frota. B representa a biomassa em t.km $^{-2}$ de cada componente .....	76

Figura 29: Visão geral dos altos níveis tróficos e grupos/ espécies chave encontrados pelos modelos Ecopath desenvolvidos para cada região de estudo: <i>i</i> - Belém – PA (PA); <i>ii</i> - Porto do Mangue – RN (PM); <i>iii</i> - Baia Formosa – RN (BF); <i>iv</i> - Sirinhaém (SIR) e <i>iv</i> - Peba – AL (PEB). Os valores de nível trófico correspondente a cada componente podem ser acessados na Tabela 26.....	77
Figura 30: Análise de componentes principais ( <i>Principal Component Analysis - PCA</i> ) dos indicadores ecológicos para os modelos das cinco regiões estudadas. As cores distintas representam diferentes agrupamentos. Ver Tabela 27 para detalhes dos acrônimos.....	79
Figura 31: Comparação entre as estimativas de desembarques prevista no modelo Ecosim e os dados de desembarques oficiais e diários de bordo (1988-2014) no modelo de Barra do Sirinhaém Ecopath, PE, nordeste do Brasil.....	81
Figura 32: Média da variação de indicadores de biomassa e captura obtidos nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do PA. As cores representam a variação positiva (Verde) e negativa (Vermelho) entre o baseline e os cenários .....	82
Figura 33: Média da variação de indicadores de biomassa e captura obtidos nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do SIR. As cores representam a variação positiva (Verde) e negativa (Vermelho) entre o baseline e os cenários .....	82
Figura 34: Média da variação de indicadores de biomassa e captura obtidos nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do PEB. As cores representam a variação positiva (Verde) e negativa (Vermelho) entre o baseline e os cenários .....	83
Figura 35: Média da variação de indicadores de biomassa e captura obtidos nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do BF. As cores representam a variação positiva (Verde) e negativa (Vermelho) entre o baseline e os cenários .....	83
Figura 36: Média da variação de indicadores de biomassa e captura das espécies de camarão alvo obtidos nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do SIR. As cores representam a variação positiva (azul) e negativa (vermelho) entre o baseline e os cenários .....	84
Figura 37: Variação da biomassa das espécies <i>Bagre</i> spp, <i>Trichiurus lepturus</i> e <i>Macrodon ancylodon</i> simulada nos diferentes cenários de manejo da pesca simulados até 2050 para o modelo do PA .....	85
Figura 38: Séries temporais da captura (A), esforço (B) e CPUE (C) da frota industrial de arrasto de camarão do Norte do Brasil. linha em azul representa modelo nulo, e em verde o modelo em regime shift. as linhas tracejadas marcam os pontos de mudança de regime e as marcas vermelhas os intervalos de confiança de 95% .....	87
Figura 39: Resultados da análise de ondoletas cruzadas de coerência. observam-se as relações entre a CPUE de <i>P. subtilis</i> e as variáveis climáticas e escoamento do rio amazonas. A coloração mais avermelhada representa maior correlação. Os contornos em preto representam os sinais coerentes significativos considerando o intervalo de confiança de 95%. As setas mostram as defasagens entre as variáveis e o sentido da relação (inversa ou direta) .....	89
Figura 40. Relações entre a captura e as variáveis hidrológicas e climáticas através de modelo GAM e percentagem de explicação de cada variável .....	90
Figura 41. Relações entre a CPUE e as variáveis hidrológicas e climáticas através de modelo GAM e percentagem de explicação de cada variável .....	91

Figura 42: Simulação da captura entre 2010 e 2020 com base no modelo multivariado GAM, e mantendo o esforço atual .....	92
Figura 43: Simulação da CPUE entre 2010 e 2050 com base no modelo multivariado GAM, para os dois cenários de mudanças climáticas, 4.5 e 8.5 .....	92
Figura 44- Simulações dos efeitos na captura do aumento e diminuição do esforço entre 2011 e 2018, em 25%, 50% e 75% .....	93
Figura 45: Adequabilidade de habitat atual e futura predita para <i>P. schmitti</i> sob o cenário RCP ( <i>Representative Concentration Pathway</i> ) 4.5 (a) Adequabilidade de habitat predita para o tempo atual, (b) Adequabilidade de habitat predita em 2050 (médio prazo), (c) Adequabilidade de habitat predita em 2100 (longo prazo). Cores representam classes de adequabilidade.....	96
Figura 46: Adequabilidade de habitat atual e futura predita para <i>P. subtilis</i> sob o cenário RCP ( <i>Representative Concentration Pathway</i> ) 4.5 (a) Adequabilidade de habitat predita para o tempo atual, (b) Adequabilidade de habitat predita em 2050 (médio prazo), (c) Adequabilidade de habitat predita em 2100 (longo prazo). Cores representam classes de adequabilidade.....	97
Figura 47: Adequabilidade de habitat atual e futura predita para <i>X. kroyeri</i> sob o cenário RCP ( <i>Representative Concentration Pathway</i> ) 4.5 (a) Adequabilidade de habitat predita para o tempo atual, (b) Adequabilidade de habitat predita em 2050 (médio prazo), (c) Adequabilidade de habitat predita em 2100 (longo prazo). Cores representam classes de adequabilidade.....	98
Figura 48: Adequabilidade de habitat atual e futura predita para <i>P. brasiliensis</i> sob o cenário RCP ( <i>Representative Concentration Pathway</i> ) 4.5 (a) Adequabilidade de habitat predita para o tempo atual, (b) Adequabilidade de habitat predita em 2050 (médio prazo), (c) Adequabilidade de habitat predita em 2100 (longo prazo). Cores representam classes de adequabilidade.....	99
Figura 49: Adequabilidade de habitat atual e futura predita para <i>P. isabelae</i> sob o cenário RCP ( <i>Representative Concentration Pathway</i> ) 4.5 (a) Adequabilidade de habitat predita para o tempo atual, (b) Adequabilidade de habitat predita em 2050 (médio prazo), (c) Adequabilidade de habitat predita em 2100 (longo prazo). Cores representam classes de adequabilidade.....	100
Figura 50. Representação dos períodos de reprodução e recrutamento das três espécies de camarões mais capturadas pelas frotas do Norte e Nordeste e a dos períodos de defeso instituídos pela legislação normativa vigente (em cor laranja) .....	102
Figura 51: Template do site do projeto shrimp ne_n. acesso através do enderço: <a href="https://shrimpproject.wixsite.com/shrimppnen">https://shrimpproject.wixsite.com/shrimppnen</a> .....	107
Figura 52: Curso Aplicação do R para Dinâmica de Populações.....	138
Figura 53: Curso de avaliação de estoques .....	139

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 : CLASSIFICAÇÃO DOS EIXOS TEMÁTICOS PROJETO SHRIMP_NNE.....	5
Tabela 2: Classificação dos sistemas de pesca em diferentes escalas de acordo com a técnica de captura empregada em cada localidade, destacando as espécies alvo.....	16
Tabela 3: Lista das espécies e peixes por área de coleta. link .....	20
Tabela 4: Indicadores das dimensões da biodiversidade taxonômica e funcional, size-diversity e estado de ameaça segundo IUCN.....	24
Tabela 5: Biomassa dos principais filos da macrofauna bentônica na fauna acompanhante da pesca de camarões marinhos nas costas do Pará, Pernambuco e Alagoas. Link .....	25
Tabela 6: Características dos sedimentos coletados nos pesqueiros de Sirinhaém/PE. Link: <a href="https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7dhR6LtaVbtLDPRJA?e=mhjZhS">https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7dhR6LtaVbtLDPRJA?e=mhjZhS</a> .....	26
Tabela 7: Guilda trófica das principais espécies de peixes. Link: <a href="https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFiy5q9NJvGPgO7zco?e=YZL53J">https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFiy5q9NJvGPgO7zco?e=YZL53J</a> .....	27
Tabela 8: Período de reprodução das espécies de peixes que compõem a fauna acompanhante de camarão classificadas como sensíveis na costa norte e nordeste do Brasil por estarem classificadas como de alto risco da psa (ver item) ou em risco d. Link .....	31
Tabela 9: Mortalidade por pesca (F; ano <sup>-1</sup> ); mortalidade total (Z; ano <sup>-1</sup> ); taxa de exploração (E) e rendimento máximo sustentável (EMSY) para as espécies <i>Penaeus subtilis</i> , <i>Penaeus schmitti</i> e <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> das regiões norte e nordeste do brasil.....	37
Tabela 10: Resultados da avaliação de estoque realizado CMSY, destacando as referências biológicas da mortalidade por pesca no Rendimento Máximo Sustentável- RMS ( <i>Máximum Sustainable Yield - MSY</i> ) (F/Fmsy) e da biomassa no rendimento máximo (B/Bmsy) nos últimos anos das séries (2011 e 2021) para os camarões da costa Norte e Nordeste. células em amarelo representam estoque "em equilíbrio". Outras cores (branco e cinza) representam estoques “saudáveis”. duas últimas linhas representam a avaliação executada de forma multiespecífica .....	41
Tabela 11: Síntese dos parâmetros populacionais das principais espécies de peixes da fauna acompanhante dos camarões da costa norte e nordeste do brasil. Link .....	41
Tabela 12: Índice de importância relativa (IRI) e as referências do status de exploração para cada estoque das principais espécies capturadas na fauna acompanhante da pesca de camarões na costa norte e nordeste do brasil. Nota: Em cinza = sem informação requerida para rodar o modelo; SPR último ano $\geq 0.2$ = azul ou acima da taxa de recrutamento mínima; SPR último ano $<0.2$ = vermelho ou abaixo da taxa de recrutamento mínima; B/Bmsy $\geq 1$ = verde ou saudável; B/Bmsy 0,5 – 1,0 = amarelo ou totalmente explorado; B/Bmsy $<0,5$ sobre explorado; F/Fmsy $\geq 1$ = verde ou saudável; F/Fmsy $<1$ = amarelo ou sobre pescado;. * = espécies consideradas de importância socioeconômica .....	46
Tabela 13: Síntese das pescarias de camarões avaliadas na costa norte e nordeste do Brasil .....	48

Tabela 14: Características gerais da pesca artesanal semi-industrial e industrial dos camarões marinhos das regiões N e NE do Brasil .....	49
Tabela 15: Custos variáveis anuais (R\$) da frota da pesca de arrasto de camarão da região nordeste e norte do Brasil .....	51
Tabela 16: Custos fixos totais (R\$/ano) das frotas da pesca de arrasto de camarão nas regiões nordeste e norte do Brasil .....	52
Tabela 17: Receitas e indicadores econômicos anuais para as pescarias de camarão na costa Nordeste e Norte do Brasil .....	53
Tabela 19: Custos, produção total e valor desembarcado para toda a frota, por pesca de arrasto de camarão operando na costa nordeste do Brasil, por segmento da cadeia de valor. (Semi-industrial = Pontal do Peba; Pequena escala 1 = Barra de Sirinhaém; Pequena -escala 2 = Baía Formosa) .....	54
Tabela 20: Significância aproximada dos termos suavizados do modelo do esforço em função das variáveis macroeconômicas.....	57
Tabela 21- Significância aproximada dos termos suavizados do modelo do esforço em função das variáveis macroeconômicas, considerando o desconto de 25% no preço do óleo diesel, a partir de 1997	59
Tabela 18: Cenário econômico com a inclusão do uso do BRD no barco (cenário com economia de 10% no consumo de combustível e redução de 10% da receita) e subvenção de 25% no custo de óleo diesel	63
Tabela 22: Sinopse de resultados obtidos pelo eixo “Tecnologia” do projeto SHRIMPS_NEN entre os anos de 2018 e 2022.....	64
Tabela 23: Atributos de produtividade e suscetibilidade utilizados para determinar a vulnerabilidade das espécies capturadas pela pesca de arrasto de fundo nas regiões Norte e Nordeste .....	70
Tabela 24: Espécies selecionadas por região, localidade e <i>metiês</i> de pesca classificadas de acordo o grau de risco .....	71
Tabela 25: Rank das espécies classificadas como e altamente vulneráveis a pesca de arrasto de fundo nas regiões norte e nordeste, sua classificação com base na Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) e valores de vulnerabilidade. *espécies chaves de acordo com os modelos ecopath; a avaliação de estoques foi realizada para as espécies em negrito.....	72
Tabela 26: Grupos de espécies considerados para estimar o modelo de fluxo de biomassa ECOPATH. Link: <a href="https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZs4gqFCwtxRdB-F3w?e=T2Rg2L">https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZs4gqFCwtxRdB-F3w?e=T2Rg2L</a> .....	75
Tabela 27: Indicadores ecológicos obtidos para os modelos ecopath em cada localidade. Link: <a href="https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZs3-QXCbouTONndnQ?e=JPmbGf">https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZs3-QXCbouTONndnQ?e=JPmbGf</a> .....	78
Tabela 28: Informações sobre os dados usados para ajuste dos modelos ECOSIM para cada região avaliada. ANA: Agência Nacional de Águas.....	80
Tabela 29: Cenários de manejo pesqueiro simulados nos modelos ECOSIM do PA, PM, SIR e PEB .....	80

Tabela 30. Comparação dos cenários base (baseline – time series) com as simulações de cada cenário até 2050. As cores vermelhas indicam reduções e a verde aumentos. Link: <a href="https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZtHYP2oENZoZbJwtw?e=F1yVz9">https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZtHYP2oENZoZbJwtw?e=F1yVz9</a> .....	81
Tabela 31: Significância aproximada dos termos suavizados do modelo da captura em função das variáveis hidrológicas e climáticas .....	90
Tabela 32: Significância aproximada dos termos suavizados do modelo da CPUE em função das variáveis hidrológicas e climáticas .....	91
Tabela 33: Resumo das regras vigentes de ordenamento da pesca de camarões nas regiões norte e nordeste .....	104

## PARTE I – RESULTADOS OBTIDOS

### 1. APRESENTAÇÃO – TIPOLOGIA DA FROTA DE CAMARÃO DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL E COLETA DE DADOS

#### 1.1. Tipologia

A frota direcionada para a pesca de camarão nas regiões Norte e Nordeste do Brasil é diversa e as embarcações e modos de pesca foram classificadas conforme os critérios de Batista et al. (2014), que conjugam investimento técnico e tamanho das unidades de pesca, a longo de um gradiente que vai desde baixo investimento e unidades de pesca de pequeno porte até grandes investimentos e unidades industriais e grandes. Nesta forma de dividir e tipificar, que podemos denominar de classificação por “sistemas de produção pesqueira” ou *métiérs* (Parsa et al., 2020), as formas de pesca podem ser organizadas em um gradiente de tecnicidade, sendo as primeiras as frotas de Lucena (PB) e Bragança (PA), onde predominam os sistemas de pesca do arrasto de praia e puçá, ou seja uma frota com baixa tecnologia do aparelho de pesca, não motorizada, ou mesmo sem frota, e finalizando em Belém (PA), aonde predominam os barcos com um investimento tecnológico/financeiro alto, com embarcações de grande porte de caráter industrial. Entre os extremos e de forma ordenada temos as frotas de RN (Porto do Mangue e Baía Formosa), PE (Sirinhaém) e AL (Jaraguá e Pontal do Peba) (**Tabela 2**).

**TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PESCA EM DIFERENTES ESCALAS DE ACORDO COM A TÉCNICA DE CAPTURA EMPREGADA EM CADA LOCALIDADE, DESTACANDO AS ESPÉCIES ALVO.**

ÁREA	ESCALA	ARTE DE PESCA	BARCO	REDE	ESPÉCIES ALVO
PA	Industrial	Arrasto duplo com tangones	 ≈ 20m	◊ 20mm 22m	
PAB Bragança	Artesanal não motorizada	Picaré ou puça	 X	◊ 12mm 2,4m	 
RNP Porto do Mangue	Artesanal motorizada	Arrasto simples	 ≈ 9m	◊ 40mm 17m	  
RNB Bahia Formosa	Artesanal motorizada	Arrasto simples	 ≈ 9m	◊ 40mm 13m	  
PB	Artesanal não motorizada	Arrasto de praia	 X	◊ 20mm 120m	  
PE	Artesanal motorizada	Arrasto duplo	 ≈ 9m	◊ 30mm 10m	  
ALJ Jaraguá	Artesanal motorizada	Arrasto duplo com tangones	 5-12m	◊ 20mm 12m	 
ALP Peba	Semi-Industrial	Arrasto duplo com tangones	 7-20m	◊ 20mm 12m	 
 <i>Penaeus schmitti</i> (camarão branco)		 <i>Penaeus subtilis</i> (camarão Rosa)		 <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (camarão sete-barbas)	

## 1.2. Coleta de dados

Os dados obtidos no projeto provêm de fontes secundárias e primárias. As fontes secundárias se referem a dados obtidos em literatura (cinza e publicada), informações oficiais do governo e dados de projeto antigos que trataram da mesma temática do nosso projeto *Shrimp N-NE*. Os dados secundários foram agrupados com os dados primários coletados, conforme descrição a seguir.

A coleta de dados primários no Pará foi realizada em meados de 2019, por meio de acompanhamento de pescarias de arrasto de camarões na frota industrial e pela realização de um cruzeiro experimental científico. Os arrastos experimentais foram conduzidos a bordo de uma embarcação da frota industrial, para a captura de camarão rosa na costa Norte do Brasil. A embarcação possuía comprimento total de 20 metros, arqueação bruta de 82 t e potência do motor de 375 Hp, provida de tangones para realização do arrasto duplo. As redes de arrasto apresentavam comprimento de aproximadamente 17 m, com malha no ensacador de 22 mm entre nós. A abertura de rede era de 20 metros definida pela “batedeira”, corrente de aço ligada à extremidade anterior da base das portas. Em cada arrasto, no início e no término, foram registrados os

dados de operação de pesca: número do lance, data e coordenadas geográficas (latitude e longitude). A definição dos locais de arrasto ficou a cargo do mestre da embarcação e foram priorizados locais com maior produtividade da espécie alvo, sem qualquer interferência do coletor de dados embarcado. Foram feitas amostragens aleatórias dos espécimes capturados em cada rede e armazenado na câmara frigorífica da embarcação para posterior identificação até o menor nível taxonômico possível, em laboratório.

Considerando a região Nordeste, no Estado de Alagoas foram realizadas coletas experimentais bimensais da pesca de camarão entre maio de 2019 e janeiro de 2020 em pesqueiros explorados pelas duas principais frotas camaroeiras de arrasto motorizado de Alagoas (localidades de Pontal do Peba e Jaraguá). Dos 6 bimestres previstos para as coletas experimentais, foram realizadas apenas 5, sendo que a sexta programada para março – abril de 2020 foi suspensa devido ao cancelamento, por parte da UFAL, de todas as atividades de campo em função da pandemia do Corona Vírus. Na Paraíba, a coleta foi realizada mensalmente de dezembro de 2016 a novembro de 2017. Diferente dos outros sítios, foi utilizada uma rede de arrasto de praia medindo 120 m, similar àquela empregada para pesca comercial. Em Pernambuco foram realizadas coletas mensais durante um ano (2011 - 2012) e posteriormente coletas sazonais, em dezembro de 2018 e junho de 2019, período seco e chuvoso respectivamente, acompanhando a pesca comercial em Sirinhaém. Nesta localidade, a pesca do camarão é realizada através de portas (duplo), em embarcações medindo em média 9 metros. No Rio Grande do Norte, foram realizadas coletas mensais durante três anos (2013-2016) e coletas bimensais durante um ano (2017-2018) em Baía Formosa e Porto do Mangue, por meio de arrastos com barco artesanal motorizado. Cada arrasto teve duração de 20 minutos e as embarcações mediam, em média, 8 metros.

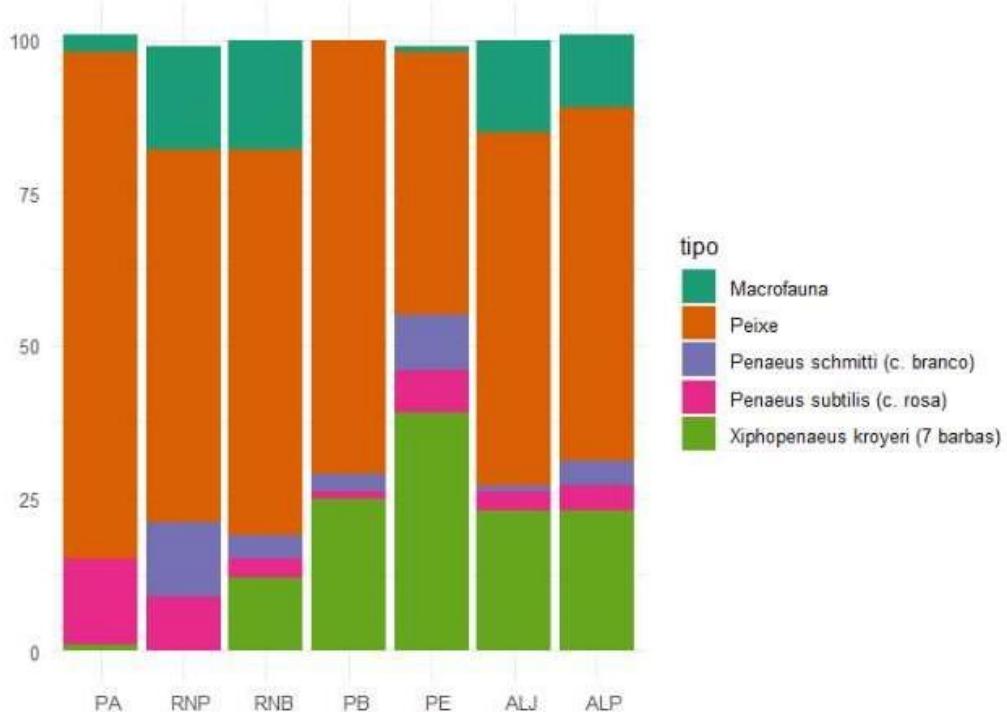
Amostras de macrofauna, foram retiradas dos arrastos de fundo e também foram realizadas amostras de sedimento com auxílio de uma draga tipo âncora (comprimento: 2 m, abertura: 20 cm, malha: 0,5 mm e capacidade: 10 l), em Pará, Alagoas e Pernambuco. Em cada sítio amostral (pesqueiro da pesca comercial) por ocasião da amostragem, foram realizados dois arrastos e tomadas quatro amostras de sedimentos (duas no início e fim de cada arrasto), totalizando 28 amostras de arrasto e 56 de sedimento em Pernambuco, 32 amostras de arrasto de fundo e 18 amostras de sedimentos no Pará e em Alagoas foram 36 arrastos de fundo e 72 amostras de draga no Pontal do Peba e 24 arrastos de fundo e 48 de draga em Jaraguá.

## **2. EIXO BIOLOGIA POPULACIONAL**

### **2.1. Composição das capturas. Proporção camarão: peixe: macrofauna**

No Pará, para cada quilo de camarão capturado, foram observados 5,55 kg de ictiofauna e 0,174 kg de macrofauna bentônica (1: 5,55: 0,174). Na região Nordeste, a menor proporção de captura de fauna

acompanhante e macrofauna foi observada em Pernambuco (1: 0,78: 0,025) e, no estado de Alagoas, no pesqueiro do Peba (1: 1,93: 0,4) e Jaraguá (1: 2,20: 0,58), respectivamente. No estado da Paraíba as coletas não contemplaram a captura de macrofauna, desta forma a proporção observada foi de 1 kg de camarão para 2,3 kg de ictiofauna (1:2,3). O estado do Rio Grande do Norte apresentou as maiores proporções de fauna acompanhante e macrofauna observadas na região Nordeste, em Porto do Mangue (1: 2,83: 0,79) e Bahia Formosa (1: 3,4: 0,98), respectivamente (**Figura 2**).



**FIGURA 2: COMPOSIÇÃO DAS CAPTURAS COMERCIAIS DE CAMARÕES (*XIPHOPENAEUS KROYERI*, *PENAEUS SCHIMMITI* *PENAEUS SUBTILIS*), COM PEIXES E MACROFAUNA COMO BYCATCH.**

## 2.2. Composição das capturas de peixes no by-catch da pesca de camarões

As assembleias pesqueiras da fauna acompanhante de peixes foram caracterizadas com base nos diferentes componentes da diversidade ( $\alpha$  – alfa e  $\beta$  – beta), considerando as duas dimensões distintas da diversidade (taxonomia e funcionalidade). Para análise taxonômica das amostras, estimamos os índices de diversidade de Shannon-Wiener, riqueza de Margalef e equitabilidade de Pielou (MAGURRAN, 1988). A composição de espécies de cada localidade de coleta foi comparada mediante análise de cluster, utilizando o índice de Bray Curtis e o método Ward de agrupamento. Diferenças significativas no pool de espécies foram testadas por uma análise de permutação multivariada (PERMANOVA). Para todas as estimativas foram utilizados os dados disponibilizados de cada localidade referente à cada espécie e sua abundância

(medida em CPUA-captura por unidade de área). A matriz de espécie/abundância foi padronizada pela porcentagem da abundância total do pool de espécies.

Para as análises funcionais, foram obtidos traços funcionais das espécies da literatura e na plataforma de dados Fishbase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)). Os traços selecionados consideram a eficiência natatória, capacidade do peixe se mover verticalmente em ambientes poucos hidrodinâmicos, captura de alimento, e história de vida (BEMVENUTI & FISCHER, 2010; POUILLY et al., 2003; SIBBING & NAGELKERKE, 2000; WATSON & BALON, 1984). Dessa forma, foram compilados para cada espécie seis traços funcionais: forma do corpo, forma da nadadeira caudal, razão-aspecto da nadadeira caudal, tipo de dentição, posição da boca, guilda trófica, tamanho máximo da espécie e vulnerabilidade. Como o conjunto de traços é misto (incorpora traços funcionais categóricos e contínuos), foi usada distância de Gower para estimar a diversidade funcional (PAVOINE et al., 2012; VILLÉGER et al., 2008). A partir da matriz de traços funcionais e da abundância foram estimados a riqueza funcional (FRic), a dispersão funcional (FDis) e a equitabilidade funcional (FEve), utilizando o pacote FD (LALIBERTÉ et al., 2015) no R.

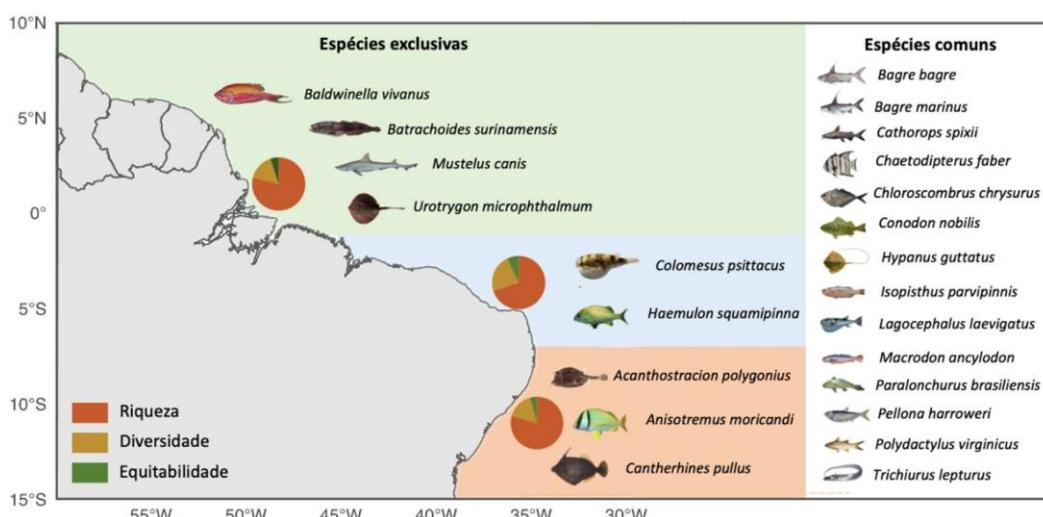
Os componentes da diversidade taxonômica e funcional foram estimados seguindo CARVALHO et al. (2020). Esta abordagem baseia-se no pressuposto de que a diversidade beta ( $\beta$ -total) resulta de dois processos distintos: a substituição de espécies ( $\beta$ -replacement) e as diferenças na riqueza de espécies entre locais ( $\beta$ -richness) (CARVALHO et al., 2012). Todos os cálculos foram processados com o pacote Vegan no software R. A diversidade de tamanho, ou *size diversity*, foi calculada segundo BRUCET et al., (2005) e QUINTANA et al., (2008), através da estimativa do parâmetro  $\mu$ , que toma como base o índice de Shannon de diversidade adaptado para uma variável contínua, como o tamanho do corpo. Sua interpretação é similar ao índice de diversidade, ou seja, um alto valor de  $\mu$  significa que existe uma grande amplitude (diversidade) de tamanhos na comunidade e que as proporções entre os diferentes tamanhos são mais ou menos similares, sem uma clara dominância. Um baixo valor de  $\mu$ , indica que há poucas classes de tamanho na comunidade e/ou que algumas delas dominam com grande abundância de indivíduos.

Foram coletados um total de 97.488 indivíduos, distribuídos em 209 espécies de peixes (**Tabela 3**). A similaridade na composição de espécies de peixes mostra um forte padrão espacial regional, sendo maior similaridade entre localidades mais próximas geograficamente. Por outro lado, o padrão de agrupamento espacial na composição das assembleias evidencia claramente três conjunto de espécies: o primeiro (PA) composto por espécies capturadas nos pesqueiros do estado do Pará; o segundo (RN) representando os pesqueiros de Rio Grande do Norte; e o terceiro (NE) constituído de pesqueiros dos estados de Paraíba, Pernambuco e Alagoas (**Figura 3**). Estes três conjuntos coincidem, aproximadamente, com o gradiente de escalas da frota pesqueira descrito na tipificação da pesca da sessão 1.1. A composição de espécies entre grupos foi diferente (PERMANOVA, pseudo-F=3.757, p=0.001), com espécies distintas contribuindo para

a dissimilaridade entre os grupos das 3 regiões. Por exemplo, em PA, espécies de grande porte, tais como os tubarões *Mustelus canis* e *Sphyraena lewini*, foram identificadas como responsáveis pela singularidade das capturas desta área. Deve-se destacar que dentro do grupo do PA, aproximadamente 5 % do total de espécies registradas estão categorizadas como “ameaçadas” segundo a lista da *International Union for Conservation of Nature-IUCN* (ex.: *Pseudobatos horkelii*, *Sphyraena lewini* e *Pseudobatos percellens*). No grupo de RN, *Pellona harroweri* e *Chloroscombrus chrysurus* foram as espécies que mais contribuíram para a distinta composição regional. No RN entre todas as espécies coletadas, também 5% estão classificadas como “ameaçadas” pela IUCN (ex.: *Urotrygon microphthalmum*, *Pseudobatos percellens* e *Cynoscion acoupa*). No grupo do NE, a grande abundância de representantes da família Scianidae, especialmente de *Larimus breviceps* e *Stellifer brasiliensis*, como também a ocorrência ocasional de espécies recifais, foi o que diferenciou esta região das outras. Neste grupo, o percentual de espécies ameaçadas é somente 1%, sendo destaque as espécies *Cynoscion acoupa*, *Aetobatus narinari* e *Pseudobatos percellens*. Estes resultados nos induzem levantar a hipótese de que a ocorrência destes três conjuntos de espécies, ao longo da costa do N e NE do Brasil, possa estar associada às condições biogeográficas impostas por mecanismos de “soft barrier”, que segundo BRIGGS & BOWEN (2013) e constituído pelo efeito das correntes marinhas que banham o Atlântico Sul Tropical e produzem condições diferentes em cada região, o que afeta a composição taxonômica das assembleias pesqueiras.

**TABELA 3: LISTA DAS ESPÉCIES E PEIXES POR ÁREA DE COLETA. LINK:**

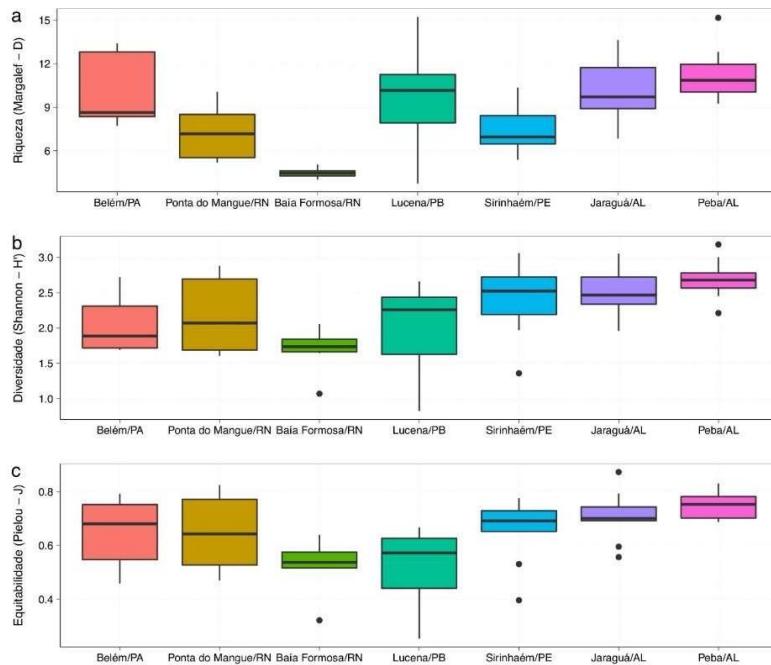
LINK: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1h-qsFTRbNHK8rojmFJ5OLrYzO57bQyEQpy874rnRHhc/edit?usp=sharing>



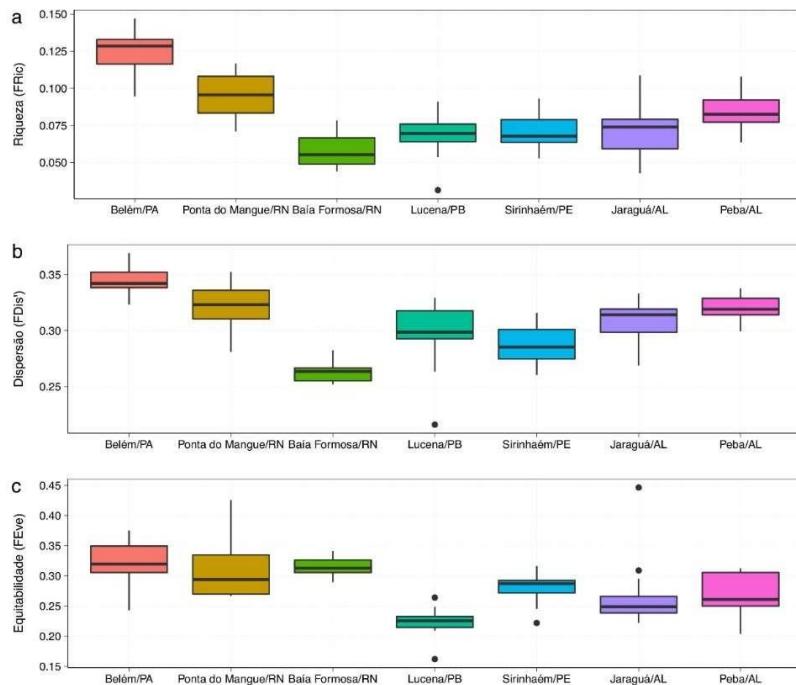
**FIGURA 3: INDICADORES DE DIVERSIDADE E DA COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES QUE COMPÕEM A FAUNA ACOMPANHANTE DA PESCA DE CAMARÃO NAS LOCALIDADES ESTUDAS, COM DESTAQUE PARA AS ESPÉCIES COMUNS E EXCLUSIVAS EM TODAS AS LOCALIDADES E ESPÉCIES EXCLUSIVAS POR LOCALIDADE.**

Os componentes da diversidade taxonômica e funcional variaram significativamente entre os locais estudados (ANOVA,  $p=0.001$ ), porém os padrões encontrados não foram convergentes (**Figura 4** e **Figura 5**). A riqueza e diversidade taxonômica da região NE foram maiores e similares (ANOVA,  $p>0.05$ ), quando comparada com os dos locais de PA e RN (**Figura 4**). Ou seja, não há diferenças significativas na diversidade taxonômica das assembleias explotadas ao longo da costa NE, sendo que os valores encontrados para os pesqueiros do Peba, cuja frota é caracterizada como semi-industrial, foram similares aos dos pesqueiros do Jaraguá e Sirinhaém, onde as capturas são realizadas de forma artesanal, indicando que, ao longo da costa NE, o tamanho e as características da frota podem não estar relacionados com os impactos causados pela pesca.

Já os maiores valores de diversidade funcional foram mais altos para o estado do Pará (**Figura 5**). Isto indica a presença de espécies com funcionalidade distinta, ou seja, as espécies explotadas tendem a apresentar conjuntos de traços tróficos e de ocupação de habitat mais diferenciados do resto das regiões de RN e NE, o que pode estar associado à autonomia da frota pesqueira industrial da região que realiza capturas em pesqueiros de maiores profundidades e mais distantes da costa, com a possibilidade de captura de espécies demersais de grande porte como o pargo (*Lutjanus purpureus*), o bagre (*Bagre bagre*) ou os tubarões (*Sphyrna lewini*). Isto permite postular que a captura accidental produzida pela frota industrial na plataforma amazônica tem maior potencial para desestruturar as cadeias de transferência de matéria e energia dessa região.



**FIGURA 4: COMPONENTES DA DIVERSIDADE TAXONÔMICA DA ICTIOFAUNA ACOMPANHANTE DO ARRASTO DO CAMARÃO MARINHO NO NORTE-NORDESTE DO BRASIL.**



**FIGURA 5: COMPONENTES DA DIVERSIDADE FUNCIONAL DA ICTIOFAUNA ACOMPANHANTE DO ARRASTO DO CAMARÃO MARINHO NO NORTE-NORDESTE DO BRASIL.**

Com relação aos padrões de diversidade em função da estrutura de tamanho dos indivíduos das comunidades, os maiores valores de *size-diversity* (**Tabela 4**) foram registrados para o Peba/AL ( $2,02 \pm 0,28$ ) e Lucena/PB ( $1,99 \pm 0,39$ ), seguidos por Belém/PA ( $1,78 \pm 0,26$ ) e Jaraguá/AL ( $1,73 \pm 0,18$ ), e com os menores valores registrados para Sirinhaém/PE ( $1,61 \pm 0,28$ ), Baia Formosa/RN ( $1,27 \pm 0,91$ ) e Porto do Mangue ( $0,91 \pm 1,07$ ). Tal resultado indica que em Peba/AL e em Lucena/PB existe uma alta diversidade de peixes de diferentes tamanhos compondo o *by-catch* do camarão marinho, com abundância bastante similar entre tamanhos, quando comparados com as outras localidades. Este padrão pode ser explicado pelas características da área de pesca. Por exemplo, em Lucena as capturas são realizadas em profundidades menores, com maior probabilidade de captura de juvenis, mas também de peixes de maior porte (predadores). No caso do Peba, a frota explora uma extensa área costeira de alta produtividade, que pode sustentar tanto áreas de criação como espécies e indivíduos de diferentes tamanhos. Os valores de *size diversity* do Pará decorrem também do fato da frota atuar na borda da plataforma continental, entre 40 e 60 m de profundidade, aonde os indivíduos da fauna acompanhante tem tamanhos médios e grandes, mas não pequenos. Já em Sirinhaém e Baia Formosa, é possível que ocorram a predominância de indivíduos com tamanhos menores. Em Sirinhaém a área de lama onde a pesca de camarão atual é considerada bem pequena ( $23 \text{ km}^2$ ), com maior ocorrência de indivíduos menores comparadas com as áreas adjacentes, formadas principalmente por areia e cascalho, onde predominam os peixes maiores, mas não tem muita captura. Em contrapartida, em Porto do Mangue/RN a pescaria é bem costeira não ultrapassando mais de 18m de profundidade. Adicionalmente, a área de pesca tem uma alta densidade de macroalgas, o que pode favorecer a maior presença de indivíduos de pequeno porte que utilizam as macroalgas como área de proteção contra predadores, favorecendo a sua captura pela pesca.

Os resultados obtidos neste componente indicam que o grau de tecnologia das frotas ou o tamanho das unidades de pesca nem sempre estão relacionados com os componentes da biodiversidade da fauna acompanhante de peixes, uma vez que na costa Nordeste há similaridades nos índices, mas há diferenças na frota. Ou seja, é possível que os resultados sejam uma resposta ao tipo de ambiente em que cada frota opera, combinado com o tipo de arte e estratégia de pesca. Portanto, pode se dizer, que estes resultados não correspondam diretamente com a disponibilidade de espécies e indivíduos no ambiente natural, mas são um reflexo da biodiversidade das assembleias capturadas pelas diferentes frotas de camarões.

Ao mesmo tempo, o número de espécies não responde ao padrão biogeográfico esperado, de aumento em direção ao Equador. Isto também pode ser atribuído a uma subestimação das riqueza de espécies relacionada a um baixo esforço amostral ou podem indicar também o efeito dos fatores ambientais locais, tais como profundidade, vazão do rio e extensão da pluma estuarina e tipo de sedimento onde

ocorrem as capturas, assim como as formas de pesca de cada localidade, o que decididamente deve influenciar sobre os padrões de biodiversidade observados.

**TABELA 4: INDICADORES DAS DIMENSÕES DA BIODIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL, SIZE-DIVERSITY E ESTADO DE AMEAÇA SEGUNDO IUCN.**

Indicador	Belém/PA	Ponta do Mangue/RN	Baía Formosa/RN	Lucena/PB	Sirinhaém/PE	Jaraguá/AL	Peba/AL
Riqueza (N)	63	54	48	120	93	82	87
Riqueza (Margalef)	10,09 ± 1,84	7,24 ± 2,01	4,46 ± 0,36	9,56 ± 3,18	7,35 ± 1,45	10,29 ± 2,05	11,11 ± 1,59
Diversidade (Shannon)	2,03 ± 0,40	2,18 ± 0,59	1,69 ± 0,33	1,96 ± 0,65	2,41 ± 045	2,49 ± 0,36	2,68 ± 0,25
Equitabilidade (Pielou)	0,65 ± 0,11	0,64 ± 0,14	0,52 ± 0,11	0,51 ± 0,14	0,66 ± 0,11	0,74 ± 0,08	0,71 ± 0,05
Size-Diversity	1,78 ± 0,26	0,91 ± 1,07	1,63 ± 0,58	1,99 ± 0,39	1,61 ± 0,28	1,73 ± 0,18	2,02 ± 0,28
Riqueza funcional (FRic)	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Dispersão funcional (FDIs)	0,34 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,29 ± 0,03	0,28 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,32 ± 0,01
Equitabilidade funcional (FEve)	0,32 ± 0,03	0,31 ± 0,06	0,31 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,06	0,26 ± 0,04
% Sp. Ameaçadas - IUCN	4,76%	1,85%	4,17%	1,92%	2,35%	1,51 %	1,11%

### 2.3. Composição do bycatch - invertebrados

Para as coletas dos estados de Pará, Pernambuco e Alagoas, a macrofauna do *bycatch* e a fauna bentônica dos sedimentos foi identificada ao menor nível taxonômico possível, e quando possível os indivíduos foram sexados, medidos e pesados. Para a descrição dos macroinvertebrados bentônicos do *bycatch*, da macrofauna bentônica dos fundos. A razão em peso fauna bentônica/camarões e a densidade da fauna bentônica foram comparadas entre estados, utilizando Análise de Variância de uma via (ANOVA) com os dados transformados por  $\log(x+1)$ .

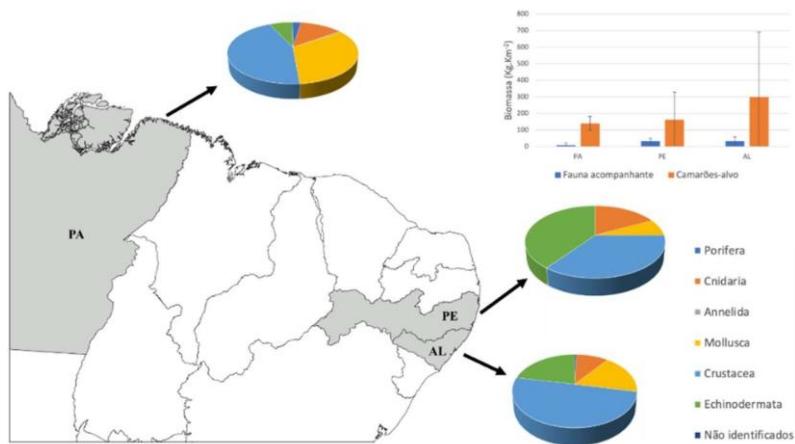
#### *Macroinvertebrados bentônicos do bycatch (Pará, Pernambuco e Alagoas)*

Foram registrados 127 táxons (PA: 68 táxons, PE: 48 táxons, AL: 27 táxons) da macrofauna bentônica, pertencentes aos filos Porifera, Echiura, Cnidaria, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Echinodermata (**Figura 6**). Arthropoda, particularmente Deacapoda, foi o filo dominante com 25 táxons, e representou em média 35,64% (PA: 14,2%, PE: 37,26%, AL: 49,22%) do total de indivíduos e 25,77% (PA: 14,92%, PE: 27,83%, AL: 46,02%) da biomassa total, seguidos dos Mollusca (31 táxons),

particularmente Gastropoda, representaram em média 25,77% do número total e 34,31% da biomassa total (**Tabela 5**). No Pará os táxons mais abundantes foram respectivamente *Renilla* spp. (Cnidaria: Anthozoa), Ophiuroidea indeterminado (Echinodermata) e um Gastropoda indeterminado (Mollusca). Em Pernambuco dominaram *Renilla* spp. (Cnidaria: Anthozoa), *Loliguncula brevis* (Mollusca: Cephalopoda), *Luidia senegalensis* (Echinodermata: Asteroidea) e *Callinectes sapidus* (Crustacea: Decapoda). Em Alagoas *Callinectes* sp. foi o táxon mais abundante, seguido de *Loliguncula brevis* e *Luidia senegalensis*.

**TABELA 5: BIOMASSA DOS PRINCIPAIS FILOS DA MACROFAUNA BENTÔNICA NA FAUNA ACOMPANHANTE DA PESCA DE CAMARÕES MARINHOS NAS COSTAS DO PARÁ, PERNAMBUCO E ALAGOAS. LINK:**

<https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7df9MIUrF7i68nEuA?e=02LyuS>

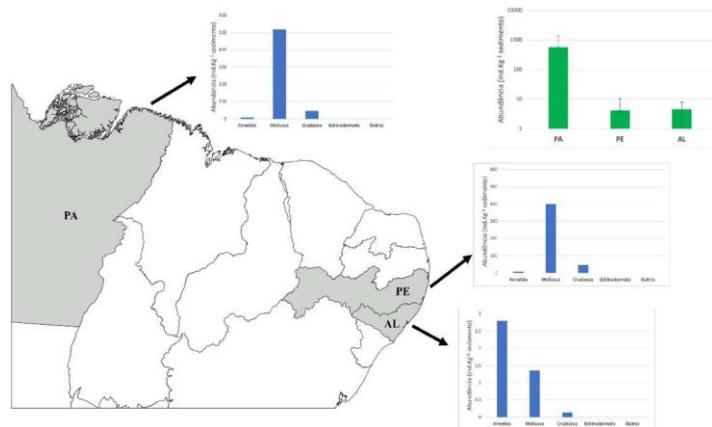


**FIGURA 6: PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS PRINCIPAIS FILOS DA MACROFAUNA BENTÔNICA NA FAUNA ACOMPANHANTE DA PESCA DE CAMARÕES MARINHOS NAS COSTAS DO PARÁ, PERNAMBUCO E ALAGOAS**

A captura de fauna acompanhante foi máxima em Pernambuco, onde foi capturado 0,65 Kg de fauna acompanhante para cada Kg de camarão, seguida de Alagoas (0,57 Kg de fauna acompanhante para cada Kg de camarão), e mínima no Pará (0,09 Kg de fauna acompanhante para cada Kg de camarão) (**Figura 6**), ainda que a diferença entre estados não seja significativa ( $F: 1,05$ ;  $p: 0,36$ ).

#### *Fauna bentônica coletada nos sedimentos (Pará, Pernambuco e Alagoas)*

A fauna bentônica nos sedimentos das áreas de pesca de camarões foi dominada por Mollusca no Pará e em Pernambuco, seguidos dos Crustacea em ambos os estados. Já em Alagoas o filo dominante foi Annelida seguidos dos Mollusca (**Figura 7**).



**FIGURA 7: ABUNDÂNCIA DOS PRINCIPAIS FILOS DA MACROFAUNA BENTÔNICA NOS SEDIMENTOS DAS ÁREAS DE PESCA DE CAMARÕES MARINHOS NAS COSTAS DO PARÁ, PERNAMBUCO E ALAGOAS.**

A abundância da fauna bentônica foi máxima e significativamente ( $F: 53,55$ ;  $p: <0,01$ ) maior nas amostras do Pará ( $5,52 \pm 1,6$  ind. $\text{Kg}^{-1}$  de sedimento) e mínima em Pernambuco ( $1,22 \pm 0,8$  ind. $\text{Kg}^{-1}$  de sedimento) (Figura 7). A abundância da fauna bentônica não variou significativamente entre Pernambuco e Alagoas.

#### *Características dos sedimentos*

O sedimento das amostras de Sirinhaém/PE, para ambos os períodos climáticos, foi composto basicamente por lama (fração dominante: silte médio) pobemente selecionada. Em todas as lamas, os teores de carbonato de cálcio foram sempre superiores a 40% (Tabela 6). A dominância de lamas se deve a proximidade da desembocadura do Rio Sirinhaém, maior rio que desemboca no litoral sul de Pernambuco que transporta grande quantidade de lama para a zona costeira adjacente a sua desembocadura. Os altos valores de carbonato de cálcio indicam grande influência dos recifes de arenito, carapaças e conchas na composição sedimentológica da lama. O fato da maioria das amostras conter mais de 50% de  $\text{CaCO}_3$  indica que a erosão dos recifes deve ser o maior contribuinte para isto, tendo em vista que a área do bolsão não é tão extensa e há recifes nas áreas adjacentes, tanto em algumas partes da Ilha de Santo Aleixo, como próximos à costa. Os valores de  $C$  e  $\delta^{13}\text{C}$  variaram muito entre lamas e períodos climáticos (Tabela 6).

**TABELA 6: CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS COLETADOS NOS PESQUEIROS DE SIRINHAÉM/PE.**  
LINK: [HTTPS://1DRV.MS/X/S!AMEZPXBIGGEFT7DH R6LTA VBTLDPRJA?E=MHJZH S](https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFT7dHR6LtaVbtLDPrJA?e=MHjZhS)

## 2.4. Alimentação dos camarões

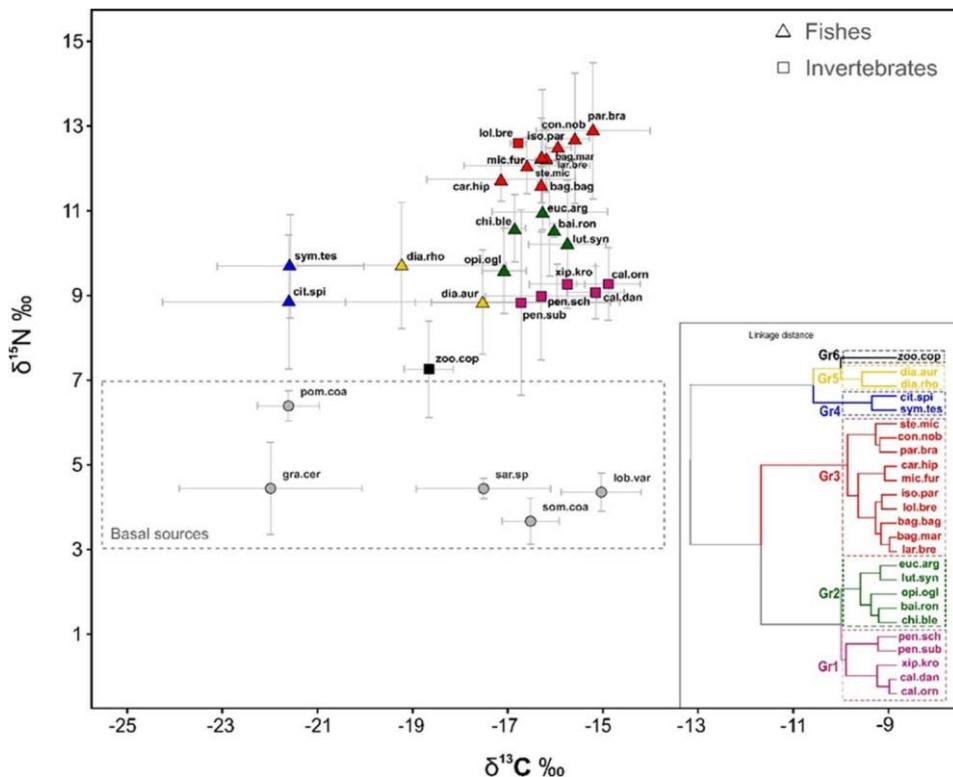
Foram analisados 369 estômagos, englobando das espécies *Penaeus subtilis*, *Penaeus schmitti* e *Xiphopenaeus kroyeri*, apenas no estado de Pernambuco.

O índice de vacuidade foi maior para todas as espécies no período seco, particularmente nas lamas Nova e do Meio. No período seco *P. schmitti* teve o maior número de estômagos vazios, e no chuvoso a menor atividade alimentar foi observada em *P. subtilis* e *X. kroyeri*. O índice de repleção (IR) foi maior no período chuvoso em todas as espécies e em todas as lamas. A dieta dos camarões refletiu a disponibilidade de presas, sendo mais intensa no período chuvoso, momento quando fauna bentônica foi mais abundante e diversa. O hábito alimentar das três espécies foi principalmente zoobentívoros (principalmente poliquetas, nereidídeos, moluscos, bivalves e cirripédios balanomorfos). *P. schmitti* e *P. subtilis* têm alimentação semelhante e baseada em poucos itens alimentares. Por sua vez, *X. kroyeri* tem dieta mais diversa, o que o caracteriza como uma espécie com hábito alimentar generalista.

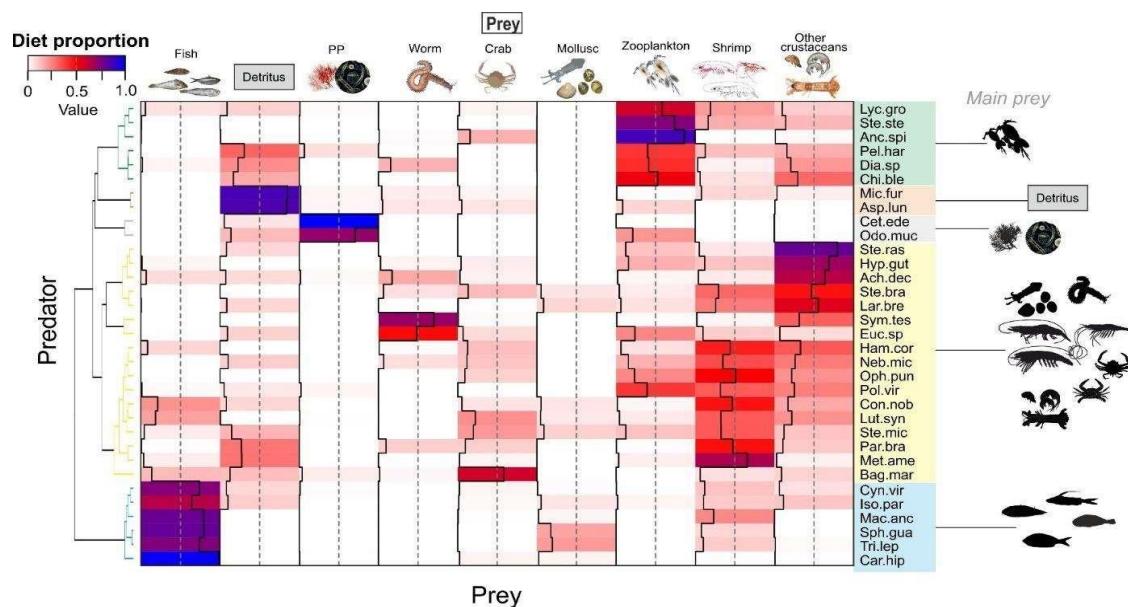
## 2.5. Alimentação dos peixes

Informações sobre os aspectos da alimentação de peixes consta apenas para o sítio de estudo Sirinhaém/PE. A alimentação de algumas das principais espécies de peixes da fauna acompanhante foi reportada para *Conodon nobilis*, *Isopisthus parvipinnis*, *Menticirrhus americanus*, *Paralonchurus brasiliensis*, *Stellifer micros*, *Caranx latus*, *Bagre marinus* e *Larimus breviceps*, através da análise do conteúdo estomacal e com o uso de isótopos estáveis de Carbono e Nitrogênio. Embora nem todas as espécies tenham sido contempladas com a descrição da dieta através destas duas abordagens, uma extensa revisão de literatura foi desenvolvida para qualificar e quantificar a dieta das espécies de peixes do bycatch, que serviram como entrada de dados para os modelos ecossistêmicos desenvolvidos na região (**Tabela 7**). Em geral foi observada grande importância das espécies de camarão que são alvo da pesca e a fauna acompanhante associada de invertebrados na dieta de praticamente todas as espécies analisadas (**Figura 8**). O maior número espécies (17 spp.) foi reportada com uma estratégia alimentar zoobentívoras, se alimentando principalmente de crustáceos (ex. camarões, caranguejos e poliquetas), seguida dos piscívoros (6 spp.) e zooplancnívoros (6 spp.). Adicionalmente, em menor proporção, foram observados mais dois grupos que se alimentam preferencialmente de detritos (2 spp.) e fitoplâncton (2 spp.) (**Figura 8**).

**TABELA 7: GUILDA TRÓFICA DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES. LINK:**  
[HTTPS://1DRV.MS/X/S!AMEZPXBIGGEFIY5Q9NJvGPGO7zco?e=YZL53J](https://1drv.ms/x/s!AMEZPXBIGGEFIY5Q9NJvGPGO7zco?e=YZL53J)



**FIGURA 8: PROPORÇÃO DA DIETA PARA OS PEIXES CAPTURADOS COMO FAUNA ACOMPANHANTE NA COSTA DE SIRINHAÉM, NORDESTE DO BRASIL. O DENDROGRAMA, À ESQUERDA, FOI REALIZADO ATRAVÉS DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE CLUSTER BASEADA NA PROPORÇÃO DA DIETA DOS PREDADORES. AS ESPÉCIES SÃO ABREVIADAS COMO NA TABELA 7.**



**FIGURA 9: RELAÇÃO ENTRE  $\Delta^{13}\text{C}$  (‰) E  $\Delta^{15}\text{N}$  (‰), VALORES (MÉDIA  $\pm$  DP) PARA FONTES BASAIS (CÍRCULOS CINZA) E CONSUMIDORES (INVERTEBRADOS E PEIXES) AMOSTRADOS NO LITORAL DE SIRINHAÉM, NORDESTE DO BRASIL. O DENDROGRAMA NO CANTO DIREITO DO AGLOMERADO HIERÁRQUICO (AHC) PARA 27 CONSUMIDORES REPRESENTA OS GRUPOS TRÓFICOS INDICADOS POR CORES, ONDE CADA NÓ REPRESENTA UMA ESPÉCIE INDIVIDUAL.**

Foram observadas diferenças significativas nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das espécies de peixes (Kruskal-Wallis:  $\chi^2 = 63,44$ ,  $p < 0,001$ ) e nas medianas de  $\delta^{13}\text{C}$  (Kruskal-Wallis:  $\chi^2 = 52,083$ ,  $p < 0,001$ ), principalmente devido às espécies *Citharichthys spilopterus*, *Syphurus tesellatus*, *Eucinostomus argenteus* e *Dapterus auratus*, que tiveram os valores mais esgotados de  $\delta^{15}\text{N}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ . As espécies de peixes achatados (*C. spilopterus* e *S. tesellatus*) tinham os valores  $\delta^{13}\text{C}$  mais esgotados e as espécies de siris (*Callinectes danae* e *Callinectes ornatus*) foram mais enriquecidas entre os consumidores.

As espécies de peixes associadas ao fundo do mar apresentaram os menores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  em relação às demais e foram separadas em dois grupos, carapebas (*D. rhombeus* e *D. auratus*) e espécies de peixes achatados (*S. tessellatus* e *C. spilopterus*). As espécies piscívoras e zoobentívoras (*C. nobilis*, *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis*) tiveram os maiores valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , seguidas dos zooplanctivorus, omnívoros e zoobentívoros de valores intermediários de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ : -17,04 a -15,74‰) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ : 9,58 a 10,98‰) (**Figura 9**).

## 2.6. Reprodução dos camarões

Para avaliação da atividade reprodutiva, a frequência de indivíduos maduros e imaturos foi analisada mensalmente. De maneira geral, indivíduos maduros foram encontrados durante todo o ano, evidenciando uma atividade reprodutiva continua para todas as espécies analisadas. No entanto, em alguns meses foram evidenciadas maiores atividades reprodutivas, indicando picos de reprodução. Os seguintes picos foram identificados: outubro-janeiro (PB); outubro-março (PE) e março-abril e outubro-novembro (AL). Considerando o recrutamento, as maiores atividades foram evidenciadas em junho-agosto (PB); julho-outubro (PE) e janeiro-abril (AL-REC). Devido à baixa captura de espécimes imaturos, provavelmente decorrente das estratégias de pesca utilizada em cada região, não foi possível concluir sobre meses de maior atividade reprodutiva e recrutamento no estado do PA e RN. O período de defeso vigente, no estado de Alagoas entre o período de abril e maio, contempla parte do período reprodutivo das três espécies analisadas (**Figura 10**, **Figura 11**, **Figura 12**).

## 2.7. Reprodução dos peixes

Uma revisão bibliográfica foi realizada sobre a época de reprodução das espécies de peixes que compõem a fauna acompanhante de camarão classificadas como sensíveis foi avaliado. Os resultados dessa revisão constam no banco de dados do projeto, que incluem além de todos os parâmetros populacionais, informações sobre as principais características biológicas das espécies de peixes da fauna acompanhante.

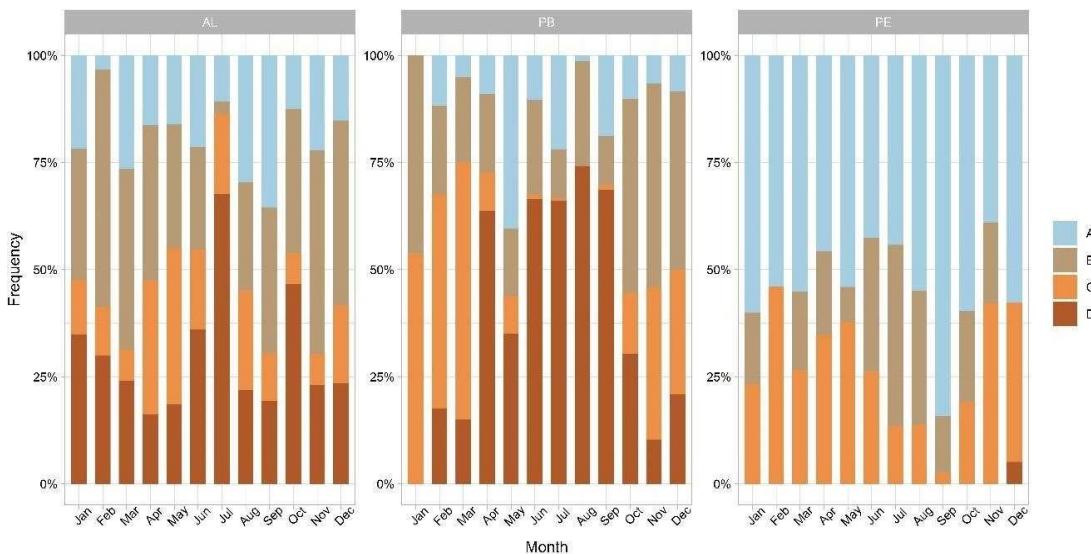


FIGURA 10: PROPORÇÃO DE ESTÁGIOS MATURACIONAIS POR PERÍODO AMOSTRAL PARA FÊMEAS DO CAMARÃO SETE BARBAS (*X. KROYERII*). A- IMATURO, B- EM MATURAÇÃO, C- MATURO E D- DESOVADO. AL: ALAGOAS; PB: PARAÍBA, PE: PERNAMBUCO.

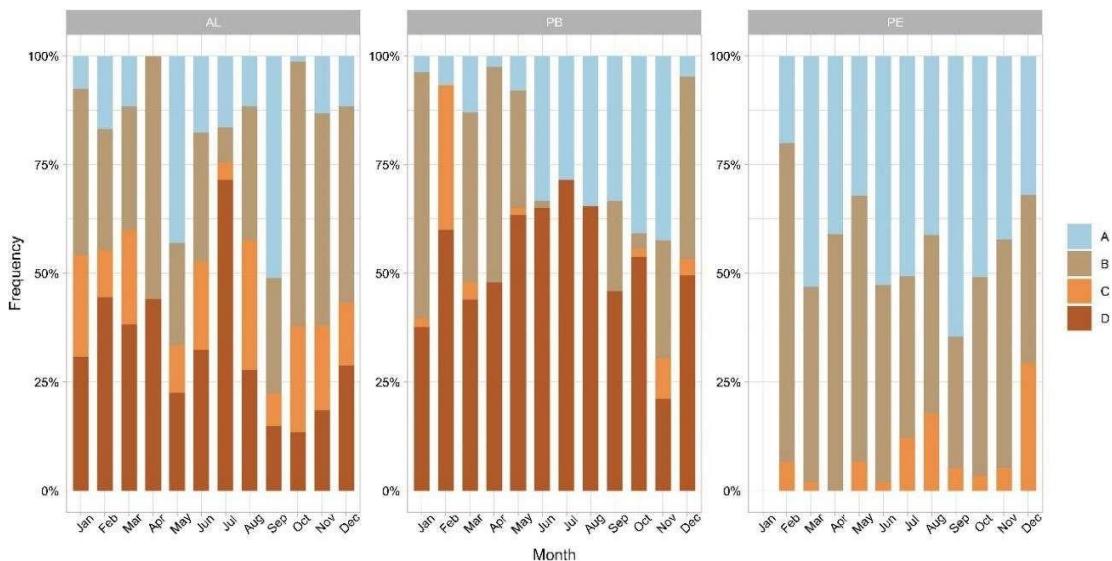


FIGURA 11: PROPORÇÃO DE ESTÁGIOS MATURACIONAIS POR PERÍODO AMOSTRAL PARA FÊMEAS DO CAMARÃO BRANCO (*P. SCHIMITI*). A- IMATURO, B- EM MATURAÇÃO, C- MATURO E D- DESOVADO. AL: ALAGOAS, PB: PARAÍBA, PE: PERNAMBUCO.

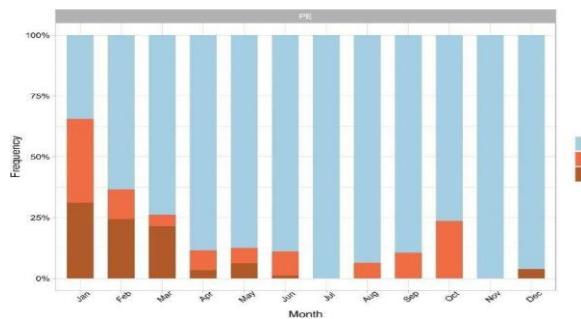


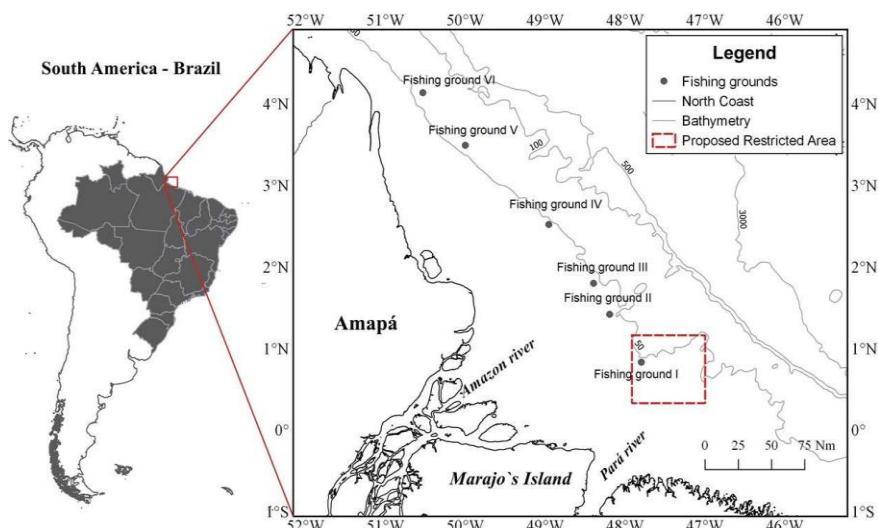
FIGURA 12: PROPORÇÃO DE ESTÁGIOS MATURACIONAIS POR PERÍODO AMOSTRAL PARA FÊMEAS DO CAMARÃO ROSA (*PENAEUS SUBTILIS*). A- IMATURO, B- EM MATURAÇÃO, C- MATURO E D- DESOVADO. PE: PERNAMBUCO.

**TABELA 8: PERÍODO DE REPRODUÇÃO DAS ESPÉCIES DE PEIXES QUE COMPÕEM A FAUNA ACOMPANHANTE DE CAMARÃO CLASSIFICADAS COMO SENSÍVEIS NA COSTA NORTE E NORDESTE DO BRASIL POR ESTAREM CLASSIFICADAS COMO DE ALTO RISCO DA PSA (VER ITEM) OU EM RISCO D. LINK:**

[Zhttps://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7djABfaDBzL7Q4\\_Cw?e=0kFMLm](https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7djABfaDBzL7Q4_Cw?e=0kFMLm)

## 2.8. Migração ontogenética sazonal do camarão rosa e pesca na região amazônica

Para avaliar a distribuição espacial e temporal dos indivíduos de camarão rosa (*Penaeus subtilis*) e identificar áreas e épocas de recrutamento, foram realizadas amostras do tamanho de indivíduos amostrados durante a pesca industrial de arrasto do camarão rosa (*P. subtilis*) na plataforma continental da Amazônia, durante o período de 2000 a 2007, em 2010 e de 2014 a 2017, totalizando 13 anos de coleta de dados e mais de 200.0000 camarões medidos, nos principais pesqueiros da frota (Figura 13).



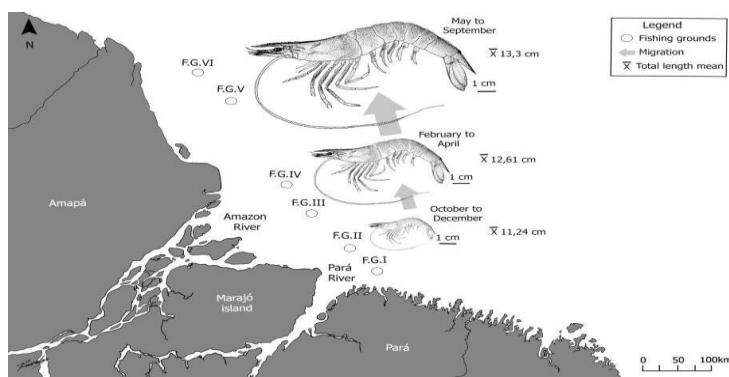
**FIGURA 13 : PLATAFORMA CONTINENTAL DA AMAZÔNIA, NORTE DO BRASIL E OS PRINCIPAIS PESQUEIROS DA FROTA INDUSTRIAL.**

Os pesqueiros com maior CPUE foram identificados e numerados, de I a VI, adaptado de MARTINS et al. (2015) (Figura 13). A área de exclusão de pesca proposta em CUTRIM et al. (2001), corresponde a parte do pesqueiro I. A diferença no comprimento médio total dos camarões entre pesqueiros foi testada pelo teste não paramétrico Kruskal Wallis. Para classificar os camarões em juvenis e adultos foi estabelecido o limite de 12,65 cm de comprimento total, que é o comprimento médio na primeira maturação do camarão rosa capturado na costa norte do Brasil, de acordo com CINTRA et al. (2004).

Mudanças do comprimento total médio foram observados entre os pesqueiros ( $H_{(5,1281)} = 483,0259$ ;  $p < 0,05$ ). O menor comprimento total foi encontrado na região da foz do rio Pará. O

comprimento médio foi aumentando gradativamente em direção ao NE, ao longo da costa; os maiores valores médios foram encontrados na costa do Amapá, quase na divisa com a Guiana Francesa. Os pesqueiros I e II não apresentam diferença estatística significativa do comprimento médio total, sendo os locais de pesca com as menores médias de comprimentos. O pesqueiro III mostrou uma média de comprimento intermediário e os pesqueiros IV, V e VI mostram os maiores comprimentos médios, sem diferença estatística entre eles. Com relação a distribuição temporal, as médias mudam entre os meses, começando em outubro-novembro, com os menores valores médios de comprimento total, e terminando em setembro do ano seguinte ( $H(10, N = 1281) = 378,4206 p < 0,05$ ). Em julho foi encontrado o maior tamanho médio e em novembro o menor. Os comprimentos médios também variam entre as profundidades ( $H(3, N = 1196) = 254,5244 p < 0,05$ ). O menor comprimento médio de camarão foi capturado na profundidade de até 60m. Tamanhos grandes foram capturados a profundidades de mais de 60m.

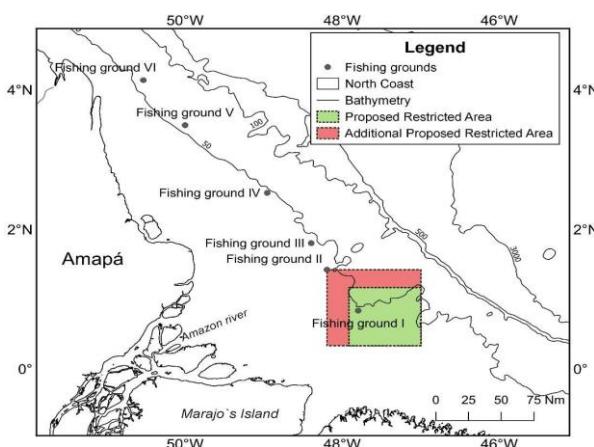
A dinâmica da distribuição da frota de arrasto entre pesqueiros e profundidades somado ao padrão de distribuições mensais de tamanhos médios, permite propor um padrão de migração de *P. subtilis* ao longo do ano rumo ao noroeste, na plataforma continental da Amazônia, norte do Brasil, com a consequente distribuição da frota que acompanha este padrão de deslocamentos. Indivíduos juvenis iniciam migrações dos estuários para o oceano entre outubro a dezembro, com comprimento total médio de aproximadamente 11,24 cm. Eles são capturados no pesqueiro I e II em águas de menos de 60 m de profundidade. Depois disso, os camarões atingem a maturidade, realizando uma migração para as águas mais profundas, nos pesqueiros III e IV, de fevereiro a abril, quando atingem um tamanho médio de 12,61 cm. De maio a setembro, os maiores camarões (em média 13,30 cm) são capturados nos pesqueiros V e VI (Figura 14). Considerando sua alta taxa de mortalidade e uma longevidade de pouco mais de um ano, é provável que estes indivíduos não mais retornem em direção contrária (PEIXOTO et al., 2022).



**FIGURA 14: DIAGRAMA DO PADRÃO DE MIGRAÇÃO ONTOGENÉTICA DO CAMARÃO ROSA NA PLATAFORMA CONTINENTAL DA AMAZÔNIA. FG = ÁREA DE PESCA; X= COMPRIMENTO TOTAL MÉDIO POR ÁREA.**

Em 1989, O IBAMA propôs uma zona de exclusão da pesca, como medida de gestão, para proteger os novos recrutas de camarões (RUFINO, 2018). A área proposta está entre 00° 20' N e

01° 10' N, e entre 47° 00' W e 47° 55' W, que corresponde a uma área dentro do pesqueiro I identificado em nosso estudo, mas essa proposição nunca foi estabelecida por lei. A pesca continua ocorrendo em toda essa área. Nossos resultados indicam que o tamanho médio não é estatisticamente diferente entre os pesqueiros I e II. Sendo assim, o limite da área de proteção proposta poderia ser ampliado para incluir os dois pesqueiros, tanto o pesqueiro I quanto o pesqueiro II. Desta forma, seria evitada a pesca dos jovens de camarão recém-recrutados. Se aceita esta linha de manejo espacial, o adequado limite da zona de exclusão de pesca deveria ser de 00° 20' N a 01° 25' N e de 47° 00' W a 48° 11'. Esta área compreende 16.161 km<sup>2</sup>, cerca de 1,7 vezes maior que a proposta inicialmente (**Figura 15**). Contudo, o verdadeiro impacto desta medida, deve ser avaliado antes de ser imposta, considerando os benefícios e perdas ambientais e econômicas de uma área de proteção e a necessidade da mesma, considerando os resultados dos modelos de avaliação de estoques realizados a seguir, como também as dificuldades logísticas de fiscalizar uma área de exclusão no meio do espaço marinho. Nas condições atuais essa medida parece pouco eficiente.



**FIGURA 15: A PLATAFORMA CONTINENTAL DA AMAZÔNIA, NO NORTE DO BRASIL, DESTACADA EM VERDE A ÁREA ORIGINALMENTE PROPOSTA DE EXCLUSÃO DE PESCA E EM VERMELHO A NOVA ÁREA AMPLIADA DE PROIBIÇÃO DE CAPTURA COM OS PRINCIPAIS PESQUEIROS.**

## 2.9. Bioecologia de camarões marinhos no conhecimento ecológico local (CEL) de pescadores artesanais no NE do Brasil

Entrevistas foram efetuadas com pescadores de camarões que explotam as três principais espécies de Penaeidae de valor comercial na região Nordeste do Brasil, tendo tamanho amostral referencial entre 30 e 60 pescadores para cada localidade conforme recomendado em estudos relacionados à etnociência (BERNARD; BERNARD, 2013; MORSE, 2000), ou representando entre 30 e 50% dos pescadores atuantes segundo orientação de pesquisas de CEL (SOUZA; BEGOSSI, 2007; ZAPPES et al., 2011). Para evitar falsa réplica e possibilitar uma maior variabilidade de respostas independentes foi evitado entrevistar pescadores que trabalhem juntos

no mesmo barco (GOTELLI, 2011). Foram usados como critérios de inclusão (adaptado de SILVANO & BEGOSSI, 2010), o pescador ser morador da localidade e ter experiência na pesca de pequena escala de espécies de camarões marinhos da região.

Foram aplicados questionários semiestruturados com os pescadores, escolhidos aleatoriamente, em encontros que ocorriam nas localidades (ZAPPES et al., 2016), focando nas perguntas sobre o tamanho de maturidade sexual e época de reprodução.

Para estimativa do tamanho de maturidade do CEL foi consultado qual o tamanho inicial de maturação observado e o no qual todas estavam maduros (não discriminando sexo), sendo o L50% CEL obtido a partir da média entre as duas medidas.

Para o camarão branco, *Penaeus schmitti*, os tamanhos de maturidade mais frequentemente citados variaram por local, com maiores tamanhos ao Norte (Baía Formosa = 14-15 cm), intermediário no centro (Sirinhaém = 12-13 cm) e menores ao sul (Pontal do Peba = 10-11 cm). Em relação ao camarão rosa, *Penaeus subtilis*, os pescadores perceberam tamanhos de maturidade menores que os do camarão-branco. Em Baía Formosa e Pontal do Peba os tamanhos foram entre 8 cm e 10 cm. Já para Sirinhaém, o tamanho de maturação foi percebido nos 10 cm. Finalmente, o tamanho de maturidade sexual do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, foi percebido pelos pescadores aproximadamente em 5 cm em todas as localidades pesquisadas, embora em Baía Formosa tenha havido também respostas em 8 cm.

A percepção dos pescadores sobre a atividade reprodutiva dos camarões teve depoimentos indicando praticamente todos os meses do ano. Para Pontal do Peba, os meses com maior frequência de citações sobre a atividade reprodutiva foram fevereiro e março, porém com atividade reprodutiva desde outubro. Já em Sirinhaém e Baía Formosa a maior frequência de citações recai nos meses de maio e junho, tendo, segundo eles, um segundo período menor em fevereiro.

Conclui-se que os conhecimentos científicos obtidos neste projeto corroboram a maior parte das percepções dos pescadores.

### **3. EIXO AVALIAÇÃO DE ESTOQUES**

#### **3.1. Parâmetros Populacionais dos Camarões e Avaliação de Estoques (Modelos analíticos)**

Para as estimativas dos parâmetros populacionais e de mortalidade ao longo da área de estudo foram consideradas as três principais espécies alvo da pesca de arrasto camarão, a saber: branco (*Penaeus schmitti*), rosa (*Penaeus subtilis*) e sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). Para uma interpretação mais abrangente, os parâmetros populacionais também foram calculados

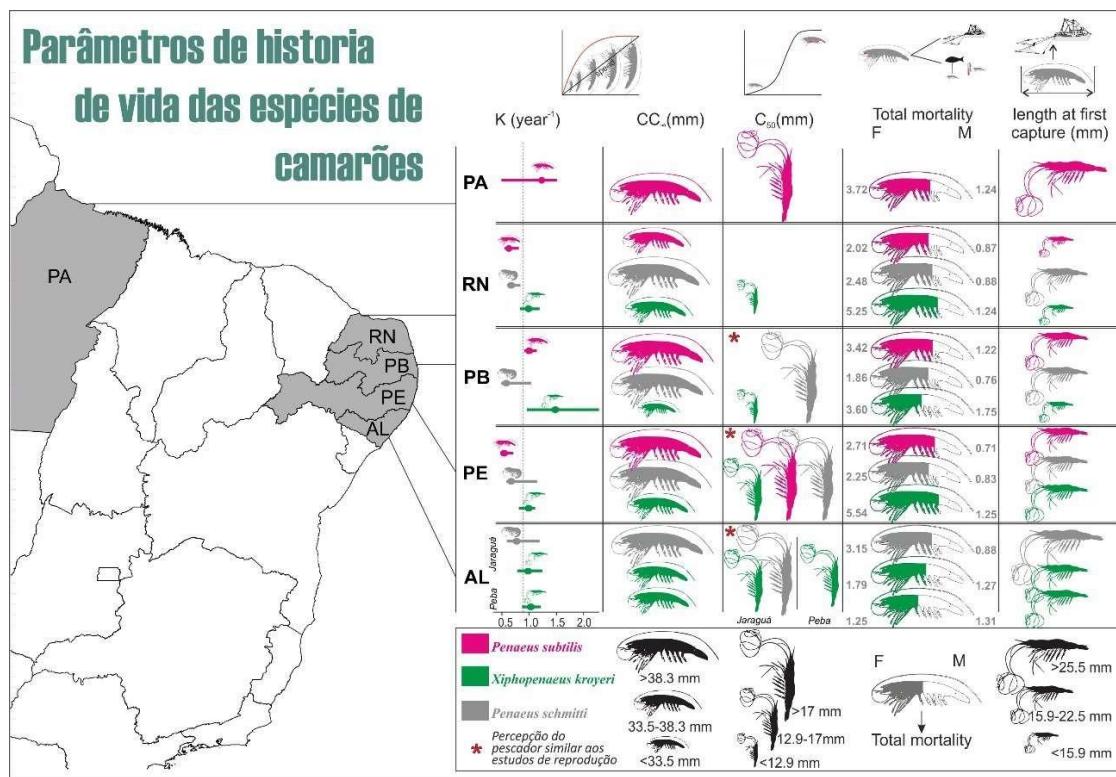
levando em consideração tanto os Locais/Estados, como também áreas agrupadas (regiões Norte-N e Nordeste-NE). Como uma alternativa de minimizar possíveis inconsistências nos resultados, bem como proporcionar maior confiança na comparação entre as regiões. Toda a metodologia para a estimativa destes parâmetros foi padronizada e desenvolvida em ambiente R CORE TEAM (2020).

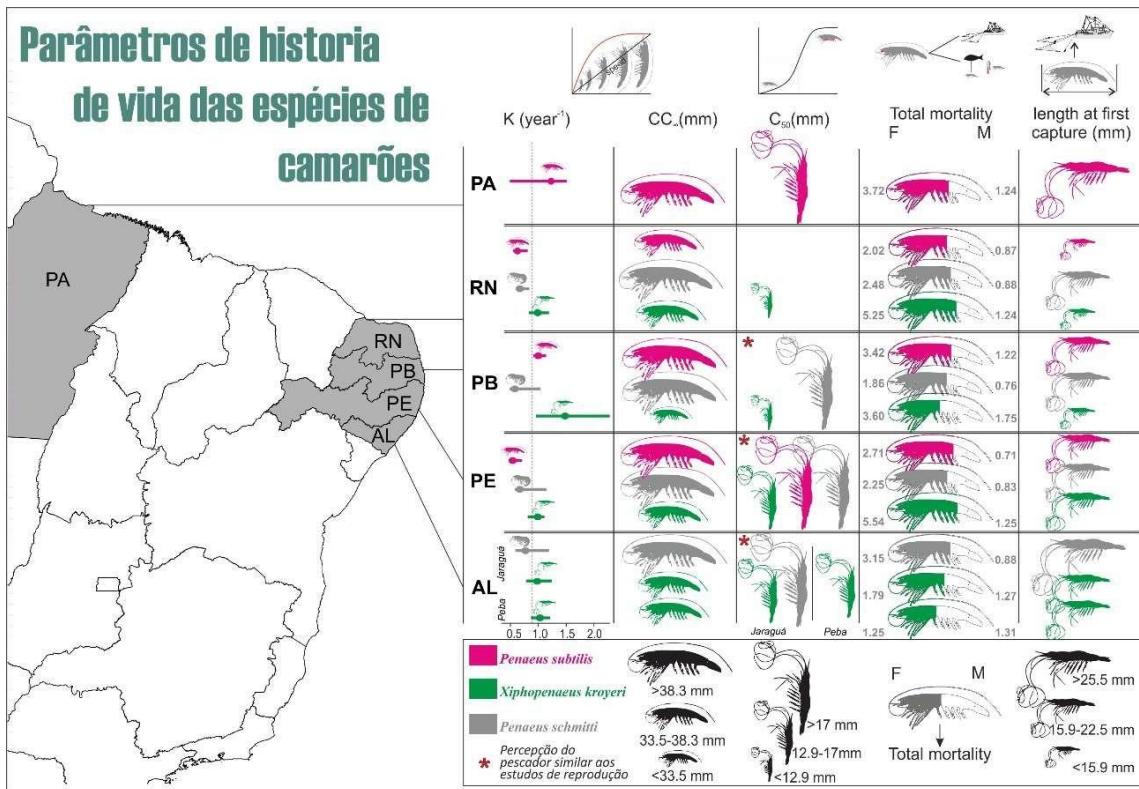
Os dados de frequência de comprimento da carapaça (CC, mm) (machos, fêmeas e sexos agrupados) foram compilados em intervalos de classe de 1 mm para cada mês e utilizados como entrada para estimativa dos parâmetros de crescimento e mortalidade usando os pacotes “TropFishR” (MILDENBERGER et al. 2017) e “fishboot” <https://github.com/rschwamborn/fishboot> (SCHWAMBORN et al. 2018) seguindo metodologias descritas por TAYLOR, MILDENBERGER (2017) e SCHWAMBORN et al. (2019). O crescimento foi descrito através do modelo de VON BERTALANFFY (1938) que considera, dentre outros, dois importantes parâmetros populacionais de crescimento: o comprimento da carapaça assimptótico ( $CC_{\infty}$ , mm) (estimados com bootstrap de 1000 repetições) e coeficiente de crescimento ( $K$ , ano $^{-1}$ ). A mortalidade total ( $Z$ ) foi estimada utilizando uma curva de captura convertida em comprimento, segundo PAULY (1984). A mortalidade natural ( $M$ ) foi estimada usando a relação empírica de PAULY (1980), a mortalidade por pesca ( $F$ ) pela diferença entre  $Z$  e  $M$  e a taxa de exploração ( $E$ ) foi estimada através da razão de  $F$  e  $Z$ . Adicionalmente, a probabilidade de captura para seleção do tipo sigmoide foi estimada para diferentes classes de tamanho da carapaça, a partir da razão entre os números esperados e aqueles que foram realmente capturados. A partir desta curva, o comprimento da primeira captura ( $CC_c$  mm) foi estimado como o comprimento correspondente a uma probabilidade de captura de 50%. Para estimar o rendimento máximo sustentável ( $E_{MSY}$ ), foi aplicado o modelo de rendimento relativo por recruta (Y/R) de THOMPSON AND BELL (1934). O tamanho na primeira maturidade sexual ( $CC_{50}$ ) foi estimado através da equação logística de KING (2007), considerando como adultos os indivíduos com gônadas que apresentavam um estágio de em maturação (EM), maturo (M) ou desovado (D).

Aproximadamente, 20.000 indivíduos foram usados para estimativas dos parâmetros de crescimento e de mortalidade. Para o camarão rosa, o  $CC_{\infty}$  e  $K$  variaram entre 43,51 (NE) – 60,03 (N) mm e 0,34 (NE) – 1,23 (N) ano $^{-1}$ , respectivamente, não havendo sobreposição nas estimativas do  $CC_{\infty}$  e  $K$  entre as duas regiões e nem mesmo no valor do índice de desempenho do crescimento (Phi prime)  $\Phi'$ . Diferenças também foram identificadas nas taxas de mortalidade, que variaram da seguinte forma:  $M$  com 0,53 (NE) e 1,24 (N) ano $^{-1}$ ;  $F$  com 0,96 (NE) e 3,72 (N) ano $^{-1}$ ;  $Z$  com estimativas de 1,15 (NE) e 4,96 (N) ano $^{-1}$  (Figura 16) As taxas de exploração, por sua vez, também foram divergentes entre regiões, com o  $CC_c$  variando entre 15,7 (NE) – 31,6 (N) mm (Tabela 9). Para ambas as regiões os a taxa de exploração foi maior que 0,5, sendo 0,64 (NE) e

0,71(N) e próximo do máximo sustentável que foi 0,72 (NE) e 0,81 (N), respectivamente. Estes resultados podem ser consequência de falhas amostrais devido às estratégias de pesca de cada região. No Norte, os arrastos da frota industrial ocorrem a grandes profundidades e longe da costa e, portanto, capturam-se indivíduos maiores, em contraposição à pesca mais costeira/estuarina do Nordeste do Brasil, o que permite a coleta de indivíduos menores.

Considerando o camarão branco e o sete-barbas, os parâmetros populacionais foram calculados apenas para região NE. Os parâmetros  $CC_{\infty}$  e K variaram entre 38,24 (*L. schmitti*) e 56,20 (*X. kroyeri*) mm e 0,42 (*P. schmitti*) e 0,96 (*X. kroyeri*) ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 17). O índice de desempenho de crescimento,  $\Phi'$ , foi similar para as duas espécies. Em relação às taxas de mortalidade, os parâmetros variaram da seguinte forma: M de 0,57 (*L. schmitti*) e 1,12 (*X. kroyeri*) ano<sup>-1</sup>; F de 1,49 (*L. schmitti*) e 3,6 (*X. kroyeri*) ano<sup>-1</sup>; e Z de 2,06 (*L. schmitti*) e 4,72 (*X. kroyeri*) ano<sup>-1</sup>. As taxas de exploração, por sua vez, foram também similares entre as espécies, variando entre 0,72 (*L. schmitti*) e 0,76 (*X. kroyeri*), próximo ao rendimento máximo sustentável, 0,75 (*L. schmitti*) e 0,76 (*X. kroyeri*) (Figura 1Figura 16).





**FIGURA 16: PARÂMETROS POPULACIONAIS E MORTALIDADE PARA AS ESPÉCIES *PENAEUS SUBTILIS* (ROSA), *PENAEUS SCHMITTI* (CINZA) E *XIPHOPENAEUS KROYERI* (VERDE) NOS ESTADOS DO PARÁ (PA), RIO GRANDE DO NORTE (RN), PARAÍBA (PB), PERNAMBUCO (PE) E ALAGOAS (AL). NOTAS: COMPRIMENTO DA CARAPAÇA ASSIMPTÓTICO ( $CC_\infty$ ; MM) E COEFICIENTE DE CRESCIMENTO ( $K \text{ ANO}^{-1}$ ); COMPRIMENTO DA PRIMEIRA MATURIDADE SEXUAL ( $C_{50}$ ; MM); MORTALIDADE NATURAL (M; ANO $^{-1}$ ); MORTALIDADE PESQUEIRA (F; ANO $^{-1}$ ), COMPRIMENTO DA CARAPAÇA DE PRIMEIRA CAPTURA (CC<sub>c</sub>; MM)**

**TABELA 9: MORTALIDADE POR PESCA (F; ANO $^{-1}$ ); MORTALIDADE TOTAL (Z; ANO $^{-1}$ ); TAXA DE EXPLORAÇÃO (E) E RENDIMENTO MÁXIMO SUSTENTÁVEL (EMSY) PARA AS ESPÉCIES *PENAEUS SUBTILIS*, *PENAEUS SCHMITTI* E *XIPHOPENAEUS KROYERI* DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE DO BRASIL.**

Espécies	Local	Mortalidade e parâmetros de exploração				
		F (ano $^{-1}$ )	Z (ano $^{-1}$ )	E	CC <sub>c</sub> (mm)	EMSY
<i>Penaeus subtilis</i>	N	3.72	4.96	0.75	31.6	0.81
	NE	0.96	1.15	0.64	15.7	0.72
<i>Penaeus schmitti</i>	NE	1.49	2.06	0.72	21.8	0.75
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	NE	3.60	4.72	0.76	12.0	0.76

Além destes resultados encontrados para todas as espécies de camarões capturados na costa Norte e Nordeste, foi realizada também uma análise de população virtual-VPA com base em comprimentos, de acordo com o modelo de JONES E ZALINGE (1981), para 13 anos de medições do camarão rosa, *P. subtilis*, da frota industrial da costa Norte do Brasil. Os resultados indicam que o estoque de camarão na região apresenta altas taxas de mortalidade por pesca (F), embora os níveis de exploração possam ser considerados adequados, ou seja abaixo da referência

do MSY. Segundo as simulações consideradas, um aumento de até 40% no esforço de pesca, incluindo a expansão do número de embarcações, não resultaria em sobrepesca, embora não foi recomendado esse aumento do esforço, pois isso pode aumentar os impactos sobre a fauna de espécies acessórias nas capturas e eventuais perdas econômicas, em o caso de falhas do recrutamento (PEIXOTO, et al., 2021).

### **3.2. Avaliação de estoques de camarões (Modelos data poor)**

Adicionalmente, a partir dos dados disponíveis sobre as capturas de camarões ao longo da costa Norte e Nordeste brasileira, disponíveis em boletins estatísticos pretéritos levantados por órgãos governamentais, foi realizada uma reconstrução das séries de capturas a partir da aplicação de Modelos Lineares Generalizados (MLG). Finalmente, os estoques dos camarões foram avaliados a partir de modelos para situações de dados deficientes (*data poor methods*).

As informações de capturas para os camarões “sete-barbas”, “rosa” e “branco”, foram obtidas para o período entre 1946 e 2011, com descontinuidades. Também foram obtidas informações sobre as quantidades sem discriminação, agregadas sob o termo geral “camarão marinho”.

Variáveis ambientais de alta influência sobre as capturas de camarões foram extraídas. Series sobre a temperatura superficial do mar (TSM) foram obtidas da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (PSL/NOAA, 2020) e também foram obtidas informações sobre a precipitação através de consulta ao banco de dados meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET (INMET, 2020).

Foram realizadas reconstruções das capturas de camarões ao longo do período de coleta de dados (1946 – 2011) para os períodos em que os dados não eram disponíveis, utilizando, para tal, os dados de captura de camarão (discriminada e não discriminada) em conjunto com os índices obtidos a partir das variáveis ambientais (médias e amplitudes da TSM e precipitação).

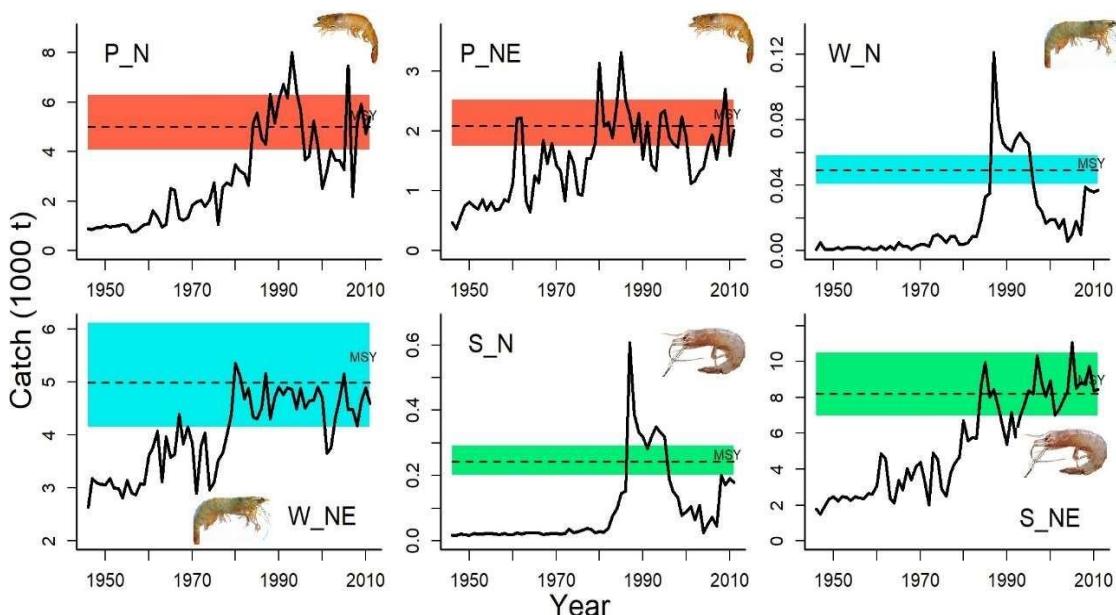
Para realizar a reconstrução foram utilizados os modelos lineares generalizados (MLG) utilizados é  $g[E(Y)] = \beta \cdot X$  em que  $E(Y)$ , é a esperança (média) da variável resposta  $Y$ ,  $X$  é a matriz com as variáveis explicativas,  $\beta$  é o vetor de parâmetros a ser estimado, e  $g$  é uma função de ligação. Detalhes sobre a construção de MLGs podem ser encontrados na literatura (NELDER e WEDDERBURN, 1972; MCCULLAGH e NELDER, 1989). As estimativas foram efetuadas considerando a região Norte e Nordeste, separadamente. Especificamente neste último caso, reconstruções também foram realizadas para além de 2011 (até 2021). Para esse período foram consideradas apenas as influências das variáveis ambientais, já que após 2011 a estatística pesqueira para a maior parte dos estados não foi mais divulgada. Assim, a avaliação dos estoques foi realizada para ambos os casos: 1946 – 2011 e 1946 – 2021.

As séries de capturas reconstruídas foram tratadas pelo método da Análise de Redução de Estoques-ARE, através do modelo CMSY (FROESE et al., 2017), o qual utiliza uma série de capturas, estimativas de distribuições prévias da taxa intrínseca de crescimento populacional “ $r$ ”

e da capacidade de suporte “K” dos estoques, para propiciar o cálculo da trajetória de biomassa ao longo do tempo, utilizando como base o modelo de Excedente de Produção de SCHAEFER (1954). Também são assumidos inicialmente distribuições para a depleção da biomassa para o início e o fim da série, como sendo uma fração da capacidade de suporte ( $B/k$ ). Os pares de “r” e “K” que geraram trajetórias de biomassa que maximizaram as densidades de probabilidades com as distribuições à priori para: r, K e os níveis de depleção, foram utilizados para calcular a biomassa do estoque e os demais pontos de referência.

Incialmente foi realizada a avaliação dos estoques por estado, entretanto, considerando as informações disponíveis de unidades de estoques, optamos por considerar apenas “estoques” Norte e Nordeste, incorporando o estado no Maranhão na região Norte considerando sua semelhança com esta região dada à influênciia do estuário amazônico em toda a região. Adicionalmente, a avaliação de estoques também foi considerada sob o ponto de vista multiespecífico, agrupando as três espécies, por região.

Considerando estoques para cada região, as estimativas de MSY, de uma forma geral se mantiveram próximas das últimas informações de capturas reconstruídas para os estados do Norte e Nordeste. Na tendência das capturas, são evidenciados acréscimos na região Nordeste ao longo do tempo, enquanto no Norte houve picos extremos seguidos de fortes decaimentos e posterior recuperação próximo ao fim da série (Figura 17).



**FIGURA 17: RENDIMENTOS MÁXIMOS SUSTENTÁVEIS (MAXIMUM SUSTAINABLE YIELD-MSY) CALCULADOS PARA OS ESTOQUES DOS CAMARÕES ROSA (P), BRANCO (W) E SETEBARBAS (S) PARA AS REGIÕES NORTE (N) E NORDESTE (NE) REPRESENTADOS PELA LINHA TRACEJADA. OS INTERVALOS QUE CONTÉM 95% DAS ESTIMATIVAS SÃO REPRESENTADOS NAS CORES VERMELHA, BRANCA E VERDE PARA OS CAMARÕES ROSA, BRANCO E SETEBARBAS RESPECTIVAMENTE.**

Considerando as regiões, a maior parte dos estoques e na grande maioria das avaliações se mostraram saudáveis. Considerando o ano de 2011, até onde foi possível gerar informações mais robustas, nenhum dos estoques esteve sujeito à sobrepesca ( $F/F_{msy} < 1$ ) ou sobrepescado ( $B/B_{msy} > 1$ ). As reconstruções até 2021 indicaram que mortalidade por pesca do camarão rosa na região Nordeste se acentuou, porém não o suficiente para colocar o estoque sujeito à sobrepesca. Por outro lado, o sete-barbas da região Nordeste indicou estar em equilíbrio, ou no limiar de sustentabilidade para a pescaria ( $F/F_{msy} = 1$ ). Levando em consideração a abordagem multiespecífica, o estudo de caso com todas as espécies em conjunto na região Nordeste estaria também em equilíbrio, ou seja, no limite sustentável de exploração (**Tabela 10**).

### **3.3. Dinâmica populacional de peixes**

Através de dados coletados dentro do âmbito do projeto e estimativas realizadas usando a mesma metodologia que para os camarões, ou através de dados de literatura, foram obtidas estimativas acerca dos parâmetros de história de vida:  $L_\infty$  (comprimento assintótico), K (taxa de crescimento),  $t_0$  (idade para o comprimento zero), Amax (idade máxima registrada na literatura), A50 (idade de primeira maturação), os coeficientes **a** e **b** da relação peso/comprimento, L95 (tamanho de 95% de maturidade), r (taxa intrínseca de crescimento populacional), guilda ecológica/ambiental, e  $L_{50}$  (comprimento da primeira maturação sexual), para as principais espécies de peixe que fazem parte da fauna acompanhante na pesca de camarão. Quando da ausência de estudos específicos de crescimento para algumas espécies, foi utilizado o tamanho máximo da literatura ( $L_{max}$ ), para estimar  $L_\infty$ , K e  $L_{50}$ , através de relações empíricas de FROESE & BINOHLAN (2000), BINOHLAN & FROESE 2009) E LE QUESNE & JENNINGS (2012). As estimativas obtidas na revisão e no cálculo dos parâmetros populacionais permitiu informações de 82 espécies, que além de descreverem a história de vida das espécies, também foram fundamentais para a construção dos modelos ecossistêmicos e modelos de avaliação de estoques (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

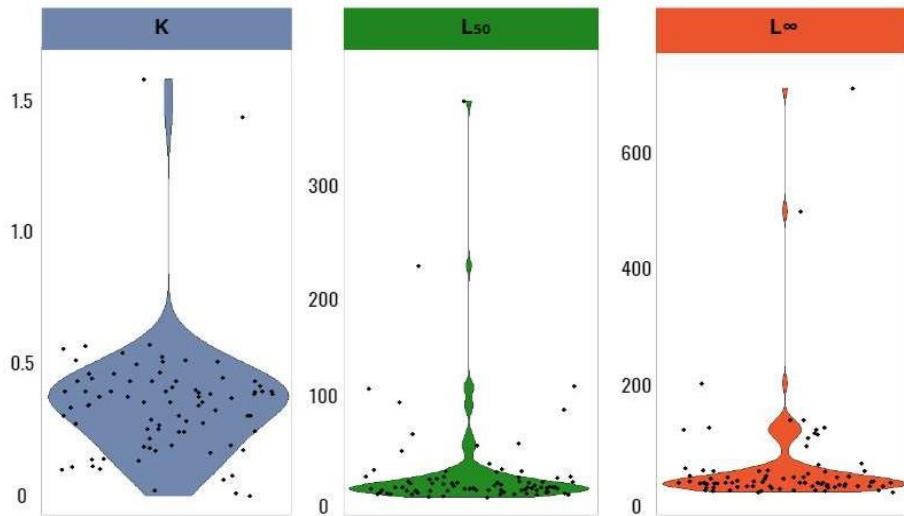
**TABELA 10: RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE ESTOQUE REALIZADO CMSY, DESTACANDO AS REFERÊNCIAS BIOLÓGICAS DA MORTALIDADE POR PESCA NO RENDIMENTO MÁXIMO SUSTENTÁVEL- RMS (*MÁXIMUM SUSTAINABLE YIELD - MSY*) (F/FMSY) E DA BIOMASSA NO RENDIMENTO MÁXIMO (B/BMSY) NOS ÚLTIMOS ANOS DAS SÉRIES (2011 E 2021) PARA OS CAMARÕES DA COSTA NORTE E NORDESTE. CÉLULAS EM AMARELO REPRESENTAM ESTOQUE "EM EQUILIBRO". OUTRAS CORES (BRANCO E CINZA) REPRESENTAM ESTOQUES "SAUDÁVEIS". DUAS ÚLTIMAS LINHAS REPRESENTAM A AVALIAÇÃO EXECUTADA DE FORMA MULTIESPECÍFICA.**

Região	Estoque	1946-2011		1946-2021*	
		F/Fmsy <sub>2011</sub>	B/Bmsy <sub>2011</sub>	F/Fmsy <sub>2021</sub>	B/Bmsy <sub>2021</sub>
N	<b>Rosa</b>	0.6(0.3-1)	1.3(0.9-1.6)	0.8(0.4-1.4)	1.1(0.8-1.3)
	<b>Branco</b>	0.6(0.3-1.2)	1(0.6-1.5)	0.6(0.4-1)	1.2(0.9-1.4)
	<b>Sete-barbas</b>	0.7(0.3-1.2)	1(0.6-1.5)	0.6(0.4-1.1)	1.1(0.9-1.4)
NE	<b>Rosa</b>	0.8(0.4-1.3)	1(0.7-1.4)	0.93(0.5-1.5)	1(0.8-1.3)
	<b>Branco</b>	0.6(0.3-1.1)	1(0.7-1.5)	0.7(0.4-1.3)	1.1(0.8-1.4)
	<b>Sete-barbas</b>	0.7(0.4-1.1)	1.3(1-1.6)	1(0.6-1.8)	1(0.7-1.3)
N	<b>Rosa+Branco+Sete</b>	0.7(0.4-1.1)	1(0.8-1.5)	0.8(0.5-1.3)	1(0.8-1.3)
NE	<b>Rosa+Branco+Sete</b>	0.7(0.4-1.1)	1.2(0.9-1.5)	1(0.6-1.8)	1(0.7-1.3)

**TABELA 11: SÍNTESE DOS PARÂMETROS POPULACIONAIS DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES DA FAUNA ACOMPANHANTE DOS CAMARÕES DA COSTA NORTE E NORDESTE DO BRASIL. LINK:**

<https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEf7g4wFKaBr7FFZ8tbQ?e=lueiBM>

O comprimento assimptótico L<sub>oo</sub> variou de 15,17 cm (*Stellifer stellifer*) até 714,00 cm (*Mobula birostris*) e o coeficiente de crescimento (k) de 0,05 ano<sup>-1</sup> (*Micropogonias furnieri*) a 1,60 ano<sup>-1</sup> (*Etropus crossotus*), com médias de 59,70 cm e 0,39 ano<sup>-1</sup>, respectivamente. O comprimento de primeira maturação sexual variou de 7,60 cm (*Chirocentrodon bleekeri*) à 380,0 cm (*Mobula birostris*), com média de 31,09 cm (Erro! Fonte de referência não encontrada.).



**FIGURA 18: ESTIMATIVAS DE  $L_{\infty}$ , K, E  $L_{50}$  DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES CAPTURADAS COMO FAUNA ACOMPANHANTE NA PESCA DE CAMARÃO DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL.**

Considerando as 24 espécies de peixes da fauna acompanhante mais abundantes (espécie classificadas como abundantes e/ou frequentes e amostragens com  $N > 250$  indivíduos capturados), pode se afirmar que a pesca de camarão captura muitos espécimes em fase juvenil abaixo do tamanho de primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ), indicando que independente das diferenças de tecnologia e seletividade, o espectro de tamanho de captura em relação a maturidade é semelhante entre os locais avaliados. Isto é mais evidente para algumas espécies, como por exemplo: *Opisthonema oglinum* (opi ogl), *Pellona harroweri* (pel har), *Mustelus canis* (mus can) e *Chloroscombrus chrysurus* (chl chr), enquanto uma maior captura de adultos ( $> L_{50}$ ) pode ser observada para *Chirocentrodon bleekerianus* (chi ble), *Stellifer stellifer* (ste ste), *Stellifer microps* (ste mic). Considerando os estados, embora com captura similar para a maioria das espécies, algumas diferenças podem ser observadas. Por exemplo, houve um maior percentual de capturas de juvenis das espécies *Odontognathus mucronatus* (odo muc) no Rio grande do Norte (Bahia Formosa e Ponta do Mangue) e *Pellona harroweri* (pel har) (Bahia Formosa), e das espécies do gênero *Stellifer* com um percentual maior de juvenis de *Stellifer brasiliensis* (ste bra) e *Stellifer stellifer* (ste ste) em Alagoas (Peba) e de *Stellifer microps* (ste mic) na Paraíba. Em contraponto, a espécie *Isopisthus parvipinnis* (iso par), teve um percentual menor de captura de juvenis em Alagoas (Jaraguá).

### 3.4. Avaliação de estoques de peixes

A partir da lista completa das espécies capturadas pela fauna acompanhante do camarão e com as informações relativas ao número amostrado, peso, comprimento total e comprimento padrão de cada indivíduo, foi estimado o índice de importância relativa (IRI) que correlaciona frequência numérica, frequência de biomassa (peso total; g) e frequência de ocorrência das

espécies capturadas. A partir deste índice foi possível listar as espécies de maior abundância e presença nas capturas de fauna acompanhante. Aquelas que tiveram valores maiores que 1 do IRI foram selecionadas para realizar a avaliação de estoques. No entanto foram incluídas duas espécies com  $IRI < 1$  (*Micropogonias furnieri*, *Notarius grandicassis*) por serem consideradas de importância socioeconômica para as regiões.

Em seguida, foram analisadas as frequências de comprimento e os dados de captura das principais espécies de forma a avaliar a aplicabilidade dos modelos. Em relação à frequência de comprimento, àquelas consideradas representativas da população (juvenis e adultos bem representados), foram selecionadas como propensas à aplicação de modelos com base em comprimento (**Figura 19**). Para as outras, foram compilados os dados de captura, das séries temporais de publicadas por FREIRE et al. (2020) para cada espécie listada, levando em consideração as regiões Norte e Nordeste como estoques separados dessas espécies.

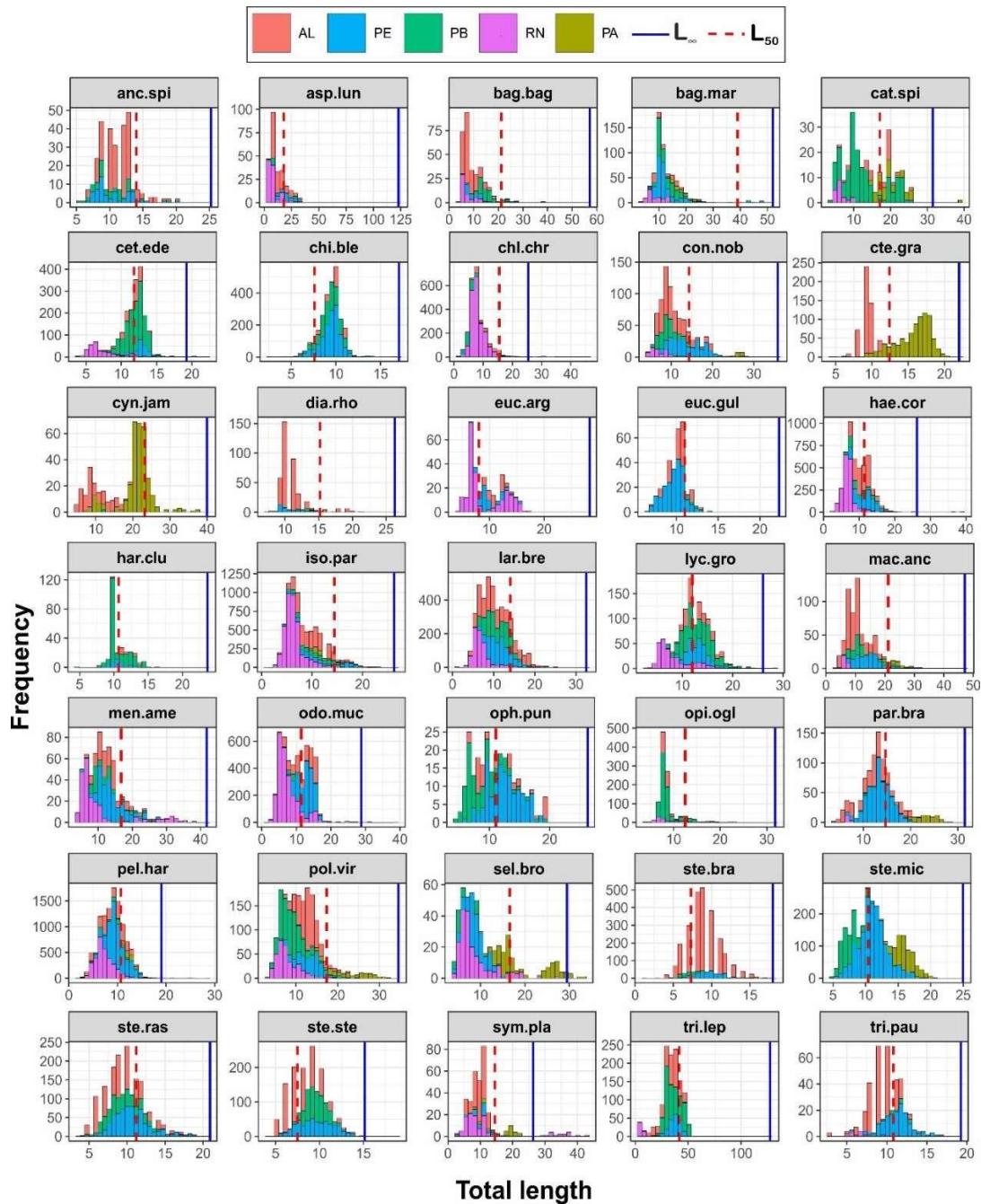
Em seguida foram analisadas as frequências de comprimento das principais espécies para aplicação dos seguintes modelos:

1) Baseados em comprimento:

- a. LBSPR (Length-Based Spawning Potential Ratio; HORDYK et al. 2015): A razão do estoque desovante potencial (Spawning Potencial ratio; SPR) é um ponto de referência biológico bem estabelecido, e estimativas de SPR podem ser usadas para ajudar em decisões de manejo para pescarias com poucos dados.
- b. LBB (Length-based Bayesian biomass estimation method; FROESE et al. 2018) é um método Bayesiano de estimativa de biomassa baseado em comprimento usado para a análise de dados de frequência de comprimento de capturas comerciais.

2) Modelo integrado:

- a. SS (Simple Stock Synthesis; RUDD, et al. 2021): que é um modelo com uma estrutura integrada de avaliação de estoque e pode incluir todas as informações disponíveis, as quais podem ser atualizadas em caso de disponibilidade de mais informações ao longo do tempo. Com este modelo, foi possível usar a aplicação para apenas comprimento (*Length only*), tendo sido assumido como “constant catch” que pressupõe a mesma captura em todos os anos para ajustar os dados de composição de comprimento (é semelhante ao LBSPR, mas o modelo integra o ajuste e não estima para cada ano, separadamente). Além disso, foi aplicado o modelo Simple Stock Syntheses para as espécies com dados suficientes em que leva em consideração comprimento e captura.



**FIGURA 19: FREQUÊNCIA DE TAMANHOS DA CAPTURA DA FAUNA ACOMPANHANTE DE PEIXES CAPTURADA PELA PESCA DE ARRASTO DE CAMARÃO NO NORTE (PA) E NORDESTE (AL, PE, PB, RN) EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS POPULACIONAIS DE  $L_{50}$  E  $L_{\infty}$**

1) Modelo baseado em captura:

- CMSY++ (Monte Carlo method; FROESE et al. 2016): Foram feitas também análises das séries temporais da captura (FREIRE et al. 2020) para cada espécie considerada, das regiões Norte e Nordeste. Em seguida, foi aplicado o CMSY ++, como modelo baseados em captura. CMSY++ é um modelo que estima os pontos de referência da pesca a partir de capturas, resiliência e informações qualitativas sobre o status dos estoques com dados limitados. Como depleção

inicial foi usado o referencial de 0.90-0.99, e a depleção no ano final foi indicado de acordo com KELL et al. (2022).

Ao todo, foram registradas um total de 190 espécies de peixes da fauna acompanhante da pesca de camarões. A avaliação de estoque foi aplicada para 25 espécies. Os resultados desta avaliação estão resumidos na, e podem ser sintetizados em quatro grandes categorias, a saber:

1. Espécies com status saudável (verde): *Stellifer brasiliensis*.
2. Espécies plenamente explotadas (amarelo): *Opisthonema oglinum*, *Micropogonias furnieri*, *Notarius grandicassis*.
3. Espécie que merecem atenção (em sobre pesca ou sobre explorado) (cor vermelho): *Pellona harroweri*, *Isopisthus parvipinnis*, *Cetengraulis edentulus*, *Larimus breviceps*, *Chirocentrodon bleekerianus*, *Stellifer rastrifer*, *Trichiurus lepturus*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Stellifer stellifer*, *Lycengraulis grossidens*, *Cynoscion jamaicensis*, *Paralonchurus brasiliensis*, *Macrodon ancylodon*,
4. Espécies com resultados inconclusivos que precisam de investigações futuras (cor cinza): *Haemulopsis corvinaeformis*, *Polydactylus virginicus*, *Ctenosciaena gracilicirrhus*, *Conodon nobilis*, *Odontognathus mucronatus* e *Bagre marinus*.

Contudo, algumas espécies apresentaram uma conclusão intermediária entre estes grupos definidos (cores misturadas) (Tabela 12).

**TABELA 12: ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA (IRI) E AS REFERÊNCIAS DO STATUS DE EXPLORAÇÃO PARA CADA ESTOQUE DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES CAPTURADAS NA FAUNA ACOMPANHANTE DA PESCA DE CAMARÕES NA COSTA NORTE E NORDESTE DO BRASIL.** NOTA: EM CINZA = SEM INFORMAÇÃO REQUERIDA PARA RODAR O MODELO; SPR ÚLTIMO ANO  $\geq 0,2$  = AZUL OU ACIMA DA TAXA DE RECRUTAMENTO MÍNIMA; SPR ÚLTIMO ANO  $<0,2$  = VERMELHO OU ABAIXO DA TAXA DE RECRUTAMENTO MÍNIMA; B/BMSY  $\geq 1$  = VERDE OU SAUDÁVEL; B/BMSY  $0,5 - 1,0$  = AMARELO OU TOTALMENTE EXPLOTADO; B/BMSY  $<0,5$  SOBRE EXPLOTADO; F/FMSY  $\geq 1$  = VERDE OU SAUDÁVEL; F/FMSY  $<1$  = AMARELO OU SOBRE PESCADO; \* = ESPÉCIES CONSIDERADAS DE IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA.

Espécie	IRI	Baseado em comprimento				Baseado em captura		Comprimento + captura		Veredito de status	
		LBSPR		LBB		SS-comprimento		CMSY++		Simple Stock Synthesis	
		SPR último ano	B/Bmsy	B/Bmsy	F/Fmsy	B/Bmsy	F/Fmsy	B/Bmsy	F/Fmsy	P/B -----	F/Fmsy
<i>Pellona harroweri</i>	363.05	0.204	0.179	0.445	0.257					Red	Green
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	153.37					0.868	1.560	0.994	0.286	Yellow	Green
<i>Odontognathus mucronatus</i>	88.10									Grey	Grey
<i>Opisthonema oglinum</i>	56.99					0.914	1.110			Yellow	Yellow
<i>Cetengraulis edentulus</i>	55.44	0.260		0.116	0.225					Red	Green
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	49.46									Grey	Grey
<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i>	36.34									Grey	Grey
<i>Larimus breviceps</i>	33.60					0.287	1.590	0.882	0.283	Yellow	Green
<i>Chirocentrodon bleekerianus</i>	32.66			0.138	0.239					Red	Green
<i>Stellifer rastrifer</i>	15.48	0.310	0.820	0.111	0.269					Green	Green
<i>Stellifer microps</i>	14.05	0.180	0.780							Grey	Grey
<i>Polydactylus virginicus</i>	11.48	0.210								Green	Green
<i>Stellifer brasiliensis</i>	10.99	0.210	0.680	0.637	0.231					Green	Green
<i>Trichiurus lepturus</i>	10.39					0.571	1.530	0.415	0.298	Yellow	Green
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	9.66					0.659	1.170	0.690	0.287	Yellow	Green
<i>Stellifer stellifer</i>	5.94	0.360	0.840	0.273	0.376					Green	Green
<i>Lycengraulis grossidens</i>	3.32	0.150	0.290	0.230	0.1999					Red	Red
<i>Cynoscion jamaicensis*</i>	2.62					0.237	0.860			Red	Red
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	2.10	0.210	2.500	0.242	0.963					Green	Green
<i>Mobula birostris</i>	1.97									Grey	Grey
<i>Conodon nobilis</i>	1.88									Grey	Grey
<i>Macrodon ancylodon*</i>	1.60					0.926	1.310	0.609	0.275	Yellow	Green
<i>Bagre marinus*</i>	1.18					0.750	1.040			Yellow	Yellow
<i>Micropogonias furnieri*</i>	<0.1									Yellow	Yellow

## **4. EIXO ECONOMIA PESQUEIRA**

### **4.1. Avaliação econômica da pesca de camarão em diferentes escalas**

A pesca de camarões realizada na costa brasileira é provavelmente uma das atividades pesqueiras mais antigas. Conservando artes e métodos reconhecidamente tradicionais (ISAAC et al., 2008), é efetuada por frotas artesanais, de pequena e média escala (ou semi-industriais), ao longo de toda a costa Norte e Nordeste e por uma frota industriais no Norte do Brasil (ARAGÃO et al., 2015). As capturas de camarão vêm levantando preocupações, por um lado, em razão da sobrepesca, mesmo que as espécies têm se mostrado resilientes neste sentido, mas principalmente, devido às enormes quantidades de descartes, que podem incluir peixes, muitos juvenis, invertebrados bentônicos e até tartarugas e mamíferos, alterando as comunidades dos fundos marinhos (BAUER, 2020).

Apesar disso, a captura acessória pode ter um papel importante na economia regional servindo como alimento para as populações locais. O presente componente do projeto SHRIMP buscou descobrir a distribuição de valor ao longo da cadeia produtiva da pesca de camarões no N e NE, em particular, revelando a contribuição da captura acessória como subproduto, considerando a existência de diversas escalas, ou seja, pesca artesanal de pequena escala, semi-industrial e industrial. Além disso, estimamos custos e benefícios da atividade e, quando possível, verificamos a hipótese da existência de elevados benefícios econômicos e sociais prevalecentes nos segmentos inferiores da cadeia de valor, ao nível da comunidade.

Avaliamos a cadeia de valor de cinco pesqueiros brasileiros de camarão de diferentes escalas que operam no oeste do Atlântico Sul, a saber, de Sul ao Norte:

1-Pontal do Peba é a comunidade mais ao sul da região nordeste, localizada no estado de Alagoas, município de Piaçabuçu, onde domina a pesca semi-industrial.

2-Barra de Sirinhaém, localizada mais ao Norte, no estado de Pernambuco, no município de Sirinhaém, com dominância de pesca artesanal.

3-Baía Formosa, que leva o nome do município e está localizada no sul do estado do Rio Grande do Norte, também com pesca artesanal

4- Bragança, município do Nordeste paraense, no qual se pratica a pesca artesanal de camarão de menor escala dentre todas as localidades.

5- Belém, capital do estado do Pará, onde estão sediadas as empresas da pesca industrial que é realizada na costa Norte do país.

Para o desenho da cadeia produtiva, elaboramos um modelo conceitual que permitisse demonstrar todos os vínculos incluídos e todos os segmentos que compõem a cadeia de valor. A partir de entrevistas com produtores (pescadores), processadores, atravessadores, distribuidores (como comerciantes de camarão em feira livre, quiosque de praia, peixarias) e consumidores, todas as

informações foram registradas e o modelo conceitual de cada localidade foi organizado. O questionário utilizado também registrou dados sobre a quantidade total de camarão comercializado e preços durante a safra e entressafra para cada espécie, bem como informações sobre a quantidade de capturas acessórias. Também estimamos custos fixos e variáveis, bem como o valor da primeira comercialização dos produtos desembarcados pela atividade pesqueira em entrevistas com pescadores, encarregados e donos de embarcações. Tais informações permitiram a estimativa de custos, receitas e lucros médios, por barco, em cada segmento da cadeia de valor e a distribuição dos benefícios econômicos entre os segmentos da cadeia. As estimativas foram extrapoladas para o total da frota a partir do número médio de barcos de cada pescaria nas diferentes comunidades pesquisadas.

Dentre as cinco localidades avaliadas ao longo da costa do NE e N do país, foi possível diferenciar quatro *metiérs* da pesca de camarão, correspondendo a diferentes escalas, muito pequena escala, que chamamos “artesanal” não motorizada, escala artesanal típica que chamamos de “pequena escala” (para diferenciá-la da primeira), semi-industrial e industrial (Tabela 1). Nas três localidades do Nordeste são capturadas as três espécies, *Penaeus schmitti* (camarão branco), *Xiphopenaeus kroyeri* (camarão sete barbas) e *Penaeus subtilis* (camarão rosa), enquanto que em Bragança são capturados o camarão branco e o camarão sete barbas. Já na pesca industrial a espécie alvo é o camarão rosa (**Tabela 13**).

**TABELA 13: SÍNTSEZ DAS PESCARIAS DE CAMARÕES AVALIADAS NA COSTA NORTE E NORDESTE DO BRASIL.**

ESCALA	ARTE	ESPÉCIES	LOCAL (ESTADO)
Artesanal	Rede de arrasto e puçá	<i>Penaeus schmitti</i> (Camarão branco) <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Camarão sete barbas)	Bragança (Pará)
Pequena escala	Arrasto simples	<i>Penaeus schmitti</i> (Camarão branco) <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Camarão sete barbas) <i>Penaeus subtilis</i> (Camarão rosa)	Baía Formosa (Rio Grande do Norte)
	Arrasto simples	<i>Penaeus schmitti</i> (Camarão branco) <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Camarão sete barbas) <i>Penaeus subtilis</i> (Camarão rosa)	Barra de Sirinhaém (Pernambuco)
Semi-industrial	Arrasto simples	<i>Penaeus schmitti</i> (Camarão branco) <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Camarão sete barbas) <i>Penaeus subtilis</i> (Camarão rosa)	Pontal do Peba (Alagoas)
Industrial	Arrasto com tangones	<i>Penaeus subtilis</i> (Camarão rosa)	Belém (Pará)

#### *Características gerais da atividade*

Observando as características da pesca do camarão em toda região do estudo, percebe-se que a pesca industrial possui o maior número de barcos que, em conjunto, realizam o maior número de viagens

ao ano e passam mais dias de mar durante as pescarias. O número de pescadores também é maior na pesca industrial. Já a produção média por barco no ano também é maior na pesca industrial (35t/barco/ano), seguida da pesca semi-industrial com um pouco mais de 14 toneladas/barco/ano, somente para o camarão *X. kroyeri*, depois vem a Baía Formosa e Sirinhaém com as pescarias de pequena escala e, por último, a pescaria artesanal de Bragança com a menor produção (**Tabela 14**).

**TABELA 14: CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PESCA ARTESANAL SEMI-INDUSTRIAL E INDUSTRIAL DOS CAMARÕES MARINHOS DAS REGIÕES N E NE DO BRASIL.**

Arranjos de pesca	Artesanal	Pequena escala		Semi-industrial	Industrial
	Bragança/PA	Barra de Sirinhaém	Baía Formosa	Peba/AL	Belém/PA
Nº médio de barcos ativos/ano	13	9	6	47	70
Número total de pescadores	25	24	12	120	350
Nº médio de viagens/barco/ano	80	75	75	75	4
Nº médio de dias pescando/barco/viagem	1	2	1	1 – 3	45
Produção média (t/barco/ano)	<i>X. kroyeri</i> (1,60) <i>L. schmitti</i> (0,24)	<i>X. kroyeri</i> (6,20) <i>L. schmitti</i> (2,20) <i>P. subtilis</i> (1,80)	<i>X. kroyeri</i> (8,80) <i>L. schmitti</i> (2,20) <i>P. subtilis</i> (1,00)	<i>X. kroyeri</i> (14,30) <i>L. schmitti</i> (4,90) <i>P. subtilis</i> (3,10)	<i>P. subtilis</i> (35)
Produção média fauna acompanhante (t/barco/ano)	0,72	0,90	0,80	20	200
Meses de safra (camarão)	<i>X. kroyeri</i> (Fev-Abril) <i>L. schmitti</i> (Set-Jan)	Jun-Out	Mai-Ago	Mai-Ago	Fev - Mai

#### *Variação de preços*

O camarão rosa da pesca industrial no Pará, esteve, em média, a R\$ 57,00 o kg, o maior valor de comercialização de todas as espécies e pescarias. Dentre as espécies das pescarias artesanais, de pequena escala e de escala semi-industrial, o camarão branco atingiu o maior valor comercial, variando entre R\$ 31,00 e R\$ 40,00 o kg, enquanto o sete-barbas foi a espécie com o menor valor dentre essas pescarias, variando entre R\$ 4,5 e R\$ 7,00 o kg (**Figura 20**). O preço do quilograma de camarão varia dependendo do período de safra (chuvisco) e entressafra (período seco), sendo mais alto neste último período do ano, quando o produto é mais escasso, para todas as escalas de pescarias.

Contrariamente à tendência do camarão, a produção das espécies das capturas acessórias é maior no período seco e atinge preços mais altos durante o período chuvoso, quando os preços do camarão são mais baixos. Ou seja, existe uma complementaridade entre safras e preços de camarão e fauna

acompanhante, que é particularmente para as pescarias artesanais e de pequena escala, que dependem desses recursos para sobreviver quando o camarão não é tão abundante no ambiente. Na costa Norte a captura acessória das pescarias de camarão artesanal de Bragança foi comercializada em média por R\$ 6,43 ( $\pm 3,64$ ), enquanto que na pesca industrial foi de R\$ 6,16 ( $\pm 3,77$ ). O preço comercial médio da pesca acessória foi razoavelmente semelhante entre a pesca de arrasto semi-industrial (R\$ 4,31  $\pm 8,26$ ) e a pesca de pequena escala (R\$ 5,91  $\pm 2,76$  na Barra de Sirinhaém; R\$ 7,20  $\pm 5,85$  na Baía Formosa).



**FIGURA 20: VARIAÇÃO DE PREÇO MÉDIO/KG DE COMERCIALIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE CAMARÕES CAPTURADAS NA COSTA NORTE E NORDESTE.**

#### *Custos e receitas da pesca do camarão*

Por definição, os custos variáveis das pescarias de camarão corresponderam aos gastos com insumos como gelo, alimentação e combustível, que dependem do esforço, como por ex. da duração da viagem, e/ou do tamanho e tecnologia do barco. Os custos médios anuais dos barcos da frota de pesca industrial do PA foram obviamente os mais elevados, sendo 27 vezes mais altos que os da frota semi-industrial de AL. Por outro lado, os custos dos barcos da frota semi-industrial foram de 1 a 3 vezes superiores aos daqueles da frota de pesca de pequena escala de PE e RN e 154 vezes superiores aos da pesca artesanal de Bragança/PA. Os custos totais, para toda a frota e em cada uma das comunidades, variaram de acordo com a escala e o número de barcos entre R\$ 16 mil e R\$ 105 milhões (TABELA 15).

As despesas com combustível representaram a maior parte do custo variável anual total por barco, variando entre 70 e 83% dos custos totais, menos para a pesca artesanal em Bragança, na qual os custos com insumos referem-se somente ao combustível, que representa, portanto, 100% dos custos

totais, pois as pescarias em geral duram poucas horas e não há necessidade nem de gelo e nem de alimentação (**TABELA 15**). No caso da pesca industrial, o combustível pode ser subsidiado pelo Governo Federal em 25% do seu valor para os barcos cadastrados. Nesse caso, o preço com combustível reduz para R\$ 865.657,00 por barco e por ano, o que representa 20% a menos nos custos variáveis de cada barco por ano.

**TABELA 15: CUSTOS VARIÁVEIS ANUAIS (R\$) DA FROTA DA PESCA DE ARRASTO DE CAMARÃO DA REGIÃO NORDESTE E NORTE DO BRASIL.**

	Custos variáveis (R\$/ano)	Artesanal			Semi-industrial	Industrial
		Bragança/PA	Sirinhaém/PE	Baía Formosa/RN	Pontal do Peba/AL	Belém/PA
<b>EMBARCAÇÃO</b>	<b>Custo médio de combustível</b>	R\$ 1.380,00	R\$ 16 617,22	R\$ 31 150,00	R\$ 41 492,89	R\$ 1.154 210,33
	<b>Custo médio de gelo</b>	N/A	R\$ 2 222,13	R\$ 2 730,00	R\$ 5 747,24	N/A
	<b>Custo médio de alimentação</b>	N/A	R\$ 4 090,91	R\$ 3 500,00	R\$ 11 721,82	R\$ 347 821,34
	<b>Custo total do barco</b>	<b>R\$ 1.380,00</b>	<b>R\$ 22 930,26</b>	<b>R\$ 37 380,00</b>	<b>R\$ 58 961,95</b>	<b>R\$ 1.502.031,67</b>
<b>FROTA</b>	<b>Custo total com combustível</b>	R\$ 17.940,00	R\$ 149.554,98	R\$ 186 900,00	R\$ 1 950 165,83	R\$ 80.794.722,96
	<b>Custo total dos barcos/ano com gelo</b>	N/A	R\$ 19.999,17	R\$ 16 380,00	R\$ 270 120,28	N/A
	<b>Custo total dos barcos/ano com alimentação</b>	N/A	R\$ 36.818,19	R\$ 21 000,00	R\$ 550 925,54	R\$ 24.347.494,08
	<b>Custo total da frota</b>	<b>R\$ 17.940,00</b>	<b>R\$ 206.372,34</b>	<b>R\$ 224 280,00</b>	<b>R\$ 2 771 211,65</b>	<b>R\$ 105.142.217,04</b>
	<b>Nr médio de barcos</b>	13	9	6	47	70

Legenda: N/A – não se aplica.

Custos fixos da pesca representam o total de gastos que são independentes do esforço pesqueiro, mas que devem ser realizados para a operação da frota. Os equipamentos (principalmente embarcação e artes de pesca) são entendidos como um investimento feito ao longo dos anos de uso de cada um (estimados através da depreciação). O custo fixo anual total para permitir a operação de toda a frota industrial (PA) e semi-industrial (AL) foi de R\$ 10 milhões e R\$ 545 mil por ano, respectivamente. Quando estimados por embarcação, esses custos fixos são bem diferenciados, sendo de aproximadamente de R\$ 145 mil por ano para a frota industrial e pouco menos de R\$ 12 mil para a semi-industrial. Na pesca de pequena escala os custos fixos são similares, de pouco mais de R\$ 8 mil por ano e na pesca artesanal de 2,8 mil por ano e unidade de produção. Do total de custos fixos a maior despesa é representada pela manutenção do barco que oscila entre 59% e 88% do total, dependendo da escala da frota (**TABELA 16**).

**TABELA 16: CUSTOS FIXOS TOTAIS (R\$/ANO) DAS FROTAS DA PESCA DE ARRASTO DE CAMARÃO NAS REGIÕES NORDESTE E NORTE DO BRASIL.**

	Custo fixo médio anual (R\$/ano)	Artesanal (Bragança)	Pequena escala (B. Sirinhaém)	Pequena escala (B. Formosa)	Semi-industrial	Industrial
<b>EMBARCAÇÃO</b>	<b>Manutenção da embarcação</b>	R\$ 1 686,00	R\$ 5 831,25	R\$ 6 225,14	R\$ 7 132,31	R\$ 128 571,43
	<b>Depreciação da embarcação</b>	R\$ 420,00	R\$ 1 919,44	R\$ 1 600,00	R\$ 3 236,11	R\$ 7 952,12
	<b>Manutenção de aparelhos</b>	R\$ 600,00	R\$ 654,60	R\$ 420,00	R\$ 928,57	R\$ 5 355,47
	<b>Depreciação de aparelhos</b>	R\$ 150,00	R\$ 209,29	R\$ 256,00	R\$ 310,00	R\$ 3 496,70
	<b>Custo fixo total por barco</b>	<b>R\$ 2 856,00</b>	<b>R\$ 8 614,58</b>	<b>R\$ 8 501,14</b>	<b>R\$ 11 606,99</b>	<b>R\$ 145 375,72</b>
<b>FROTA</b>	<b>Manutenção da frota</b>	R\$ 21 918,00	R\$ 52.481,25	R\$ 37 350,84	R\$ 335 218,57	R\$ 9 000 000,00
	<b>Depreciação da frota</b>	R\$ 5.460,00	R\$ 17.274,96	R\$ 9 600,00	R\$ 152 097,17	R\$ 556 648,26
	<b>Manutenção de aparelhos</b>	R\$ 7 800,00	R\$ 5.891,40	R\$ 2 520,00	R\$ 43 642,79	R\$ 374 883,17
	<b>Depreciação de aparelhos</b>	R\$ 1 950,00	R\$ 1.883,61	R\$ 1 536,00	R\$ 14 570,00	R\$ 244 768,90
	<b>Custo fixo total para toda a frota</b>	<b>R\$ 37.128,00</b>	<b>R\$ 77.531,22</b>	<b>R\$ 51 006,84</b>	<b>R\$ 545 528,53</b>	<b>R\$ 10.176.300,33</b>
	<b>Nr médio de barcos</b>	13	9	6	47	70

As receitas anuais geradas com a primeira comercialização dos barcos que atuam na pesca de camarões na costa Norte e Nordeste do Brasil variaram de R\$ 270.400,00 na pescaria mais artesanal e de comércio local até R\$ 141,5 milhões nas pescarias industriais que atendem à exportação do produto. Os valores de receita bruta por embarcação variaram de R\$ 20.800,00 a pouco mais de R\$ 2 milhões por ano, de acordo com o gradiente de escala (**Tabela 17**).

A receita gerada pelos produtos da fauna acompanhante que é comercializada (*byproduct*) representa desde menos de 1% até 22% da receita do camarão nas pescarias de artesanais, de pequena escala e semi-industriais e quase 25% do total da receita nas pescarias industriais. Isto demonstra, por um lado, a importância da complementação da receita nas pescarias industriais pela fauna acompanhante, um fator que deve ser tomado em conta na discussão sobre medidas de manejo e, por outro, a necessidade de não interferir nesse aspecto nas pescarias artesanais, pois os peixes capturados tem uma importância na alimentação local, sem representar uma proporção muito grande das capturas.

**TABELA 17: RECEITAS E INDICADORES ECONÔMICOS ANUAIS PARA AS PESCARIAS DE CAMARÃO NA COSTA NORDESTE E NORTE DO BRASIL**

Arranjos de pesca		Artesanal	Pequena escala		Semi-industrial	Industrial
			Barra de Sirinhaém	Baía Formosa		
Cadeia de Comercialização	Local	Local/regional	Local/regional	Local/regional/nacional	Local/regional/nacional	Regional/exportação
EMBARCAÇÃO	Receita total/ano (Camarão)	R\$ 20.800,00	R\$ 144 222,22	R\$ 127 871,50	R\$ 231 914,89	R\$ 2.021.250,00
	Receita total/ano (Byproduct)	R\$ 4.629,60	R\$ 592,11	R\$ 772,17	R\$ 2 040,53	R\$ 542.857,14
	Lucro/ano	R\$ 21.193,60	R\$ 112 666,67	R\$ 81 990,33	R\$ 161 702,13	R\$ 428.571,43
FROTA	Receita total/ano (Camarão)	R\$ 270.400,00	≈ R\$ 1,2 milhões	≈ R\$ 767 mil	≈ R\$ 10,9 milhões	≈ R\$ 141,5 milhões
	Receita total/ano (Byproduct)	R\$ 60.184,80	≈ R\$ 5 mil	≈ R\$ 5 mil	≈ R\$ 96 mil	≈ R\$ 38 milhões
	Lucro/ano	R\$ 275.516,80	≈ R\$ 1,01 milhões	≈ R\$ 492 mil	≈ R\$ 7,6 milhões	≈ R\$ 30 milhões
Taxa de lucro		1536%	491%	219%	274%	26,10%
Ponto de nivelamento		12%	7%	9%	7%	46,43%

A taxa de lucro representa o percentual do lucro com a venda do camarão, em relação aos custos variáveis gastos para a armação da embarcação e a operação da pescaria, ou seja, por cada R\$ 100 de custos variáveis, se ganham R\$ 26,10, na pescaria industrial. Nas pescarias artesanais, de pequena escala e semi-industrial este parâmetro é bem mais alto, diminuindo com a escala da pescaria. Isto indica que, quanto mais artesanal a pescaria, os benefícios econômicos são bem superiores aos custos variáveis e, portanto, estas pescarias são respectivamente de maior rentabilidade.

Por outro lado, o ponto de nivelamento, que representa a % da produção que tem que capturar para poder cobrir todos os custos operacionais do barco, é baixa para as pescarias artesanais e de pequena escala. Chama a atenção o valor da pesca industrial, que foi estimado em 46%. Este valor significa que, para iniciar a ter lucro, o barco precisa alcançar praticamente a metade da sua capacidade de armazenamento em produção por viagem. Antes disso, as pescarias servem apenas para pagar os custos totais. O valor de 46% é considerado muito alto para atividades econômicas e demonstra o alto nível de risco dessa atividade (principalmente devido à instabilidade das capturas e aos custos dos insumos) para atingir a meta de produção. O ponto de nivelamento, por outro lado, é considerado baixo para as pescarias artesanais, de pequena escala, ou semi-industriais, variando entre 7 e 12%, ou seja, como os investimentos são baixos, após a captura de 7% a 12% da produção total do barco, já ocorre lucro na

viagem. Isto faz com que as pescarias dessas categorias apresentem menos riscos quando consideramos o nível de investimento.

#### **4.2. Economia da cadeia de valor da pesca de arrasto de camarão do Nordeste**

Para esta sessão não foi possível o acesso aos dados por segmento de cadeia de valor da região Norte, desta forma, destacamos as informações da atividade pesqueira do camarão capturado na costa Nordeste do Brasil.

A produção total de arrasto semi-industrial de camarão é cerca de dez vezes a produção total de arrasto de camarão em pequena escala. Esta proporção permanece a mesma quando se considera o valor desembarcado e o custo total, mas o lucro foi apenas sete vezes maior na pesca semi-industrial. No primeiro segmento da cadeia de valor (produtores), o lucro do pescador na pesca industrial é de 1,5 vezes o seu custo, enquanto na pesca artesanal o lucro é de 2,6 vezes a 1,8 vezes maior do que seus custos (**Tabela 19**).

Apesar do alto custo total dos produtores na pesca de arrasto semi-industrial, a soma dos custos variáveis e fixos dos atravessadores (2º segmento) representou 81% dos custos dos pescadores semi-industriais de camarão. Na pesca de arrasto de camarão em pequena escala, os custos no 2º segmento da cadeia de valor foram 74% dos custos dos pescadores de camarão em pequena escala. Os principais gastos dos atravessadores foram com pagamentos de funcionários e com o transporte do camarão capturado do barco para a praia (feito por catraias) e da praia para o ponto de atravessadores e peixarias (feito por carroças). Na pesca de arrasto de camarão em pequena escala, os intermediários também arcaram com os custos com gelo, eletricidade, alimentos e combustível.

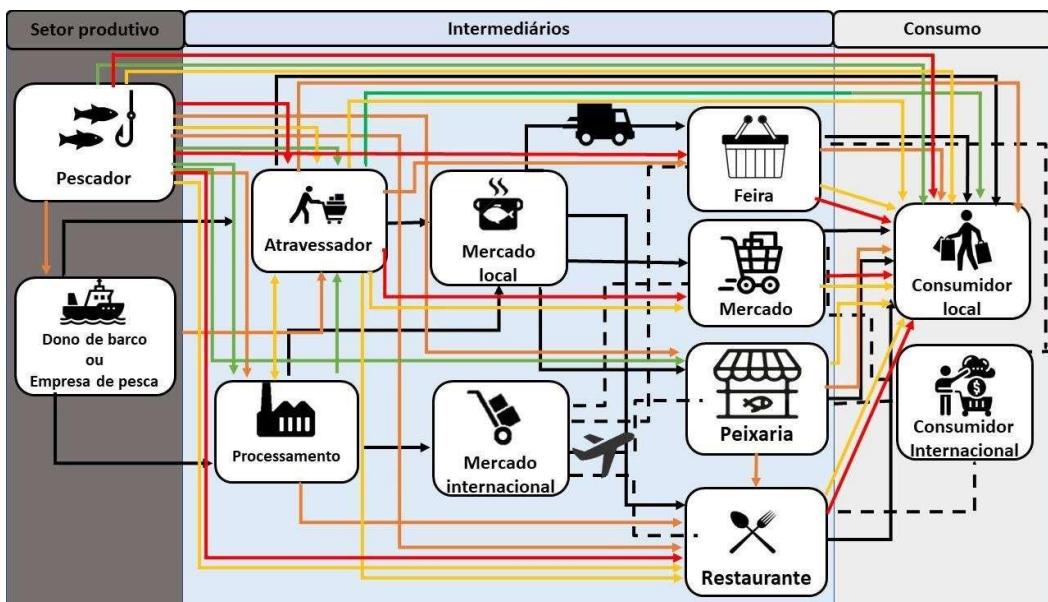
As principais despesas das peixarias são constituídas pelos salários dos funcionários, taxas de abastecimento de água, internet, energia e aluguel do estabelecimento. Para as peixarias que comercializam a produção semi-industrial de camarão, esses custos foram dez vezes maiores do que os custos das peixarias que operam com os produtos da pesca de arrasto de camarão em pequena escala. No último elo, os restaurantes obtiveram lucro menor. Nos que operam com os produtos da pesca semi-industrial de camarão, o rendimento econômico foi apenas 2,7 vezes maior do que o lucro dos que operam com os produtos da pesca de camarão em pequena escala.

**TABELA 18: CUSTOS, PRODUÇÃO TOTAL E VALOR DESEMBARCADO PARA TODA A FROTA, POR PESCA DE ARRASTO DE CAMARÃO OPERANDO NA COSTA NORDESTE DO BRASIL, POR SEGMENTO DA CADEIA DE VALOR. (SEMI-INDUSTRIAL = PONTAL DO PEBA; PEQUENA ESCALA 1 = BARRA DE SIRINHAÉM; PEQUENA -ESCALA 2 = BAÍA FORMOSA).**

Segmento	Escala de pesca de arrasto de camarão	Produção total (t/ano)	Valor desembarcado (R\$/ano)	Custo total (R\$/ano)	Lucro (R\$/ano)	Lucro:custos totais
<b>Produtores (Pescadores)</b>	Semi-industrial	1,048.7	≈ 10.9 milhões	≈ 3.3 milhões	≈ 7.6 milhões	2.3
	Pequena escala 1	97.1	≈ 1.29 milhões	≈ 283 mil	≈ 1.01 milhões	3,5
	Pequena escala 2	72.1	≈ 767 mil	≈ 275 mil	≈ 492 mil	1.8
<b>Atravessadores</b>	Semi-industrial	503.13	≈ 5.4 milhões	≈ 3.5 milhões	≈ 1.8 milhões	0.51
	Pequena escala 1	45.6	≈ 800 mil	≈ 267 mil	≈ 535 mil	2.0
	Pequena escala 2	16.7	≈ 137 mil	≈ 80 mil	≈ 57 mil	0.71
<b>Peixarias</b>	Semi-industrial	19.64	≈ 724 mil	≈ 302 mil	≈ 421 mil	1.4
	Pequena escala 1	10.9	≈ 305 mil	≈ 28 mil	≈ 277 mil	9.8
	Pequena escala 2	21.8	≈ 334 mil	≈ 87 mil	≈ 123 mil	1.41
<b>Restaurantes</b>	Semi-industrial	3.48	≈ 108 mil	≈ 22 mil	≈ 86 mil	3.91
	Pequena escala 1	0.2	≈ 13 mil	≈ 8 mil	≈ 5 mil	0.63
	Pequena escala 2	11.1	≈ 316 mil	≈ 97 mil	≈ 218 mil	2.25

#### **4.2. Estrutura da cadeia produtiva e de valor da pesca do camarão na região N e NE**

As cadeias de valores possuem complexidades e similaridades, de uma maneira geral alguns agentes como atravessadores, peixarias, mercados e feiras são comuns entre todas as cadeias, independentemente da escala. Na cadeia artesanal da região de Bragança/PA predomina a comercialização por agentes locais ou regionais ou o consumo próprio dos pescadores. Na cadeia de pequena escala no NE a comercialização é predominantemente regional para barracas de praia e turistas da região. Em Pontal do Peba, nos produtos da pesca semi-industrial, foi bem marcante a presença do beneficiamento realizado por mulheres. A cadeia da pesca industrial foi a mais complexa, apresentando comercialização para o mercado internacional (**Figura 21**).



**FIGURA 21: CADEIA PRODUTIVA DA PESCA DE ARRASTO DE CAMARÕES REALIZADA PELA FROTA CAMAROEIRA NORTE E NORDESTE, DEMONSTRANDO PRINCIPAIS SEGMENTOS E FLUXOS DE COMERCIALIZAÇÃO. LEGENDA: LARANJA: PONTAL DO PEBA-AL (SEMI-INDUSTRIAL); VERDE: BARRA DE SIRINHAÉM-PE (PEQUENA ESCALA); AMARELO: BAÍA FORMOSA-RN (PEQUENA ESCALA); VERMELHO: BRAGANÇA-PA (ARTESANAL); PRETO: BELÉM-PA (PESCA INDUSTRIAL).**

#### 4.3. Modelagem da captura de camarões em função de indicadores macro-econômicos

Além do cálculo dos índices econômicos, para a pesca industrial de arrasto de camarão da costa Norte do Brasil, a pesquisa buscou responder à seguinte pergunta: Como os fatores macroeconômicos podem afetar a frota e o comportamento dos pescadores, impulsionando o esforço e os resultados das pescarias? Para tal foi construído um modelo GAM (Modelo Aditivo Generalizado) multivariado, com o logaritmo do esforço como variável resposta e fatores macro-econômicos como variáveis explanatórias além do tempo, a saber: os PIBs dos EUA, Japão, Espanha, França e Brasil (USD/hab/ano), além do preço do óleo diesel (USD/m<sup>3</sup>) e a taxa de câmbio (R\$/USD).

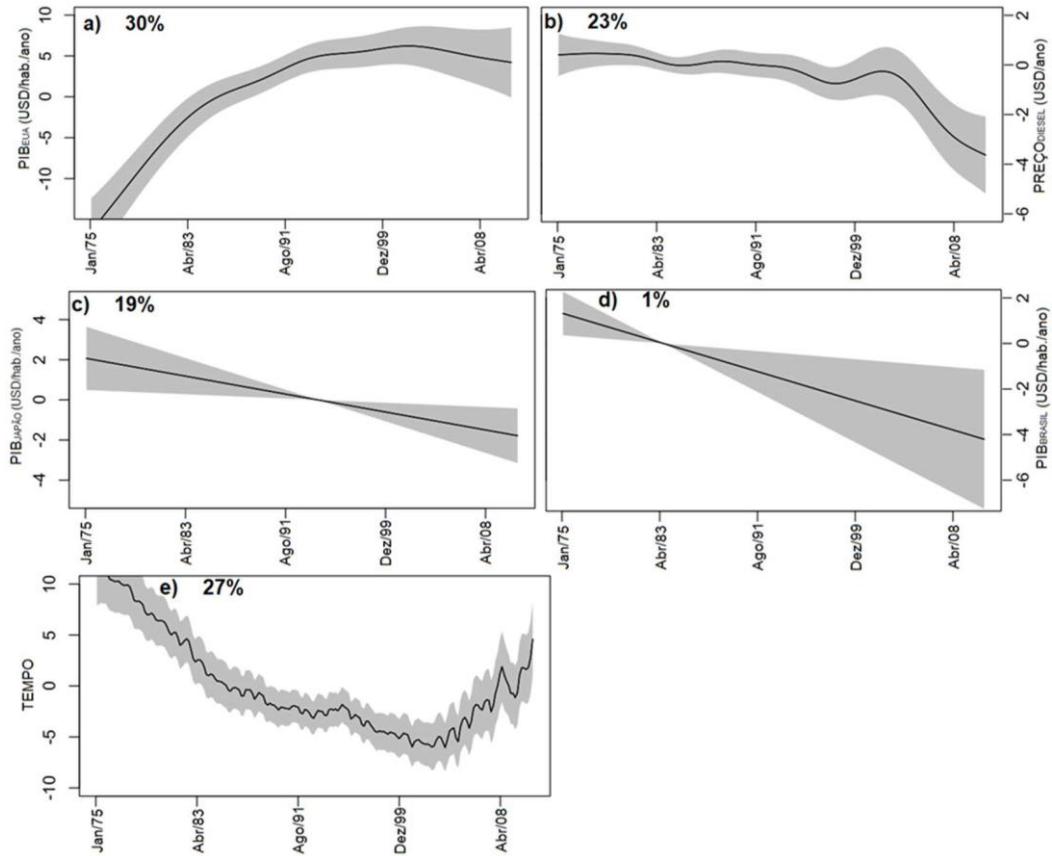
As variáveis que influenciaram significativamente a série histórica do esforço de pesca do camarão rosa na área de estudo foram: o tempo, o PIB dos Estados Unidos e o preço do diesel (todas com  $p < 0,001$ ), PIB do Brasil ( $p < 0,01$ ) e o PIB do Japão ( $p < 0,05$ ). A variável com maior porcentagem de variação explicada foi o PIB do Estados Unidos, com 30%, seguida do tempo com 27%, o preço do diesel com 23%, PIB do Japão com 19% e por fim, muito abaixo das outras variáveis, o PIB do Brasil, explicando somente 1%. A taxa de câmbio e o PIB da Espanha e de França não foram significativos. A variação acumulada explicada pelo modelo foi de 91%, com um  $R^2$  ajustado de 0,85 (Tabela 19).

**TABELA 19: SIGNIFICÂNCIA APROXIMADA DOS TERMOS SUAVIZADOS DO MODELO DO ESFORÇO EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS**

Variáveis	Grau de liberdade efetivo	Grau de liberdade de referência	F	p-valor	Contribuição %
PIB <sub>EUA</sub>	7.011	8.378	11.588	< 2e -16 ***	30
Tempo	145.585	170.126	4.121	< 2e-16 ***	27
Preço <sub>diesel</sub>	10.790	10.928	4.285	6.63 e-06 ***	23
PIB <sub>Japão</sub>	1.000	1.000	6.597	0.01077 *	19
PIB <sub>Brasil</sub>	1.000	1.000	7.296	0.00736 **	1
PIB <sub>Espanha</sub>	1.355	1.553	0.058	0.90827	0
Taxa <sub>cambio</sub>	1.000	1.000	1.615	0.20496	0
PIB <sub>França</sub>	6.120	7.235	1.927	0.9811	0

Códigos de significância: “\*\*\*” = 0.001; “\*\*” = 0.01; “\*” = 0.05;  $R^2$  ajustado = 0.853; Variância explicada = 91%.

Em relação as influências parciais das variáveis macroeconômicas sobre o esforço, são observados alguns padrões importantes. O PIB de EUA teve um efeito positivo sobre o esforço até os valores de 2,500 USD/hab/ano, momento em que esta variável passa a não ter mais um efeito sobre o esforço da frota pesqueira. O preço do diesel não apresentou efeito sobre o esforço de captura do camarão rosa para valores abaixo de 800 (USD/m<sup>3</sup>); após isso ele passou a reprimir o esforço da pesca. O efeito do PIB<sub>Japão</sub> foi negativo e linear sobre o esforço dos barcos, sendo que isto pode ter relação com o enriquecimento constante deste país e a troca para produtos de maior preço e qualidade. O efeito do PIB<sub>Brasil</sub> sobre esforço apresentou um comportamento semelhante ao efeito do PIB<sub>Japão</sub>, mas com menor importância. O tempo mostrou que o esforço vem caindo ao longo do tempo, até quase o final da série quando se inverteu, e houve um pequeno crescimento (**Figura 22**).



**FIGURA 22: RESULTADOS DO MODELO GAM SOBRE OS IMPACTOS DE CADA FATOR MACROECONÔMICO NO ESFORÇO DE CAPTURA DE *P. SUBTILIS*: A) PIB<sub>EUA</sub>; B) PREÇO DO DIESEL; C) PIB<sub>JAPÃO</sub>; D) PIB<sub>BRASIL</sub>; E) TEMPO. AS ÁREAS SOMBREADAS INDICAM OS INTERVALOS DE CONFIANÇA DE 95%. AS CURVAS SÓLIDAS MOSTRAM AS FUNÇÕES GAM AJUSTADAS. AS % DE EXPLICAÇÃO DE CADA VARIÁVEL ESTÃO INDICADAS NO CANTO SUPERIOR ESQUERDO.**

Por último, considerando que a partir de março de 1997 (Lei nº 9.445, de 14 de março de 1997) a frota de camarão da costa Norte pode usufruir um desconto de 25% no preço do óleo diesel, este desconto foi aplicado aos dados do preço do óleo, e novamente foi estimado um modelo GAM com essa modificação, para observar novamente os fatores que mais afetaram o comportamento da frota nessas circunstâncias.

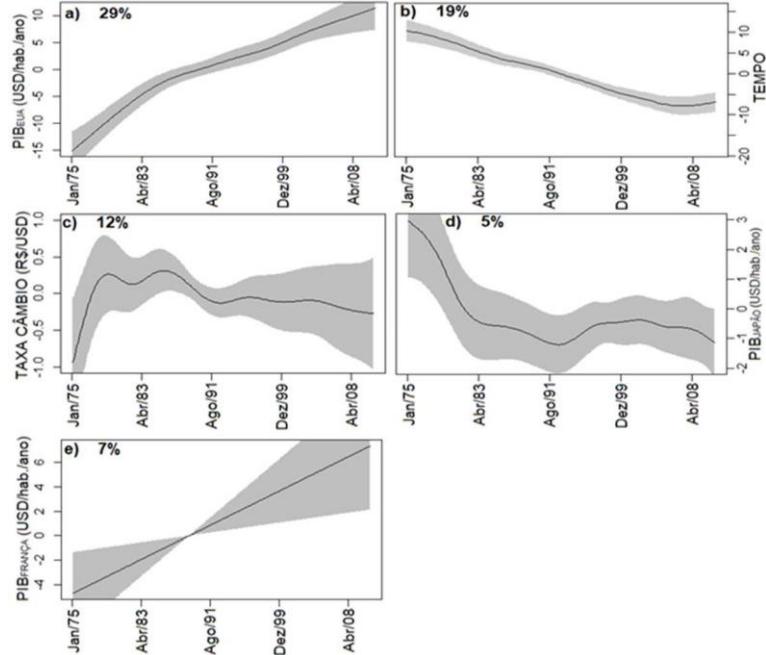
Os resultados mostram um modelo que explica 72% da variância e um  $R^2$  ajustado de 0.69. O PIB de EUA ainda é o fator mais importante, com 29% da variância explicada, seguido do tempo (19%), a taxa de câmbio (12%), o da França com 7% e o PIB<sub>Japão</sub>. com quase 5%. Os PIBs da Espanha e do Brasil não resultaram significativos. O preço do diesel também deixou de afetar o esforço neste caso, mostrando que com o subsídio o esforço dos barcos não é influenciado pelos valores do combustível (**Tabela 20**).

**TABELA 20- SIGNIFICÂNCIA APROXIMADA DOS TERMOS SUAVIZADOS DO MODELO DO ESFORÇO EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS, CONSIDERANDO O DESCONTO DE 25% NO PREÇO DO ÓLEO DIESEL, A PARTIR DE 1997.**

Variáveis	Grau de liberdade efetivo	Grau de liberdade de referência	F	p-valor	Contribuição %
PIB <sub>EUA</sub>	5.955	6.950	11.940	< 2e -16 ***	28.8
Tempo	10.070	13.570	5.722	< 2e-16 ***	19.2
Taxa <sub>cambio</sub>	9.770	10.612	2.008	0.0353 *	12.0
PIB <sub>Japão</sub>	9.886	10.352	1.913	0.0413 *	4.8
PIB <sub>França</sub>	1.000	1.000	7.605	0.0061 **	7.2
PIB <sub>Espanha</sub>	6.377	7.050	1.217	0.2900	0
PIB <sub>Brasil</sub>	1.000	1.000	0.434	0.5106	0
Preço <sub>diesel</sub>	2.185	2.708	0.741	0.4872	0

Códigos de significância: “\*\*\*” = 0.001; “\*\*” = 0.01; “\*” = 0.05;  $R^2$  ajustado = 0.687; Variância explicada = 72.1%.

Considerando o efeito de cada variável, temos que a relação do esforço com o PIB de Estados Unidos manteve sua tendência positiva e o tempo manteve a sua tendência claramente negativa do esforço. A taxa de câmbio influenciou positivamente o esforço, logo no início da série, mas a partir dos anos 80 estabilizou e depois nos anos 90 inverteu o efeito com uma pequena tendência negativa. O PIB<sub>Japão</sub> manteve sua tendência negativa até os anos 90, depois não influenciou mais ao comportamento da frota. O PIB da França estimulou o esforço de forma linear e positiva (**Figura 23**).



**FIGURA 23: RESULTADOS DO MODELO GAM SOBRE OS IMPACTOS DE CADA FATOR MACROECONÔMICO NO ESFORÇO DE CAPTURA DE *P. subtilis*:** A) PIB<sub>EUA</sub>; B) TEMPO; C) TAXA DE CÂMBIO; D) PIB<sub>JAPÃO</sub>; E) PIB<sub>FRA</sub>NÇA. AS ÁREAS SOMBREADAS INDICAM OS INTERVALOS DE CONFIANÇA DE 95%. AS CURVAS SÓLIDAS MOSTRAM AS FUNÇÕES GAM AJUSTADAS. AS % DE EXPLICAÇÃO DE CADA VARIÁVEL ESTÃO INDICADAS NO CANTO SUPERIOR ESQUERDO.

A pesca do camarão rosa na costa Norte nasceu para atender o mercado internacional, com padrões de qualidade mais exigentes a preços mais atrativos do que o mercado local, por isso o PIB dos principais países compradores desse camarão, são chave para entender a demanda do produto ao longo do tempo e as flutuações do esforço. Assim, temos que o PIB americano foi durante muito tempo um dinamizador da atividade comercial pela alta do dólar, sobretudo nos anos iniciais do Plano Real (1994) com a instabilidade da moeda local que favoreceu as exportações.

Por outro lado, ocorreu também a redução histórica da oferta, fortemente vinculada ao fechamento de empresas tradicionais que operavam na pesca do camarão, devido a crises de gestão empresarial e aumento de custos de produção, a exemplo do óleo diesel que representa o maior custo variável para a armação das embarcações. Portanto a redução da oferta de camarão no mercado ao longo do tempo, provocou mudanças no cenário de consumo internacional dos principais parceiros que passaram a buscar produtos substitutos, como outros tipos de camarões, em particular de cultivo, ou demais produtos que supram a sua demanda, o que pode explicar algumas das correlações negativas encontradas na análise. Além disso, nos últimos anos o mercado internacional vem buscando por produtos com selos de origem e fonte mais sustentáveis de captura. Esta tendência produziu, mais tarde (2017), o fechamento da relação comercial com a Europa e com os EUA, que eram os principais compradores no início da série histórica.

## **5. EIXO TECNOLOGIA DE PESCA**

A pesca industrial de arrasto é considerada uma das pescarias menos sustentáveis na região Norte do Brasil, principalmente, devido à falta de seletividade da arte de pesca que captura uma grande quantidade de fauna acompanhante, a maior parte dela, descartada no mar (ISAAC et al., 2009; BENTES et al., 2012). Os dispositivos de redução de *bycatch*-BRD, são considerados mundialmente uma alternativa para essa problemática. Trata-se de modificações leves das redes, para que boa parte da captura não desejada seja liberada durante os arrastos. Sabe-se que o uso do BRD nas embarcações de pesca pode ter um efeito positivo sobre seletividade da pesca de arrasto e reduzir a captura incidental. A partir dessa redução, supõe-se que as redes possam ficar mais leves durante o arrasto, podendo poupar no consumo de combustíveis.

Este eixo temático teve como objetivo desenvolver tecnologia que permita reduzir as capturas de fauna acompanhante não alvo, das diversas pescarias de arrasto de camarões do Norte e Nordeste do Brasil. Para tal foram testados dispositivos que reduzem a participação da fauna acompanhante nas capturas, denominados de BRDs (*Bycatch Reduction Device*). Com essa finalidade, foram realizados um total de 247 arrastos experimentais, sendo 205 na frota da pesca artesanal que atua no litoral de

Pernambuco (município de Sirinhaém), dentro do âmbito do projeto REBYC, e 42 na frota da pesca industrial que atua na região Norte do Brasil (com sede em Belém, distrito de Icoaraci), entre os anos de 2018 e 2022. Embora exista uma pesca de escala intermediária, semi-industrial, na comunidade de Pontal do Peba/AL, não foram realizados testes com dispositivos redutores nesta última localidade.

Em Sirinhaém, os arrastos foram realizados experimentalmente, utilizando embarcações locais nos pesqueiros camaroeiros usualmente utilizados pela frota. Dois dispositivos BRDs foram testados (janela vertical com malha quadrada e grade de alumínio). Os dois dispositivos reduziram bastante as capturas do *bycatch*. No caso da grade de alumínio, adicionalmente, aumentou em 20% a proporção da captura de camarões, em relação à rede controle. Entretanto, nos dois dispositivos testados houve uma perda da espécie de camarão de maior valor agregado (*Penaeus schmitti* – camarão branco) e esta perda foi maior na rede acoplada com a grade, chegando a 30% a menos da produção desta espécie (**Tabela 22**).

Na pesca industrial de camarão no Pará, devido aos altos custos dos embarques, não foi possível uma maior replicação dos experimentos, além da resistência inicial do setor que no início temeu que o dispositivo impusesse maiores perdas na produção e custos adicionais às pescarias e, por último, devido aos impactos da pandemia do Covid-19 que impediu as atividades de pesquisa em campo por dois anos consecutivos (2020 e 2021). Mesmo com essas dificuldades, foram realizados dois cruzeiros experimentais, um em 2019 e outro em 2022. Além disso, há um cruzeiro em andamento, com a equipe embarcada e trabalhando entre outubro e novembro de 2022 e mais dois cruzeiros ainda agendados, no âmbito do projeto DEFAU NORTE, com recursos da SAP. No Pará foi testado apenas o painel de malha quadrada, nos dois períodos sazonais (seco e chuvoso). Os resultados destes experimentos demonstram uma redução de pelo menos 1kg de *bycatch* para cada quilograma da espécie alvo capturada.

Tanto na região Norte como Nordeste, mesmo considerando as escalas diferentes dos sistemas de pesca (artesanal e industrial), conclui-se que com o uso do BRD houve uma redução da produção de *bycatch*, denotando que o uso do dispositivo que utiliza a malha quadrada é eficiente na redução da mortalidade das espécies não alvo (**Tabela 22**). Contudo, maiores pesquisas se fazem necessário para detectar como evitar a perda de produção dos camarões alvo.

De todas as formas, os resultados indicam que a fauna acompanhante do camarão na região NE é praticamente toda utilizada para a alimentação dos pescadores e/ou para a venda em mercados regionais. Desta forma, não havendo desperdício e considerando que essa captura tem uma função social e econômica, não parece ser interessante o uso de BRDs para evitar o *bycatch* nessa região.

Contudo, o impacto mais importante do uso do BRD pode ser observado na pesca industrial da região Norte, na qual o BRD teve muita importância na redução das espécies consideradas ameaçadas (CR - criticamente, EN - em perigo e VU - vulnerável). Em todos os arrastos sem BRD, foram sempre registradas espécies consideradas ameaçadas, em todas as categorias, a saber: CR, 2 espécies; EN, 1 espécie e VU, 1 espécie. Já nos arrastos que utilizaram o painel de malha quadrada, algumas dessas espécies foram liberadas totalmente. Nos experimentos com BRD, não ocorreu espécie *Epinephelus morio*, da categoria CR, e houve uma redução em mais de 80% da captura de *Pseudobatos horkelii*, também na categoria de CR. Além disso, espécies vulneráveis não foram capturadas em nenhum dos arrastos realizados com o BRD. Nos arrastos com o dispositivo também houve uma redução de 70% da biomassa capturada da espécie *Mustelus canis* (Elasmobranchii), que se encontra na categoria de EN. Este particular permite levantar como possibilidade que a incorporação deste dispositivo pode fornecer à frota um selo de “sustentabilidade”, se divulgado o resultado de que esse dispositivo evita a captura de fauna ameaçada, o que eventualmente possa ser utilizado para ganhar mercados outrora abandonados por questões ambientais.

Adicionalmente, se cogita que a diminuição da fauna acompanhante possa trazer benefícios econômicos à frota, retirando peso das redes e permitindo uma maior área ou tempo de arrasto, com menos uso de combustível. A partir dessa hipótese, para a pesca industrial do Pará, desenhamos um cenário para verificar os impactos da redução de 10% no consumo de combustível, se utilizado o dispositivo. A partir desta suposição, concluiu-se que seria possível uma economia de R\$115.421,03 por barco e por ano, no custo do combustível. Ainda adicionando um cenário negativo e supondo uma eventual redução de 10% de receita, seja devido à menor captura de camarões ou de *byproduct*, cada embarcação deixará de arrecadar R\$ 256 410,71, nessas circunstâncias. Contudo, mesmo neste cenário, a alternativa do subsídio de 25% de subsídio no óleo diesel (Lei nº 9.445, de 14 de março de 1997) permitiria uma redução de R\$259 697,32 nos custos totais e um incremento de R\$ 118 707,64 no lucro líquido por embarcação no ano, em relação à situação original (**Tabela 18**).

O condicionamento da concessão do subsídio do óleo diesel ao uso do BRD, bem como uma política de créditos aos donos de embarcação para realizar as alterações nas artes de pesca de acordo com os melhores resultados tecnológicos do BRD, seria uma forma de incentivar essa mudança. Uma vez que atualmente a política do subsídio é uma realidade que impõe poucas condicionantes, sobretudo ambientais, para sua concessão, a proposta de correlacionar a sua obtenção e o uso do BRD, poderia dar maior governança ao sistema. A reavaliação da política do subsídio funcionará como um elemento chave para o envolvimento do setor produtivo nas discussões ambientais, além de trazê-los para um cenário realista de crise climática, ambiental e social que implica diretamente na atividade pesqueira em uma escala global.

**TABELA 21: CENÁRIO ECONÔMICO COM A INCLUSÃO DO USO DO BRD NO BARCO (CENÁRIO COM ECONOMIA DE 10% NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E REDUÇÃO DE 10% DA RECEITA) E SUBVENÇÃO DE 25% NO CUSTO DE ÓLEO DIESEL**

Informações econômicas	Cenário atual	Cenário com BRD	25% de subsídio
<b>Custo total</b>	R\$ 1 647 407,39	R\$ 1 531 986,36	R\$ 1 272 289,04
<b>Receita total</b>	R\$ 2 564 107,14	R\$ 2 307 696,43	R\$ 2 307 696,43
<b>Lucro líquido</b>	R\$ 916 699,75	R\$ 775 710,07	R\$ 1 035 407,39

Mesmo assim, mais experimentos são necessários para poder avaliar de forma mais segura eventuais benefícios ou perdas que possam surgir do uso dos BRDs, bem como qual seria o dispositivo mais adequado, desde o ponto de vista ambiental e econômico ao mesmo tempo. Essas respostas devem ser encaminhadas para os experimentos a serem realizados pelo projeto DEFAU, ainda em andamento.

Por outro lado, considerando uma percepção negativa dos impactos do BRD pelos empresários e pescadores, um trabalho junto desse público se faz necessário para vencer a resistência às mudanças que tem sido demonstrada pelo setor na região Norte do Brasil. Experimentos bem sucedidos e com a participação dos trabalhadores do mar, como os realizados em Santa Catarina com o projeto REBYC da FAO, devem ser divulgados entre os pescadores do Norte, para chegar a esse objetivo (Vídeos, REBYC).

Uma sinopse dos resultados foi apresentada em **Tabela 22**, **Figura 24** e **Figura 25**.

**TABELA 22: SINOPSE DE RESULTADOS OBTIDOS PELO EIXO “TECNOLOGIA” DO PROJETO SHRIMPS\_NEN ENTRE OS ANOS DE 2018 E 2022.**

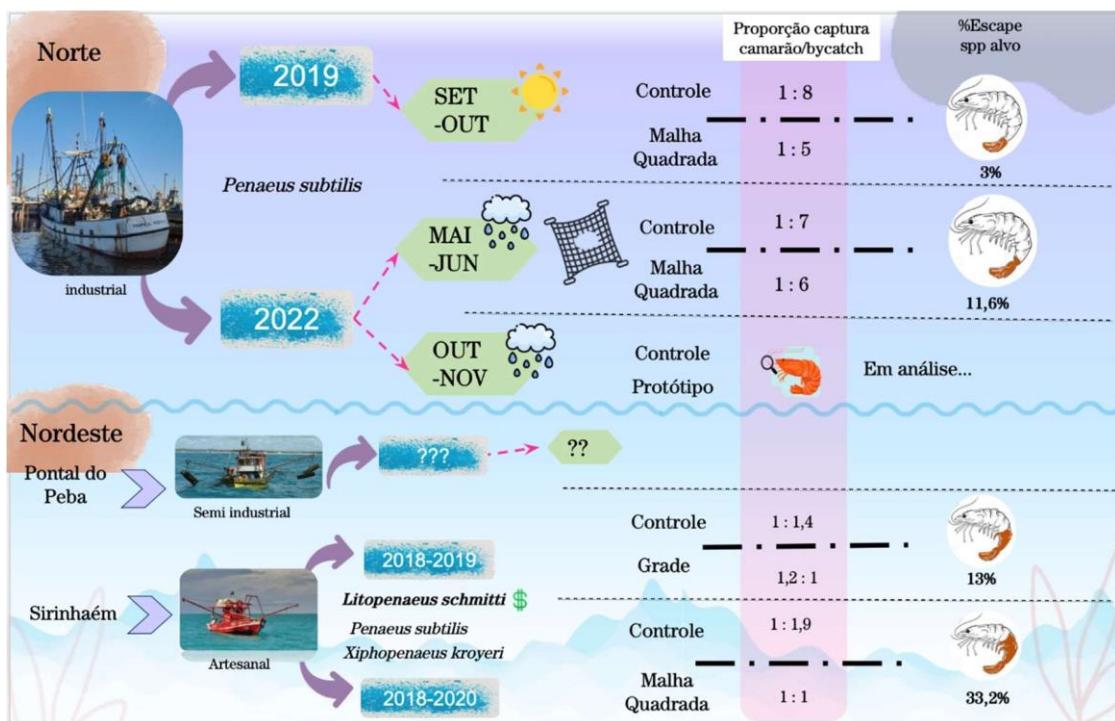


FIGURA 24 : RESUMO METODOLÓGICO E DOS RESULTADOS ALCANÇADOS COM OS TESTES DE DISPOSITIVOS REDUTORES DE BYCATCH DAS PESCARIAS ARTESANAIS (NORDESTE) E INDUSTRIAL (NORTE) REALIZADAS ENTRE 2018 A 2022 NO ÂMBITO DO PROJETO SHIMPS\_NEN E REBYC (NORDESTE).

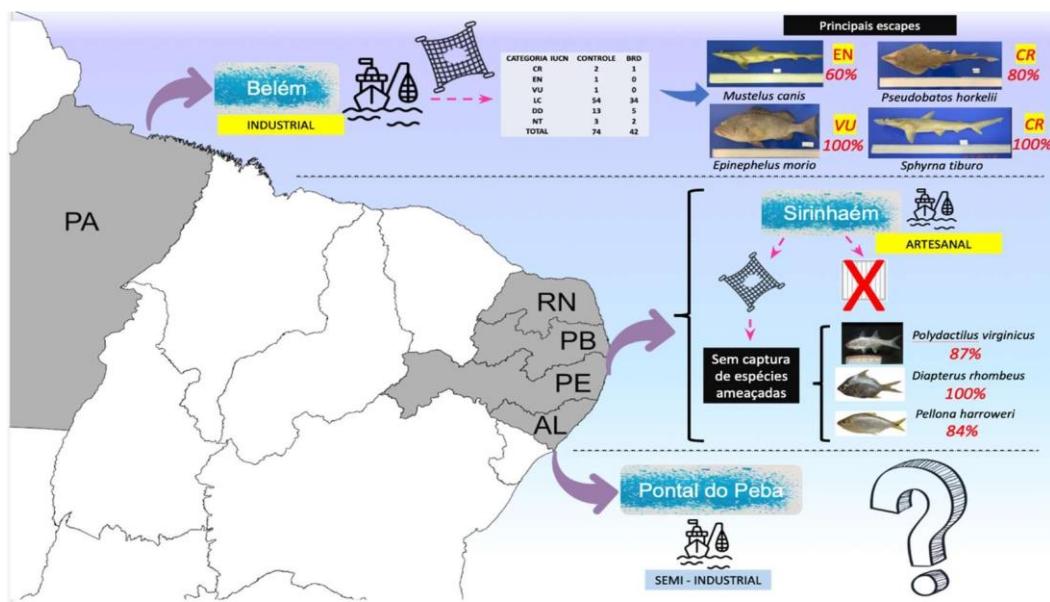


FIGURA 25: RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O BYCATCH COM OS TESTES DE DISPOSITIVOS REDUTORES DE BYCATCH DAS PESCARIAS ARTESANAIS (NORDESTE) E INDUSTRIAL (NORTE) REALIZADAS ENTRE 2018 A 2022, NO ÂMBITO DO PROJETO SHIMPS\_NEN E REBYC (NORDESTE).

## 6. EIXO INTERAÇÕES ECOSISTÊMICA E CENÁRIOS FUTUROS

Considerando o enfoque ecossistêmico da pesca (EAF-*Ecosystem Approach to Fisheries*) (GARCIA et al, 2004), que leva em conta não somente o efeito do esforço sobre as espécies alvo da pescaria, mas outros efeitos sobre todo os ecossistemas, quatro principais ferramentas foram utilizados: (1) Análise de riscos ecológicos (particularmente o SICA (*Scale, Intensity and consequence analysis*) e PSA (*Productive and Susceptibility Analysis*), que permite medir os níveis de vulnerabilidade de todas as espécies alvo e das espécies da fauna acompanhante; (2) modelo trófico Ecopath e Ecosim que considera todos os elementos da biota no ecossistema e suas interações e (3) Modelagem multivariada que estima o efeito de variáveis ambientais e climáticas sobre a captura, o esforço e a produtividade da pesca e (4) modelo de adaptabilidade de habitat que estima como poderá mudar a distribuição das espécies de camarões em função das mudanças do habitat. Todas as abordagens pretendem fazer estimativas e concluem sobre possíveis mudanças da abundância dos camarões (e eventualmente outros componentes da fauna) no futuro, com diferentes cenários.

Os cenários futuros foram utilizados com base nos modelos apresentados e outros enfoques, consideraram (a) respostas de medidas de regulamentação sob os recursos e a saúde dos ecossistemas (b) os potenciais efeitos das mudanças climáticas. Análise de risco das pescarias da costa N e NE do Brasil

### 6.1. Análise de risco ecológico

A análise dos riscos das pescarias industriais de camarão na costa Norte foi realizada a partir de dois componentes (nível I e nível II), a saber: SICA-Scale, *Intensity and Consequence Analyses* e PSA-*Productivity and Susceptibility Analyses*. Estas duas análises visam identificar os riscos potenciais que podem levar a um impacto significativo sobre os componentes ecológicos dos ecossistemas em questão. Os riscos analisados são as atividades realizadas nas operações de pesca, juntamente com quaisquer atividades externas que tenham o potencial de impactar os componentes ecológicos adversamente. Para cada espécie se consideram suas características biológicas para decidir sobre quão vulneráveis são perante os riscos das atividades em desenvolvimento nos ecossistemas. Para a costa Norte foram aplicadas as duas metodologias, para a costa NE apenas o PSA.

Para estas análises, utilizou-se uma extensa revisão da literatura sobre a pescarias de arrasto do camarão, além de conversas informais e entrevistas com pescadores, pesquisadores, especialistas, e feedback das partes interessadas. Também foi feita uma revisão da composição das espécies

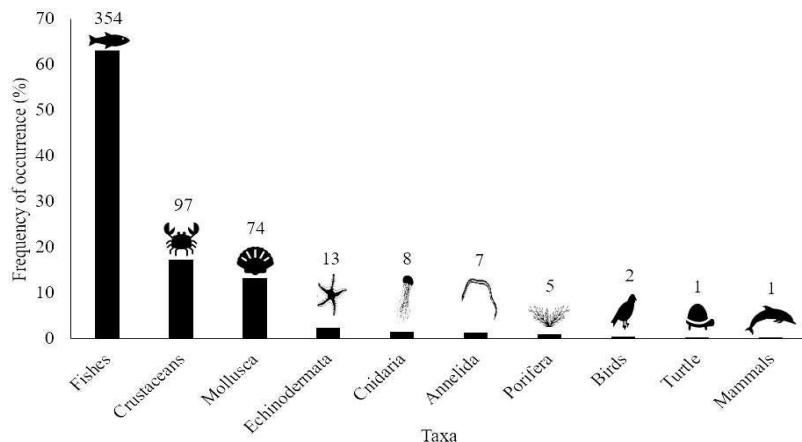
capturadas como fauna acompanhante (captura incidental ou acessória), resultado de monitoramentos da pesca e de pescarias experimentais planejadas cientificamente.

#### **6.1.1. SICA- Scale, Intensity and Consequence Analyses para a costa Norte**

Os componentes ecológicos utilizados para o SICA foram três, a saber: *Target species* (espécie alvo da pescaria), fauna acompanhante (*bycatch*: espécies não alvo da pesca que são descartadas; *byproduct*: espécies não alvo da pesca, mas que são comercializadas) e TEPS (*threatened, endangered and protected species*), ou seja, espécies protegidas ou ameaçadas. O SICA analisa esses componentes usando um cenário de "pior caso possível", como uma abordagem precaucionária. Essa abordagem se justifica para garantir que os componentes selecionados como de baixo risco sejam genuinamente de baixo risco. A unidade de análise de cada componente ecológico são as espécies. Existem ainda várias atividades relacionadas com a pesca que podem afetar as espécies de cada componente ecológico (exemplo: impactos do arrasto sobre o fundo, redes perdidas, poluição por óleo, despejo de matéria orgânica, etc.). Uma tabela de pontuação de risco foi usada para identificar e pontuar os riscos. Quando há incerteza ou pouca informação sobre o risco potencial, a pontuação de risco mais alta plausível é escolhida pela lógica (HOBDAY et al., 2011).

A pontuação de risco do SICA foi obtida seguindo o guia de referência de HOBDAY et al., (2007). O escore de risco varia de 1 a 6 em que; 1: Insignificante, 2: Menor, 3: Moderado, 4: Maior, 5: Grave, 6: Intolerável. Todos os componentes do ecossistema que obtém, após a avaliação completa, uma pontuação igual ou maior a três, seguem para a próxima etapa, PSA nível 2.

A pescaria industrial de camarões tem como espécie alvo *Penaeus subtilis*, que é a mais abundante na região além disso foram registradas cerca de 204 espécies como fauna acompanhante através de dados primários obtidos durante os embarques científicos. Já as revisões da literatura relataram a existência de 358 espécies. Após todos os levantamentos, chegou-se a um total de 562 espécies que têm algum tipo de interação com a pesca industrial de arrasto do camarão rosa na plataforma continental da Amazônia, seja pela captura incidental, ou por outro tipo de interação indireta, como no caso de aves e golfinhos, que não são capturadas pelas redes de arrasto, mas que seguem o rastro da frota para se alimentar. Esse total de espécies é distribuído em sete filos, 20 classes, 53 ordens e 170 famílias. As espécies de peixes são as mais frequentes, correspondendo a cerca de 62% da composição das espécies, sendo 93,22% desse total Actinopterygii e 6,78% Elasmobranchii (**Figura 26**). Cerca de 7,29% das espécies capturadas são *byproduct*, sendo que a grande maioria das espécies (92,17%) são consideradas como *bycatch*, não tem valor comercial e são descartadas de volta ao mar.



**FIGURA 26: FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE GRUPOS TAXONÔMICOS PRESENTES NO ARRASTO INDUSTRIAL DE CAMARÃO OU QUE TEM ALGUM TIPO DE INTERAÇÃO COM AS PESCARIAS NA PLATAFORMA CONTINENTAL AMAZÔNICA.**

De um total de 32 operações possíveis na pesca pela metodologia do SICA, identificou-se 22 operações que ocorrem nos arrastos industriais de camarão rosa na plataforma continental amazônica. Segundo as tabelas de atributos do SICA realizadas para os três componentes ecológicos, o principal risco identificado são as atividades diretamente relacionadas à captura pesqueira, com potencial impacto sobre o tamanho das populações da fauna capturada. As espécies consideradas ameaçadas (TEPS) são as mais impactadas. As espécies mais vulneráveis pertencem à classe Elasmobranchii. Impactos severos também foram identificados em espécies de garoupa (*Epinephelus* spp), a partir de impactos externos, oriundos de outras pescarias que compartilham a mesma área de pesca. Espécies de tubarões e garoupas foram destacadas como unidades de alto risco, além de que podem ser capturadas também como *byproduct* nas pescarias de arrasto de camarão e também em diferentes pescarias direcionadas, como na pesca do pargo (*Lutjanus purpureus*), pesca de bagres (Ariidae), dentre outros. Foi observada alta confiança na estimativa dos riscos estimados em relação à espécie-alvo e baixa confiança nos componentes *bycatch* e *byproduct*, além das espécies ameaçadas, devido à falta de estudos sobre estas espécies que possibilitem uma pontuação acurada.

#### **6.1.2. PSA - Productivity and Susceptibility Analyses para as regiões N e NE**

Para a Análise Produtividade e de Suscetibilidade (PSA) das regiões Norte e Nordeste foram analisados dados da coletados da pesca de arrasto de camarão nos estados do Pará (2019), Rio Grande do Norte (2017-2018), Paraíba (2016–2017), Pernambuco (2011-2012) e Alagoas (2018-2019).

Foram incluídas as três espécies de camarões (*Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri* e *Penaeus subtilis*), as espécies da fauna acompanhante selecionadas pelo SICA na região Norte e ainda as espécies que atendem aos critérios listados a seguir, em particular, para o Nordeste, onde não foi aplicado o SICA:

- i) Frequência de ocorrência e/ou abundância, de acordo com GARCIA E VIEIRA, 2001;
- ii) Espécies classificadas como criticamente em perigo (CR), em perigo (EN), vulnerável (VU), quase ameaçadas (NT) e dados deficientes (DD) de acordo com a categorização Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), através da avaliação regional realizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2018), chamadas de TEP (*threatened, endangered and protected species*);
- iii) Espécies de interesse comercial;
- iv) Elasmobrânquios.

Nessa abordagem, o conceito de vulnerabilidade refere-se ao risco de que a mortalidade, provocada por um aparelho de pesca específico, exceda a capacidade biológica de renovação do estoque (STOBUTZKI et al., 2002; PATRICK et al., 2010). Desta forma, a vulnerabilidade foi calculada com base na pontuação conferida para quinze atributos, oito de produtividade da espécie (P) e sete de suscetibilidade a pesca (S) (**TABELA 23**).

Cada atributo recebeu uma pontuação variando entre 1 e 3 de acordo com o ranking (baixo = 1, moderado= 2 e alto= 3). Foram consideradas espécies mais vulneráveis à pesca aquelas com baixa produtividade e alta suscetibilidade, enquanto as menos vulneráveis serão as espécies que apresentam alta produtividade e baixa suscetibilidade a pesca (PATRICK et al., 2010).

Dois métodos foram utilizados para calcular os limites entre as regiões de risco, o método de tercil, já aplicado em estudos prévios (LUCENA-FRÉDOU et al., 2017; DUFFY E GRIFFITHS, 2019; FARUQUE e MATSUDA, 2021) e a análise multivariada através do método de clusterização K-médias (ALTUNA-ETXABE et al., 2020, LIRA, 2022) que é um método interativo que minimiza a soma de quadrados dentro da classe para um determinado número de clusters (MACQUEEN, 1967; HARTIGAN e WONG, 1979). Nessa abordagem todas as pontuações do mesmo atributo (variáveis) de todas as espécies (amostras) foram

consideradas e divididas dentro de três clusters a partir da distância mínima entre cada observação até o centro do cluster.

Posteriormente, os valores de produtividade e suscetibilidade foram plotados em um gráfico de dispersão (P no eixo x e S no eixo y, sendo o eixo x invertido (iniciando em 3 e terminando em 1)). Finalmente, a vulnerabilidade ( $v$ ) foi definida através da distância euclidiana das pontuações dos atributos de produtividade (P) e suscetibilidade (S) até a origem do gráfico.

A vulnerabilidade das espécies foi calculada utilizando a distância euclidiana de acordo com a fórmula:

$$v = \sqrt{(P - X0)^2 + (S - Y0)^2}$$

Onde  $P$  é a pontuação de produtividade e  $S$  é a pontuação de suscetibilidade e  $X0$  e  $Y0$  são as distâncias euclidianas de cada ponto até a origem dos eixos de X e Y, respectivamente.

**TABELA 23: ATRIBUTOS DE PRODUTIVIDADE E SUSCETIBILIDADE UTILIZADOS PARA DETERMINAR A VULNERABILIDADE DAS ESPÉCIES CAPTURADAS PELA PESCA DE ARRASTO DE FUNDO NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE.**

Atributos	
Produtividade	Constante de crescimento de Von Bertalanffy ( $k$ , year $^{-1}$ )
	Tamanho máximo ( $L_{max}$ , cm)
	Tamanho de primeira maturação ( $L_{50}$ , cm)
	Taxa intrínseca de crescimento ( $r$ )
	Nível trófico (TL)
	Estratégia reprodutiva (strat)
	Idade máxima ( $A_{max}$ ; year $^{-1}$ )
Suscetibilidade	Mortalidade natural (M)
	Frequência de ocorrência e abundância (FOA)
	Sobreposição de área (OA)
	Nível de importância comercial
	Razão de potencial de desova baseada no comprimento (SPR)
	Matriz de impacto trófico (MTI)
	Porcentagem de indivíduos $> L_{50}$
Formação de cardumes ou agregações	

No total 83 espécies de diferentes *metiês* (sistemas de produção pesqueira, segundo conceito de Mesnil e Shepherd (1990), atenderam a um ou mais critérios estabelecidos e foram selecionadas para avaliação. Um total de 26 espécies foi considerada de alto risco (**Tabela 24**).

**TABELA 24: ESPÉCIES SELECIONADAS POR REGIÃO, LOCALIDADE E *METIÊS DE PESCA* CLASSIFICADAS DE ACORDO O GRAU DE RISCO.**

Região	Localidade	Metiês	Nº esp.	Risco		
				alto	médio	baixo
<b>Norte</b>	Pará - Belém	Industrial	47	12	23	12
<b>Nordeste</b>	RN - Porto do mangue	Artesanal motorizada	29	8	14	7
	RN - Bahia formosa	Artesanal motorizada	28	7	14	7
	PB - Lucena	Artesanal não motorizada	43	12	20	11
	PE - Sirinhaém	Artesanal motorizada	34	9	16	9
	AL - Jaraguá	Artesanal motorizada	43	11	21	11
	AL -Peba	Semi industrial	54	14	26	14

As espécies alvo da pesca de arrasto (*P. subtilis*, *P. schmitti* e *X. kroyeri*) apresentaram um risco moderado, com os valores de vulnerabilidade variando de 1.14 a 1.72, com exceção da espécie *P. schmitti* em Pernambuco, classificada como alto risco ( $v = 1.9$ ), em consequência a altos valores de suscetibilidade a pesca associados a essa espécie ( $S = 2.8$ ) (Tabela 25).

Algumas espécies de diferentes grupos da fauna acompanhante frequentemente negligenciados, como elasmobrânquios, bagres e alguns Sciaenidae apresentaram alto risco a pesca de arrasto de fundo nas diferentes localidades avaliadas, portanto, devem ser cuidadosamente avaliadas e consideradas como prioritárias para coleta de dados e medidas de manejo (Tabela 25).

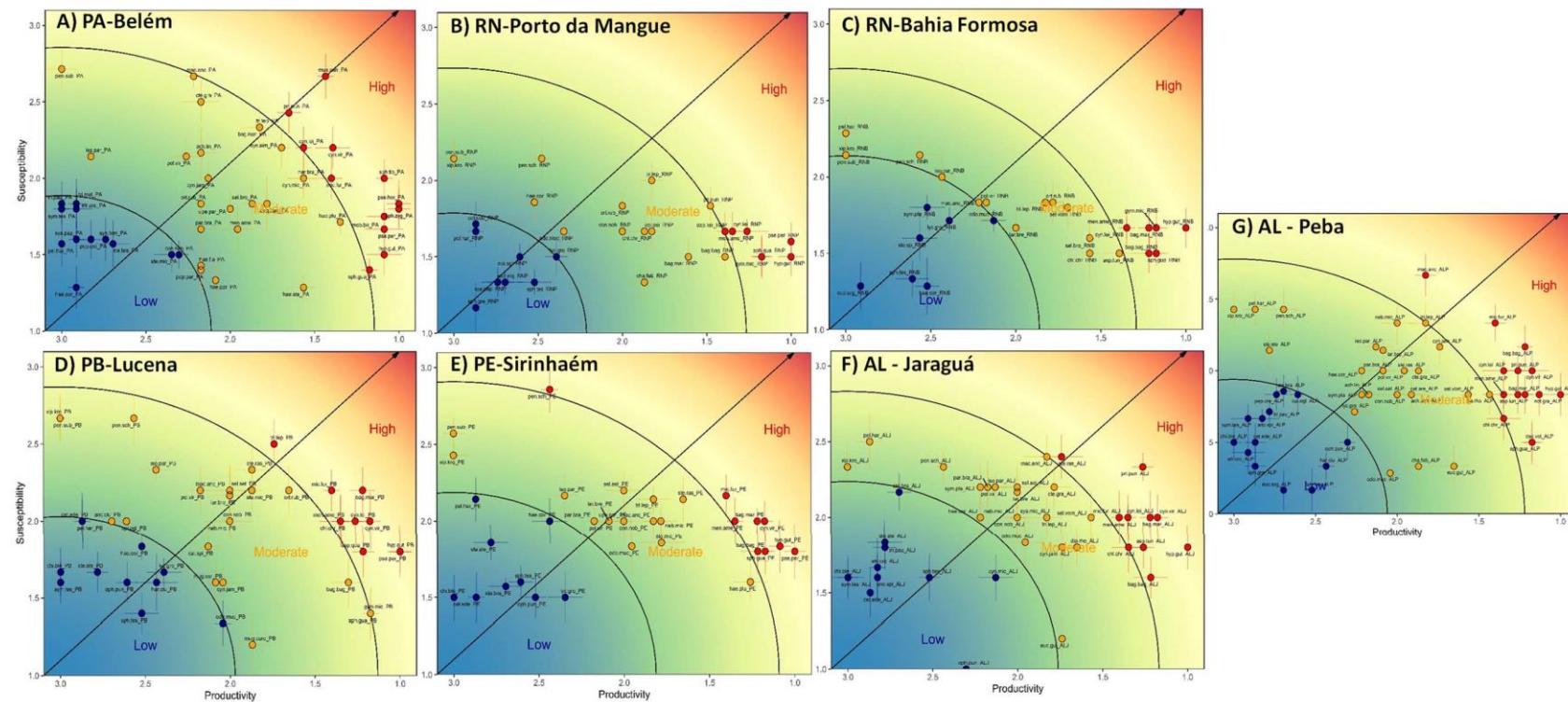
No total, doze espécies apresentaram alta vulnerabilidade na região Norte, entre elas as espécies *Pseudobatos horkelii*, *Sphyra tiburo*, *Sphyra zygaena*, classificadas como criaticamente ameaçadas (CR) pela IUCN. Além das espécies *Mustelus canis* e *Mobula birostris*, classificadas respectivamente como em perigo (EN) e vulnerável (VU) (Tabela 25).

Na região Nordeste, as espécies *Bagre bagre* e *Gymnura micrura*, classificadas como quase ameaçadas pela IUCN apresentaram alta vulnerabilidade à pesca de arrasto em quatro localidades (RN-Bahia formosa, PE-Sirinahém, AL-Jaraguá e AL-Peba) e três localidades (RN- Porto do mangue, RN- Bahia formosa e PB-Lucena), respectivamente (Tabela 25).

Algumas espécies classificadas como altamente vulneráveis são espécies chaves para equilíbrio da rede trófica e funcionamento dos ecossistemas, como as espécies *M. canis*, *C. virescens*, capturadas na Região Norte, e as espécies *S. guachancho*, *C. leiarchus* capturadas em Porto do mangue no Rio Grande do Norte e *P. punctatus*, *D. volitans*, *C. chrysurus*, capturadas em Alagoas-Peba (**Tabela 25**). Os resultados podem ser vistos no gráfico bidimensional da Figura 27.

**TABELA 25:** RANK DAS ESPÉCIES CLASSIFICADAS COMO E ALTAMENTE VULNERÁVEIS A PESCA DE ARRASTO DE FUNDO NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE, SUA CLASSIFICAÇÃO COM BASE NA LISTA VERMELHA DA UNIÃO INTERNACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (IUCN) E VALORES DE VULNERABILIDADE. \*ESPÉCIES CHAVES DE ACORDO COM OS MODELOS ECOPATH; A AVALIAÇÃO DE ESTOQUES FOI REALIZADA PARA AS ESPÉCIES EM NEGRITO.

Link: <https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7ZTMGoaHFtFT-iwnQ?e=5w5VdM>



**FIGURA 27:** VALORES DE PRODUTIVIDADE (P), SUSCETIBILIDADE (S) E VULNERABILIDADE (V) DAS ESPÉCIES CAPTURADAS PELA PESCA DE ARRASTO PELO FUNDO NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE. A ESCALA DE CORES REPRESENTA OS VALORES MAIS BAIXOS V (AZUL) E MAIS ALTOS V (VERMELHO). AS LINHAS PARA CADA PONTO MOSTRAM O DESVIO PADRÃO OBTIDO DAS SIMULAÇÕES DE INCERTEZA (1.000 REPETIÇÕES).

## 6.2. Modelagem ecossistêmicas - Ecopath e Ecossim

### 6.2.1. Modelo ECOPATH estático

Dentre as ferramentas aplicadas na modelagem ecossistêmica, foi proposto o desenvolvimento de um modelo trófico estático com a metodologia de ECOPATH, para caracterizar a estrutura trófica costeira associada a pesca de camarão tendo como estudo de caso cada área do projeto, a saber: (1) Belém/PA (PA); (2) Porto do Mangue/RN (PM); (3) Baia Formosa/RN (BF); (4) Sirinhaém (SIR); (5) Peba – AL (PEB), seguindo a metodológica apresentada em Lira et al (2021).

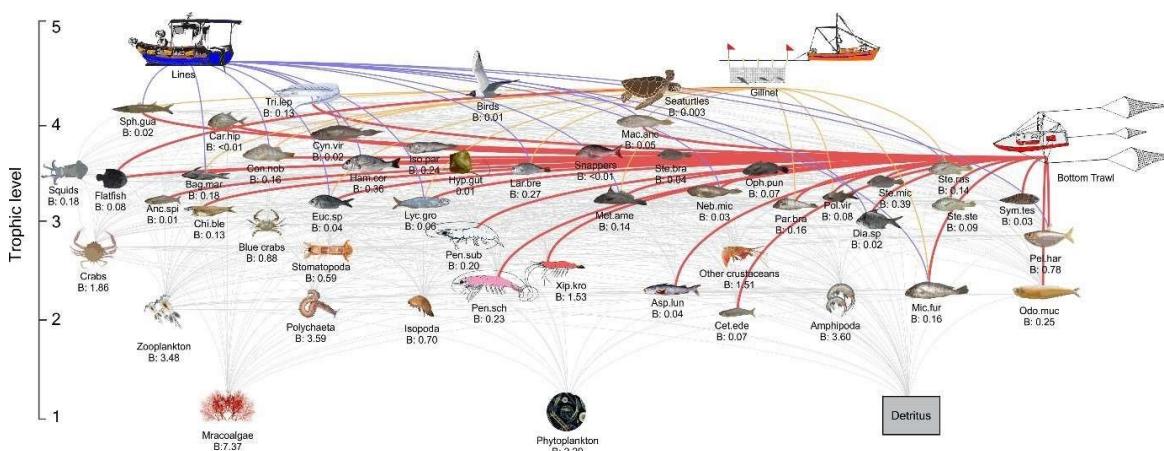
O modelo ECOPATH é construído sob a teoria de equilíbrio de biomassa, onde tudo que se produz no ecossistema deve ser igual ao total de biomassa que é consumido (CHRISTENSEN et al., 2008). O modelo tem como base alguns componentes básicos que devem ser estimados ou inseridos: Biomassa, Produção, Consumo, Dieta, Eficiência Ecotrófica e Pesca. Cada modelo foi desenvolvido de acordo com as características específicas de cada local, considerando os principais grupos de espécies que compõem o ecossistema em termos de abundância, guildas tróficas e importância econômica (**Tabela 26**). Os resultados serão apresentados considerando três componentes principais: a estrutura trófica, baseada nas estimativas de nível trófico, as espécies chave considerando os indicadores “keystones” (LIBRALATO; CHRISTENSEN; PAULY, 2006; POWER et al., 1996; VALLS et al., 2015) e os indicadores ecológicos aplicados para sintetizar os fluxos energéticos e a maturidade dos ecossistemas (LIRA et al., 2018). Para sintetizar múltiplos atributos e analisar similaridade e diferenças, aplicamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) seguida por uma Análise de Agrupamento Hierárquico Ascendente (AHC).

O modelo ECOPATH equilibrado de Belém/PA (2018-2019) incluiu 54 grupos tróficos: dois grupos de produtores primários, um compartimento zooplâncton, doze grupos de macro invertebrados, 35 grupos de peixes, um grupo de aves, tartarugas e golfinhos e três grupos de detritos. Os modelos Porto do Mangue e Baia Formosa no Rio Grande do Norte (2017-2018) foram compostos por 48 grupos tróficos com dois produtores primários, um grupo de zooplâncton, 17 grupos de invertebrados, 27 grupos de peixes e um grupo de detritos. O modelo ECOPATH equilibrado de Sirinhaém/PE (2011-2012) incluiu 50 grupos tróficos: dois grupos produtores primários, um compartimento zooplâncton, doze grupos de macro-bentos, 35 grupos de peixes, um grupo de aves e tartarugas e ainda um de detritos. O modelo do Peba/AL foi formado por 31 compartimentos, sendo quatro produtores primários, dez invertebrados, um grupo de tartaruga e aves, bem como dois compartimentos de detritos (**Tabela 26**). Embora com diferentes estruturas, os modelos aplicados tinham algumas características em comum, como um compartimento específico para cada uma das

espécies alvo da pescaria de camarão: branco (*Penaeus schmitti*), rosa (*Penaeus subtilis*) e sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). Isso é importante, pois é possível avaliar o papel funcional de cada espécie de camarões no ecossistema. Adicionalmente, é importante destacar que a maior parte das estimativas de biomassa foram obtidas a partir das amostragens *in-situ*, com dados de composição da dieta local, sendo algumas delas realizadas no âmbito do projeto, como nos casos do modelo do Belém/PA e Peba/AL.

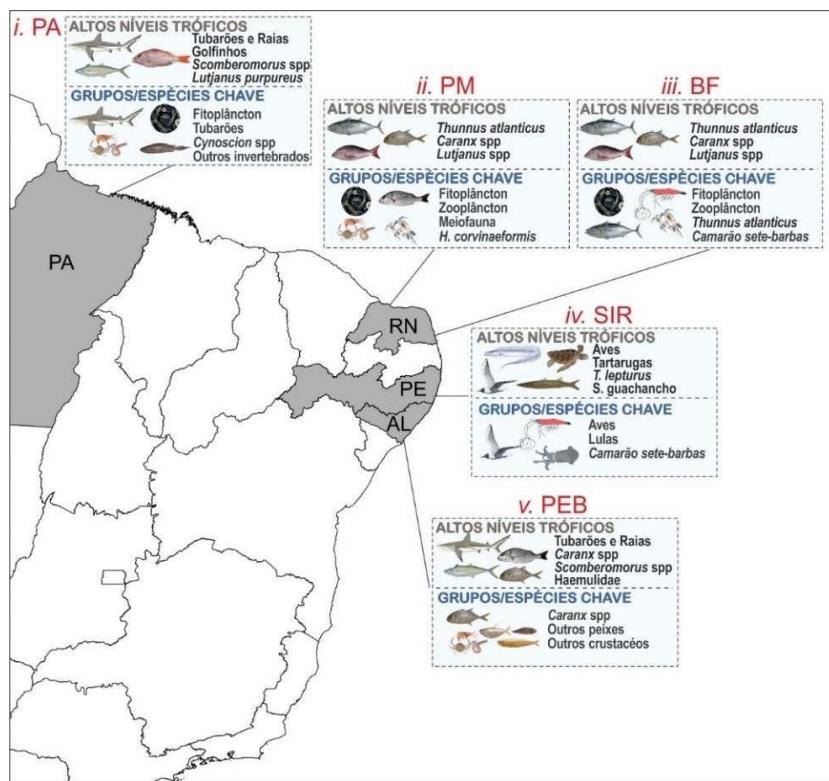
**TABELA 26: GRUPOS DE ESPÉCIES CONSIDERADOS PARA ESTIMAR O MODELO DE FLUXO DE BIOMASSA ECOPATH. LINK: [https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5\\_0qZs4gqFCwtxRdB-F3w?e=T2Rg2L](https://1drv.ms/x/s!AmfQ5Lpqg5_0qZs4gqFCwtxRdB-F3w?e=T2Rg2L)**

Observando a estrutura trófica de todos os modelos, os invertebrados compõem o principal componente de sustentação da cadeia alimentar, correspondendo em média a 20% da biomassa total dos sistemas, se desconsiderado o detrito. Os camarões contribuem de 5% a 10% dessa biomassa total de invertebrados (Figura 28). O Nível Trófico (NT) das principais espécies variou consideravelmente, uma vez que a estrutura trófica de cada ecossistema é distinta. Entretanto, alguns grupos sempre apresentaram altos níveis tróficos na teia alimentar e consequentemente o maior número de caminhos tróficos, tendo assim forte influência na estrutura trófica do ecossistema. Por exemplo, os Elasmobrânquios como tubarões e raias (variando o NT de 3.41 no PEB à 3.67 no PA), peixes pelágicos como *Thunnus atlanticus* e *Scomberomorus* spp (variando o NT de 3.15 a 4.30 ambos em PM e BF), bem como espécies de importância comercial que compõem a fauna acompanhante como os *Lutjanus* spp, *Macrodon ancylodon*, *Caranx* spp, *Trichiurus lepturus* e *Cynoscion* spp (variando o NT de 3.16 no PEB a 4.21 em PM). Os valores dos níveis tróficos para cada grupo/espécies podem ser observados na Tabela 26.



**FIGURA 28: EXEMPLO DE ESTRUTURA DA REDE TRÓFICA DO MODELO ECOPATH DE BARRA DO SIRINHAÉM (SIR). AS LINHAS CINZAS REPRESENTAM OS CAMINHOS TRÓFICOS E AS LINHAS LARANJA, VERMELHA E AZUL SÃO ESPÉCIES CAPTURADAS POR CADA TIPO DE FROTA. B REPRESENTA A BIOMASSA EM T.KM<sup>-2</sup> DE CADA COMPONENTE.**

As espécies chaves (“Keystone species”) representam grupos ou espécies com grande potencial de impacto na estrutura trófica do ecossistema caso venham a ser removidas ou alteradas. Isto pode ocorrer de acordo com os controles de cima para baixo (Top-down), ou seja, exercem grande influência em níveis tróficos inferiores ao seu, ou inversamente de baixo para cima (Bottom-up), influenciando grupos de níveis tróficos superiores. Frequentemente, as espécies chave apresentam baixa biomassa relativa mas um alto impacto na estrutura do ecossistema, podendo esse impacto ser positivo ou negativo para estrutura da cadeia. No geral, os modelos para cada região seguiram uma tendência para a determinação de espécies chaves, destacando a importância da produção primária no componente fitoplâncton (PA, PM, BF), seguido pela importância dos invertebrados (PA, PM, BF), em particular os crustáceos sendo o *X. kroyeri* um dos principais (BF, SIR), e os predadores de topo de cadeia (PA, BF, SIR, PEB). Entretanto, vários grupos tiveram valores de impacto total na teia trófica superiores a 0,5, mas não foram considerados como espécies espécie chave, apesar da sua importância para a transferência de energia da base da cadeia trófica para os predadores de topo (por exemplo, siris, outros crustáceos e peixes como a *P. harroweri* - Pel.har). Esse resultado demonstrou que tanto os grupos de base, como os meios e de topo de cadeia podem exercer grande influência sob a estrutura trófica do ecossistema, seja de cima para baixo ou de baixo para cima, corroborando com a teoria, antes explicada (**Figura 29**).



**FIGURA 29: VISÃO GERAL DOS ALTOS NÍVEIS TRÓFICOS E GRUPOS/ ESPÉCIES CHAVE ENCONTRADOS PELOS MODELOS ECOPATH DESENVOLVIDOS PARA CADA REGIÃO DE ESTUDO: I- BELÉM – PA (PA); II- PORTO DO MANGUE – RN (PM); III- BAIA FORMOSA – RN (BF); III- SIRINHAÉM (SIR) E IV- PEBA – AL (PEB). OS VALORES DE NÍVEL TRÓFICO CORRESPONDENTE A CADA COMPONENTE PODEM SER ACESSADOS NA TABELA 26.**

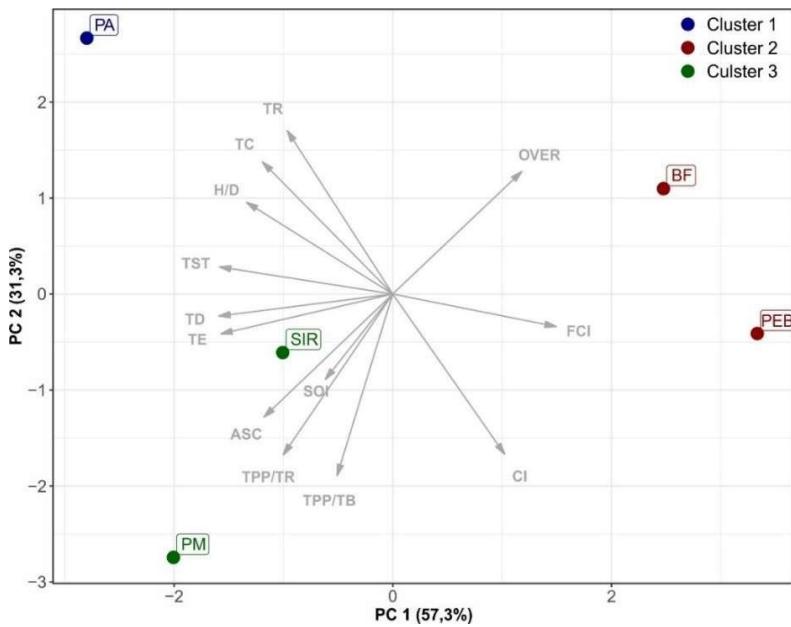
Os fluxos de energia dos modelos ecossistêmicos foram baseados na cadeia de produtores primários (PP), ou seja, a maior parte da energia ao longo da teia trófica flui a partir da cadeia de PP e não de detritos, demonstrando a importância dos organismos autotróficos nos sistemas (Tabela 27). No geral, considerando a dinâmica e a influência do ecossistema amazônico, o PA apresentou os mais elevados níveis de fluxo de energia total  $6.622 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$  (*Total System Throughput - TST*), consumo  $1.884 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$  (*Total consumption - TC*), exportação (*Total Exports - TE*), respiração  $1083 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$  (*Total respiratory flows - TR*), detritos  $2.070 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$  (*Total Flows Into Detritus - TD*) no ecossistema, bem como a produção total  $3.063 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$  (*TP*). Em seguida em termos de TST e TP vieram os ecossistemas de PM>SIR>BF>PEB. Esse resultado é reflexo das características associadas a cada sistema, por exemplo, PM tem como uma elevada concentração de biomassa de macroalgas na zona costeira, que é muito pouco incorporada na teia trófica, elevando consideravelmente os fluxos para o detrito e a exportação para fora do sistema modelado e consequentemente TST. A zona costeira modelada de Sirinhaém, tem uma região muito próxima ao principal rio da região que promove aportes de nutrientes constantes ao longo do ano todo, favorecendo o incremento da produtividade

primaria e consequentemente de todos os fluxos energéticos. O ecossistema modelado de Baia Formosa, embora próximo a região costeira sob influência da hidrologia continental, incluiu uma área mais extensa que recebe influência dos ambientes oceânicos caracterizado pela menor concentração de nutrientes e consequentemente baixa produtividade primária, o que refletiu nos valores de fluxos mais reduzidos comparados com PA, PM e SIR. Os valores mais baixos de fluxo energético na região do Peba/AL podem ser explicados pela alteração na dinâmica da descarga fluvial do Rio São Francisco que antes tinha uma forte influência ao norte da desembocadura, exatamente nessa localidade. Entretanto, devido aos barramentos ao longo do rio, houve um aumento da erosão costeira e uma redução do aporte de nutrientes e matéria orgânica para as águas costeiras e plataformas com impactos diretos na produtividade marinha, incluindo a área do PEB.

**TABELA 27: INDICADORES ECOLÓGICOS OBTIDOS PARA OS MODELOS ECOPATH EM CADA LOCALIDADE. LINK: [HTTPS://1DRV.MS/X/S!AMFQ5LPQG5\\_0qZs3-QXCbOutOnNDNQ?e=JPMbGF](https://1drv.ms/x/s!AMFQ5LPQG5_0qZs3-QXCbOutOnNDNQ?e=JPMbGF)**

Ecossistemas maduros apresentam frequentemente uma relação PP e taxas de respiração (TPP/TR) próximas a 1, uma relação PP e biomassa total baixa (TPP/TB), um número elevado de caminhos tróficos (complexidade trófica), elevada taxa de reserva de energia e fluxos e ciclagem de nutrientes (HEYMANS et al., 2016; LIRA et al., 2018; ODUM, 1971). Entretanto, os valores destes indicadores podem ser bem variáveis, principalmente de acordo com a estrutura do ecossistema. No geral, nenhum dos ecossistemas avaliados foi considerado plenamente maduro. Entretanto, a relação TPP/TR foi do menor para o maior na seguinte ordem BF<PEB<PA<SIR<PM. Enquanto TPP/TB variou 0,21 no PA em razão da grande biomassa de manguezal a 68,15 em PM.

Quando se compararam os indicadores ecológicos entre os modelos das regiões, a partir de uma PCA e uma análise de cluster, encontraram-se três agrupamentos (**Figura 30**). O primeiro formado unicamente pelo PA, principalmente em virtude de seu elevado fluxo de energia, que faz esta localidade se diferenciar dos outros. O segundo formado por PM e SIR influenciado pelos valores altos das relações TPP/TR e TPP/TB que indicam ecossistemas com elevada produtividade primária e níveis reduzidos de respiração e biomassa, característicos de sistemas imaturos. Por fim, o último agrupamento foi formado pelos modelos correspondentes as áreas de BF e PEB que apresentam os menores níveis de fluxo de energia, bem como elevados níveis de FCI, o que indica grande capacidade de resiliência.



**FIGURA 30:** ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (*PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS - PCA*) DOS INDICADORES ECOLÓGICOS PARA OS MODELOS DAS CINCO REGIÕES ESTUDADAS. AS CORES DISTINTAS REPRESENTAM DIFERENTES AGRUPAMENTOS. VER TABELA 27 PARA DETALHES DOS ACRÔNIMOS.

#### 6.2.2. *Modelo dinâmico ECOPATH com ECOSIM (EwE)*

Baseado nos modelos estáticos descritos anteriormente, aplicou-se um modelo temporalmente dinâmico (ECOSIM) para avaliar as respostas sobre as espécies-alvo (camarões), fauna acompanhante e ecossistema, em diferentes cenários de gestão da pesca desde o presente até 2050, para cada região do projeto, a saber: (1)- Belém/PA (PA); (2) Porto do Mangue/RN (PM); (3) Baía Formosa/RN (BF); (4) Sirinhaém (SIR); (5) Peba – AL (PEB) (LIRA et al. (2021)). Os modelos foram ajustados com dois tipos de dados: *i.* dados de captura das espécies de camarão e alguns peixes com base nos relatórios oficiais de pesca de acordo com a disponibilidade de dados para cada região; *ii.* Dados históricos de drivers ambientais como funções de controle da dinâmica do ambiente (**Tabela 28**).

Os cenários aplicados para cada área de estudo foram padronizadas e estão relacionados com duas das opções extremamente comuns na gestão pesqueira dos camarões 1) período de defeso da pesca de arrasto baseado no pico da reprodução/recrutamento das espécies de camarão e capturas acessórias, 2) aumento e diminuição do esforço de arrasto de fundo e 3) drivers ambientais de acordo com a Tabela 28.

**TABELA 28: INFORMAÇÕES SOBRE OS DADOS USADOS PARA AJUSTE DOS MODELOS ECOSIM PARA CADA REGIÃO AVALIADA. ANA: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.**

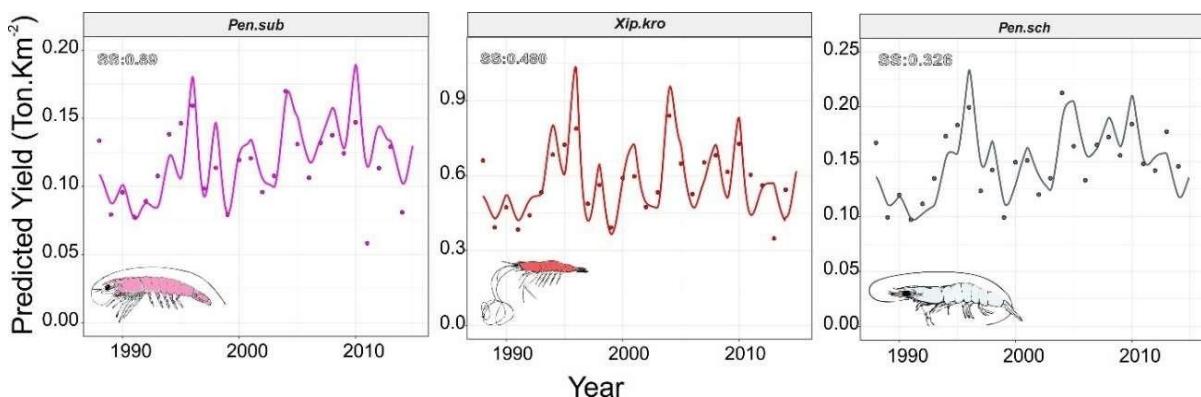
Local	Dados de ajuste	Driver ambiental
PA	Série temporal de captura das espécies de camarão (1997 a 2015)	Dados históricos de vazão do Rio Amazonas (ANA 1997-2015)
PM	Série temporal de captura das espécies de camarão e peixes (2001 a 2010)	Dados históricos de clorofila-a (SEAWIFS and MODIS/AQUA 2001-2017)
SIR	Série temporal de captura das espécies de camarão (1988 a 2014)	Dados históricos de clorofila-a (SEAWIFS and MODIS/AQUA 1997-2014)
PEB	Série temporal de captura das espécies de camarão (2014 a 2020)	Dados históricos de vazão do Rio São Francisco (ANA 2014-2020)

Os cenários relacionados ao período de defeso da pesca de arrasto foram baseados no manejo oficial da pesca no Brasil (Normativa N°14 MMA/2004), no qual o período de defeso se estende por períodos de 3 a 4 meses (por exemplo, 1 de abril a 15 de maio e de 1 de dezembro a 15 de janeiro) para as pescarias de alguns estados da região Nordeste e (Portaria Interministerial N°15 MDIC/MMA/2018) de 15 de dezembro à 15 de fevereiro para a região Norte, que contempla a pesca industrial do PA. Assim, foram avaliados cenários com 4 e 3 meses de período de defeso, seguindo as características biológicas dos camarões alvo e das principais espécies do *bycatch*. O segundo grupo de simulações com o objetivo de avaliar o impacto associado à variação do esforço de pesca foram definidos com aumento e diminuição do esforço de pesca em 10, 25, 50 e 100% (**Tabela 29**).

**TABELA 29: CENÁRIOS DE MANEJO PESQUEIRO SIMULADOS NOS MODELOS ECOSIM DO PA, PM, SIR E PEB**

Cenários	Código	Descrição	Eixo	Justificativa
Base	-	Modelo base sem mudança nos meses de pesca	-	-
Defeso 3 meses	Defeso3meses	Inclui período de defeso de 4 meses	Temporal	As espécies de camarão e de captura acessória que tem épocas específicas de reprodução e recrutamento
Defeso 4 meses	Defeso4meses	Inclui período de defeso de 3 meses		
Aumento esforço 10%	Acr10%esforço	Aumento do esforço em 10, 25, 50 e 100%	Esforço	O estado do estoque baseado em abordagens tradicionais indica que a frota explora espécies de camarão próximas ou em taxas máximas de exploração
Aumento esforço 25%	Acr25%esforço			
Aumento esforço 50%	Acr50%esforço			
Aumento esforço 100%	Acr100%esforço			
Decréscimo esforço 10%	Dec10%esforço	Decréscimo do esforço 10, 25, 50 e 100% (sem pesca)	Esforço	O estado do estoque baseado em abordagens tradicionais indica que a frota explora espécies de camarão próximas ou em taxas máximas de exploração
Decréscimo esforço 25%	Dec25%esforço			
Decréscimo esforço 50%	Dec50%esforço			
Decréscimo esforço 100%	Dec100%esforço			

Nas simulações sobre os impactos da pesca, o modelo ajustado em cada área de estudo foi capaz de recriar os valores e tendências observadas nas séries temporais de capturas disponíveis. Isso demonstra que o modelo apresenta boa representação do ecossistema. Por exemplo em SIR, foi reportado aumentos das capturas entre 1994 e 1997, e entre 2004 e 2007 similarmente aos dados observados nas series de captura. Similarmente, os modelos PA, PM e PB seguiram a mesma tendência, com estimativas bem similares as observadas pelas series temporais (**Figura 31**).

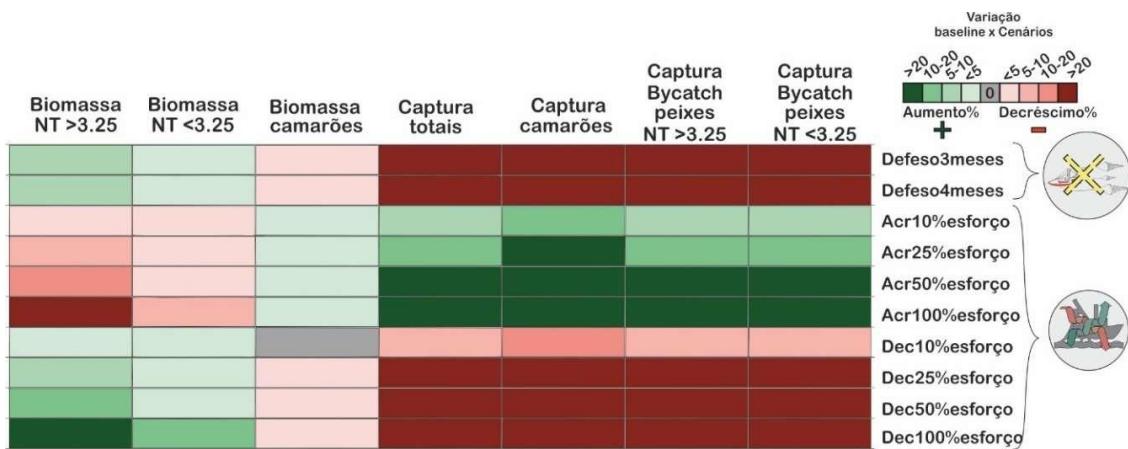


**FIGURA 31: COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTIMATIVAS DE DESEMBARQUES PREVISTA NO MODELO ECOSIM E OS DADOS DE DESEMBARQUES OFICIAIS E DIÁRIOS DE BORDO (1988-2014) NO MODELO DE BARRA DO SIRINHAÉM ECOPATH, PE, NORDESTE DO BRASIL.**

As previsões indicaram um padrão semelhante de resultado, quando aplicados os períodos de na pesca de arrasto de 3 e 4 meses (Defeso3meses e Defeso4meses), para todas as regiões analisadas (**Tabela 30**). No geral para estes cenários, foram projetados em média, pouca variação e aumentos (5-10%) de biomassa total em relação ao modelo base (esforço constante), incluindo níveis trófico inferiores ( $NT < 3,25$ ), superiores ( $NT > 3,25$ ) e camarões até 2050 (Tabela 30). Em contrapartida, o defeso leva a uma redução a partir de 10% a mais de 20% das capturas totais, incluindo os camarões e a fauna acompanhante de nível trófico inferior ( $NT < 3,25$ ) e em alguns casos de nível trófico superior ( $NT > 3,25$ ) como no caso do PA (**Figura 32**).

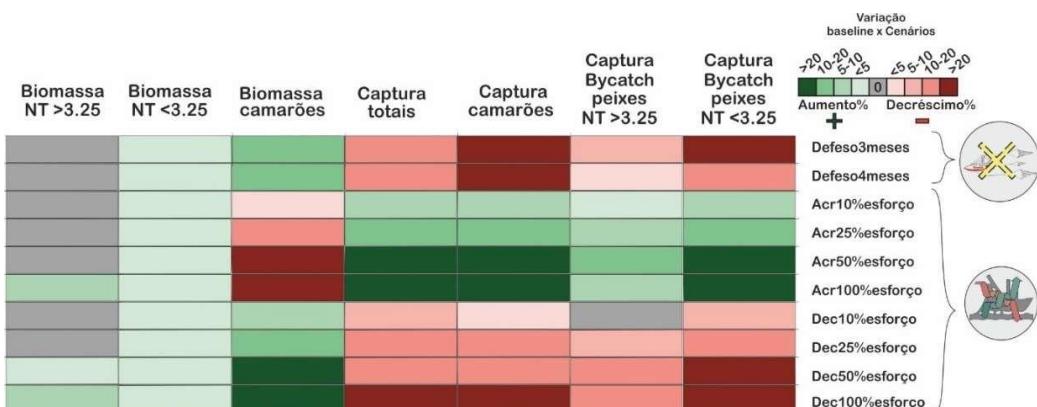
**TABELA 30. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS BASE (BASELINE – TIME SERIES) COM AS SIMULAÇÕES DE CADA CENÁRIO ATÉ 2050. AS CORES VERMELHAS INDICAM REDUÇÕES E A VERDE AUMENTOS. LINK:**

[HTTPS://1DRV.MS/X/S!AMFQ5LPOG5\\_0qZtHYP2oENZoZbJTw?e=F1yVz9](https://1drv.ms/x/s!AMFQ5LPOG5_0qZtHYP2oENZoZbJTw?e=F1yVz9)

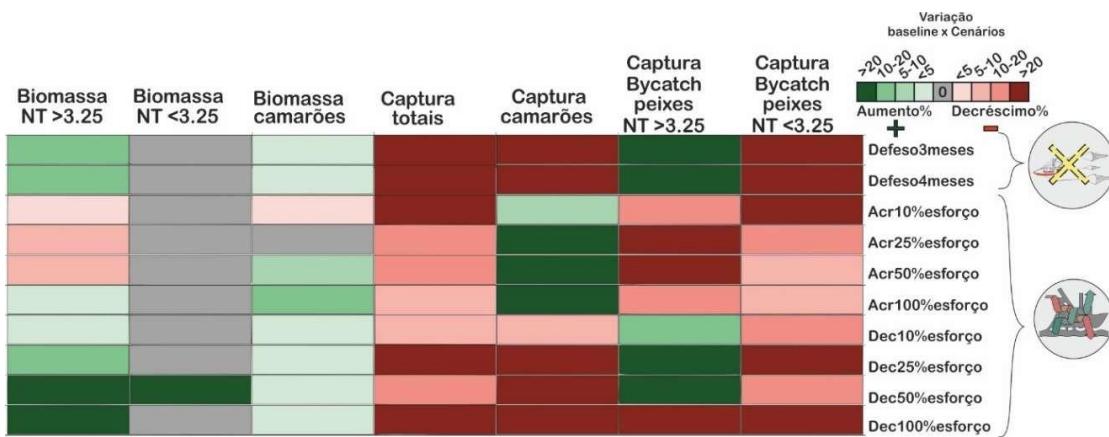


**FIGURA 32:** MÉDIA DA VARIAÇÃO DE INDICADORES DE BIOMASSA E CAPTURA OBTIDOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO PA. AS CORES REPRESENTAM A VARIAÇÃO POSITIVA (VERDE) E NEGATIVA (VERMELHO) ENTRE O BASELINE E OS CENÁRIOS.

As simulações de aumento ou diminuição do esforço de pesca de arrasto em diferentes escalas (ex: Acr50%esforço, Acr100%esforço, Dec25%esforço e Dec50%esforço) até 2050 indicaram efeitos opostos, sendo as diferenças mais evidentes em cenários com alteração do esforço acima de 25% (Tabela 30). No geral, ao simular diferentes aumentos de esforço, a biomassa de níveis tróficos inferiores (NT<3,25) e superiores (NT>3,25) apresentaram em média decréscimo (5 a mais de 20%), entretanto em algumas áreas, foi observado acréscimo de biomassa até 5% como no caso de SIR e PEB (Figura 33 e Figura 34).

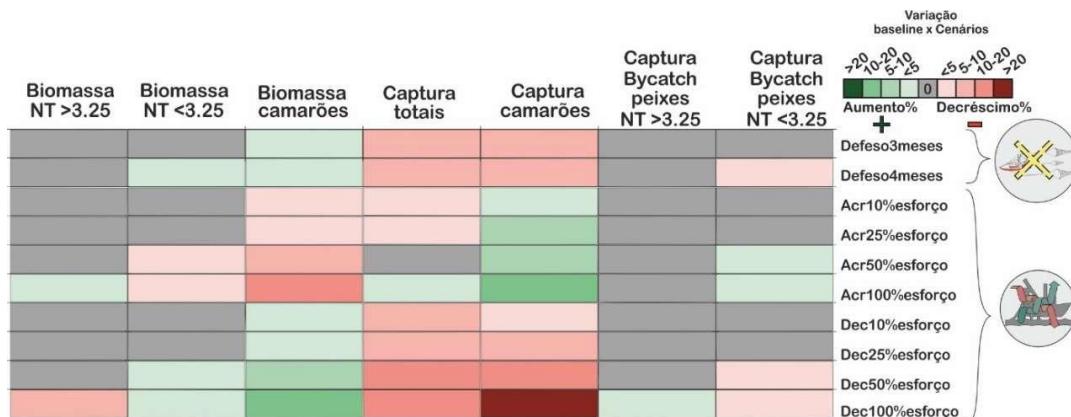


**FIGURA 33:** MÉDIA DA VARIAÇÃO DE INDICADORES DE BIOMASSA E CAPTURA OBTIDOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO SIR. AS CORES REPRESENTAM A VARIAÇÃO POSITIVA (VERDE) E NEGATIVA (VERMELHO) ENTRE O BASELINE E OS CENÁRIOS.



**FIGURA 34: MÉDIA DA VARIAÇÃO DE INDICADORES DE BIOMASSA E CAPTURA OBTIDOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO PEB. AS CORES REPRESENTAM A VARIAÇÃO POSITIVA (VERDE) E NEGATIVA (VERMELHO) ENTRE O BASELINE E OS CENÁRIOS.**

Nos camarões com o aumento do esforço, foi observado uma redução média da biomassa de 2% no BF (Figura 35) e superior a 20% em SIR (Figura 34), diferentemente do PA e PEB que apresentaram suaves aumentos (Figura 32 e Figura 34). Tais acréscimos de biomassa no PA e PEB podem ser associados a diminuição nas taxas de predação sobre estes recursos, uma vez que a biomassa de peixes é reduzida com o aumento do esforço.

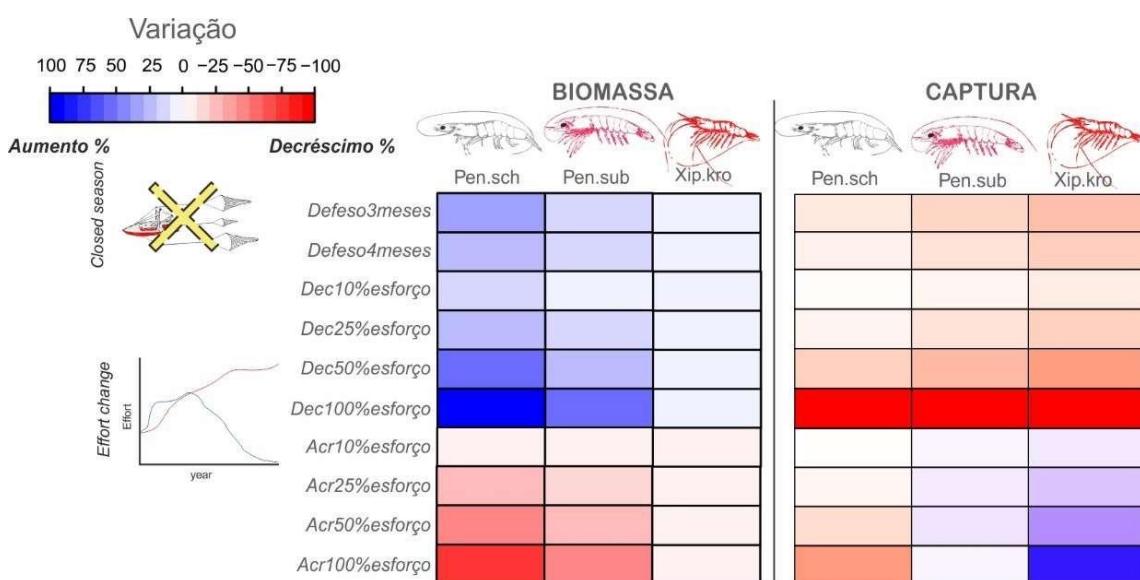


**FIGURA 35: MÉDIA DA VARIAÇÃO DE INDICADORES DE BIOMASSA E CAPTURA OBTIDOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO BF. AS CORES REPRESENTAM A VARIAÇÃO POSITIVA (VERDE) E NEGATIVA (VERMELHO) ENTRE O BASELINE E OS CENÁRIOS.**

Essas reduções de biomassas citadas anteriormente, no geral são reflexos do aumento das capturas totais, incluindo camarões e o *bycatch* para a maior parte das regiões (Figura 32, 33 e 35). A exceção é o PEB (Figura 34) que apresenta uma redução na captura no *bycatch* com o aumento do esforço em virtude da redução da biomassa de várias espécies que o compõem. Os resultados médios

observados nos cenários de decréscimo do esforço até 2050 foram inversamente similares aos cenários de aumento, ou seja, onde aumentava passou a diminuir e vice-versa.

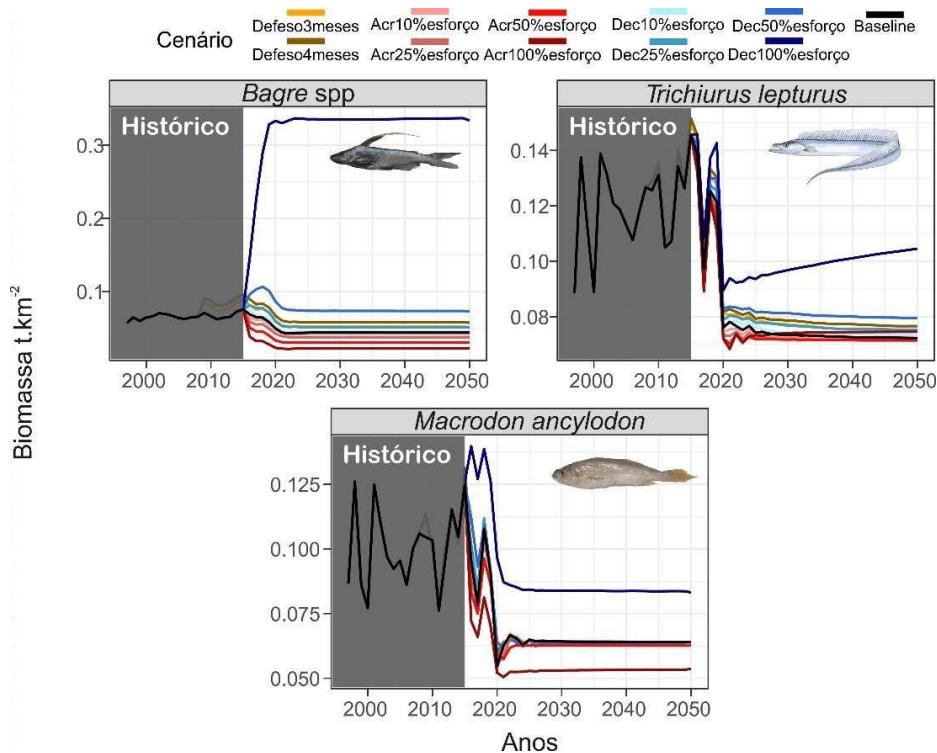
Embora tenham sido observadas tendências gerais nas simulações de defeso, aumento e decréscimo de esforço até 2050, nem todas as espécies e grupos correspondem a esse padrão. Por exemplo para SIR, especificamente para as espécies alvo (*P. subtilis* e *P. schmitti*), com a redução do esforço de pesca e considerando o defeso temporário do arrasto, as simulações projetaram recuperações progressivas na biomassa destas espécies, quase duplicando a biomassa inicial ao longo do tempo. No entanto, o aumento do esforço teve um impacto negativo na biomassa destas duas espécies, em comparação com o cenário de base, atingindo níveis críticos próximos no cenário Acr100%esforço, com uma redução de 68% para *P. subtilis* e 86% para *P. schmitti*. Para o camarão sete-barbas (*X. kroyeri*), foi observada uma ligeira variação positiva da biomassa entre 0,06% e 0,28% com a redução do esforço. A curto prazo os cenários de aumento do esforço (por exemplo, de 10 a 50%) previram um aumento médio na captura de *P. subtilis* de 4-16%, enquanto, para *P. schmitti*, a tendência projetou uma redução (**Figura 36**).



**FIGURA 36: MÉDIA DA VARIAÇÃO DE INDICADORES DE BIOMASSA E CAPTURA DAS ESPÉCIES DE CAMARÃO ALVO OBTIDOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO SIR. AS CORES REPRESENTAM A VARIAÇÃO POSITIVA (AZUL) E NEGATIVA (VERMELHO) ENTRE O BASELINE E OS CENÁRIOS.**

Ao avaliarmos algumas das espécies de peixe da fauna acompanhante mais sensíveis (já apontados neste relatório nas secções acima), a pesca de arrasto de fundo, observam-se também mudanças nas biomassas. Por exemplo para o PA, considerando as espécies *Bagre* spp e *Trichiurus lepturus* os cenários de redução do esforço e defeso resultaram em aumentos de biomassa para esses

grupos quando comparado ao baseline (esforço constante). O inverso foi observado para o aumento do esforço. *Macrodon ancylodon* foi menos sensível a variações do esforço, sendo possível observar grandes mudanças apenas nos cenários extremos de 100% de redução e aumento (**Figura 37**). Em termos de captura, a redução do esforço e o defeso resultou na redução da captura, enquanto com acréscimo do esforço é observado um aumento da captura desses grupos.



**FIGURA 37: VARIAÇÃO DA BIOMASSA DAS ESPÉCIES *BAGRE* spp, *TRICHIURUS LEPTURUS* E *MACRODON ANCYLODON* SIMULADA NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE MANEJO DA PESCA SIMULADOS ATÉ 2050 PARA O MODELO DO PA.**

Com base nos resultados das simulações realizadas até 2050 é possível indicar no geral que o defeso resulta no aumento da biomassa total do ecossistema, incluindo as espécies de camarão alvo da pescaria. Entretanto, a aplicação do defeso resulta na diminuição da captura dos camarões o que seria um ponto negativo, mas reduz também a captura da fauna acompanhante de baixo e alto nível trófico o que dependendo da região pode ser interessante para a conservação. Essa mesma tendência é observada com a redução do esforço, que aumenta a biomassa dos grupos e reduz a captura gradativamente à medida que o nível de redução aumenta. A mesma lógica, mas inversa se aplica ao aumento do esforço, que em níveis elevados podem prejudicar significativamente o equilíbrio do ecossistema. Adicionalmente, pequenas variações do esforço de no máximo 25% resultam em

resultados mais equilibrados entre ganho e perda da biomassa e captura, principalmente em níveis próximos de 10%.

### **6.3. Modelagem multivariada – influência de variáveis ambientais e climáticas**

Este componente teve como objetivo analisar séries temporais de captura, esforço e CPUE, para verificar fatores ambientais (climáticos e hidrológicos) que possam afetar a variabilidade e o sucesso das pescarias de camarão. Uma vez que séries temporais somente são disponíveis para a pesca industrial, estas análises ficaram restritas aos dados da pesca de arrasto de camarão rosa da região Norte do Brasil.

Foram utilizadas séries de dados sobre captura, esforço e CPUE mensais, desde janeiro de 1975 até dezembro de 2010, obtidos através de mapas de bordos nas empresas de beneficiamento de camarão, no estado do Pará. Devido à ausência de informações no período entre janeiro de 1989 e janeiro de 1991, assim como durante os meses de defeso, os dados foram reconstruídos através do pacote imputeTS no R (MORITZ & BARTZ-BEIELSTEIN, 2017). Neste pacote foi executado a suavização de Kalman usando um modelo autoregressivo integrado (ARIMA) para estimar os valores ausentes. A **Figura 38** demonstra as séries temporais de esforço, captura e CPUE após o trabalho de reconstrução.

Dados hidrológicos e climáticos incluindo a vazão do rio Amazonas, a pluviosidade na cidade de Belém, o índice MEI (Multivariate El Niño/Southern Oscillation), SST-temperatura da superfície do mar, Dipolo do Atlântico (*Dipole*) foram obtidos em <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/>.

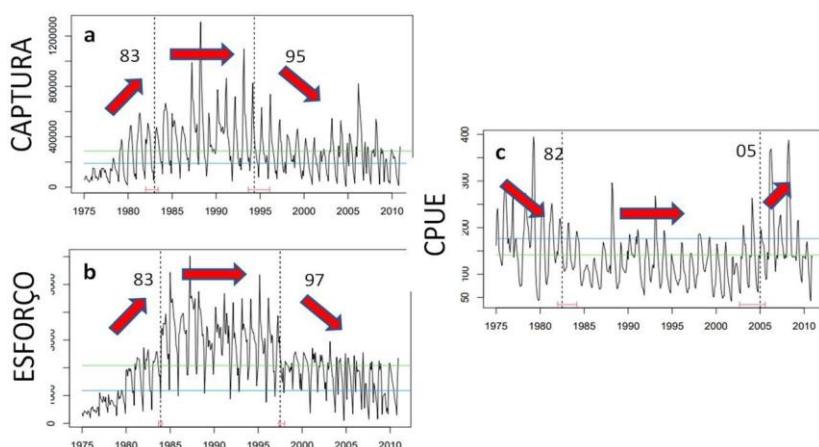
Avaliação das tendências temporais da captura, esforço e CPUE foram obtidas através do teste de Mann-Kendall (HIRSCH et al., 1982; HIPEL & MCLEOD, 2005) para séries não estacionais que possuem efeito de sazonalidade, sendo a inclinação da tendência utilizada para medir a intensidade da mesma, quando  $p<0,05$ .

Para estudar a existência de ciclos regulares nos dados de captura e correlacioná-los com eventuais fenômenos oceano-meteorológicos foram utilizadas as análises de ondooletas cruzadas (TORRENCE & COMPO 1998; GRINSTED et al., 2004). A análise espectral de ondooletas é uma ferramenta matemática poderosa que supera os problemas de não estacionalidade em séries temporais ruidosas, por meio de uma decomposição espectral do sinal, determinando os modos dominantes de variabilidade e como esses modos variam no tempo. Essa análise tem sido muito utilizada em dados ecológicos e pesqueiros (MÈNARD et al., 2007, ROUYER et al., 2008; CETINA-HEREDIA et al., 2019; ONG et al., 2021). Além disso, a utilização da ondooleta cruzada possibilita analisar a variabilidade das séries temporais num plano tempo-frequência, permitindo investigar, tanto no

tempo quanto na frequência a covariância local e a correlação linear entre as séries temporais de pesca e os índices climáticos.

Por último, foram estimados modelos multivariados GAM- Modelo Aditivo Generalizado, para a captura mensal e a CPUE em função do esforço e das variáveis hidrológicas/climáticas coletadas, buscando entender como estes fatores podem afetar a captura de camarão. Uma vez obtidos os melhores modelos para essas variáveis, foram simulados os dados de CPUE desde 2010 e 2020, para observar a tendência futura e ainda entre 2010 e 2050, utilizando os cenários 4.5 e 8.5 do RCP- (*Representative Concentration Pathways*) de mudanças climáticas, produzidos pelo IPCC- *Intergovernmental Panel on Climate Change* em 2021, que fornecem prognósticos quanto ao aumento da temperatura do planeta e outras variáveis climáticas como pluviosidade, vazão, etc. em longo prazo, sendo o primeiro representar a estabilização da emissão dos gases do efeito estufa no nível atual e o segundo com o agravamento desse cenário, ,produto da continuidade do crescimento das emissões de carbono como vem ocorrendo atualmente.

Para estas simulações, foram obtidos dados correspondentes às previsões das variáveis hidrológicas e climáticas disponíveis para nossos dados, para a região da costa amazônica, do modelo do sistema terrestre (MPI-ESM) disponível em <<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cmip5-monthly-single-levels?tab=form>>. Posteriormente foi realizado um pré-processamento dos dados obtidos, uma conversão de unidades e uma calibração dos mesmos. Por fim, se montaram séries temporais destes dados até 2050. Assim, a partir das relações entre a CPUE e as variáveis hidrológicas e climáticas identificadas anteriormente, estimou-se a CPUE a partir das variáveis explanatórias do RCP 4.5 e 8.5, até 2050.



**FIGURA 38: SÉRIES TEMPORAIS DA CAPTURA (A), ESFORÇO (B) E CPUE (C) DA FROTA INDUSTRIAL DE ARRASTO DE CAMARÃO DO NORTE DO BRASIL. LINHA EM AZUL REPRESENTA**

**MODELO NULO, E EM VERDE O MODELO EM REGIME SHIFT. AS LINHAS TRACEJADAS MARCAM OS PONTOS DE MUDANÇA DE REGIME E AS MARCAS VERMELHAS OS INTERVALOS DE CONFIANÇA DE 95%**

As séries de dados de captura e esforço seguem uma tendência similar, com um período de acenso entre o início da série e 1983, seguido por um período de estabilidade, e depois uma caída a partir da segunda metade da década de 90. A série de CPUE reflete tendências opostas às de captura e esforço, com um incremento até 1982, uma estabilidade longa posteriormente, em um patamar de baixos valores, até 2005 quando os valores iniciam a subirem, no final da série.

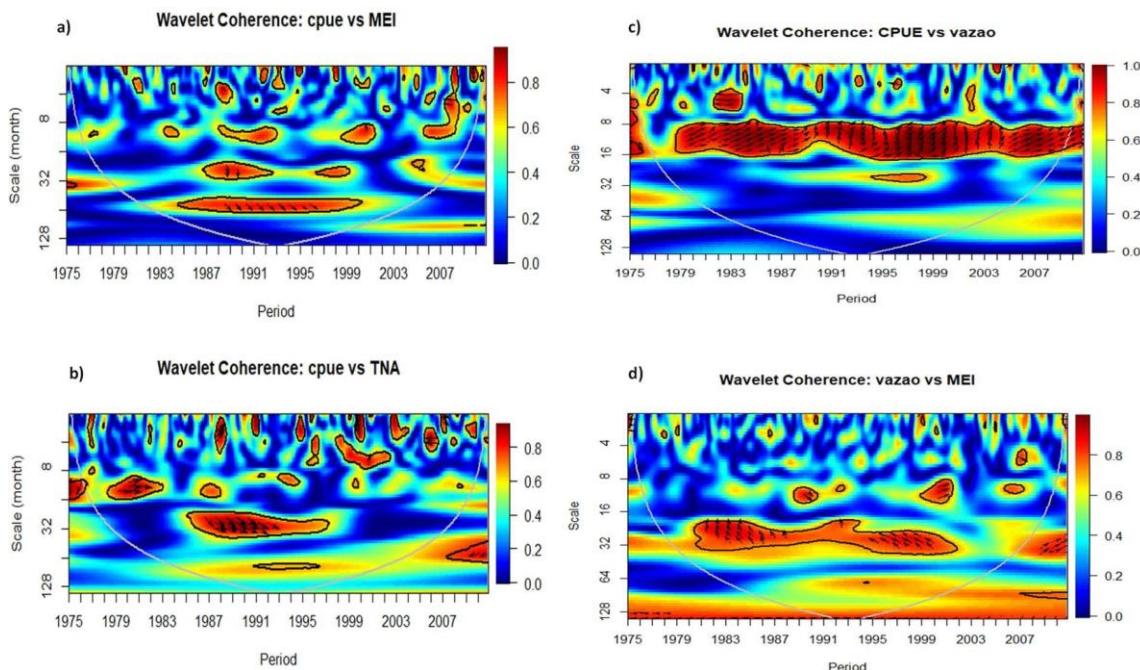
A análise de tendência das séries temporais para as variáveis de captura, esforço e CPUE demonstraram todas as tendências negativas e significantes, o que reporta a uma pescaria que vem diminuindo a produção, provavelmente pela diminuição do esforço, mas também dos seus rendimentos.

Em uma primeira análise das ondeletas, observa-se na vazão forte sinal anual, contínuo e regular, de 12 meses. Este sinal representa a sazonalidade da variável, que também é acompanhada pelas pescarias. A safra do camarão rosa ocorre logo a seguir dos meses mais chuvosos do ano e, portanto, de maior vazão, entre março, abril e maio e os períodos de entressafra ocorrem nos meses de estiagem, quando a vazão e a pluviosidade são menores. O MEI-*Multivariate Enzo Index*, que indica fenômenos de El Niño, apresenta sinais curtos em volta dos 32 meses (dois anos e 8 meses), no final das décadas de 80 e 90, respectivamente, e um sinal mais forte em volta dos 72 meses entre a metade da década de 80 e o início dos 2000. Neste último ciclo, uma desfasagem de alguns meses se detecta (setas em ângulo inferior) para a resposta positiva da CPUE (**Figura 39**).

A vazão do rio Amazonas manteve sua tendência anual, em volta dos 12 meses, provavelmente devido a força desse sinal, enquanto nenhum outro sinal se mostrou significativo para a CPUE em relação à vazão. A TNA (*Tropical Northern Atlantic Index*), que é a anomalia das temperaturas médias da superfície do mar mensais de um quadrante do Atlântico Norte Tropical (de 5.5N a 23.5N e 15O a 57.5 O), indica também uma relação positiva com a CPUE em um ciclo de 36 meses (três anos) com defasagem de alguns meses, entre os anos 1985 e 1995 (**Figura 39**).

A relação entre a vazão e o MEI demonstra uma forte correlação negativa por volta dos 32 meses, para quase todo o período. Estes últimos resultados indicam que o fenômeno do El Niño, altera a hidrodinâmica da região, tanto diminuindo a vazão do rio, como, provavelmente, intensificando das correntes costeiras. Estes episódios podem induzir a uma intensificação dos movimentos das larvas e pós-larvas dos camarões que precisam entrar nos estuários para poder continuar o seu ciclo de vida. Alguns trabalhos científicos mostram que o sucesso das larvas de camarões para entrar nos estuários

é muito baixo, entre 2% e 5% (EVERET, et al., 2017), ou seja que a intensificação das correntes e ventos em direção da costa, em episódios climáticos favoráveis, pode representar uma melhor safra de adultos alguns meses depois. Esta hipótese, tem como base modelos de dispersão de partículas, que são aplicados para compreender a dependência das larvas do sistema hidrodinâmico das correntes costeiras para ter sucesso no recrutamento nos estuários (FARINHA et al., 2018; QUATTROCCHI, et al., 2019).



**FIGURA 39: RESULTADOS DA ANÁLISE DE ONDOLETAS CRUZADAS DE COERÊNCIA. OBSERVAM-SE AS RELAÇÕES ENTRE A CPUE DE *P. SUBTILIS* E AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E ESCOAMENTO DO RIO AMAZONAS. A COLORAÇÃO MAIS AVERMELHADA REPRESENTA MAIOR CORRELAÇÃO. OS CONTORNOS EM PRETO REPRESENTAM OS SINAIS COERENTES SIGNIFICATIVOS CONSIDERANDO O INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%. AS SETAS MOSTRAM AS DEFASAGENS ENTRE AS VARIÁVEIS E O SENTIDO DA RELAÇÃO (INVERSA OU DIRETA).**

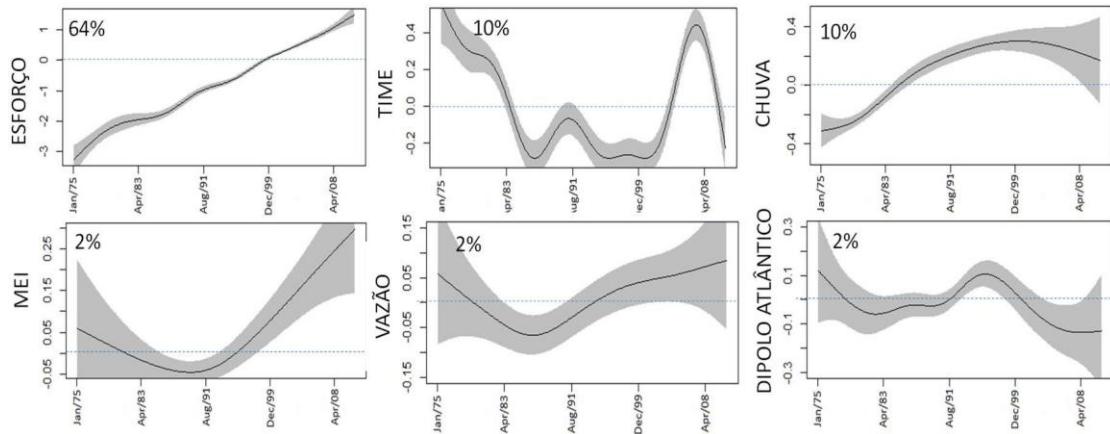
Os modelos não lineares multivariados (GAM), mostraram bons ajustes para a captura mensal, com valores de  $R^2$  0,89 (Tabela 31). O esforço, como esperado tem uma relação positiva com a captura e é a variável que mais explica a mesma (64%). A pluviosidade também mostrou relação positiva com a captura, mas nos últimos anos da série esta relação parece ter se estabilizado. O MEI esteve negativamente correlacionado com a captura no início da série, depois a relação se inverteu e passou a ser positivamente correlacionado com a captura, mas com peso menor. A vazão apresentou uma relação positiva a partir de 1985 aproximadamente. O dipolo do Atlântico não pareceu afetar muito a captura, até o final da série quando aparece com uma relação negativa. O tempo

mostra a caída da captura em quase toda a série e uma pequena recuperação a partir do ano 2000, aproximadamente. Estas variáveis explicam 90% da variabilidade da captura (**Figura 40**).

**TABELA 31: SIGNIFICÂNCIA APROXIMADA DOS TERMOS SUAVIZADOS DO MODELO DA CAPTURA EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E CLIMÁTICAS**

Variáveis	Grau de liberdade efetivo	Grau de liberdade de referência	F	p-valor	Contribuição %
Esforço	8.221	8.830	148.186	< 2e-16 ***	64.14
Tempo	8.770	8.978	20.401	< 2e-16 ***	10.02
Chuva <sub>Belém</sub>	4.545	5.620	35.769	< 2e-16 ***	10.02
MEI	2.569	3.280	7.168	8.25e -05 ***	2.00
Vazão <sub>Amazonas</sub>	3.289	4.136	2.602	0.03215 *	2.00
Dipolo Atlântico	5.976	7.149	3.052	0.0036	2,00

Códigos de significância: “\*\*\*” = 0.001; “\*\*” = 0.01; “\*” = 0.05;  $R^2$  ajustado = 0.893; Variância explicada = 90.2%.



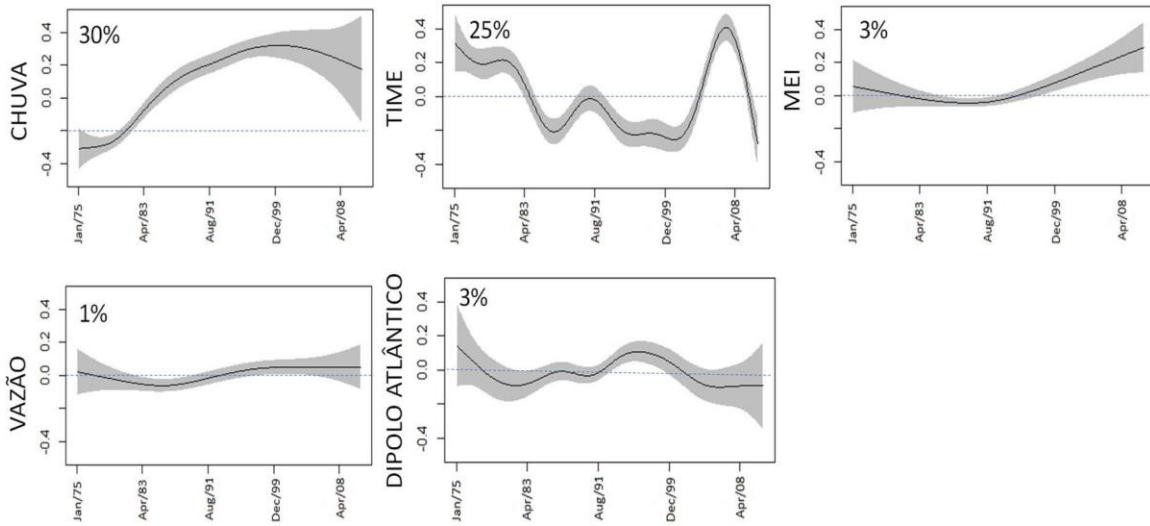
**FIGURA 40. RELAÇÕES ENTRE A CAPTURA E AS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E CLIMÁTICAS ATRAVÉS DE MODELO GAM E PERCENTAGEM DE EXPLICAÇÃO DE CADA VARIÁVEL**

No caso do modelo GAM para explicar a CPUE do camarão rosa, obtivemos valor de  $R^2$  de 0,596. Os resultados podem ser observados na **Tabela 32** e ainda visualmente na **Figura 41**. Observa-se a influência positiva da pluviosidade sobre a CPUE que resultou ser a variável mais importante do conjunto testado. O tempo mostrou a tendência de caída ao longo do tempo, com pequena recuperação no final da série. O MEI e o dipolo do Atlântico afetaram positivamente e negativamente a CPUE, mas com baixo peso. A vazão foi a variável menos importante e sua influência foi constante e neutra ao longo do tempo. O modelo explica 62% da variância da CPUE ao longo do tempo (**Tabela 32**).

**TABELA 32: SIGNIFICÂNCIA APROXIMADA DOS TERMOS SUAVIZADOS DO MODELO DA CPUE EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E CLIMÁTICAS**

Variáveis	Grau de liberdade efetivo	Grau de liberdade de referência	F	p-valor	Contribuição %
Chuva <sub>Belém</sub>	5.246	6.506	35.770	< 2e -16 ***	30.39
Tempo	8.773	8.878	21.117	< 2e-16 ***	25.10
MEI	2.526	3.226	7.217	8.11e-05 ***	2.64
Dipolo <sub>Atlântico</sub>	6.911	8.326	2.669	0.00666 **	2.64
Vazão <sub>Amazona</sub>	3.174	4.004	2.610	0.03541	1.32

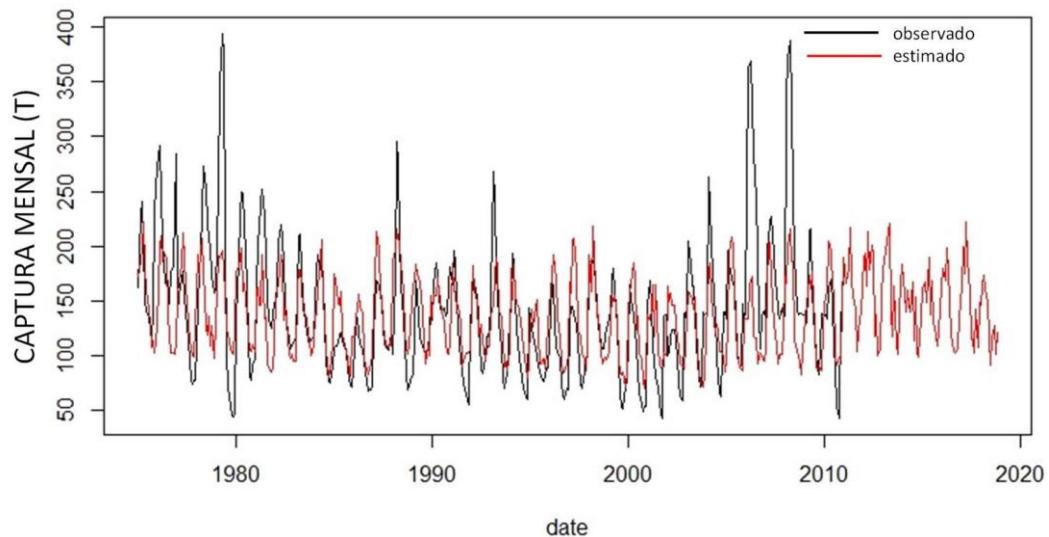
Códigos de significância: “\*\*\*” = 0.001; “\*\*” = 0.01; “\*” = 0.05;  $R^2$  ajustado = 0.596; Variância explicada = 62.1%.



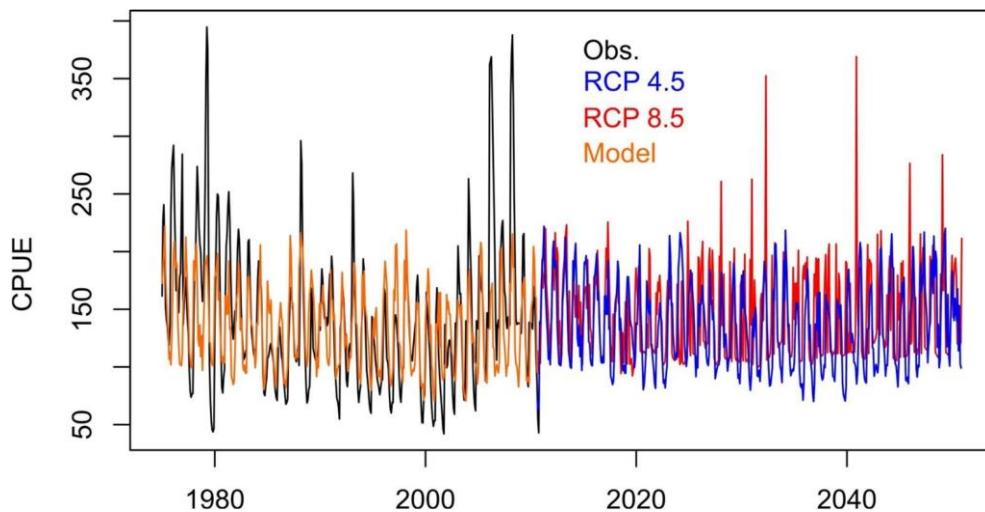
**FIGURA 41. RELAÇÕES ENTRE A CPUE E AS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E CLIMÁTICAS ATRAVÉS DE MODELO GAM E PERCENTAGEM DE EXPLICAÇÃO DE CADA VARIÁVEL**

A simulação da CPUE desde 2010 até 2020 mostra que o modelo se adequa muito bem aos dados observados (**Figura 42**). A partir dos dados hidrológicos e climatológicos é possível prever a CPUE, ou pelo menos sua tendência geral. Isso foi realizado para o período entre 2010 e 2050 (**Figura 43**). Estas simulações mostram poucas mudanças no futuro, se mantendo o esforço no nível atual. Mesmo para os dois cenários do RCP (4.5 e 8.5), pode-se perceber poucas alterações na abundância do camarão rosa ao longo do tempo. A CPUE mostra picos com valores maiores e menores em alguns momentos, mostrando que é possível que fenômenos extremos levem a valores extremos, mas a tendência geral é estável, pelo menos para esse período de tempo futuro simulado (**Figura 43**). Como era de se esperar, o aumento e a diminuição do esforço em 25%, 50% e 75% tem efeitos lineares de aumento e diminuição das capturas, respectivamente (**Figura 44**). Deve-se alertar de que estes

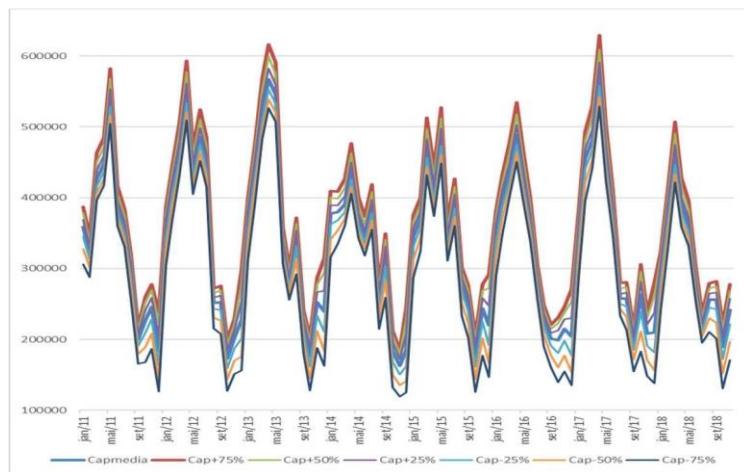
resultados partem de um modelo no qual a captura e o esforço aparecem positiva e linearmente relacionados, e não diz respeito à capacidade de suporte da espécie, caso o esforço seja aumentado de forma drástica e continua.



**FIGURA 42:** SIMULAÇÃO DA CAPTURA ENTRE 2010 E 2020 COM BASE NO MODELO MULTIVARIADO GAM, E MANTENDO O ESFORÇO ATUAL.



**FIGURA 43:** SIMULAÇÃO DA CPUE ENTRE 2010 E 2050 COM BASE NO MODELO MULTIVARIADO GAM, PARA OS DOIS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 4.5 E 8.5.



**FIGURA 44- SIMULAÇÕES DOS EFEITOS NA CAPTURA DO AUMENTO E DIMINUIÇÃO DO ESFORÇO ENTRE 2011 E 2018, EM 25%, 50% E 75%.**

#### 6.4. Modelos de adequabilidade de habitat – Norte e Nordeste

Com o objetivo de estimar como poderiam mudar as distribuições de camarões na costa brasielira, partiu-se de dados de distribuição e ocorrência atual de 5 espécies de camarões marinhos comercialmente importantes no Norte e Nordeste do Brasil: *Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817, *Penaeus isabelae* (Tavares & Gusmão, 2016), *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 e *Penaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) e *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862). Todos os dados de ocorrência foram reunidos a partir de 3 bases de dados: (1) bancos de vários bancos de dados online (Global Biodiversity Information Facility-GBIF: <http://www.gbif.org>; Portal da Biodiversidade: <https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/>; Rede espécies: Link, <http://www.splink.org.br/>); (2) registro de literatura; (3) Coleção de invertebrados da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Uma vez que a matriz biótica foi construída a partir de dados provenientes de diferentes fontes, seguindo as recomendações de Radosavljevic & Anderson (2013), as ocorrências de cada espécie foram espacialmente subamostradas, de forma aleatória, para reter apenas registros separados por pelo menos 10km. Esse processo é feito para diminuir o efeito de sobre-ajuste nos modelos ocasionado por viés amostral e auto correlação espacial.

Foi também reunido um conjunto inicial de 14 camadas climáticas marinhas, que podem potencialmente influenciar a distribuição dos camarões. O conjunto inicial foi composto pelas seguintes variáveis com resolução espacial de 5 arc-minutos ( $0,08^\circ$  ou 9,2 km no equador): 12 camadas bioclimáticas provenientes da base de dados Bio-ORACLE (ASSIS et al., 2018), 2 camadas topográficas provenientes das bases Bio-ORACLE v.1.0-2.0 (ASSIS et al., 2018) e MARSPEC (SBROCCO & BARBER, 2013). Toda as camadas foram obtidas através do pacote ‘sdmpredictors’

(BOSCH, 2020) e padronizadas (ZUUR et al., 2010), antes de seguir para as análises posteriores. Para reduzir a correlação e a multi-colinearidade (MARQUARDT, 1970), e evitar sobre-ajuste dos modelos, uma análise de correlação de Pearson (pacote ‘ENMTools’ - WARREN & DINNAGE, 2020) e fator de inflação de variância (VIF, pacote ‘usdm’ - Naimi et al., 2014) foi feita entre todas as possíveis combinações das variáveis iniciais. A seleção de variáveis de grupos altamente correlacionados ( $r \geq 0,7$ ) foi baseado na bioecologia do conjunto de espécies avaliadas. Posteriormente, em relação a multi-colinearidade, apenas variáveis com valores de  $VIF \leq 4$  foram mantidas.

Para a construção dos modelos de adequabilidade de habitat foi utilizada uma técnica de agregação de resultados de diferentes algoritmos em um modelo consensual (ensemble). Foram ajustados 5 modelos para produzir os mapas de predição para cada espécie: envelope climático-BIOCLIM (BOOTH et al., 2014); distância ambiental-DOMAIN (CARPENTER et al., 1993); modelo linear generalizado – GLM (KIENAST et al., 2012); *support vector machines*-SVM (GUO et al., 2005); e máxima entropia (PHILLIPS et al., 2006) implementado no MaxEnt versão 3.4 (PHILLIPS et al., 2020). Os algoritmos foram escolhidos pelas suas boas performances e por divergirem tanto conceitualmente (apenas presença-presença/[pseudo-]ausência) quanto estatisticamente (estatístico-aprendizado de máquina). Para construir os modelos de adequabilidade utilizamos o pacote ‘dismo’ versão 1.1-4 (HIJMANS et al., 2017) para os algoritmos BIOCLIM, DOMAIN e MaxEnt, e ‘kernlab’ para o svn (KARATZOGLOU et al., 2004).

Os modelos foram desenvolvidos em dois cenários. No primeiro cenário os modelos de adequabilidade de habitat foram calibrados e projetados para o tempo presente. O segundo cenário parte dos modelos calibrados no tempo presente sendo projetados para os anos de 2050 e 2100 utilizando um dos cenários usados no 5º Relatório de Avaliação do IPCC: RCP 4,5. O RCP 4,5 é caracterizado pela estabilização da emissão de gases do efeito estufa até o fim do século, assumindo concentração constante após o ano de 2150.

Para cada espécie, foram executadas 30 réplicas de cada modelo. Em cada réplica, os dados de presença foram divididos aleatoriamente em conjuntos de dados de calibração e validação compreendendo 70% e 30% de cada conjunto de dados, respectivamente. A acurácia dos modelos, sua capacidade preditiva e sua capacidade de prever de forma consistente vários níveis de adequabilidade foram avaliadas usando dois índices: a área sobre a curva *Receiver Operating Characteristic*-ROC (AUC, PHILLIPS et al., 2006) em que valores entre 0,7 e 0,9 indicam bom ajuste de modelo e acima 0,9 ótimas performances; e o índice Boyce contínuo, baseado no coeficiente de correlação de classificação de Spearman, em que os valores positivos indicam um modelo cujas

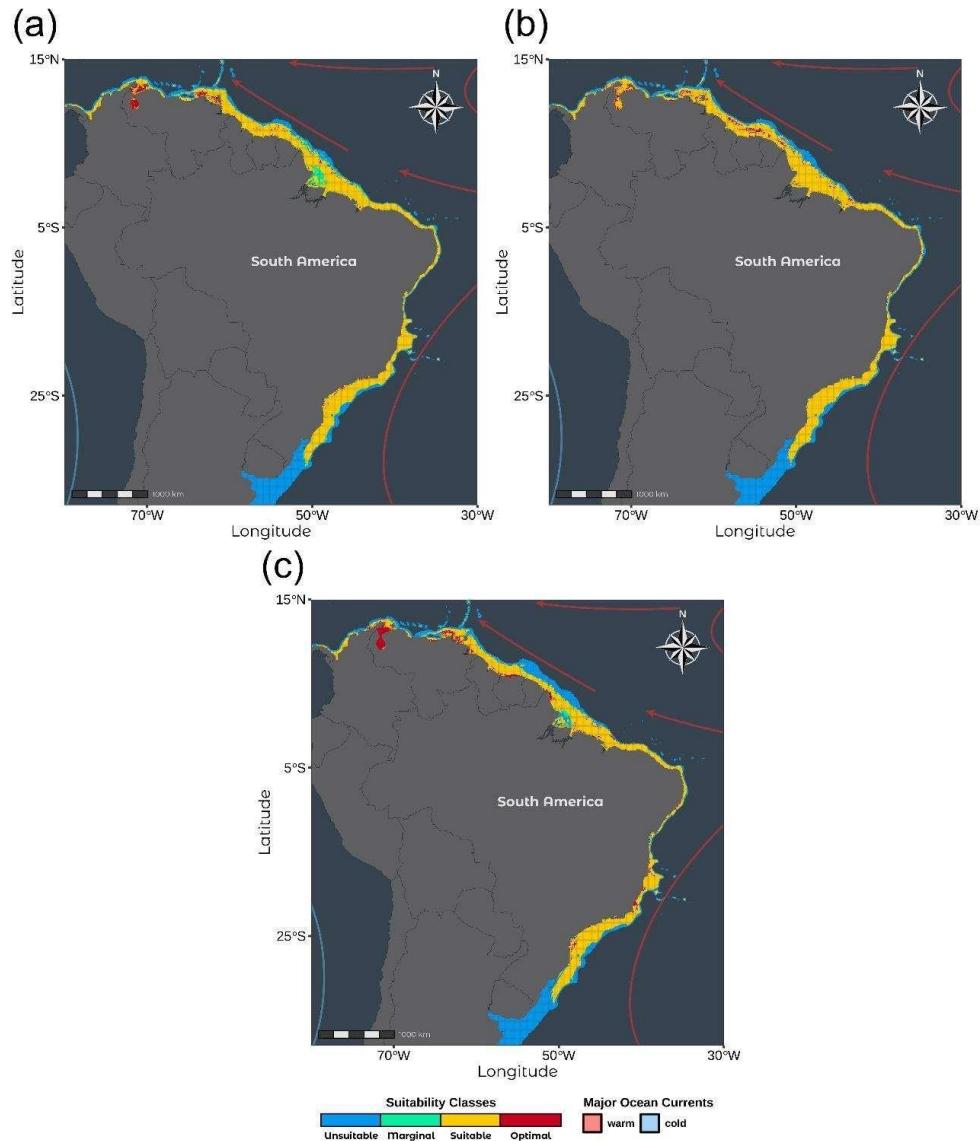
previsões são consistentes com a distribuição de presenças no conjunto de dados de avaliação (HIRZEL et al., 2006).

Nesse contexto, foram gerados 450 modelos de adequabilidade de habitat por espécie, totalizando 2.250 modelos gerados com sucesso entre as 5 espécies avaliadas. Resultados baseados na validação cruzada demonstraram que as performances preditivas variaram entre os modelos, com numerosas réplicas do BIOCLIM, DOMAIN, GLM, MAXENT e SVM performando bem nos valores de AUC em todas as espécies. MAXENT revelou as melhores performances preditivas entre os algoritmos utilizados, com o maior valor médio sendo obtido para *P. subtilis* (AUC = 0,87) enquanto que o BIOCLIM foi o que obteve as menores performances, sendo o menor valor médio de AUC de 0,62 para o modelo BIOCLIM de *P. isabelae*. Os modelos de consenso apresentaram altos valores para o índice Boyce ( $Boyce > 0.79$ ) para todas as espécies, indicando projeções resultantes com alto nível de acurácia nas adequabilidades atuais e futuras de todas as espécies.

Para a modelagem de adequabilidade das 5 espécies-alvo, a matriz biótica inicial contou com 1.366 potenciais registros de ocorrência e destes, 1.177 pontos foram descartados após os procedimentos de limpeza e correção de viés espacial. A matriz final contou com o total de 189 registros espaciais divididos entre *P. brasiliensis* (n=35), *P. isabelae* (n=12), *P. schmitti* (n=57), *P. subtilis* (n=16) e *X. kroyeri* (n=69). Do conjunto inicial de 14 camadas climáticas marinhas que foram testadas, 9 variáveis mostraram problemas de correlação e/ou multi-colinearidade nas análises de predição e, consequentemente, foram descartadas das análises. Ao final, foram mantidas 5 variáveis climáticas que foram utilizadas como preditoras na construção dos modelos, tanto do presente quanto dos cenários futuros avaliados: salinidade (mínimo), temperatura de fundo (mínimo e variação), declive batimétrico e velocidade de corrente (variação).

Nossos resultados indicam que os mapas de adequabilidade atual das previsões dos modelos de consenso são altamente consistentes com os registros de ocorrência presentes na base de dados das espécies analisadas.

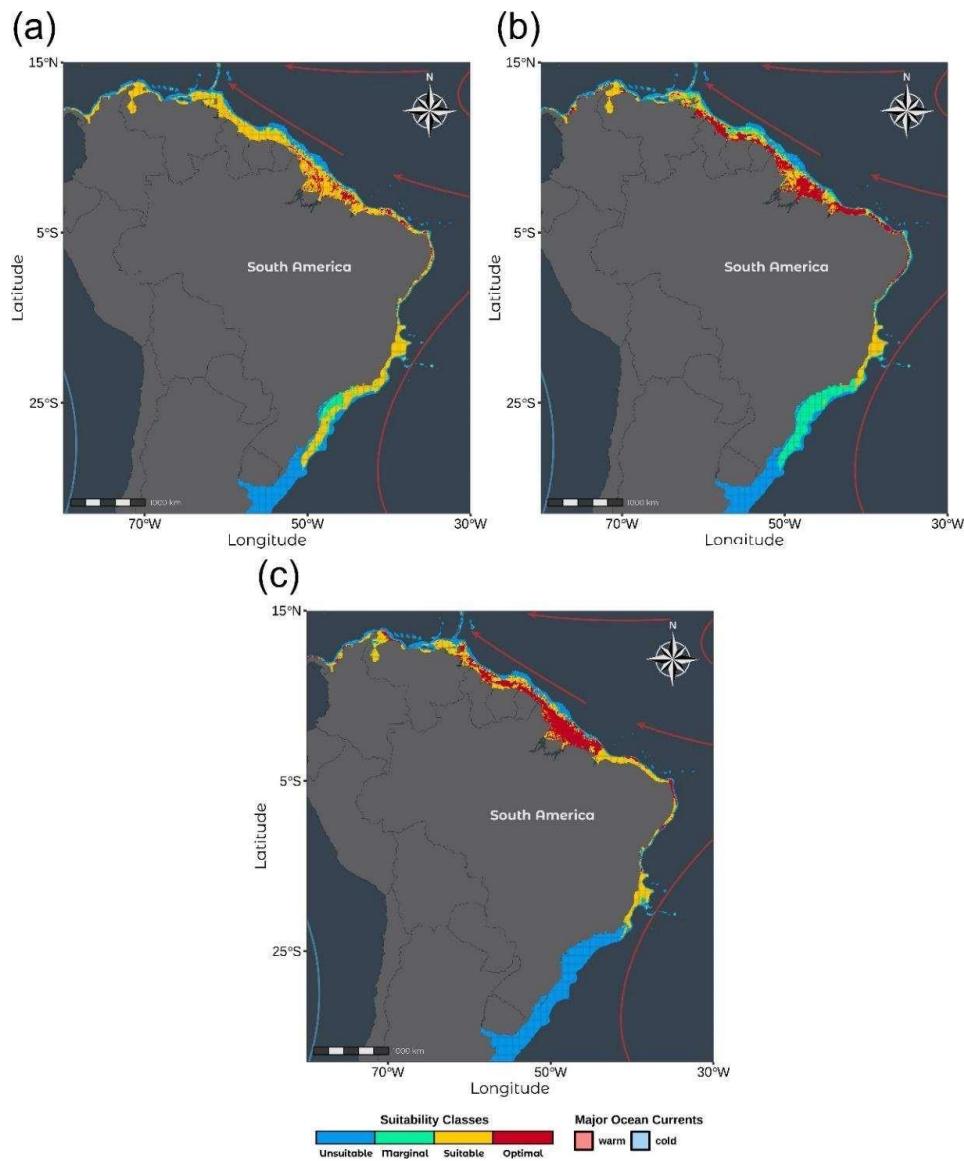
A modelagem atual para o camarão-branco (*P. schmitti*) indica um padrão homogêneo de adequabilidade para a espécie ao longo de toda a região costeira brasileira (**Figura 45a**). Os resultados dos cenários futuros indicam estabilidade a médio e longo prazo, sem alterações significativas na distribuição (**Figura 45b**, **Figura 45c**).



**FIGURA 45: ADEQUABILIDADE DE HABITAT ATUAL E FUTURA PREDITA PARA *P. SCHMITTI* SOB O CENÁRIO RCP (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY) 4.5 (A) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA PARA O TEMPO ATUAL, (B) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2050 (MÉDIO PRAZO), (C) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2100 (LONGO PRAZO). CORES REPRESENTAM CLASSES DE ADEQUABILIDADE.**

Para a espécie *P. subtilis* apresenta padrão semelhante a *P. schmitti* no cenário atual, com adição de manchas espaçadas com adequabilidade ótima ao longo de toda a costa Norte e Nordeste (**Figura 46a**). A médio prazo, o modelo futuro prediz uma elevação nos níveis de adequabilidade ao longo de toda a região costeira Norte e Nordeste (**Figura 46b**), mas esses níveis voltam a reduzir ao final do século. Ao fim de 2100 as áreas ótimas se restringem à toda região Norte do país e no

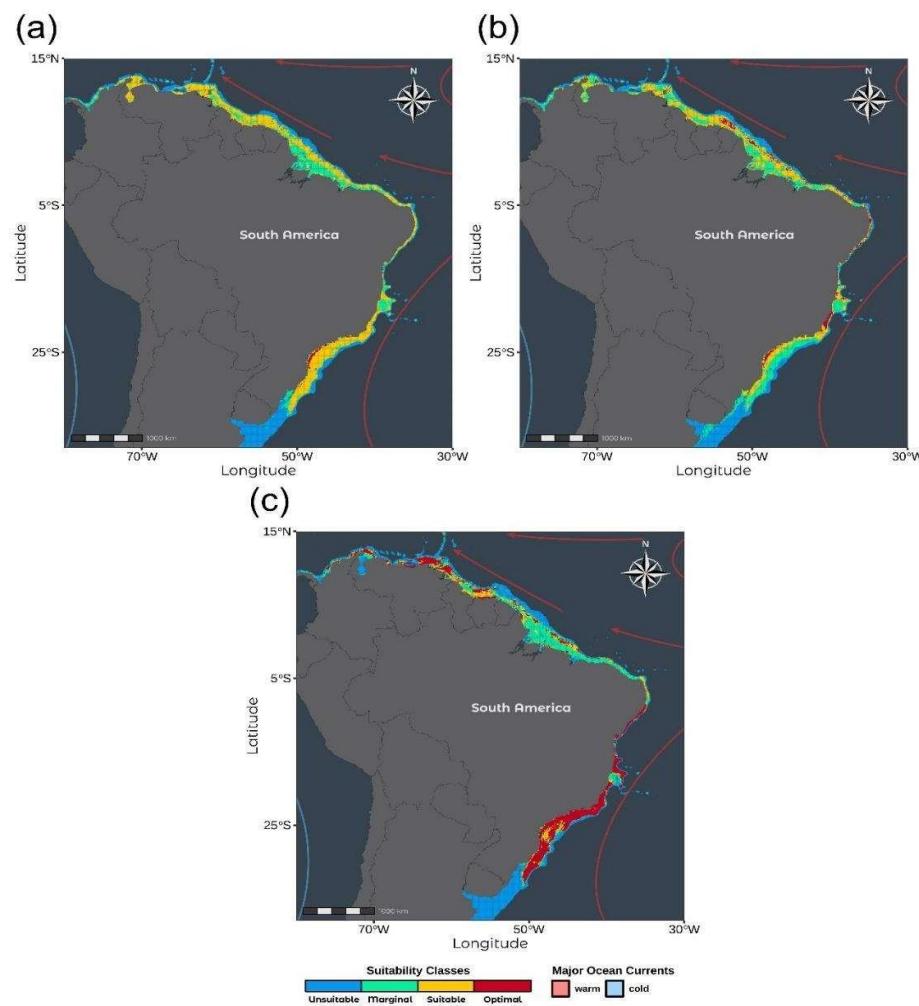
Nordeste às áreas equivalentes aos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e sul do Alagoas (**Figura 46c**).



**FIGURA 46: ADEQUABILIDADE DE HABITAT ATUAL E FUTURA PREDITA PARA *P. subtilis* SOB O CENÁRIO RCP (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY) 4.5 (A) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA PARA O TEMPO ATUAL, (B) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2050 (MÉDIO PRAZO), (C) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2100 (LONGO PRAZO). CORES REPRESENTAM CLASSE DE ADEQUABILIDADE.**

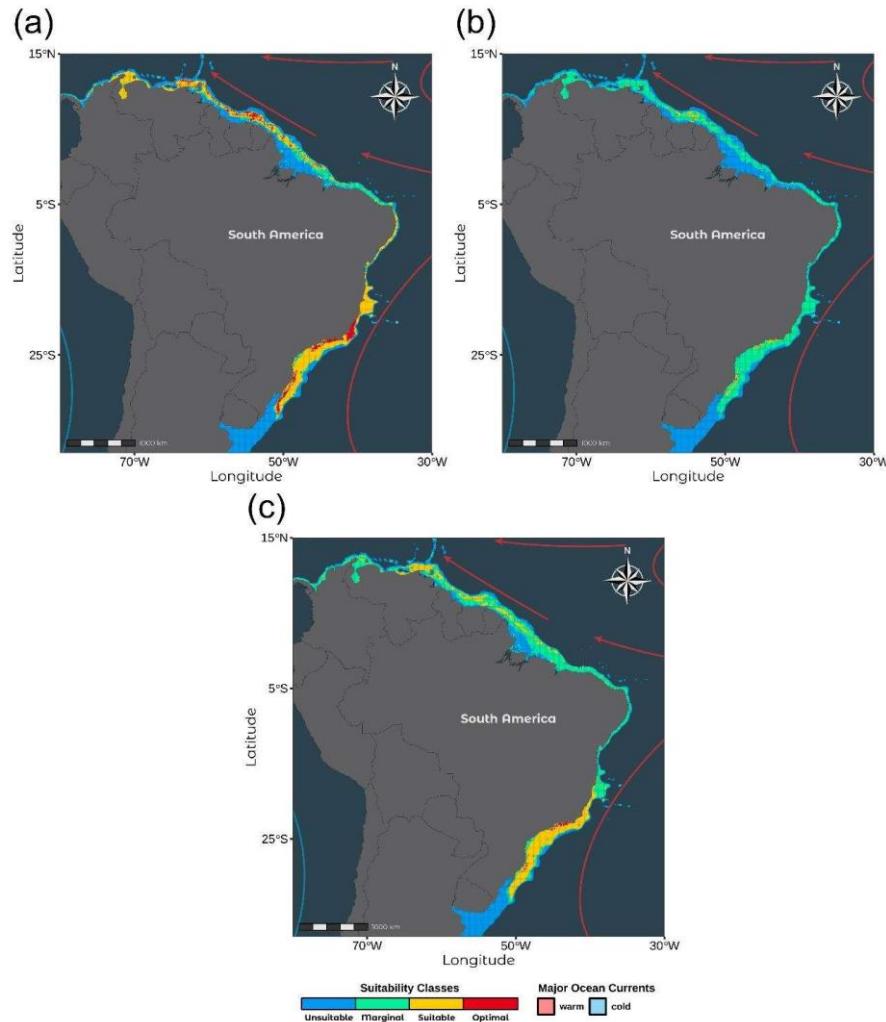
Por fim, o modelo atual para *X. kroyeri* indica que toda a região costeira do Norte e Nordeste se apresenta adequada ambientalmente para a espécie (**Figura 47a**). Em médio e longo prazo, O ambiente ainda é adequado, mas há uma mudança no padrão de distribuição. No Norte do país é observado o ganho de áreas com classe de adequabilidade ótima, mas as áreas preditas se tornam mais

restritas em longo prazo enquanto que áreas marginais se tornam mais proeminentes. Já no Nordeste, a costa leste se beneficia com ganhos em valores ótimos para esta espécie ao mesmo passo em que há um aumento de valores marginais para a costa norte da região (**Figura 47b** e **Figura 47c**).



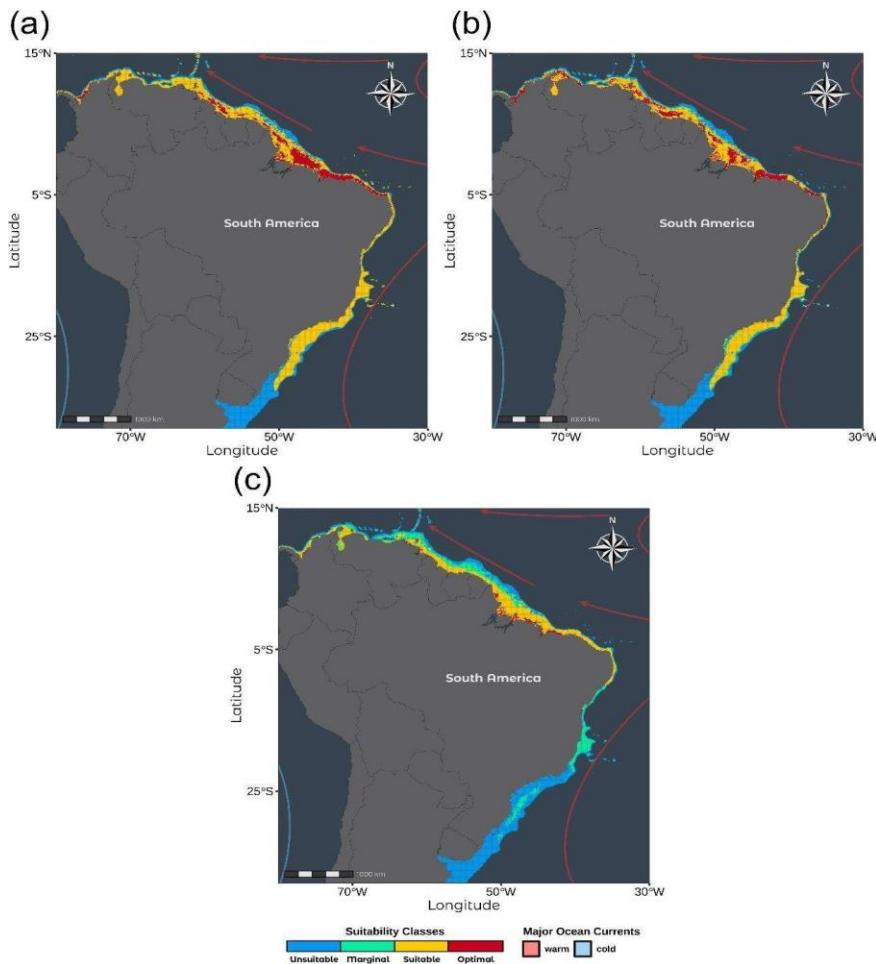
**FIGURA 47: ADEQUABILIDADE DE HABITAT ATUAL E FUTURA PREDITA PARA *X. KROYERI* SOB O CENÁRIO RCP (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY) 4.5 (A) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA PARA O TEMPO ATUAL, (B) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2050 (MÉDIO PRAZO), (C) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2100 (LONGO PRAZO). CORES REPRESENTAM CLASSES DE ADEQUABILIDADE.**

O modelo consensual para *P. brasiliensis* indicou áreas com níveis adequados e ótimos ambientalmente concentrados principalmente nas áreas costeiras leste da região Nordeste e em áreas da foz do rio Amazonas, na região Norte (**Figura 48a**). Resultados do cenário de mudanças climáticas projetam reduções futuras das áreas de adequabilidade tanto na região Norte como Nordeste (**Figura 48b** e **Figura 48c**), com decréscimo mais acentuado para a região Nordeste ao final do ano de 2100.



**FIGURA 48: ADEQUABILIDADE DE HABITAT ATUAL E FUTURA PREDITA PARA *P. BRASILIENSIS* SOB O CENÁRIO RCP (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY) 4.5 (A) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA PARA O TEMPO ATUAL, (B) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2050 (MÉDIO PRAZO), (C) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2100 (LONGO PRAZO).**  
CORES REPRESENTAM CLASSES DE ADEQUABILIDADE.

No cenário atual, *P. isabelae* apresentou uma vasta área com as classes mais elevadas de adequabilidade na região Norte e no norte da região Nordeste (**Figura 49a**). As projeções futuras predizem perdas progressiva dos níveis de adequabilidade para os anos de 2050 e 2100 e restrição das áreas com adequabilidade ótima para as regiões costeiras de menor profundidade (**Figura 49b**, **Figura 49c**). A região Nordeste foi a que apresentou maiores perdas nas condições de adequabilidade ao final do século.



**FIGURA 49:** ADEQUABILIDADE DE HABITAT ATUAL E FUTURA PREDITA PARA *P. ISABELAE* SOB O CENÁRIO RCP (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY) 4.5 (A) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA PARA O TEMPO ATUAL, (B) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2050 (MÉDIO PRAZO), (C) ADEQUABILIDADE DE HABITAT PREDITA EM 2100 (LONGO PRAZO). CORES REPRESENTAM CLASSE DE ADEQUABILIDADE.

## 7. EIXO MANEJO E DISCUSSÃO DE MEDIDAS PARA A SUSTENTABILIDADE

Neste componente foi realizado uma revisão sobre as normas históricas e em vigência considerando as várias espécies e regiões. Esta revisão servirá de base para a proposição/ajuste de regulamentações da pesca de camarão nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. As normas foram retiradas dos sites do governo na internet (<http://www.ibama.gov.br/legislacao>, <http://www.ibama.gov.br/biodiversidade-aquatica/periodos-de-defeso/defesos-marinhos>, <https://legislacao.presidencia.gov.br/> e <https://www.in.gov.br/consulta/>, <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao.html>).

A nível nacional a emissão regras sobre o uso e conservação de camarões marinhos é construído por normativas (Decretos, Portarias, Instruções Normativas e afins). Apenas 23% das regras vigentes sobre camarões refere às regiões N e/ou NE.

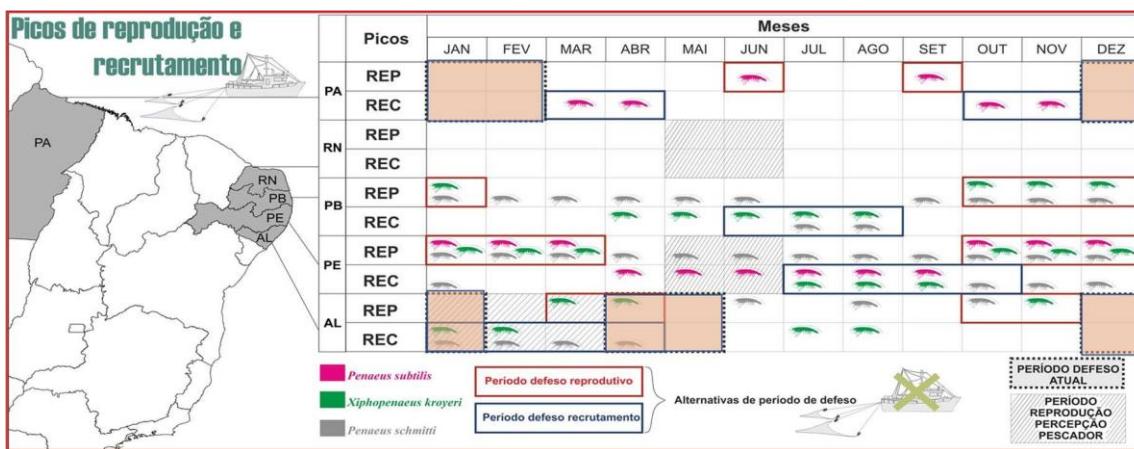
As três principais espécies de camarão da região N e NE são focadas nas normativas vigentes, com predominância de regras para o camarão-rosa, que é maior alvo da pesca industrial e menos para os camarões branco e sete barba, respectivamente.

Os assuntos atendidos nas regras vigentes referem predominantemente ao estabelecimento de períodos de defeso, seguidas pela restrição de áreas próximas da costa para o arrasto. A época de defeso segue uma norma antiga, não qual pretende-se aumentar o estoque a partir da defesa da época de reprodução ou, ainda mais recentemente, no caso dos camarões a época do recrutamento.

A época de defeso muda ao longo da costa. Nos estados de PA e AP se estabelecem épocas de proibição entre o final do ano e o primeiro trimestre do ano. Para MA o defeso estende-se por cinco meses. Para os estados mais ao sul (AL, SE e BA), são proibidas as pescarias em dois períodos, um no final do ano e outro no segundo trimestre do ano.

Além disso, a proibição de pesca durante o defeso não existe para os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. É provável que esta falta seja relacionada com o fato da frota motorizada ser pequena (em torno de 100 barcos), de pequeno porte (< 10m); baixa produção sazonal; pesqueiros de pequeno porte e próximos ao continente. No estado de PE esteve vigente um defeso de 1990 a 2000, quando foi suspenso por demanda dos pescadores locais. Contudo, este é um tema bastante polémico, pois alguns pescadores as vezes gostariam de ter o direito ao seguro de desemprego, em consequência da paralização temporária. Por outro lado, o defeso como método de manejo dos estoques de camarões parece não ser uma ferramenta muito útil. Isso a julgar pelos dados obtidos nas modelagens que simulam os impactos desta medida (ver eixo de cenários futuros).

As proibições de pescar durante alguns meses de defeso se mostrou positiva para aumentar ligeiramente a biomassa dos camarões nas simulações realizadas no projeto, porém a captura, que poderia ser maior, acaba diminuindo. Ao mesmo tempo viu-se que o defeso não coincide, na maior parte das vezes, com os períodos de reprodução ou mesmo recrutamento das principais espécies de camarões capturadas em cada frota (Figura 50).



**FIGURA 50. REPRESENTAÇÃO DOS PERÍODOS DE REPRODUÇÃO E RECRUTAMENTO DAS TRÊS ESPÉCIES DE CAMARÕES MAIS CAPTURADAS PELAS FROTAS DO NORTE E NORDESTE E DOS PERÍODOS DE DEFESO INSTITUÍDOS PELA LEGISLAÇÃO NORMATIVA VIGENTE (EM COR LARANJA).**

Por outro lado, os resultados de avaliação de estoques e das simulações não demonstram a necessidade de proteger as populações de camarão, as quais parecem estar em situação bastante saudável, apesar do esforço atual.

Em particular, a medida de fechar um período para permitir a desova ou o recrutamento não é uma medida eficiente quando se trata de proteger organismos que tem alta fecundidade, curta longevidade e alta mortalidade natural (ADAMS, 1980), além de que a relação entre estoque desovante e recrutamento é bastante questionada na literatura científica para este tipo de organismos (GARCIA, 1996) e, aparentemente, a existência de fenômenos denso-dependentes se limita à fase estuarina do ciclo de vida, sendo os fatores ambientais os de maior influência nos níveis de biomassa adulta (GARCIA, 1989; PEREZ-CASTANHEDA & DEFFEO, 2005). A proibição de pesca durante períodos de reprodução vem de uma tradição da pesca continental, onde ocorrem grandes concentrações de adultos durante as migrações reprodutivas ou piracemas (GODOY, 1995) sem se mostrar muito eficiente para os camarões até o momento, visto que não se detectam diferenças nos estados dos estoques em locais com e sem legislação de defeso vigente.

Outra regra recorrente é a proibição de arrasto em certas áreas, que vigora em praticamente toda a costa Norte e Nordeste. Contudo, a distância da costa do limite para a região proibida muda entre estados e dependendo da capacidade do barco, variando entre 300 m da costa (sul da BA), até 10 mn da costa mais ao norte (MA, PA e AP). Para a pesca industrial há adicionalmente uma região

delimitada na qual se proíbe o arrasto e ainda uma sugestão de que seja proibido na área denominada de “lixeira” aonde se encontram muitos exemplares pequenos.

Contudo, a justificativa destas diferentes medidas de restrição de áreas não tem uma base científica evidente e não fica claro quais critérios serviram para estabelecer as diferenças de distâncias entre estados estabelecidas ao longo da costa. No caso da área da “lixeira” mostrou-se nos estudos econômicos (ARAUJO, 2021), que as viagens à essa região são as mais produtivas da pesca industrial do Norte, motivo pelo qual a proibição dessa área de pesca pode implicar em sério comprometimento da sustentabilidade econômica da frota e deve, por tanto, ser estudado se as suas consequências valem a pena, desde o ponto de vista de sustentabilidade das populações. O fato é que, mesmo com o intenso esforço na área da “lixeira”, não foi evidenciado estado de perigo para o camarão rosa no momento. Por outro lado, a fiscalização do seu cumprimento parece ser uma tarefa difícil na atual conjuntura.

A limitação de tamanho de malha é estabelecida para MA (30 mm) e todo o resto do Nordeste (28mm). Para todos os barcos maiores de 11m, há obrigatoriedade de uso de TED-*Turtles Excluder Devise*. Na pesca industrial do Norte do Brasil há um limite de barcos licenciados para a modalidade de arrasto de camarão (atualmente 101 para barcos <18m e TAB ≤ 80 t e motor ≤ 250Hp e 82 para as outras). Nesta modalidade também é obrigatório o preenchimento de Mapa de Bordo, com detalhamento de cada lance de arrasto. A Tabela 33 resume as regras vigentes para a pesca do camarão.

No final dos anos 90 foi proposta uma área de exclusão entre 00°20'N e 01°10'N de latitude e 47°00'W e 47°55'W de longitude, chamada de lixeira pela grande proporção de camarões pequenos. Supondo uma relação positiva entre recrutamento e estoque a ser capturado, esta área deveria ser expandida para 00°20'N e 01°25'N até 47°00'W e 48°11'W, já que é nesta área que os jovens adultos de camarão rosa são encontrados (PEIXOTO et al., 2022). Contudo segundo Araújo (2021) esta é a área aonde se concentram as maiores capturas para a frota industrial e, apesar de pequeno tamanho dos camarões, esta área é a que permite os maiores rendimentos econômicos da frota já que a captura representa um grande volume de camarões nesta época, motivo pelo qual proibir essa área parece uma medida que dificilmente será respeitada, se ainda se agregam as dificuldades de fiscalização esta medida parece pouco apropriada. Nas análises de nosso projeto observamos que a quantidade de espécies de peixes ameaçadas é menor na área da “lixeira” do que em outras áreas de pesca, o que também não justifica a sua adoção. Apesar disso, observamos que a média de comprimento total da fauna de peixes da “lixeira” é menor (20cm), estatisticamente, que a média de outras áreas de pesca (29 cm), o que já tinha sido constatado por Cutrim et al. (2001). Contudo, o espectro de tamanho (*size spectrum*) *senso* Gislason e Rise (1998), mostra que na área da “lixeira” aparecem indivíduos maiores

de peixes do que em outras áreas e principalmente que a mortalidade total da fauna de peixes é menor nessa área. Como a sobrepesca de crescimento não pode ser comprovada nos camarões, que são organismos r-estrategistas, e como vimos que os estoques de camarão rosa não apresentaram diagnóstico de sobrepesca, nossa recomendação é não excluir a área proposta das pescarias industriais da região Norte.

**TABELA 33: RESUMO DAS REGRAS VIGENTES DE ORDENAMENTO DA PESCA DE CAMARÕES NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE**

LINK: <https://1drv.ms/x/s!AmEzpxBIGGEFt7h2l3X5hlzJdWqaSw?e=iwmVmW>

A revisão das normativas vigentes leva à conclusão que não há muita relação entre estas regras vigentes e os resultados do projeto e que se faz necessário uma sistematização e padronização das regras, para que tenham uma base científica. Também seria importante a discussão profunda de cada normativa com os atores principais, para que assim possam ganhar maior governança e cumprimento.

As medidas de ordenamento vigentes são, sem dúvida também, escolhas políticas, que surgem por pressões das classes mais poderosas na cadeia de valor dos camarões, ou atendem a interesses das empresas de beneficiam os produtos provindos da pesca industrial. Mas também há interesses dos pescadores, como por exemplo na facilidade de obter o seguro desemprego, se houver uma regra de defeso para as pescarias.

Contudo, a garantia de governabilidade dessas regras, somente poderia existir se elas forem baseadas em informações científicas sólidas e se negociadas e discutidas amplamente com os pescadores que devem cumprir as regras vigentes.

Por outro lado, o mais importante legado deste projeto é a conclusão de que a pior ameaça da pesca de arrasto é a existência de grande quantidade de fauna acompanhante, que, no caso da pesca industrial, é pouco aproveitada, sendo a maior parte dela jogada ao mar. Isto produz mortalidade de umas centenas de espécies, algumas das quais vem sendo ameaçadas de extinção ou mesmo em estado de perigo. Apesar de ainda preliminares, os experimentos realizados na região com a inclusão de dispositivos de exclusão de fauna acompanhante-BRD mostram-se bastante positivos, indicando que esse seria o caminho mais importante para o manejo da pesca de camarões nas pescarias industriais.

Para a pesca artesanal, talvez o melhor seria não engessar a pescaria com novas regras, mas apenas pensar em mecanismos de maior aproveitamento da fauna acompanhante, que é principalmente utilizada como alimento nas populações locais, ajudando desta forma a garantir a segurança alimentar e renda destas comunidades.

Ao mesmo tempo, fica evidente que os fatores ambientais e, em particular, as mudanças climáticas tem um enorme efeito no direcionamento do esforço e no sucesso das pescarias (ARAGÃO et al., 2022). Considerando que os eventos extremos vem sendo cada dia mais frequentes e que o aquecimento dos oceanos com consequências sobre os níveis de pluviosidade e vazão dos rios que desaguam no oceano é um cenário muito realista, convém de forma enfática discutir como serão as comunidades costeiras preparadas para estas mudanças. Projetos de discussão e de ajustes para este cenário provável são necessários. Nesse mesmo contexto de mudanças climáticas, parece evidente que falhas nas desovas e no recrutamento podem vir a ocorrer com maior frequência. Estes fatos associados com forte pressão pesqueira, pode encadear falência das embarcações, com graves consequências para a população de pescadores que dependem desta atividade, independente da escala. Por esse motivo, se recomenda fortemente investir recursos no cadastramento de todas as embarcações, sejam industriais ou artesanais e no controle rigoroso do esforço, para que o efeito sinérgico entre altos níveis de esforço e falhas no recrutamento não se potenciem, evitando assim maiores danos socioeconômicos nas pescarias.

Lamentavelmente, o Brasil possui um grande passivo no que diz à política pesqueira nacional. Um grande esforço deve ser investido para que as iniciativas de institucionalizar os Comitês Permanentes da Pesca-CPG, reservando recursos financeiros para que seja realizada a avaliação contínua dos estoques e a revisão periódica das recomendações se façam realidade. Isto pode evitar que as normativas vigentes sejam utilizadas como simples instrumentos para registro, sem uma real aplicação. A necessidade de estudos contínuos e de longa duração que validem a eficiência e eficácia das medidas pode ser o caminho correto para esta e muitas outras pescarias de grande importância para o Brasil. A ativação dos Comitês de Gestão da Pesca desenha o caminho para a busca de maior governança e base científica para o manejo da pesca dos estoques de camarões na região Norte e Nordeste do país.

Ainda vale lembrar que as diferentes escalas das pescarias de camarão devem ser contempladas nas iniciativas de manejo. O fato de as pescarias artesanais serem de “pequena escala”, não significa que não necessitem de grande atenção do governo. Muito pelo contrário, estas pescarias devem ser monitoradas em duas importantes vertentes: a primeira porque ainda que de pequena escala elas tem um grande esforço dedicado à captura dos estoques (grande volume de barcos não registrados e informalidade) e a segunda pois os atores destas pescarias fornecem garantia de renda e segurança alimentar a um grande número de pessoas, que normalmente são invisíveis às políticas públicas. Um olhar dedicado a estas populações marginalizadas, permitirá ter maior controle da atividade de forma geral, e da sustentabilidade da pesca com manutenção dos estoques.

Por último, deixa-se aqui a constância de que a conservação do habitat, que faz parte do ecossistema aonde habitam os camarões, tem grande influência na abundância dos estoques, o que já vem sendo provado amplamente pela literatura (TURNER, 1977; PAULY & INGLES, 1986; LEE, 2004). Isto significa que devem ser também investidos grandes esforços para esse trabalho de conservação, independente do controle do esforço pesqueiro.

Reforçamos, por fim, as recomendações para que estudos econômicos, integrados com estudos sociais e ambientais persistam em longo prazo, para que o grande esforço que foi aqui investido não se perca no tempo.

## **8. EIXO TRANSVERSAL**

### **8.1. Banco de Dados**

Dentro do âmbito do projeto, foi desenvolvido um banco de dados que relaciona todos os dados processados acerca da pesca, biologia de camarões, fauna acompanhante e dados abióticos, incluindo dados sobre a biometria, amostragem, além de informações detalhadas sobre aspectos específicos da dinâmica populacional, por exemplo, alimentação e reprodução. As relações entre as planilhas ocorrem por meio de códigos específicos ligando cada tipo de informação.

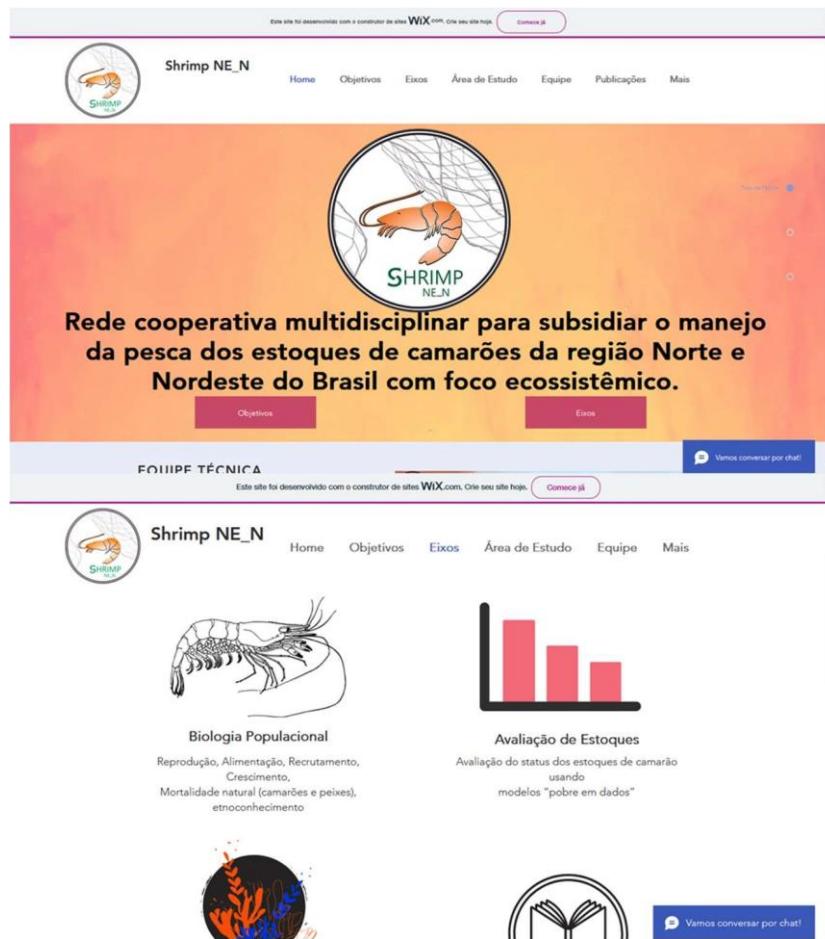
Dada a heterogeneidade das informações entre os sítios de estudo, os dados foram divididos em três principais bancos. Nesta linha, dados de biometria e biologia básica de todas as espécies de camarões foram unificados, em um banco composto por mais de cinquenta e cinco mil espécimes que foi utilizado para o cálculo dos parâmetros populacionais, com metodologia padronizada.

Um segundo banco de dados com biometria e biologia básica das espécies capturadas como fauna acompanhante das pescarias de arrasto contém informações sobre noventa e sete mil espécimes da ictiofauna. Além das informações biológicas, foi elaborado um terceiro banco de dados, com variáveis abióticas que além das informações liminológicas e do sedimento também agrupa informações de Captura por Unidade de Esforço e/ou Captura por unidade de área (CPUA) e informações de caracterização da pesca

### **8.2. Divulgação**

Umas das metas para divulgação do projeto foi a elaboração de um site. O site do nosso projeto está dentro da plataforma Wix, com acesso através do <https://shrimpproject.wixsite.com/shrimppnen>. Na página inicial é possível ter acesso aos objetivos, eixos, equipe técnica, projetos parceiros, publicações recentes e notícias relacionadas ao projeto integralizadas com suas abas personalizadas.

Além das informações citadas, o site é composto por descrições dos prêmios conquistados ao longo do projeto e fotografias disponibilizadas pela equipe. Os visitantes do site podem optar por utilizar um chat interativo disponível em todas as abas, inclusive a página inicial, ou acessar a aba de contato que disponibiliza um local para envio de mensagens e o e-mail do projeto.



**FIGURA 51: TEMPLATE DO SITE DO PROJETO SHRIMP NE\_N. ACESSO ATRAVÉS DO ENDERÇO: [HTTPS://SHRIMPPROJECT.WIXSITE.COM/SHRIMPNEN](https://shrimpproject.wixsite.com/shrimpnen)**

## 9. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

A pesca de camarão na região Norte e Nordeste é diversificada com pelo menos 4 diferentes escalas (artesanal não motorizada, artesanal motorizada, semi-industrial e industrial), com algumas similaridades e muitas particularidades, que devem ser consideradas de forma diferenciada nas recomendações de ordenamento e estudos futuros.

Sob o ponto de vista econômico, a pescaria industrial apresentou os maiores valores de investimentos dentre as atividades camaroeiras investigadas. A cadeia de valor da pescaria semi-industrial também apresentou complexidade entre os segmentos na comercialização do camarão. Uma característica marcante foi o investimento no beneficiamento dos camarões capturados em Pontal do Peba, além da importância econômica do *by-product*. As pescarias de pequena escala possuem frota reduzida, no entanto os preços de primeira comercialização foram elevados. A pesca artesanal demonstrou baixos investimentos durante as viagens para as pescarias e as capturas acessórias apresentaram elevada importância econômica para os pescadores da região, mesmo não representando uma grande proporção das capturas. Além disso, essa fauna acessória desempenha um papel crucial para a segurança alimentar.

Como principal conclusão do trabalho, tem-se que os camarões, em nenhuma região e espécie, estão sobre-exploitados. Apesar da enorme carência de dados atualizados, a avaliação de estoques utilizando modelos “pobre em dados” permitiu uma visão com uma certa confiabilidade do status dos estoques.

Entretanto, este estudo remete a preocupação a médio e longo prazo em relação à fauna acompanhante. Por exemplo, em relação à pesca do Nordeste – artesanal ou até mesmo semi-industrial - o porcentual e composição de fauna acompanhante é menor quando comparado com a pesca industrial, que possui maiores investimentos e maiores custos totais, representando também uma atividade com maior índice de captura incidental e maior descarte da fauna acompanhante por ser uma pesca de arrasto pouco ou quase nada seletiva.

O maior percentual desta fauna acompanhante, em todas as regiões, é constituído por peixes, sendo ora aproveitados como *by-product*, ora descartados ou mesmo utilizados para alimentação. Ao contrário das espécies de camarão, avaliar as principais espécies de peixes, mesmo utilizando modelos “pobre em dados” foi desafiante, uma vez que as informações têm importantes lacunas que comprometem a sua credibilidade. Sendo assim, outros modelos, utilizando enfoques ecossistêmicos, foram também utilizados para verificar as espécies de peixes consideradas “sensíveis”, seja pela situação iminente de sobrepesca, pelos índices de vulnerabilidade e/ou por ser espécies-chaves dos ecossistemas. Sendo assim, considerando estes critérios, 33 espécies foram identificadas como “sensíveis” e merecem total atenção das autoridades para sua conservação. Dentre essas espécies, destacam-se especialmente os elasmobrânquios, quase todos listados na lista de espécies ameaçadas de extinção.

Entretanto, o olhar e as recomendações acerca da fauna acompanhante devem ser diferenciados, considerando os diferentes *métiers*. Para a pesca industrial, em especial por ser mais agressiva ao meio ambiente, uma das medidas que visam a redução dessa captura incidental é o uso do BRD, cuja aplicabilidade prevê uma redução de 10% no uso de combustível, apesar da perda de 10% na receita de camarão, mas resultando em menos 20% dos custos e um lucro de 10% a mais. Além disso, ressalta-se que em todos os arrastos SEM BRD, foram sempre registradas espécies consideradas ameaçadas. Nos arrastos que utilizaram o painel de malha quadrada, algumas dessas espécies foram liberadas em um elevado percentual e algumas completamente. Sendo assim, esse possível avanço em relação à preservação de espécies ameaçadas, pode fornecer à frota um selo de “sustentabilidade” que, eventualmente, possa ser utilizado para ganhar mercados outrora abandonados por questões ambientais. Entretanto, sabe-se que adoção desse dispositivo necessita de novos estudos, principalmente no que diz respeito aos impactos do BRD na economia (subsídios e financiamentos), a ser também discutido com o setor produtivo. Um esforço especial deve ser investido em esses estudos, envolvendo os empresários e os pescadores para que a melhor solução tecnológica se junte com a aceitação do seu uso, na prática e com melhores resultados econômicos, para garantir a sua aplicabilidade. Sugere-se ainda que o uso do BRD seja atrelado obrigatoriamente ao subsídio de óleo diesel, como uma recompensa pelo cumprimento de essa medida e seus ganhos ambientais.

Entretanto, o uso do BRD não parece aconselhável para a pesca artesanal, considerando a menor proporção de captura de espécies sensíveis, principalmente ameaçadas, e a enorme relevância do *bycatch* como fonte de alimento destacando a relevância para a segurança alimentar.

Considerando o defeso, para todas as regiões analisadas, poucos ganhos em relação à biomassa foram observados e, em contrapartida, o defeso leva a uma redução na captura. Considerando que a reprodução, tanto das espécies-alvo quanto das principais acompanhantes, ocorrem em boa parte do ano, o custo-benefício desta medida é questionável tanto para a pesca artesanal como industrial e deve ser realmente discutida na sua natureza verdadeira.

O estabelecimento de áreas de exclusão, ou mesmo rotatividade de áreas de pesca, pode ser uma medida a ser discutida, mas no momento parece difícil a ser implementada devido à falta de fiscalização da pesca no mar e a falta de concordância dos pescadores nesse quesito.

Em relação ao esforço de pesca, não se recomenda o aumento do esforço em nenhum caso principalmente considerando a sinergia com as mudanças climáticas, cujo impacto é decisivo e deve ser cuidadosamente acompanhado no futuro próximo através de ações de mitigação.

Outras recomendações apontam para a necessidade de melhoria nas condições de vida e instrução formal dos pescadores e para a urgência de que se retome o acompanhamento contínuo dos desembarques pesqueiros em toda área do estudo. Esse sistema é importante para obtenção de valores mais precisos sobre as capturas e, assim, aprofundar o entendimento sobre o papel econômico e social, tanto dos camarões quanto da fauna acompanhante, além de confirmar, com maior acurácia, a dependência econômica das comunidades pesqueiras.

## 10. REFERÊNCIAS

- Adams, P.B. (1980). Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. *Fishery Bulletin*, 78(1), 1-12.
- Altuna-Etxabe, M., Ibaibarriaga, L., García, D., & Murua, H. (2020). Species prioritisation for the development of multiannual management plans for the Basque demersal fishery. *Ocean & Coastal Management*, 185, 105054.
- Aragão, J. A. N., Silva, K. C. D. A., & Cintra, I. H. A. (2015). Situação da pesca de camarões na plataforma continental amazônica. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 3(2), 61-76.
- Aragão, J.A.N. Cintra, I. H. A.; Silva, K.C. A.; Martins, D. E. G.; Petrere Jr, M. (2022). Environmental factors associated with southern brown shrimp (*Penaeus subtilis*) yield at Brazilian Amazon coast. *Ocean and Coastal Research*, 70, e22020. Available from: <<https://doi.org/10.1590/2675-2824070.21102jana>>
- Araújo, J. G. (2021). A economia da pesca industrial do camarão rosa *Penaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) na plataforma norte do Brasil. Tese (Doutorado em Ecologia Aquática e Pesca), Universidade Federal do Pará.
- Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Victoria Judith Isaac Nahum.
- Assis, J., Tyberghein, L., Bosch, S., Verbruggen, H., Serrão, E. A., & De Clerck, O. (2018). Bio-ORACLE v2. 0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 27(3), 277-284.
- Bauer, R. T. (2020). Shrimp Fisheries. *Fisheries and Aquaculture: Volume 9*, 91.
- Bentes, B., Cañete, V. R., Luciano de Jesus, G. P., Martinelli-Lemos, J. M., & Isaac, V. (2012). Descrição socioeconômica da pesca do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da costa Norte do Brasil: o caso da ilha do Mosqueiro (PA). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 25(1).

- Bernard, H. R., & Bernard, H. R. (2013). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. Sage.
- Binohlan, C., & Froese, R. (2009). Empirical equations for estimating maximum length from length at first maturity. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(5), 611-613.
- Booth, T. H., Nix, H. A., Busby, J. R., & Hutchinson, M. F. (2014). BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Diversity and Distributions*, 20(1), 1-9.<https://doi.org/10.1111/ddi.12144>
- Bosch, S., & Fernandez, S. (2021). Package ‘sdmpredictors’. *R package*, 1-19.
- Brasil. Lei nº 9.445, de 14 de março de 1997. Concede subvenção econômica ao preço do óleo diesel consumido por embarcações pesqueiras nacionais.
- Briggs, J. C., & Bowen, B. W. (2013). Marine shelf habitat: biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, 40(6), 1023-1035.
- Brucet, S., Boix, D., López-Flores, R., Badosa, A., Moreno-Amich, R., & Quintana, X. D. (2005). Zooplankton structure and dynamics in permanent and temporary Mediterranean salt marshes: taxon-based and size-based approaches. *Archiv fur Hydrobiologie*, 162(4), 535-556.
- Carpenter, G., Gillison, A. N., & Winter, J. (1993). DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity & Conservation*, 2(6), 667-680.
- Carvalho, J. C., & Cardoso, P. (2020). Decomposing the causes for niche differentiation between species using hypervolumes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 243.
- Carvalho, J. C., Cardoso, P., & Gomes, P. (2012). Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 21(7), 760-771.
- Cetina-Heredia, P., Roughan, M., Liggins, G., Coleman, M. A., & Jeffs, A. (2019). Mesoscale circulation determines broad spatio-temporal settlement patterns of lobster. *Plos one*, 14(2), e0211722.
- Christensen, V. (2008). Carl Walters, Steven J D. Martell, Villy Christensen, and Behzad Mahmoudi. *Bulletin of Marine Science*, 83(1).
- Cintra, I. H. A., Aragão, J. A. N., & Silva, K. C. A. (2004). Maturação gonadal do camarão-rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967), na região norte do Brasil. *Boletim Técnico-Científico do Cepnor*, 4(1), 21-29.
- de Azevedo Bemvenuti, M., & Fischer, L. G. (2010). Peixes: morfologia e adaptações. *Cadernos de Ecologia Aquática*, 5(2), 31-54.

- Everett, J. D., van Sebille, E., Taylor, M. D., Suthers, I. M., Setio, C., Cetina-Heredia, P., & Smith, J. A. (2017). Dispersal of Eastern King Prawn larvae in a western boundary current: New insights from particle tracking. *Fisheries Oceanography*, 26(5), 513-525.
- Faruque, H., & Matsuda, H. (2021). Assessing the vulnerability of bycatch species from Hilsa gillnet fishing using productivity susceptibility analysis: Insights from Bangladesh. *Fisheries Research*, 234, 105808.
- Faruque, H., & Matsuda, H. (2021). Conservative scoring approach in productivity susceptibility analysis leads to an overestimation of vulnerability: A study from the Hilsa gillnet bycatch stocks of Bangladesh. *Fishes*, 6(3), 33.
- Freire, K. M. F., Rosa, L. C. D., Reis-Júnior, J., & Barreto, T. M. R. D. R. (2020). Understanding what is what in marine shrimp fisheries. *Ocean and Coastal Research*, 68.
- Froese, R., Binohlan, C., (2000). Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *J. Fish Biol.* 56, 758–773. <https://doi.org/10.1006/jfbi.1999.1194>
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2016). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506-526.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., ... & Pauly, D. (2018). A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 75(6), 2004-2015.
- Garcia, S. (1989). The management of coastal penaeid shrimp fisheries. In: Caddy, J. F. (ed.). *Marine invertebrate fisheries: their assessment and management*. Rome: John Wiley & Sons, pp. 281-306.
- Garcia, S. M. (1996). Stock-recruitment relationships and the precautionary approach to management of tropical shrimp fisheries. *Marine and Freshwater Research*, 47(1), 43-58.
- Garcia, A. M., & Vieira Sobrinho, J. P. (2001). O aumento da diversidade de peixes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio El Niño 1997-1998.
- Garcia, S. M., & Cochrane, K. L. (2004). Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), 311-318.
- Gislason, H. & Rice, J. (1998). Modelling the response of size and diversity spectra of fish assemblages to changes in exploitation. *ICES J. Mar. Sci.* 55:362-370.
- Godoy, M. P. (1995). Piracema: peixes brasileiros também tem história. Pirassununga-SP, Brasil. *Anais de Etologia*, 13, 3-19.
- Gotelli, N. J., & Elisson, A. M. (2011). Princípios de estatística em ecologia [Statistical principles in ecology]. *São Paulo (Brazil): Editora Artmed. Portuguese*.

- Griffiths, H., Duffy, F., Duffy, L., Brown, S., Hockaday, H., Eliasson, E., ... & Schwannauer, M. (2019). Efficacy of Mentalization-based group therapy for adolescents: the results of a pilot randomised controlled trial. *BMC psychiatry*, 19(1), 1-13.
- Grinsted, A., Moore, J. C., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear processes in geophysics*, 11(5/6), 561-566.
- Guo, Q., Kelly, M., & Graham, C. H. (2005). Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. *Ecological modelling*, 182(1), 75-90.<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.07.012>
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the royal statistical society. series c (applied statistics)*, 28(1), 100-108.
- Heymans, J. J., Coll, M., Link, J. S., Mackinson, S., Steenbeek, J., Walters, C., & Christensen, V. (2016). Best practice in Ecopath with Ecosim food-web models for ecosystem-based management. *Ecological Modelling*, 331, 173-184.
- Hijmans, R. J., Phillips, S., Leathwick, J. R., & Elith, J. (2017). dismo: Species Distribution Modeling. <https://cran.r-project.org/package=dismo>
- Hipel, K.W.; Mcleod, A.I. (2005). Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Electronic reprint of our book originally published in 1994. <http://www.stats.uwo.ca/faculty/aim/1994Book/>.
- Hirsch, R.; Slack, J.; Smith, R. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality. *Water Resources Research*, v.18 n.1, p 7-121.
- Hirzel, A. H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., & Guisan, A. (2006). Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling*, 199(2), 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.017>
- Hobday, A. J., Smith, A. D. M., Stobutzki, I. C., Bulman, C., Daley, R., Dambacher, J. M., ... & Zhou, S. (2011). Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fisheries Research*, 108(2-3), 372-384.
- Hobday, A. J., Smith, A. D. M., Webb, H., Daley, R., Wayte, S., Bulman, C. M., ... & Walker, T. (2007). Ecological risk assessment for the effects of fishing: Methodology. Report R04/1072 for the Australian Fisheries Management Authority.
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., & Prince, J. (2015). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 217-231.
- IBGE (1966). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico do Brasil (Pesca - referente a produção de 1963-1965) Rio de Janeiro, 1966.

IBGE (1966). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico do Brasil (Pesca - referente a produção de 1963-1965) Rio de Janeiro, 1966.

IBGE (1980). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 1 - Número 1. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1983. (v.01, n.1, 1980).

IBGE (1981). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 2 - Número 1 (1º semestre) - 1981. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1983. (v.02, n.1, jan./jun. 1981).

IBGE (1981). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 2 - Número 2 (2º semestre) - 1981. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1983. (v.02, n.2, jul./dez. 1981).

IBGE (1982). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 3 - Número 1 (1º semestre) - 1982. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1983. (v.03, n.1, jan./jun. 1982).

IBGE (1982). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 3 - Número 2 (2º semestre) - 1982. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1984. (v.03, n.2, jul./dez. 1982) .

IBGE (1983). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 4 - Número 1 (1º semestre) - 1983. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1984. (v.04, n.1, jan./jun. 1983).

IBGE (1983). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 4 - Número 2 (2º semestre) - 1983. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1985. (v.04, n.2, jul./dez. 1983).

IBGE (1984). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 5 - Número 1 (1º semestre) - 1984. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1985. (v.05, n.1, jan./jun. 1984).

IBGE (1984). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 5 - Número 2 (2º semestre) - 1984. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1985. (v.05, n.2, jul./dez. 1984).

IBGE (1985). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 6 - Número 1 (1º semestre) - 1985. Rio de Janeiro (RJ): IBGE. (v.06, n.1, jan./jun. 1985).

IBGE (1985). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 6 - Número 2 (2º semestre) - 1985. Rio de Janeiro (RJ): IBGE. (v.06, n.2, jul./dez. 1985).

IBGE (1986). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 7 - Número 1 (1º semestre) - 1986. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1987. (v.07, n.1, jan./jun. 1986).

IBGE (1986). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 7 - Número 2 (2º semestre) - 1986. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1988. (v.07, n.2, jul./dez. 1986).

IBGE (1987). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 8 - Número 1 (1º semestre) - 1987. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1988. (v.08, n.1, jan./jun. 1987).

IBGE (1987). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 8 - Número 2 (2º semestre) - 1987. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1988. (v.08, n.2, jul./dez. 1987).

IBGE (1988). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 9 - Número 1 (1º semestre). Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1989. (v.09, n.1, jan./jun. 1988).

IBGE (1988). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: volume 9 - Número 2 (2º semestre). Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1989. (v.09, n.2, jul./dez. 1988).

IBGE (1989). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: Brasil - Grande Regiões - Unidades da Federação. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1991. (v.10, n.1, jan./jun. 1989).

IBGE (1989). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da pesca: Brasil - Grande Regiões - Unidades da Federação. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1991. (v.10, n.2, jul./dez. 1989).

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. ICMBio/MMA2018, Brasília, DF. 492 pp.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) (2020) disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>

Isaac, V. J., Da Silva, C. O., & Ruffino, M. L. (2008). The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, 15(3), 179-187.

Isaac, V. J., Santo, R. V. E., Bentes, B., Frédou, F. L., Mourão, K. R. M., & Frédou, T. (2009). An interdisciplinary evaluation of fishery production systems off the state of Pará in North Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(3), 244-255.

Jones, R., & Van Zalinge, N. P. (1981). Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bull. Mar. Sci*, 2, 273-288.

Karatzoglou, A., Smola, A., Hornik, K., & Zeileis, A. (2004). kernlab – An S4 Package for Kernel Methods in R. *Journal of Statistical Software*, 11(9), 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v011.i09>

Kell, L. T., Minto, C., & Gerritsen, H. D. (2022). Evaluation of the skill of length-based indicators to identify stock status and trends. *ICES Journal of Marine Science*, 79(4), 1202-1216.

King, M. G. (2007). Fisheries biology assessment and management. published by Blackwell Publishing Ltd., ISBN.

Laliberté, E., Legendre, P., & Shipley, B. (2015). Package “FD”(R software).

Lee, S.Y. (2004). Relationship between mangrove abundance and tropical prawn production: a re-evaluation. *Marine Biology*, 145, 943–949. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1385-8>

Le Quesne, W. J., & Jennings, S. (2012). Predicting species vulnerability with minimal data to support rapid risk assessment of fishing impacts on biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), 20-28.

Le Quesne, W. J., & Jennings, S. (2012). Predicting species vulnerability with minimal data to support rapid risk assessment of fishing impacts on biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), 20-28.

- Libralato, S., Christensen, V., & Pauly, D. (2006). A method for identifying keystone species in food web models. *ecological modelling*, 195(3-4), 153-171.
- Lira, A. S., Le Loc'h, F., Andrade, H. A., & Lucena-Frédu, F. (2022). Vulnerability of marine resources affected by a small-scale tropical shrimp fishery in Northeast Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 79(3), 633-647.
- Lira, A. S., Lucena-Fredou, F., & Le Loc'h, F. (2021). How the fishing effort control and environmental changes affect the sustainability of a tropical shrimp small scale fishery. *Fisheries Research*, 235, 105824.
- Lira, A., Angelini, R., Le Loc'h, F., Ménard, F., Lacerda, C., Frédou, T., & Frédou, F. L. (2018). Trophic flow structure of a neotropical estuary in northeastern Brazil and the comparison of ecosystem model indicators of estuaries. *Journal of Marine Systems*, 182, 31-45.
- Lucena-Frédu, F., Kell, L., Frédou, T., Gaertner, D., Potier, M., Bach, P., ... & Ménard, F. (2017). Vulnerability of teleosts caught by the pelagic tuna longline fleets in South Atlantic and Western Indian Oceans. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 140, 230-241.
- MacQueen, J. (1967). Classification and analysis of multivariate observations. In *5th Berkeley Symp. Math. Statist. Probability* (pp. 281-297).
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.
- Marquardt, D. W. (1970). Generalized Inverses, Ridge Regression, Biased Linear Estimation, and Nonlinear Estimation. *Technometrics*, 12(3), 591–612. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1267205>
- Martins, D. E., Camargo-Zorro, M., Souza Filho, P. W. M., Cintra, I. H. A., & Silva, K. C. (2015). Spatial distribution of southern brown shrimp (*Farfantepenaeus subtilis*) on the Amazon continental shelf: a fishery, marine geology and GIS integrated approach. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63, 397-406.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). Binary data. In *Generalized linear models* (pp. 98-148). Springer US.
- Ménard, F., Marsac, F., Bellier, E., & Cazelles, B. (2007). Climatic oscillations and tuna catch rates in the Indian Ocean: a wavelet approach to time series analysis. *Fisheries Oceanography*, 16(1), 95-104.
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2017). TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11), 1520-1527.
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2017). TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11), 1520-1527.
- Ministério da Agricultura (1964). Pesca 1962: estrutura e produção (Anos 1961/1962). Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura (1967). Pesca 1966. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura (1968). Produção extrativa: Pesca 1967. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, (Publicação nº 5).

Ministério da Agricultura (1976). Pesca 1969. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura (1976). Pesca 1970. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura. Pesca (1965): estrutura e produção. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura. Pesca (1969). Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. (Publicação nº 19).

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1973). Estatística da Pesca: Produção 1971. Rio de Janeiro (RJ).

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1974). Estatística da pesca: produção - 1974. Rio de Janeiro: SUDEPE, IBGE.

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1975). Estatística da Pesca: Produção 1972. Rio de Janeiro (RJ).

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1976). Estatística da pesca: produção - 1976. Rio de Janeiro: SUDEPE, IBGE.

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1978). Estatística da Pesca: Produção 1978. Brasília (DF).

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1979). Estatística da pesca: produção - 1977. Rio de Janeiro: SUDEPE, IBGE.

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1981). Estatística da Pesca: Produção 1979. 2.ed. Brasília (DF).

Ministério da Agricultura. SUDEPE (1973). Estatística da pesca: produção - 1973. Rio de Janeiro: SUDEPE, IBGE.

Ministério da Agricultura. SUDEPE. (1975). Estatística da pesca: produção - 1975. Rio de Janeiro: SUDEPE, IBGE.

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e Ministério do Meio Ambiente (2018), Portaria Interministerial MDIC/MMA Nº 15, de 10 de janeiro de 2018. Disponível em:  
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/defesos/portaria-interministerial-mdic-mma-no-15-de-10-de-janeiro-de-2018.pdf/view>

Ministério de Meio Ambiente (2004), Instrução Normativa MMA Nº 14, de 14 de outubro de 2004.[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2004/in\\_mm\\_a\\_14\\_2004\\_regulamentapescacamaroesregiao\\_ne.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2004/in_mm_a_14_2004_regulamentapescacamaroesregiao_ne.pdf)

Morse, J. M. (2000). Determining sample size. *Qualitative health research*, 10(1), 3-5.

Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 135(3), 370-384.

NOAA National Centers for Environmental Information, Monthly Global Climate Report for Annual 2020, published online January 2021, retrieved on December 14, 2022 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202013>.

Odum, E. P., & Barrett, G. W. (1971). Fundamentals of ecology (Vol. 3, p. 5). Philadelphia: Saunders.

Ong, P., Chen, S., Tsai, C. Y., & Chuang, Y. K. (2021). Prediction of tea theanine content using near-infrared spectroscopy and flower pollination algorithm. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 255, 119657.

Patrick, W. S., Spencer, P., Link, J., Cope, J., Field, J., Kobayashi, D., ... & Overholtz, W. (2010). Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing.

Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES journal of Marine Science*, 39(2), 175-192.

Pauly, D. (1984). Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, 2, 17–19.

Pauly, D., Ingles, J. (1986). The relationship between shrimp yields and intertidal vegetation (mangrove) areas: a reassessment. In: IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities. UNESCO IOC Workshop Report Supplement 44, 277-283.

Pavoine, S. (2012). Clarifying and developing analyses of biodiversity: towards a generalisation of current approaches. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3), 509-518.

Peixoto, U. I., Bentes, B., Andrade, H. A., & Isaac, V. J. (2021). Length-based assessment of southern brown shrimp stock from trawl fisheries on the Amazon Continental Shelf. *Research, Society and Development*, 10(8), e44410817394-e44410817394.

Peixoto, U. I., Mello-Filho, A. S., Bentes, B., & Isaac, V. J. (2022). Trawl Fishing Fleet Operations Used to Illustrate the Life Cycle of the Southern Brown Shrimp: Insights to Management and Sustainable Fisheries. *Fishes*, 7(3), 141.

Pérez-Castanheda, R. & Defeo, O. (2005). Growth and mortality of transient shrimp populations (*Farfantepenaeus* spp.) in a coastal lagoon of Mexico: role of the environment and density-dependence. *Journal of Marine Science*, 62, 14-24.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

- Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2020). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.3). [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)
- Pouilly, M., Lino, F., Bretenoux, J. G., & Rosales, C. (2003). Dietary–morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of fish Biology*, 62(5), 1137-1158.
- Power, M. E., Tilman, D., Estes, J. A., Menge, B. A., Bond, W. J., Mills, L. S., ... & Paine, R. T. (1996). Challenges in the quest for keystones: identifying keystone species is difficult—but essential to understanding how loss of species will affect ecosystems. *BioScience*, 46(8), 609-620.
- Quattrochi, G., Sinerchia, M., Colloca, F., Fiorentino, F., Garofalo, G., & Cucco, A. (2019). Hydrodynamic controls on connectivity of the high commercial value shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Mediterranean Sea. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Quattrochi, G., Sinerchia, M., Colloca, F., Fiorentino, F., Garofalo, G., & Cucco, A. (2019). Hydrodynamic controls on connectivity of the high commercial value shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Mediterranean Sea. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Quintana, X. D., Brucet, S., Boix, D., López-Flores, R., Gascón, S., Badosa, A., ... & Egoscue, J. J. (2008). A nonparametric method for the measurement of size diversity with emphasis on data standardization. *Limnology and Oceanography: Methods*, 6(1), 75-86.
- Radosavljevic, A., & Anderson, R. P. (2014). Making better MAXENT models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. *Journal of Biogeography*, 41, 629–643. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jbi.12227>
- Rouyer, T., Fromentin, J. M., Ménard, F., Cazelles, B., Briand, K., Pianet, R., ... & Stenseth, N. C. (2008). Complex interplays among population dynamics, environmental forcing, and exploitation in fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(14), 5420-5425.
- Rudd, M. B., Cope, J. M., Wetzel, C. R., & Hastie, J. (2021). Catch and length models in the stock synthesis framework: expanded application to data-moderate stocks. *Frontiers in Marine Science*, 8, 663554.
- Rufino, M. L., (2018). Projeto Áreas Marinhas e Costeiras Protegidas – GEFMar Identificação e caracterização das áreas relevantes para a pesca artesanal e das principais interações com espécies da megafauna marinha sensíveis biologicamente na região norte (AP, PA, MA e PI). Ministério do Meio Ambiente – MMA, Brasília, Brasil.
- Sbrocco, E. J., & Barber, P. H. (2013). MARSPEC: ocean climate layers for marine spatial ecology. *Ecology*, 94(4), 979–979. <https://doi.org/10.1890/12-1358.1>
- Schaefer, M. B. (1954). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1, 7-56.

- Schwamborn, R. (2018). How reliable are the Powell–Wetherall plot method and the maximum-length approach? Implications for length-based studies of growth and mortality. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 28(3), 587-605.
- Schwamborn, R., & Moraes-Costa, D. F. (2019). Growth and mortality of endangered land crabs (*Cardisoma guanhumi*) assessed through tagging with PITs and novel bootstrapped methods. *arXiv preprint arXiv:1909.03311*.
- Sibbing, F. A., & Nagelkerke, L. A. (2000). Resource partitioning by Lake Tana barbs predicted from fish morphometrics and prey characteristics. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(4), 393-437.
- Silvano, R. A. M., & Begossi, A. (2010). What can be learned from fishers? An integrated survey of fishers' local ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. *Hydrobiologia*, 637(1), 3-18.
- Souza, S. P., & Begossi, A. (2007). Whales, dolphins or fishes? The ethnotaxonomy of cetaceans in São Sebastião, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(1), 1-15.
- Stobutzki, I. C., Miller, M. J., Heales, D. S., & Brewer, D. T. (2002). Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery.
- Tavares, C., & Gusmão, J. (2016). Description of a new Penaeidae (Decapoda: Dendrobranchiata) species, *Farfantepenaeus isabelae* sp. nov. *Zootaxa*, 4171(3), 505-516.
- Thoman, R. L., Richter-Menge, J., & Druckenmiller, M. L. (2020). NOAA Arctic report card 2020 executive summary.
- Thompson, W. F. (1934). Biological statistics of the pacific halibut fishery 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. Commn*, 8, 1-49.
- Torrence, C., & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61-78.
- Turner, R. (1977). Intertidal Vegetation and Commercial Yields of Penaeid Shrimp. *Transactions of the American Fisheries Society*. 106, 411-416.
- Valls, Audrey, Coll, Marta, Christensen, Villy. Keystone species: toward an operational concept for marine biodiversity conservation. *Ecological Monographs*, v. 85, n. 1, p. 29-47, 2015.
- Villéger, S., Mason, N. W., & Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89(8), 2290-2301.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human biology*, 10(2), 181-213.
- Warren, D., & Dinnage, R. (2020). ENMTools: Analysis of Niche Evolution using Niche and Distribution Models. <https://cran.r-project.org/package=ENMTools>

- Watson, D. J., & Balon, E. K. (1984). Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25(3), 371-384.
- Zappes, C. A., Andriolo, A., Simões-Lopes, P. C., & Di Beneditto, A. P. M. (2011). 'Human-dolphin (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) cooperative fishery' and its influence on cast net fishing activities in Barra de Imbé/Tramandaí, Southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 54(5), 427-432.
- Zappes, C. A., Simões-Lopes, P. C., Andriolo, A., & Di Beneditto, A. P. M. (2016). Traditional knowledge identifies causes of bycatch on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus* Montagu 1821): An ethnobiological approach. *Ocean & coastal management*, 120, 160-169.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*, 1(1), 3-14. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>

## **PARTE II – PRODUÇÃO E FORMAÇÃO DE RH**

### **11. FORMAÇÃO DE RH SHRIMPS (REGIÃO NORTE E NORDESTE)**

#### **11.1. Doutorado**

##### *Concluídos*

Cecília Craveiro. Subsídios para o manejo da pesca artesanal do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) capturado em Lucena, litoral norte da Paraíba, Brasil. Início: 2018. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros a Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Orientador: Silvio Ricardo Maurano Peixoto. Conclusão: 2022.

Alex Barbosa de Moraes. Potencial de Invasibilidade na costa atlântica oeste e evidências de estabelecimento de *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Início: 2018. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Orientador: Fúlvio Aurélio de Morais Freire. Conclusão: 2022.

Breno Portilho De Sousa Maia. Análise da pesca industrial de camarões marinhos na costa norte do Brasil: economicidade e medidas mitigadoras do impacto ecológico. Início: 2016. Tese (Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental) – Universidade Federal do Pará. Orientadora: Zélia Pimentel. Co-orientador: Bianca Bentes. Conclusão: 2021.

Ualerson Iran Peixoto Da Silva. Pesca industrial do camarão rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1936) na plataforma Norte do Brasil: Uma abordagem ecológica para os impactos decorrentes da pesca. Início: 2016. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca - Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac. Conclusão: 2021.

Janayna Galvão De Araújo. A economia da pesca industrial do camarão rosa *Penaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) na plataforma norte do Brasil. Início: 2017. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca - Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac. Conclusão: 2021.

Alex Souza Lira; Tese: Avaliação da pesca do camarão em Pernambuco, nordeste do brasil: uma abordagem ecossistêmica; [Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura](#); UFRPE; Orientadora: Flávia Lucena Frédou. Conclusão: 2021.

Morgana Maria Macedo. Efeito da sazonalidade sobre o fluxo de recursos em meta-ecossistemas costeiros tropicais. Tese (doutorado em diversidade biológica e conservação nos trópicos) - Universidade Federal De Alagoas. Orientadora: Nidia Noemi Fabré, Coorientador: Ronaldo Angelini. Conclusão: 2021.

Carolina Puppin. Florações de macroalgas e seus efeitos sobre a pesca em regiões costeiras neotropicais. Início: 2016. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Orientador: Fúlvio Aurélio de Morais Freire. Conclusão: 2020.

Ana Carolina Melo Rodrigues Inoue. Diversidade e distribuição espaço-temporal da densidade larval de *Anomura Macleay, 1838*, *Axiidea de Saint Laurent, 1979* e *Gebiidea de Saint Laurent, 1979* (crustacea, decapoda) na plataforma continental do Amazonas. Início: 2016. Programa

de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca. Universidade Federal do Pará, UFPA. Orientadora: Jussara Moretto Martinelli Lemos. Conclusão: 2020.

Kurt Schmid. Uso de técnicas de vídeo subaquático para avaliar os efeitos de impactos antrópicos na ictiofauna. Início: 2016. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará. Orientador: Tommaso Giarrizzo. Conclusão: 2020.

Juliana De Souza Araujo. Aspectos ecológicos e ecotoxicológicos de tubarões na Costa Norte do Brasil. Início: 2016. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará. Orientador: Tommaso Giarrizzo. Co-orientador: Marcelo de Oliveira Lima. Conclusão: 2020.

Rivetla Edipo Araujo Cruz. Pesca, economia e migração dos grandes bagres na Amazônia brasileira. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac. Conclusão: 2020.

Fabiola Seabra Machado. Diversidade das espécies de peixes das famílias Eleotridae e Gobiidae na costa ocidental do Atlântico Sul. Início: 2015. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac. Conclusão: 2019.

Priscila Sousa Vilela Da Nóbrega. Ecologia de invertebrados capturados em uma pesca camaroeira tropical.Tese (Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará, Orientador: Jussara Moretto Martinelli Lemos. Conclusão: 2019.

Daniela França Barros. A influência das características ambientais sobre a pesca de área de várzea da Amazônia brasileira. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac. Conclusão: 2019.

#### *Em andamento*

Laiane Lane Lucena de Medeiros. Efeitos da ação humana sobre a teia trófica e recursos pesqueiros no nordeste brasileiro. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Início: 2022. Orientador: Fúlvio Aurélio de Moraes Freire. Coorientador: Alex Souza Lira.

Matheus Lourenço Soares da Silva. Avaliação Dos Estoques De Camarões Peneídeos No Brasil Com Métodos Para Dados Limitados. Início: 2022. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. (Orientador: Flávia Frédou).

Rodolfo Moraes Pereira. Conciliando o manejo pesqueiro e conservação da biodiversidade na costa norte do Brasil. Início: 2018. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. Orientador: Tommaso Giarrizzo.

Maura da Silva Costa Furtado. Análise espaço-temporal das variáveis pesqueiras utilizadas na produção de peixes no Baixo Amazonas. Início: 2019. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. Orientadora: Victoria Isaac.

Daniele Souto Vieira. Estrutura funcional de comunidades de peixes do Atlântico Sul como cenários preditivos da perda de espécies pela pesca. Programa: Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos – DIBICT. Instituição: Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Ano da defesa: 2024. Orientadora: Drª Nídia Noemi Fabré

Rafaela Passarone; Tese: Efeito dos impactos antrópicos no ecossistema marinho e suas consequências na viabilidade econômica da pesca camaroneira das regiões Norte e Nordeste; Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura; UFRPE; 2025; Orientadora: Flávia Lucena Frédou; Coorientador: Alex Souza Lira.

André Augusto Guimarães da Silva. Avaliação dos estoques pesqueiros de camarões de interesse comercial nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Início: 2019. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros a Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. (Orientador: Humber Agrelli).

Lins Erik Oliveira da Silva. Título: Ecologia pesqueira de camarões peneídeos capturados com rede de arrasto na costa Norte e Nordeste do Brasil. Início: 2019. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Orientador: Fúlvio Aurélio de Moraes Freire

Ana Carolina Melo Rodrigues Inoue. Diversidade e distribuição espaço-temporal da densidade larval de Anomura Macleay, 1838, Axiidea de Saint Laurent, 1979 e Gebiidea de Saint Laurent, 1979 (crustacea, decapoda) na plataforma continental do Amazonas. Início: 2016. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca. Universidade Federal do Pará, UFPA. Orientadora: Jussara Moretto Martinelli Lemos.

Alexandre de Oliveira Marques. Distribuição de grupos demográficos de camarões peneídeos, litoral norte do estado de São Paulo. Início: 2019. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. (Coorientador: Fúlvio Aurélio de Moraes Freire).

Dourinaldo Ferreira dos Santos. A pesca artesanal do camarão e sua fauna acompanhante no Estado de Alagoas, Noredetse do Brasil. 2021. Monografia. (Aperfeiçoamento/Especialização em Gestão em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Alagoas. (Orientador: Cláudio Luis Santos Sampaio).

Vívian Graziela Carneiro. Validade de índices relativos de abundância de espécies alvo e não-alvo calculados com dados de pesca comercial. Início: 2018. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. (Orientador: Humber Agrelli)

## **11.2. Mestrado**

### *Concluídos*

Laiane Lane Lucena de Medeiros. Efeitos da pesca sobre a teia trófica, suas interações e fluxos de energia e massa no ecossistema marinho tropical. Início 2020. Mestrado em andamento em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. (Orientador: Fúlvio Aurélio de Morais Freire. Coorientador: Ronaldo Angelini).

Rosana Sanches. A pesca artesanal do litoral amazônico. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará. (Orientadora: Victoria Isaac).

Rhanna Drielly Lobato dos Prazeres. Estudo do crescimento da Gurijuba – *Sciaades parkeri* – na costa Norte do Brasil. Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (início 2020). Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Brasil. (Orientadora: Bianca Bentes).

Larissa da Costa Pinheiro. Tema dissertação: Reprodução de *Lutjanus purpureus* na Costa Norte do Brasil: Implicações para o manejo. Mestranda no programa de pós-graduação Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAQRAT) na Universidade Federal Rural da Amazônia. (Orientador: Bianca Bentes).

Maria Clara Pinheiro de Souza. Pesca de emalhe do litoral Nordeste do Pará. Início 2020. Universidade Federal do Pará. (Orientadora: Victoria Isaac).

Tamires Pegado de Souza e Silva. Primeira evidência de ingestão de microplástico por peixe do estuário do rio Amazonas. 2018. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Universidade Federal do Pará. (Orientador: Tommaso Giarrizzo).

Matheus Lourenço Soares da Silva. Avaliação da situação do estoque do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) capturado no Nordeste do Brasil com métodos para dados limitados. Início: 2019. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros a Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. (Orientador: Humber Agrelli).

Jefferson Carlos Moura Santos. Caracterização da pesca do camarão rosa (*Farfantepenaeus* spp.) e pistola (*Litopenaeus schmitti*) e percepção dos pescadores a respeito do estabelecimento do período de defeso para a captura das espécies no município de Itacaré, Bahia. Início: 2019. Programa de pós-graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC. (Coorientador: Fúlvio Aurélio de Morais Freire).

Aldo da Silva Oliveira. Dinâmica da pesca demersal e dos recursos explotados? percepção e conhecimento tradicional como base para o manejo dos recursos. 2020. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação Nos Trópicos) - Universidade Federal de Alagoas, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas. (Orientador: Vandick da Silva Batista).

Rafael Barros De Castro. A importância da paisagem marinha (seascape), tipo de fundo e qualidade da água na delimitação da distribuição e abundância de camarões peneídeos nos trópicos? o etnoconhecimento de pescadores como preditores dos recursos. 2020. Dissertação (mestrado em diversidade biológica e conservação nos trópicos) - Universidade Federal De Alagoas, fundação de amparo à pesquisa do estado de alagoas. (Orientador: Vandick Da Silva Batista)

Kerolen Rosa Das Neves. Influência das mudanças climáticas na pesca: modelando a produção futura de camarão marinho no brasil. 2018. Dissertação (mestrado em ecologia e

conservação) - Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, (Coorientador: Fúlvio Aurélio De Moraes Freire).

Ana Júlia Freitas. Análise De Vulnerabilidade Das Espécies Alvo E Fauna Acompanhante Capturada Pela Pesca Artesanal De Camarão Na Paraíba. 2020. Dissertação (Mestrado em recursos pesqueiros e aquicultura) - Universidade Federal Rural De Pernambuco, Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. (Orientador: Flavia Lucena Frédou).

Gabriela Costa Sarmento. Dinâmica populacional de *stellifer microps* (steindachner, 1864) (perciformes, sciaenidae) capturado como fauna acompanhante na pesca artesanal de camarão no litoral sul de pernambuco recife. 2015. Dissertação (Mestrado em recursos pesqueiros e aquicultura) - Universidade Federal Rural De Pernambuco, coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. (Orientador: Flavia Lucena Frédou).

Elizabeth Costa Teixeira. Fatores influentes na pesquisa sobre pesca de camarões marinhos no mundo. 2018. Dissertação (Mestrado em diversidade biológica e conservação nos trópicos) - Universidade Federal De Alagoas (Orientador: Vandick Da Silva Batista).

Rafaela Passarone; Dissertação: Avaliação da fauna acompanhante e impactos provocados pela pesca de camarão por arrasto de praia na Paraíba, Nordeste brasileiro; Pós-graduação em Ecologia; UFRPE; 2020; Orientadora: Flávia Lucena Frédou.

#### *Em andamento*

Niedja Luana Mescouto. Análise multidimensional das pescarias de *Lutjanus purpureus* na costa Norte do Brasil. Início: 2021. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. (Orientador: Bianca Bentes).

Viviane Cristina da Costa Santos. Distribuição espacial de invertebrados bentônicos na Plataforma Continental Amazônica. Início: 2021. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. (Coorientador: Bianca Bentes).

Hildemário Castro Neto. Morfologia e ultraestrutura do sistema reprodutor masculino do camarão branco *litopenaeus schmitti*. início: 2022. dissertação (mestrado profissional em recursos pesqueiros e aquicultura) - Universidade Federal Rural De Pernambuco, coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. (Orientador: Silvio Maurano Peixoto).

Eglé Miranda Ramos Corrêa. Ictiofauna acompanhante na pesca industrial do camarão na costa Norte do Brasil. Início: 2020. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Orientador: Tommasso Giarizzo)

### **11.3. Graduação**

#### *Concluídos*

Yago Brito Marinho. Caracterização dos cnidários pelágicos associados à pesca de arrasto de camarão na plataforma continental amazônica. 2019. Graduação em Oceanografia – Universidade Federal do Pará. Orientador: José Eduardo Martinelli Filho. 2019.

Arthur Fellipe Furtado da Silva. Peixes capturados da fauna acompanhante da pesca do camarão no norte do Brasil. Início: 2019. Iniciação científica (Graduando em Biologia) – Universidade da Amazônia, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Orientador: Tommaso Giarrizzo.

Felipe Feitosa da Silva. Peixes capturados da fauna acompanhante do camarão no norte do Brasil. Início: 2019. Iniciação científica (Graduando em Biologia) – Universidade Federal do Pará, voluntário. Orientador: Bianca Bentes

Adriann Renato Flexa Beleza. Custos e rendimentos da pesca artesanal de camarão branco (*Litopenaeus schmitti*) no litoral paraense. 2019. Iniciação científica (Graduando em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Victoria Isaac.

Ana Clara Alves de Melo. Biologia populacional das principais espécies da fauna acompanhante da pesca industrial do camarão-rosa na costa norte do Brasil. 2019. Iniciação científica (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade da Amazônia, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Victoria Isaac.

Matheus dos Santos Souza. Fauna acompanhante da pesca industrial do camarão-rosa na costa norte do Brasil. 2019. Iniciação científica (Graduando em Oceanografia) - Universidade Federal do Pará, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Victoria Isaac.

Matheus Assis de Oliveira. Alimentação de camarões pescados comercialmente em Sirinhaém (PE, Brasil). PIBIC/UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. Período: 2019/2020. Orientador: José Souto Rosa Filho

Lucas Vinícius Santos Silva. Monografia: Biologia reprodutiva e ecologia trófica do peixe *Larimus breviceps* (Perciformes: Sciaenidae) no litoral da Paraíba. Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura; UFRPE; 2020; Orientadora: Flávia Lucena Frédou.

Reginaldo Medeiros Junior. Fauna acompanhante da Pesca de Camarão. 2018. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alagoas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Nidia Noemi Fabré.

Henrique Mangnabosco Chiappin. Revisão, organização e análise dos dados disponíveis em boletins estatísticos sobre a pesca de camarões no nordeste do Brasil. 2018. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Orientador: Humber Agrelli de Andrade.

Taciana Cássia Santos Bezerra. Caracterização da ictiofauna acompanhante da pesca de camarão do litoral da Paraíba. 2017. Iniciação Científica. (Graduando em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Flavia Lucena Frédou.

*Em andamento*

Fernando Carvalho da Silva. Territórios na pesca artesanal marinha em Maragogi. Início: 2021. Iniciação científica (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alagoas. (Orientador: Vandick Batista)

Janaíne Conceição da Silva. Territórios na pesca artesanal marinha em Paripueira. Início: 2021. Iniciação científica (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alagoas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador: Vandick Batista).

#### **11.4. Trabalho de Conclusão de Curso**

*Concluídos*

Lucas Vinícius Santos Silva. Biologia reprodutiva e ecologia trófica do peixe *Larimus breviceps* (Perciformes: Sciaenidae) no litoral da Paraíba. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. Orientador: Flavia Lucena Frédou.

Maria Julia Michelin. Cartilha ilustrada da pesca de camarões do litoral de Pernambuco. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Flavia Lucena Frédou.

Raquel Aline Gama Cruz. Macrofauna bentônica da fauna associada a pesca de camarões marinhos em Barra de Sirinhaém (PE). 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco. Orientador: José Souto Rosa Filho.

Guilherme dos Santos Rodrigues. Tema TCC: Macroinvertebrados rejeitados pela pesca industrial de camarões marinhos da costa Norte do Brasil. Orientador: Bianca Bentes. Universidade Federal do Pará (UFPA) – campus de Bragança.

Matheus Assis de Oliveira. Alimentação de camarões peneídeos pescados comercialmente em Sirinhém (Pernambuco, Brasil). 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador: José Souto Rosa Filho).

Deisyane Oliveira Batista. A biologia do peixe-espada, *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758 (Trichiuriidae) capturado incidentalmente na pesca de arrasto de camarão no Estado de Alagoas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal de Alagoas.(Orientador: Cláudio Luis Santos Sampaio).

Afonso de Lima Xavier. Dieta de arraias (elasmobranchii) capturadas incidentalmente no litoral de alagoas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alagoas. (Orientador: Cláudio Luis Santos Sampaio).

*Em andamento*

Lucas Rafael da Graça Dantas. Fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarões no litoral de alagoas: características e implicações. Início: 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal de Alagoas. (Orientador: Taciana Kramer de Oliveira Pinto).

## 12. PRODUÇÃO CIENTÍFICA

### 12.1. Livros

Lima, R. S.; Lira, A. S.; Eduardo, L. N.; Frédou, T.; Lucena-Frédou, F. Fish bycatch caught by shrimp fisheries in western tropical Atlantic. 1. ed. Recife: Companhia Editora de Pernambuco - CEPE, 2021. 204p. ISBN 978-65-993788-0-5.

Lopes, P. F., Hallwass, G., Begossi, A., Isaac, V. J., Almeida, M., & Silvano, R. A. (2019). The challenge of managing amazonian small-scale fisheries in Brazil. In *Viability and sustainability of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean* (pp. 219-241). Springer, Cham.

Craveiro, C., Castro-Neto H., Costa L. B. & Peixoto S.(2019). Guia prático de identificação de espécies e técnicas histológicas de camarões peneídeos

*Capítulos de livros*

Lucena-Frédou, F.; Eduardo, L. N.; Lira, A. S.; Pelage, L.; Passarone, R; Frédou, T. Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil; Ciências do Mar: uma visão sobre o Nordeste do Brasil; Recife; 2021; Via Design Publicações; pg. 374- 405 V.2. ISBN 978-65-995372-0-2.

### 12.2. Artigos

Araújo, J. G. ; Mello Filho, A. S. ; Peixoto, U. I. ; Bentes, B. ; Santos, M. A. S. ; Dutka-Gianelli, J. ; Isaac, V. . Multidimensional Evaluation of Brown Shrimp Trawling Fisheries on the Amazon Continental Shelf. (2022). *Frontiers in marine science*, v. 9, p. 801758.

Craveiro, C. ; Soares, R. ; Castro-Neto, H. ; Silva, E.F.B. ; Soares, A. ; Oliveira, P. V. ; Gonzales, E. ; Peixoto, S. (2022) . Ovarian maturation of penaeids (Crustacea: Decapoda): a new insight to describe oocyte development and somatic structures. *Acta Zoologica Online*, v. v, p. 1.

Craveiro, C. ; Castro-Neto, H. ; Costa, L. B. ; Silva, E.F. ; De Oliveira, P.G.V. ; Santos Silva, L. V. ; Soares, R. ; Peixoto, S. . Ovarian morphology and oocyte development in the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri*: A histological and histochemical approach for the study of penaeid reproduction. (2022). *Aquaculture*, v. v, p. 738873.

Lira, A.S. ; Lucena-Frédu, F. ; Lacerda, C. H. F. ; Eduardo, N., L. ; Ferreira, V. ; Frédou, T. ; Ménard, F. ; Angelini, R. ; Le Loc'h, F. . Effect of fishing effort on the trophic functioning of tropical estuaries in Brazil. (2022). *Estuarine Coastal And Shelf Science*, v. 277, p. 108040.

Lira, A. S. ; Le Loc'h, F. ; Andrade, H. A.; Lucena-Frédu, F.. Vulnerability of marine resources affected by a small-scale tropical shrimp fishery in Northeast Brazil. (2022). *Ices Journal Of Marine Science*, v. 1, p. 1.

Barros, M. S. F. ; Oliveira Júnior, J. G. C. ; Oliveira, C. D.L. ; Kramer Pinto, T. ; Batista, V. S. ; Fabré, N. N. . Seasonal rainfall influences reproduction and recruitment of tropical penaeid shrimps: Implications to fisheries management. (2022). *Fisheries Oceanography*, v. 1, p. 1-14.

Silva, U. I. P. ; Mello Filho, A. S. ; Bentes, Bianca ; Isaac, V.J. . Trawl Fishing Fleet Operations Used to Illustrate the Life Cycle of the Southern Brown Shrimp: Insights to Management and Sustainable Fisheries. (2022). *Fishes*, v. 7, p. 1-15.

Noleto-Filho, E. M. ; Angelini, R. ; Lima, M. A. L. ; Villasante, S. ; Thomé-Souza, M. J.F. ; Carvalho, A. R. . Spatial and temporal effects improve Bayesian price estimation for the small-scale shrimp fishery in Sergipe State, Brazil. (2022). *Fisheries Research*, v. 247, p. 106189.

Noleto-Filho, E. M. ; Carvalho, A. R. ; Thomé-Souza, M. J. F. ; Angelini, R. . Reporting the accuracy of small-scale fishing data by simply applying Benfords law. (2022). *Frontiers In Marine Science*, v. 9, p. 1-13.

Bernardes, V. P. ; De Oliveira Marques, A. ; Fransozo, V.; Costa, R. C. ; Teixeira, G. M. ; Freire, F. A. M. ; Fransozo, A. . Spatio-temporal dynamics of the commercial seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) and physico-chemical parameters in a marine protected area: Changes in abundance and distribution after 20 years. (2022). *Regional Studies In Marine Science*, v. 52, p. 102241.

Santos, L. V., de Vasconcelos-Filho, J. E., Lira, A. S., Soares, A., Eduardo, L. N., Passarone, R., ... & Lucena-Frédu, F. Trophic ecology and ecomorphology of the shorthead drum, *Larimus breviceps* (Acanthuriformes: Sciaenidae), from the northeastern Brazil. (2022). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 38(1), 1-11.

Lira, A. S., Le Loc'h, F., Andrade, H. A., & Lucena-Frédu, F. Vulnerability of marine resources affected by a small-scale tropical shrimp fishery in Northeast Brazil. (2022). *ICES Journal of Marine Science*, 79(3), 633-647.

Nóbrega, P. S. V. D., Santos, C. R. M. D., Cordeiro, A. P. B., ;Martinelli-Lemos, J. M. (2021). Invertebrates assemblage captured by a pink shrimp's fishery on Amazon continental shelf. *Latin american journal of aquatic research*, 49(2), 227-241.

Peixoto, U. I., Bentes, B., Andrade, H. A., & Isaac, V. J. (2021). Length-based assessment of southern brown shrimp stock from trawl fisheries on the Amazon Continental Shelf. *Research, Society and Development*, 10(8), e44410817394-e44410817394.

Lira, A. S., Lucena-Fredou, F., & Le Loc'h, F. (2021). How the fishing effort control and environmental changes affect the sustainability of a tropical shrimp small scale fishery. *Fisheries Research*, 235, 105824.

Lira, A. S., Lucena-Frédu, F., Ménard, F., Frédou, T., Gonzalez, J. G., Ferreira, V., & Le Loc'h, F. (2021). Trophic structure of a nektobenthic community exploited by a multispecific bottom trawling fishery in Northeastern Brazil. *PloS one*, 16(2), e0246491.

Alencar, C. E. R. D.; Araújo, P. V. do N.; Amorim, L. C.; Lima, M. S.P.; Mendes, L. De F.; Freire, F. A. de M. (2021) Artisanal fisheries of native spiny lobster *Panulirus meripurpuratus* and smoothtail spiny lobster *Panulirus laevicauda* in the Northeast region of Brazil. *Anais da academia brasileira de ciências*, 93, 1-21.

Moraes, A. B. de; De Moraes, D. C. S.; Alencar, C. E. R.D.; Freire, F. A.M. . Native and non-native species of *Litopenaeus Pérez-Farfante*, 1969 (Crustacea: Penaeidae) from the East Atlantic: Geometric morphometrics as a tool for taxonomic discrimination. (2021). *Anais da academia brasileira de ciências*, 93, 1-11.

Santos, L. V., Craveiro, C. F. F., Soares, A., Eduardo, L. N., Passarone, R., Silva, E. F., & Lucena-Frédu, F.. Reproductive biology of the shorthead drum *Larimus breviceps* (Acanthuriformes: Sciaenidae) in northeastern Brazil. (2021). *Regional Studies in Marine Science*, 48, 102052.

De Barros, M. S. F. ; De Oliveira Lins, C. D. ; Pinto, T. K. ; Mata-Oliveira, I. Da ; Fabré, N. N. ; Batista, V.da S. . Assessment of the stock status of two penaeid shrimps in the Northeastern Brazil Marine Ecoregion and implications for their management. (2021). *Regional Studies In Marine Science*, v. 48, p. 102046.

Freire, K.; Almeida, Z. S.; Emanoel, J. R.; Aragão, J. A.; Araújo, A. R. R.; Silva, A. O. A. D. ; Bentes, B.; Carneiro, M. H.; Chiquieri, J.; Fernandes, C. A. F.; Hostim, M.; Figueiredo, M. B.; Jimenez, E. A.; Kewnecke, K. A.; Lopes, P. F. M.; Mendonca, J. T.; Fernandes, J. M.; Olavo, G.; Primitivo, C.; Rotundo, M. M.; Santana, R. F.; Santana, R.; Scheidt, G.; Silva, M. A.; Santos, I. T. , [et al.](#) ; Reconstruction of marine commercial landings for the brazilian industrial and artisanal fisheries from 1950 to 2015. (2021). *Frontiers In Marine Science*, v. 8, p. 0000.

Lima, S. A. de O. ; Andrade, H. A. . Modelagem matemática aplicada às capturas das principais lagostas desembarcadas em Pernambuco. (2021). *Biotemas*, v. 34, p. 1-11.

França, Nielson F. C. ; Alencar, Carlos E. R. D. ; Mantelatto, Fernando L. ; Freire, Fúlvio A. M. .Filling biogeographic gaps about the shrimp *Farfantepenaeus isabela* Tavares & Gusmão, 2016 (Decapoda: Penaeidae) in South America. (2020). *Zootaxa*, v. 4718, p. 497-508.

Guimarães-Costa, A. ; Machado, F. S. ; Reis-Filho, J. A. ; Andrade, M. C. ; Araujo, R. G. ; Correa, E. M. R. ; Sampaio, I. ; Giarrizzo, T. . DNA Barcoding for the Assessment of the Taxonomy and Conservation Status of the Fish Bycatch of the Northern Brazilian Shrimp Trawl Fishery. (2020). *Frontiers in marine science*, v. 7, p. 1-10.

Araujo, J. S. ; Andrade, R. C. ; Lima, M. O. ; Hussey, N. E. ; Giarrizzo, T. . Maternal and embryonic trace element concentrations and stable isotope fractionation in the smalleye smooth-hound (*Mustelus nigricans*). (2020). *Chemosphere*, v. 257, p. 127183-127193.

Passarone, R. ; Aparecido, K. C. ; Eduardo, L. N. ; Lira, A. S. ; Silva, L. V. S. ; Justino, A. K. S. ; Craveiro, C. ; Silva, E. F. ; Lucena-Frédu, F. . Ecological and conservation aspects of bycatch fishes: An evaluation of shrimp fisheries impacts in Northeastern Brazil. (2019). *Brazilian journal of oceanography (online)*, v. 67, p. 1.

Craveiro, C. ; Peixoto, S. ; Bezerra, E. ; Nolé, L. ; Lira, A. ; Lucena Frédou, F. ; Roberta Soares . Reproductive dynamics of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad 1936) in a beach seine fishery in northeastern Brazil. (2019). *Invertebrate reproduction & development*, v. 1, p. 1-11.

Silva, C. ; Lira, A. ; Nolé, L. ; Viana, A. P. ; Lucena Frédou, F. ; Frédou, T. . Ichthyofauna bycatch of the artisanal fishery of penaeid shrimps in Pernambuco, Northeastern Brazil. (2019). *Boletim do instituto de pesca*, v. 45, p. 435.

Lira, A.; Viana, A. P. ; Eduardo, L. N. ; Lucena Frédou, F. ; Frédou, T. . Population structure, size at first sexual maturity, and feeding ecology of *Conodon nobilis* (Actinopterygii: Perciformes: Haemulidae) from the coasts of Pernambuco, north-eastern Brazil. (2019). *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*

Teixeira, E. C.; Da Silva, V. E. L.; Fabré, N. N. ; Batista, V. S. . Marine shrimp fisheries research-a mismatch on spatial and thematic needs. (2019). *Scientometrics*, v. 1, p. 1-16.

Carvalho, A. R.; Pennino, M. G.; Bellido, J. M.; Olavo, G. . Small-scale shrimp fisheries bycatch: A multi-criteria approach for data-scarce situations. (2019). *Marine Policy*, v. 116, p. 103613.

Rança, N. F. C.; Moraes, A. B. de ; Carvalho-Batista, A. ; Melo, M. C. R. B. de ; López-Greco, L. ; Mantelatto, F. L. ; Freire, F. A. de M.. *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) and *F. brasiliensis* (Latreille, 1817) (Decapoda, Penaeidae): Ontogenetic comparison using the combined analysis of secondary sexual characters and molecular markers. (2019). *Fisheries research*, v. 216, p. 89-95.

Lima, S. A. O. ; Agrelli Andrade, L. H. . Análise da evolução do setor pesqueiro de Pernambuco. (2019). *Arquivos de ciências do mar*, v. 51, p. 27.

Moraes, S. A. S. N. ; Alencar, C. E. R. D. ; Fransozo, A. ; Costa, R. C. ; Castilho, A. L. ; Freire, F. A. M.. Sexual and ontogenetic morphometric variation in *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae): a new approach with linear and angular morphometric data. (2018). *Invertebrate reproduction & development*, v. 60, p. 1-11.

Peixoto, S ; Calazans, N. ; Silva, E. F. B. da ; Nolé, L. ; Soares, R. ; Lucena Frédou, F . Reproductive cycle and size at first sexual maturity of the white shrimp *Penaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) in northeastern Brazil. (2018). *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 46, p. 1-9.

Silva, E. F. ; Calazans, N. ; Nolé, L. ; Soares, R. ; Frédou, F. L. ; Peixoto, S. Population dynamics of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) on the southern coast of Pernambuco, north-eastern Brazil. (2018). *Journal of the marine biological association of the united kingdom*, v. 1, p. 1-7.

Lopes, D.F.C ; Lucena Frédou, F. ; Bezerra, E. ; Calazans, N. ; Peixoto, S . Reproductive cycle of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeidea) from the northeast coast of Brazil. (2017). *Invertebrate reproduction & development*, v. 1, p. 1-5.

#### *Artigos em preparação ou submetidos*

Araujo, J.G. et al., Custos de produção e rentabilidade da pesca industrial de camarões-rosa na plataforma norte do Brasil.

Nobrega, P. et al., Impacts of trawling on the invertebrate assemblage of Blue Amazonia.

Peixoto, U. et al., Spatio-temporal dynamics of size distribution southern brown shrimp (*Penaeus subtilis* – Perez-Farfante 1967) caught on the Amazon continental shelf: A conservation approach.

Peixoto, U. et al., Bycatch vulnerability of the industrial Penaeidae trawl fishery from the Amazonian coast.

Peixoto, U. et al., Gap in knowledge: parameters of fish bycatch from industrial pink shrimp (*Penaeus subtilis*) fishery on the amazon continental shelf.

Silva, M.L.S e Andrade, H.A.A. Pontos de referência para as pescarias de camarões peneídeos no Brasil com métodos baseados em captura.

Silva, M.L.S e Andrade, H.A.A. Estimativas de rendimentos por recruta para as pescarias de camarões peneídeos no Brasil.

Silva, M.L.S e Andrade, H.A.A. Avaliação dos estoques de camarões peneídeos no Brasil a partir de método baseado em captura.

Silva, M.L.S e Andrade, H.A.A. Reconstrução das capturas de camarões peneídeos no Brasil a partir de modelos lineares generalizados.

Santos, M. E. F.; Tenório, M. D. Al.Silva, D. S. V. V. E. L. S.; Pesca de arrasto: impacto sobre a estrutura funcional e taxonômica de assembleias de peixes da costa nordeste do Brasil. (Preparando manuscrito para Estuaries and Coasts).

Oliveira Júnior, J. G. C.; Assis , I. O.; Castro, R. B; Barros, M. S. F.; Oliveira, C. D. L.; Batista, V. S.; Fabré. N. N. The contribution of science to aquaculture development and fisheries management: links and spatial temporal drivers for scientific production.

Castro, R. B; Fabré. N. N.; Oliveira, A. S.; Oliveira Júnior, J. G. C.; Batista, V. S. Local ecological knowledge networks in tropical artisanal shrimp fisheries. (Preparing manuscript to Ecology & Society).

Santos, A. O.; Oliveira, C. D. L.; Batista, V. S. Climate change on global fisheries: Drivers to scientific production. (Manuscript to Global Change Biology).

Passarone et al., Are non-motorized shrimp fisheries truly more sustainable than motorized ones?

Lira et al., The Ecosystem Approach to Fisheries in Action: a study case of the shrimps small-scale fishery in tropical Brazil.

Freitas et al., Vulnerability assessment of species caught by the shrimp trawl fishery in northeastern Brazil.

### **12.3. Resumos em eventos**

Lira, A., Lucena-Frédu, F., Le Loc'h, F. Shrimp fishing impacts in the food-web dynamic: A case of study in the Pernambuco, northeastern Brazil. World Fisheries Congress (adiado para setembro/2021).

Lira, A., Le Loc'h, F., Angelini, R., Menard, F., Lacerda, C., Frédu, T., Lucena-Frédu, F., Trophic flow structure of a neotropical estuary in northeastern Brazil and the comparison of ecosystem model indicators of estuaries. In: Integrated Marine Biosphere Research, 2019, Brest. IMBeR, 2019.

Lira, A., Frédu, T., Le Loc'h, F., Lucena-Frédu, F., Small Scale Shrimp Fishery In Northeast Brazil: An Overview. In: 14e Colloque de Association française d'halieutique, 2019, CAEN.

Araujo, J. O., Silva, Souza L., Martinelli-Lemos, J. M., Determinação dos fatores ambientais na distribuição espacial e temporal das larvas de stomatopoda na plataforma continental do amazonas. In: Congresso Latino Americano de Ciências do Mar., 2019, Mar del Plata, Argentina. Anais do XVIII COLAC Mar, 2019. p. 550-550.

Silva, M.L.S e Andrade, H.A.A. Pontos de referência para a pesca do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no estado do Espírito Santo com métodos baseados em captura- anais da iv semana acadêmica de engenharia de pesca ifes (2020).

Silva, L. V. S., Soares, A., Nolé, L., Silva, E. F. B., Lucena-Frédu, F., Ecologia trófica, variação dietética e interação reprodutiva do *Larimus breviceps* no litoral da Paraíba. In: XX Semana Do Engenheiro de pesca, 2019, Recife. XX, SEP, 2019.

Passarone, R., Melo, C., Justino, A. K. S., Pelage, L., Lira, A. S., Silva, L. V. S., Craveiro, C., Silva, E. F. B. & Lucena-Frédu, F. . Descrição Da Ictiofauna Acompanhante Da Pesca De Arrasto Motorizado De Camarão No Nordeste Do Brasil. In: XXI Congresso Brasileiro De Engenharia de Pesca, 2019, Manaus. Anais Do XXI CONBEP, 2019.

Passarone, R., Silva, L.V. S., Pelage, L., Lira, A.S., Aparecido, K.C., Silva, E.F.B. & Lucena-Frédu, F., Descrição da ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto de praia de camarão no Nordeste do Brasil. XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia – EBI, 2019.

Silva, L.V.S., Passarone, R., Silva, E.F.B., Lucena-Frédu, F., Santos-Silva L.V., Relação biométrica do boca-mole (*Larimus breviceps* Cuvier, 1830) capturado como fauna acompanhante no litoral paraibano na categoria painel. XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia – EBI, 2019.

Silva, L.V.S., Passarone, R., Silva, E.F.B., Lucena-Frédu, F.L., Tamanho de primeira maturidade para determinação do tamanho mínimo de captura do boca-mole (*Larimus breviceps* Cuvier, 1830) capturado como fauna acompanhante no litoral Paraibano. XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia – EBI, 2019.

Silva, M.L.S., Andrade, H.A. Avaliação da situação dos estoques de camarões capturados comercialmente no Nordeste do Brasil com métodos para dados limitados. XXIX Congresso de Iniciação Científica - CIC UFRPE, 2019.

Silva, M.L.S., Andrade, H.A. Avaliação da Situação do estoque do camarão branco (*Penaeus schimitt*) no Nordeste do Brasil a partir de métodos para dados limitados. XX Semana do Engenheiro de Pesca- SEP, 2019.

Silva, M.L.S., Andrade, H.A. Avaliação da situação do estoque do camarão rosa (*Penaeus subtilis*) no nordeste do Brasil com métodos para dados limitados. IV Semana de Oceanografia da UFPE, 2019.

Cruz, R. A. G., Reboucas, P. H. L., Marinho, M. S., Rosa Filho, J. S.. "Captura Acidental Do Gênero Persephona na Pesca de arrasto de camarões em Barra de Sirinhaém – PE". Resumo publicado no Livro de resumos da XXXI Semana Nacional de Oceanografia. Fortaleza. 2019.

Reboucas, P. H. L. , Santos, L. D. , Marinho, M. S. , Cruz, R. A. G. , Rosa Filho, J. S., "Sedimentologia do bolsão de lama em Barra de Sirinhaém, Sirinhaém – Pernambuco". Resumo publicado no livro de resumos da XXXI Semana Nacional de Oceanografia. Fortaleza. 2019.

Reboucas, P. H. L. , Santos, L. D. , Marinho, M. S. , Cruz, R. A. G. , Rosa Filho, J. S. . "Morfometria sedimentar de um bolsão de lama em Barra de Sirinhaém, Sirinhaém - Pernambuco". Resumo publicado no livro de resumos da XXXI Semana Nacional de Oceanografia. Fortaleza. 2019.

Santos, M. E. F., Negro, T. D., Tenorio, M. D. A., Santos, D. F., Medeiros, R., Fabré, N. N. Sai da frente que atrás vem rede: By-catch da frota camaroera na Foz do rio São Francisco. In: XX Encontro de Zoologia do Nordeste, 2019, Maceió. Livro de resumos do XX Encontro de Zoologia do Nordeste: Impactos Ambientais sobre a Biodiversidade no Nordeste do Brasil, 2019. p. 518-520.

Santos, D.F., Pinto, T.K., Da Mata-Oliveira, I.R.P., Oliveira, E. Batista, D. e Sampaio, C. 2019. Percepção dos Pescadores de Camarão peneidae: subsídeo para conservação no litoral sul de Alagoas. XX Encontro de Zoologia do Nordeste.

Dantas, L.R.G., Gonzaga, N.S., Sampaio, J.G.C., Oliveira, E.C.M., Coelho-Filho, P.A., Pinto, T.K. 2019. Captura Acidental de Invertebrados pela pesca de camarão no Pontal do Peba, AL. XX Encontro de Zoologia do Nordeste.

Santos, D.F., Pinto, T.K., da Mata-Oliveira, I.R.P., Oliveira, E. Batista, D. e Sampaio, C. 2019. Percepção dos Pescadores de Camarão Peneidae: subsídio para conservação no litoral sul de Alagoas. XX Encontro de Zoologia do Nordeste.

Marques, A.O., Silva, F.G.N., Guilherme, I.G., Costa, V.B., Rocha, M.C., Araújo, R.A.N., Albuquerque, C.Q., Freire, F.A.M. 2019. Influência da abundância de macroalgas sobre a condição corporal de peixes costeiros do Rio Grande do Norte. XI Um dia de biometria (Simpósio).

Araujo, P. V. N., Goncalves, C. T. P., Medeiros, L. L. L., Freire, F. A. M., CPUE ou CPUA, qual o melhor índice de abundância relativa para a pesca de arrasto de camarões. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca - XXI CONBEP, 2019, Manaus.

Mescouto, N. L. C. , Nascimento, M. S. , Pereira, L. J. G. , Fernandes, S.C.P. , Santos, V. C. C. , Trindade, D. G. , Maia, B. P. , Bentes, B., Peixes não bentônicos capturados com redes de arrasto em uma pescaria industrial da Costa Norte do Brasil. In: XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia - EBI 2019, 2019, Belém-PA.

Silva, J. C. V. , Maia, B. P. , Silva, L. E. O. , Bentes, B., Composição da ictiofauna por profundidade da pesca industrial de peixes diversos da costa Norte do Brasil. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia - EBI 2019, 2019, Belém-PA.

Tourinho, I. G. R. , Furtado da Silva, A. F. , Rodrigues, E. L. C. , Silva, L. S., Sousa, J. V. . Fauna acompanhante da pesca artesanal camaroeira em Curuçá, litoral do estado do Pará, Brasil. In: XII Seminário Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável, Cooperativismo e Economia Solidária (XII SICOOPES) e III Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação Social (III FECITIS), 2019, Castanhal. XII SICOOPES / III FECITIS. Castanhal: IFPA, 2019.

## **13. PRÊMIOS**

Menção honrosa na 25ª Jornada de Iniciação Científica da FACEPE; Aluno Lucas Vinícius Santos Silva; Trabalho intitulado Ecologia trófica, ecomorfologia e variação sazonal do peixe *Larimus breviceps* (Acanthuriformes: Sciaenidae) no litoral da Paraíba.

Prêmio Ricardo Ferreira ao Talento Jovem Cientista, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. 2019. Aluno: Lucas Vinícius dos Santos Silva. Orientador: Flávia Lucena Frédou.

Votos de Aplausos, Câmara Municipal de Recife. Aluno: Lucas Vinícius dos Santos Silva. Orientador: Flávia Lucena Frédou.

## **14. EVENTOS**

### **14.1. Realização de eventos**

Lançamento do Livro: Fish bycatch caught by shrimp fisheries in western tropical Atlantic. Março de 2021. Instagram do BIOIMPACT (Disponível).

A equipe do Norte em parceria com pesquisadores do Nordeste foi responsável pela organização do XXIII ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, realizado em Belém (Hangar, Centro de Convenções e Feiras da Amazônia) de 27 a 31 de janeiro de 2019.

#### **14.2. Participação em eventos**

##### *Eventos Nacionais*

- Live Pesca Sustentável Do Camarão Projeto Rebyc- 2021;
- I Simpósio de Biologia Marinha da UFRRJ – 2020;
- I Workshop Projeto Budiões – 2020;
- XXI Semana do Engenheiro De Pesca- SEP – UFRPE - 2020;
- II Ciclo de Palestras do NEAP – UFAL – 2020;
- I webinário da [Engenharia de Pesca - UFMA Campus Pinheiro - 2020](#) ;
- XX Semana do Engenheiro de Pesca, 2019, Recife/PE;
- XXI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2019, Manaus/AM;
- XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 2019, Belém/PA;
- XXIX Congresso de Iniciação Científica, UFRPE, 2019, Recife/PE;
- IV Semana de Oceanografia da UFPE, 2019, Recife/PE;
- XXXI Semana Nacional de Oceanografia, 2019, Fortaleza/CE;
- XX Encontro de Zoologia do Nordeste, 2019, Maceió/AL;
- XI Um dia de biometria (Simpósio), 2019, Botucatu/SP.

##### *Eventos Internacionais*

- A defesa dos oceanos em face do direito ambiental (ESA 2021);
- I Encuentro de educación marina de Latinoamérica Y El Caribe – 2021;
- World Fisheries Congress (adiado para setembro/2021), Austrália. – 2021;
- Integrated Marine Biosphere Research, 2019, Brest. IMBeR, 2019, França;
- 14e Colloque de Association française d'halieutique, 2019, CAEN, França;

XII Seminário Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável, Cooperativismo e Economia Solidária (XII SICOOPES) e III Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação Social (III FECITIS), 2019, Castanhal. XII SICOOPES / III FECITIS. IFPA, 2019, Castanhal/ PA – Brasil;

Congresso Latino Americano de Ciências do Mar., 2019, Mar Del Plata, Argentina. Anais do XVIII COLACMar, 2019, Argentina;

II Congresso Boliviano de Ictiologia. Apresentação de trabalho e Mesa redonda. Trinidad, 2019, Bolívia.

## 15. REALIZAÇÃO DE CURSOS

No mês de agosto de 2021 foram realizados dois cursos para capacitação da equipe, com a participação de mais de 40 alunos e professores de 8 instituições. O curso o “Aplicação do R para Dinâmica de Populações”, com carga horária de 16 horas foi ministrado por Dr. Alex Souza Lira e Dr. Leandro Nolé Eduardo (Figura 1). O curso sobre avaliação de estoques, realizado em parceria com a ICCAT, com carga horária de 15 horas, foi ministrado por Flávia Lucena, Thierry Frédou, Alex Souza, Andrey Soares, Matheus Lourenço (UFRPE), Bruno Mourato (UNIFESP), Gustavo Cardoso (FURG) e Rodrigo Sant’Anna (UNIVALE) (Figura 2). Todos os cursos estão disponibilizados no canal do Laboratório Bioimpact no YouTube.



**FIGURA 52: CURSO APLICAÇÃO DO R PARA DINÂMICA DE POPULAÇÕES.**



**FIGURA 53: CURSO DE AVALIAÇÃO DE ESTOQUES.**