



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS-PPGAQRAT

TAIANA AMANDA FONSECA DOS PASSOS

**ANÁLISE DA PESCA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL SOBRE A ABUNDÂNCIA
RELATIVA (CPUE) DA PIRAPEMA *Megalops atlanticus* VALENCIENNES, 1847, NA
COSTA NORTE DO BRASIL.**

BELÉM

2021

TAIANA AMANDA FONSECA DOS PASSOS

**ANÁLISE DA PESCA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL SOBRE A ABUNDÂNCIA
RELATIVA (CPUE) DA PIRAPEMA *Megalops atlanticus* VALENCIENNES, 1847, NA
COSTA NORTE DO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais - PPGAqRAT da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como requisito para a obtenção do título de mestre.

Área de Concentração: Oceanografia pesqueira
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Tavares Paes

BELÉM

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P289a Passos, Taiana Amanda Fonseca dos
 ANÁLISE DA PESCA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL SOBRE A ABUNDÂNCIA RELATIVA
 (CPUE) DA PIRAPEMA *Megalops atlanticus* VALENCIENNES, 1847, NA COSTA NORTE DO
 BRASIL. / Taiana Amanda Fonseca dos Passos. - 2021.
 81 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
 Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,
 Belém, 2021.
 Orientador: Prof. Dr. Eduardo Tavares Paes
1. Pesca. 2. Costa amazônica. 3. CPUE. 4. Sensoriamento remoto. I. Paes, Eduardo Tavares, *orient.* II.
 Título
-

CDD 507.209811

TAIANA AMANDA FONSECA DOS PASSOS

**ANÁLISE DA PESCA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL SOBRE A ABUNDÂNCIA
RELATIVA (CPUE) DA PIRAPEMA *Megalops atlanticus* VALENCIENNES, 1847, NA
COSTA NORTE DO BRASIL.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção do título de mestre. Área de Concentração: Aquicultura e recursos aquáticos tropicais

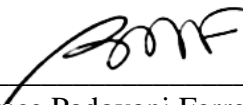
09 de julho de 2021

Data da Aprovação

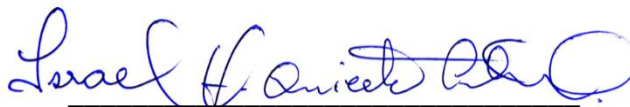
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Eduardo Tavares Paes - Orientador
(Universidade Federal Rural da Amazônia)



(Dra. Beatrice Padovani Ferreira) - Membro 1
(Universidade Federal de Pernambuco)



(Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra) - Membro 2
(Universidade Federal Rural da Amazônia)



(Dra. Bianca Bentes da Silva) – Membro 3
(Universidade Federal do Pará)

Dedico esta dissertação à minha querida avó Marcionila Passos e a minha tia Ana Passos (in memoriam), pelas bênçãos que me davam todos os dias ao sair de casa em busca dos meus sonhos, a presença de vocês foi essencial na minha vida.

RESUMO

A pirapema *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847), é uma espécie da família Megalopidae, categorizada como vulnerável. Até o presente momento, pouco se conhece sobre a dinâmica pesqueira e a variabilidade da abundância da pirapema na região amazônica. A maioria das informações são de estudos realizados nos Estados Unidos, no Golfo do México e Bahamas. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a atividade pesqueira na costa norte do Brasil, que captura a espécie *M. atlanticus* e analisar a variabilidade temporal da abundância relativa (CPUE) da espécie e relaciona-la com variáveis meteo-oceanográficas entre os anos de 1997 a 2007. Para isso, foram utilizados dados de pesca do programa ESTATIPESCA, dados de sensoriamento remoto e reanálise. Foram analisados 4.908 registros de desembarques, entre 15 municípios do estado do Pará, onde foi possível constatar que na captura da espécie atuam principalmente embarcações de pequeno e médio porte, utilizando a rede de emalhe como principal arte de pesca. Os resultados para os padrões de variabilidade temporal da pirapema entre os anos de 1997 e 2007 indicaram dois regimes bem definidos ao longo dos anos, o que pode estar relacionado a eventos de fenômenos climáticos naturais como o El Niño e La Niña. Os maiores valores de abundância relativa de *M. atlânticus* ocorrem durante a estação cheia (janeiro a junho) em comparação à seca (julho a dezembro). Fortes correlações positivas foram identificadas entre CPUE e TSM entre os lags de 6 a 8 meses nas regiões: (1) próximo à foz do Amazonas; (2) manguezais no Maranhão; e (3) na área de retroflexão da corrente do Norte do Brasil. Correlações negativas significativas também foram encontradas entre 4 e 6 meses com a vazão de Óbidos.

Palavras-chave: Pesca. Costa amazônica. CPUE. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Megalops atlanticus (Valenciennes, 1847), known as the Pirapema, is a species of the Megalopidae family and is currently categorized as vulnerable. Until now, little is known about the fishery dynamics and variability of pirapema abundance in the Amazon region. Most studies were conducted in the United States, the Gulf of Mexico, and the Bahamas. In this context, this research aimed to analyze the fishing activity focused on the capture of *M. atlanticus* and to relate the temporal variability of relative abundance (CPUE) with meteorological and oceanographic variables between 1997 and 2007 on the northern coast of Brazil. For this, fishing data from the ESTATIPESCA program, remote sensing and reanalysis data were used. We analyzed 4,908 landings from 15 cities in the Pará state and found that small and medium-sized vessels are the main ones operating in the capture, using the gillnet as the predominant fishing gear. The results indicated two regimes of variability in the CPUE of pirapema, suggesting a relationship to El Niño and La Niña events. The highest values of *M. atlanticus* CPUE occur during the flood season (January to June). Strong positive correlations were identified between CPUE and SST for lags of 6 to 8 months in the regions : (1) near the mouth of the Amazon; (2) mangroves in Maranhão; and (3) in the retroflexion area of the North Brazilian current. Significant negative correlations were also found between 4 and 6 months with Obidos discharge.

Keywords: Fishing. Amazon coast. CPUE. remote sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista lateral de <i>M. atlanticus</i> desembarcada no porto de Vigia-Pa em abril de 2019.	19
Figura 2 - Larva tipo leptocephala de <i>Myrophis punctatus</i> (Escala = 5 mm).	22
Figura 3 -Parâmetros da história de vida de <i>M. atlanticus</i> , onde, a elipse roxa representa a classe Actinopterygii, a azul a ordem Elopiformes, a verde engloba a família Megalopidae, em amarelo o gênero <i>Megalops</i> e vermelho a espécie <i>M. atlanticus</i> . K: Crescimento; M: taxa de mortalidade natural; Winfinity: Peso máximo assintótico; L: Comprimento máximo assintótico; Tmax: idade máxima; Tm: idade de maturação; Lm: comprimento na maturidade; Temperatura.....	24
Figura 4 -Formas de captura com redes de emalhar: (A) superfície; (B) fundo (C) emalhados e (D) ensacados.	25
Figura 5 -Desembarques totais (t) de <i>M. atlanticus</i> , no Brasil, entre 1974 e 2011.	26
Figura 6 -Elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.	28
Figura 7 -Representação esquemática das principais correntes superficiais oceânicas na Costa Norte Amazônica (setas azuis). As linhas pretas representam as linhas de contorno das profundidades de 200 e 2000 m.....	31
Figura 8 -Mapa de concentração de clorofila-a, onde a escala de cor representa a média mensal de setembro (1997- 2010), do sensor Seawifis evidenciando a área de abrangência da pluma do rio Amazonas. É apresentado um desenho esquemático da corrente Norte do Brasil, sua retroflexão e a área de exportação dos vórtices. Também consta na figura a estação fluviométrica de Óbidos.	34
Figura 9 -Área de localização dos municípios analisados, com a probabilidade de distribuição da pirapema. (Escala de cores extraída de https://www.fishbase.org/search.php).	36
Figura 10 -Interpolação linear para encontrar R1 (A) e Interpolação linear para encontrar P (B).	41
Figura 11 -Exemplificação de correlação para um pixel entre a CPUE e TSM.....	42
Figura 12 - Quantidade média total desembarcada por frota pesqueira e artes que atuam na captura da pirapema entre 1997 e 2007, onde BIN refere-se a Barco industrial; BMP: barco de médio porte; BPP: barco de pequeno porte; CAM: canoa motorizada; CAN: canoa e MON: montaria. Quanto às artes de pesca, ARP: Arrasto de piramutaba; CRE: curral e rede; CUR: curral; ESB: espinhel/bagre; ESC: espinhel/cioba; ESP: espinhel; GOZ: gozeira; LIN: linha e	

anzol; PAR: pargueira; PES: pescadeira; REL: rede de emalhar e linha; RES: rede e espinhel; RET: rede de tapagem; SER: serreira.	45
Figura 13 -Ilustração das principais embarcações que atuam na pesca da pirapema. Onde (A) barco de médio porte (BMP), (B) canoa motorizada (CAM) e (C) barco de pequeno porte (BPP).	47
Figura 14 -Ilustração das identificações da arte de pesca que atua na captura da pirapema: (LIN) linha e anzol.	47
Figura 15 -Ilustração das identificações da arte de pesca que atua na captura da pirapema: rede de emalhe.	48
Figura 16 -Média de dias de mar por tipo de embarcação, ao longo da série temporal. Onde BIN refere-se a Barco industrial; BMP: barco de médio porte; BPP: barco de pequeno porte; CAM: canoa motorizada; CAN: canoa e MON: montaria.	49
Figura 17 -Número das principais embarcações que atuam na pesca da pirapema ao longo dos meses/anos.	50
Figura 18 -Quantidade média desembarcada em (kg) por município estudado ao longo da série temporal.	51
Figura 19 -Gráfico de tendência da quantidade desembarcada em (kg), entre 1997 e 2007 com as principais artes de pesca e embarcações que atuam na captura da pirapema, onde a linha destacada em vermelho representa a linha de tendência.	52
Figura 20 -Gráfico de tendência dos esforços ao longo da série temporal, entre as principais artes de pesca e embarcações que atuam na captura da pirapema, para comprimento da arte (A); dias de mar (B); número de.	53
Figura 21 -Gráfico da CPUE utilizando as equações descritas por Petrere (2010).	56
Figura 22 - Gráfico da análise de pontos de interrupção (Break Point) da CPUE2 composta para todo o período amostral, com interpolação linear dos dados ausentes.	57
Figura 23 -Análise do padrão temporal da abundância da espécie (A) e média da captura por unidade de esforço nos períodos chuvoso e seco(B).	59
Figura 24 - Análise de Wavelet Morlet da captura por unidade de esforço da pesca da pirapema ao longo da série temporal.	60
Figura 25 -Correlação cruzada entre anomalia da Temperatura da superfície do mar (TSM) e CPUE 2, lag 5 a 10.	61
Figura 26 - Correlação entre vazão de Óbidos e CPUE 2 da pirapema. Onde as barras azuis são o valor de correlação e a linha vermelha o valor de p para cada cálculo de correlação.	62
Figura 27 -Correlação cruzada entre clorofila-a e CPUE 2 da pirapema lag 24 a 29.	63

Figura 28 -Correlação cruzada entre anomalia da Temperatura da superfície do mar (TSM) e CPUE 2, lag 22 a 24.	64
Figura 29 -Correlação cruzada entre velocidade do vento e CPUE 2, lag 20 a 22.	64
Figura 30 - Esquema conceitual da Influência ambiental sobre a pirapema, em diferentes domínios espaciais na costa norte amazônica, realçando o limite de atuação do regime hidrológico, produtividade primária, retroflexão da CNB e hidrodinâmica oceânica.....	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

TSM- Temperatura da superfície do mar

Chla- Clorofila a

CSM- Clorofila na superfície do mar

CNB- Corrente Norte do Brasil

CCNE- Contracorrente norte equatorial

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

ZACAS- Zona de Convergência do Atlântico Sul

ENOS- El Niño Oscilação Sul

ATN- Atlântico Tropical Norte

SR- sensoriamento remoto

K- Crescimento

M- taxa de mortalidade natural

WINFINITY- Peso máximo assintótico

L- Comprimento máximo assintótico

TMAX- idade máxima

TM- idade de maturação

LM- comprimento na maturidade

BIN- Barco industrial

BMP- Barco de médio porte

BPP- Barco de pequeno porte

CAM- Canoa motorizada

CAN- Canoa

MON- Montaria

ARP- Arrasto de piramutaba

CRE- Curral e rede

CUR- Curral

ESB- Espinhel/bagre

ESC- Espinhel/cioba

ESP- Espinhel

GOZ- Gozeira

LIN- Linha e anzol

PAR- Pargueira

PES- Pescadeira

REL- Rede de emalhar e linha

RES- Rede e espinhel

RET- Rede de tapagem

SER- Serreira

COMART- Comprimento da arte de pesca

DM- Dias de mar

NP- Número de pescadores

QUADES- quantidade desembarcada

CPUE- Captura por unidade de esforço

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	17
3	OBJETIVO GERAL	18
3.1	Objetivos específicos	18
4	REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1	Características da espécie	19
4.1.1	Morfologia e alimentação.....	19
4.1.2	Reprodução e ciclo de vida da pirapema.....	20
4.1.3	Distribuição geográfica	22
4.1.4	Parâmetros biológicos da espécie.....	23
4.2	Pesca da pirapema	25
4.2.1	Artes de pesca e frota pesqueira que atuam na captura da Pirapema.....	25
4.2.2	O declínio do desembarque pesqueiro de <i>M. atlanticus</i>	26
4.3	Captura por Unidade de Esforço (CPUE)	27
4.4	Sensoriamento remoto	28
4.5	Temperatura da superfície do mar (TSM)	29
4.6	Clorofila a	29
4.7	Processos biogeofísicos controladores da produção primária e pesqueira na costa norte amazônica	30
4.8	Processos que controlam a variabilidade interanual das variáveis ambientais na costa Norte Amazônica	32
4.9	Análise de pontos de interrupção (Break point)	33
5	METODOLOGIA	34
5.1	Área de estudo	34
5.2	Dados	35
5.2.1	Dados de pesca	35
5.2.2	Dados das variáveis ambientais.....	36
5.3	Análise de dados	37
5.3.1	Caracterização dos aspectos da pesca da pirapema <i>Megalops atlanticus</i> na costa Norte do Brasil.....	37
5.3.2	Determinação e consolidação da melhor estimativa da abundância relativa (CPUE) da pirapema na costa Norte do Brasil.....	37

5.3.3	Análise dos padrões de variabilidade temporal da CPUE da pirapema entre os anos de 1997 e 2007	38
5.3.4	Análise da influência das variáveis ambientais sobre a CPUE da pirapema entre 1997 e 2007	39
5.3.4.1	Correlação cruzada.....	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1	Caracterização dos aspectos da pesca da pirapema <i>M. atlanticus</i> na costa Norte do Brasil.....	43
6.2	Estimativa da melhor CPUE para o <i>M. atlanticus</i> na costa Norte do Brasil	54
6.3	Padrões de variabilidade temporal da pirapema entre os anos de 1997 e 2007;.....	57
6.3.1	Análise de Break Point.....	57
6.4	Análise da influência das variáveis ambientais sobre a CPUE da pirapema entre 1997 e 2007.....	59
7	CONCLUSÕES GERAIS	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A produção de pescado tem um papel importante na economia brasileira, além de ser geradora de empregos, renda e fonte de alimento para a população local, (PINHEIRO et al., 2013). No Brasil, a produção pesqueira marinha foi a principal produtora de pescado em 2010 (536.455 t) sendo a costa norte do Brasil, uma das mais produtivas do país, responsável por 29% do total de pescado brasileiro, onde o estado do Pará encontra-se em segundo colocado no que se refere ao volume de pesca extrativa no Brasil (MPA, 2011; MPA, 2012). Entretanto, no estado do Pará, a escassez de dados históricos relacionados à produção pesqueira e falhas amostrais no método de monitoramento geram divergências quanto à verdadeira produção do estado (ISAAC et al., 2008).

As frotas pesqueiras que operam na costa Norte brasileira atuam principalmente nas plataformas continentais dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, voltadas, essencialmente, a exploração de recursos demersais (camarões, bagres, pescadas, lagostas, etc.) (ISAAC et al., 2006; ISAAC et al., 2009). Nesta perspectiva, a pesca artesanal possui maior destaque econômico quando comparada a pesca industrial por priorizarem especificamente a exploração de recursos de maior relevância comercial (ISAAC et al., 2006). Dentre as espécies capturadas, destaca-se a pirapema, *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847), da família Megalopidae que se distribui principalmente por regiões tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico, desde a Nova Escócia (Canadá) até o Rio de Janeiro e São Paulo (Brasil) (SADOWSKY, 1958, ZALE; MERRIFIELD, 1989, CRABTREE et al., 1993, ADAMS et al., 2012).

No Brasil, o *M. atlanticus* localiza-se principalmente ao longo da costa nordeste, próximo à costa, em estuários (GARRONE-NETO; RODRIGUES, 2018). *M. atlanticus* possui hábito migratório, e também alta longevidade, podendo viver até 55 anos, com uma maturidade relativamente tardia (entre 7 e 12 anos dependendo do sexo e da região) (CRABTREE; CYR; DEAN, 1995; ADAMS et al., 2012). Os estudos sobre essa espécie na região são limitados e antigos, apontando que grandes cardumes de *M. atlanticus* movem-se das águas costeiras do Pará e Maranhão para as zonas próximas a costa do Ceará para desovar, retornando às águas de origem por volta de fevereiro (MENEZES; PAIVA 1966; MENEZES 1968).

Resultados da FAO, (2011) mostram que os desembarques globais totais da pirapema caíram 84,5% entre 1965 e 2007, principalmente no Brasil, com maiores índices durante os primeiros anos desse período, refletindo uma queda no tamanho da população. No Brasil,

atualmente, devido à grande exploração na região do Atlântico e a vulnerabilidade desta espécie, a pirapema foi recentemente inserida no livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção e na lista de espécies ameaçadas no Brasil (Portaria 455) (BRASIL, 2018; BRASIL, 2019).

A pesca na Amazônia é dinâmica e diversificada (BARTHEM; GOULDING, 2007), as variações espaciais e temporais dos recursos pesqueiros e dos apetrechos levam a variação nas capturas (WALLAC et al., 2015). A variabilidade das populações de peixes e das atividades de pesca está estreitamente ligada às condições ambientais e à dinâmica climática que determinam a distribuição, migração e abundância de peixes, diretamente na pesca (LEHODEY et al., 2009). Nesta lógica, o entendimento da variabilidade ambiental da região de estudo, bem como a sua resposta a fenômenos climáticos são de fundamental importância para a maior compreensão da atividade pesqueira e dos recursos explorados.

A região costeira da Amazônia brasileira estende-se por mais de 2.500 km (35% da costa brasileira), abrangendo desde a foz do Rio Oiapoque, no Amapá, até a Baía de São Marcos, no Maranhão (ISAAC; BARTHEM, 1995). Incluindo 85% dos manguezais do país (LARA; 2003). Essa região caracteriza-se por um comportamento dinâmico, influenciada por: 1) grande quantidade de nutrientes, sedimentos e matéria orgânica despejados pelos principais rios das bacias do Amazonas, Tocantins- Araguaia e Atlântico Norte Nordeste; 2) expansão de energia através de marés; 3) correntes oceânicas; 4) ondas e 5) o regime de ventos, contribuindo para uma alta produção primária ($\sim 4000\text{mgC}/\text{m}^2/\text{dia}$ próximo à costa segundo Gouveia et al., 2019) e conseqüentemente para a produção pesqueira da região (BARTHEM; GOULDING, 2007; ISAAC; FERRARI, 2017).

O El Niño oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico são os dois principais eventos climáticos que impactam diretamente a costa Norte Amazônica. Estes alteram os padrões de circulação das células de Walker e Hadley (SOUZA; AMBRIZZI, 2002), impactando os padrões de precipitação na América do Sul, descarga de rios, correntes oceânicas, regime de ventos, dentre outros.

A escassez de dados oceanográficos, meteorológicos e pesqueiros na região limitam os estudos voltados à influência ambiental sobre os recursos pesqueiros. Neste cenário com a crescente capacidade dos sistemas de observação da terra e a disponibilidade de conjuntos de dados globais, de alta qualidade, abrem novas possibilidades de realizar estudos integrados entre processos oceano-meteorológicos e dados de pesca. A determinação, portanto, de parâmetros biofísicos obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto, podem gerar informações relevantes para estudos pesqueiros (MATSUURA, 1997).

Até o presente momento, pouco se conhece sobre a dinâmica pesqueira e a variabilidade da abundância da pirapema na região amazônica. A maioria das informações são de estudos realizados nos Estados Unidos, no Golfo do México e Bahamas (AULT, 2008). Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a atividade pesqueira na costa norte do Brasil e a influência ambiental sobre a abundância relativa (CPUE) da espécie *M. atlanticus*, tendo como base dados obtidos do banco de dados do programa ESTATIPESCA e de sensoriamento remoto, entre 1997 e 2007.

2 JUSTIFICATIVA

No litoral do Pará, especialmente a região Nordeste, a produção pesqueira (compreendida como a quantidade de peixes capturados) é o marcador mais utilizado para avaliar a relevância e a participação do setor pesqueiro no cenário regional e nacional. Diante disso, os dados obtidos do controle oficial da pesca (dados CEPNOR/IBAMA, 1994-2004) têm apresentado posição de destaque devido aos altos níveis de produção em relação a outros estados brasileiros (SOUSA, 2009).

A compreensão da atividade pesqueira no Pará, especialmente aquela de origem marinha costeira, devido a sua complexidade espaço-temporal representa um tema estratégico para a gestão da atividade. Além disso, uma limitação evidente é a necessidade de instrumentos tecnológicos adequados para nortear estudos sérios e objetivos, como por exemplo, a identificação de padrões geográficos da pesca, que permitirá subsidiar e até mesmo orientar possíveis revisões nas normas e critérios de uso dos recursos pesqueiros que ocorrem no Pará. É possível que uma análise da geoinformação utilizando dados do controle de desembarques pesqueiros possam gerar importantes informações de apoio como por exemplo, às tomadas de decisão, ao monitoramento científico do impacto da pesca sobre os estoques pesqueiros e a uma perspectiva ecossistêmica de manejo (SOUSA, 2009).

M. atlanticus é uma espécie encontrada em baías, estuários e áreas rasas da plataforma continental, tanto no Atlântico ocidental quanto oriental. No Brasil, a espécie é intensamente capturada na região norte e nordeste, onde é mais frequente e abundante. Em 38 anos os desembarques nessas regiões indicam um claro declínio nas capturas: em 1974, os desembarques somaram 1.612 t, em contrapartida no ano de 2011, os valores registrados chegaram a 580 t, o que equivale a um declínio de aproximadamente 60%. Como esta taxa de declínio foi calculada a partir de dados advindos exclusivamente das regiões norte e nordeste, infere-se que a queda no tamanho populacional no Brasil seja de aproximadamente 30%. Por esses motivos, *Megalops atlanticus* foi categorizada como vulnerável (VU) A2bd (SANTOS, et al., 2018).

Diante disso, as tecnologias de observação da terra disponibilizam dados gratuitos globais e de alta qualidade, possibilitando obter informações eficientes e precisas sobre os aspectos ambientais que podem influenciar na pesca do *M. atlanticus*. Por meio dessas tecnologias, busca-se, preencher a lacuna do conhecimento sobre os aspectos da pesca da espécie e principalmente a sua relação com as variáveis biofísicas, estabelecendo novos horizontes para a atividade pesqueira, que possam auxiliar na preservação da espécie.

3 OBJETIVO GERAL

Analisar os aspectos da pesca e a variabilidade temporal da CPUE da pirapema *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847, relacionando-a com variáveis meteo-oceanográficas, na costa Norte do Brasil, entre 1997 e 2007.

3.1 Objetivos específicos

- Caracterizar os aspectos da pesca da pirapema *Megalops atlanticus* na costa Norte do Brasil;
- Determinar a melhor estimativa da abundância relativa (CPUE) da pirapema na costa Norte do Brasil;
- Analisar estatisticamente os padrões de variabilidade temporal da pirapema entre os anos de 1997 e 2007;
- Analisar a influência das variáveis ambientais (TSM, clorofila-a, velocidade do vento e descarga do rio Amazonas) sobre a CPUE da pirapema entre 1997 e 2007.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Características da espécie

4.1.1 Morfologia e alimentação

M. atlanticus é um peixe ósseo (Osteichthyes) da família Megalopidae, conhecido comumente como Sábalo (Caribe), Sábalo real (Pacífico colombiano) e Tarpão (América Anglofonia). Lopes e Sena (1996) caracterizaram morfologicamente a espécie por meio da presença de corpo alongado, recoberto por escamas bem desenvolvidas e menores junto à base da nadadeira caudal, altura moderada; cabeça e olhos bem desenvolvidos; boca ampla, em posição superior e com dentes pequenos em ambas as maxilas; maxila inferior mais saliente que a maxila superior; extremidade posterior da maxila superior estendendo-se além da margem posterior do olho por uma curta distância; narinas em posição anterior aos olhos, margem do pré-opérculo e do opérculo membranosas e destituídas de espinhos; pseudobrânquia ausente, nadadeira caudal furcada; linha lateral presente, bem desenvolvida, aproximadamente reta e passando pelo meio do corpo (a espécie é apresentada na Figura 1).

Figura 1 - Vista lateral de *M. atlanticus* desembarcada no porto de Vigia-Pa em abril de 2019.



Fonte: Registro de Raulf Marssena (dados não publicados).

Caracterizada como uma espécie predadora, seus principais itens alimentares são sardinhas, manjubas, tainhas, robalos, ciclídeos, insetos, invertebrados planctônicos e invertebrados bentônicos, embora seu conteúdo estomacal inclua também algas bentônicas (BOUJARD et al., 1997; CARVALHO-FILHO, 1999; RANDALL, 1967; WHITEHEAD;

VERGARA, 1978). *M. atlanticus*, popularmente conhecida no Brasil como pirapema ou camurupim, é classificada taxonomicamente da seguinte forma:

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Elopiformes

Família: Megalopidae

Gênero: *Megalops*

Espécie: *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847)

Fonte : www.marinespecies.org

A história de vida dessa espécie o expõe a uma variedade de condições ambientais desafiadoras, incluindo grandes variações na temperatura da água, salinidade e pH, além de hipóxia e presença de sulfeto de hidrogênio (BABCOCK, 1951; WADE, 1962; CRABTREE, 1995; GEIGER; TORRES; CRABTREE, 2000; PUSEY et al., 2004). A sobrevivência nessas condições parece ter sido um fator determinante na evolução da capacidade de respiração aérea por meio de uma bexiga de gás fisostômica (isto é, conectada ao intestino e, finalmente, à boca pelo duto pneumático) (BABCOCK, 1951; GRAHAM, 1997; SEYMOUR et al., 2004).

4.1.2 Reprodução e ciclo de vida da pirapema

O ciclo reprodutivo da pirapema é complexo. Os adultos desovam no mar (CRABTREE et al., 1992), os ovos e as larvas têm um estágio planctônico prolongado, seguido por recrutamento em áreas de viveiros de água doce e salobra, os juvenis passam de 4 a 5 anos em rios, baías e estuários antes de se juntarem a agregações de adultos (CRABTREE; CYR; DEAN, 1995). No nordeste do Brasil, a espécie se reproduz nos meses de verão, com agregações reprodutivas acontecendo principalmente durante as marés relacionadas às fases de lua minguante e crescente, que são momentos com menor dinâmica das correntes facilitando a fertilização dos ovos (NÓBREGA; LESSA, 2007). Após os períodos de desova ocorre o assentamento dos juvenis sobre bancos de fanerógamas marinhas submersas de zonas costeiras e estuarinas.

Em algumas regiões, a espécie pode completar seu ciclo reprodutivo em águas continentais temporariamente isoladas do meio marinho, (LANGEANI, 2008). Uma fêmea de

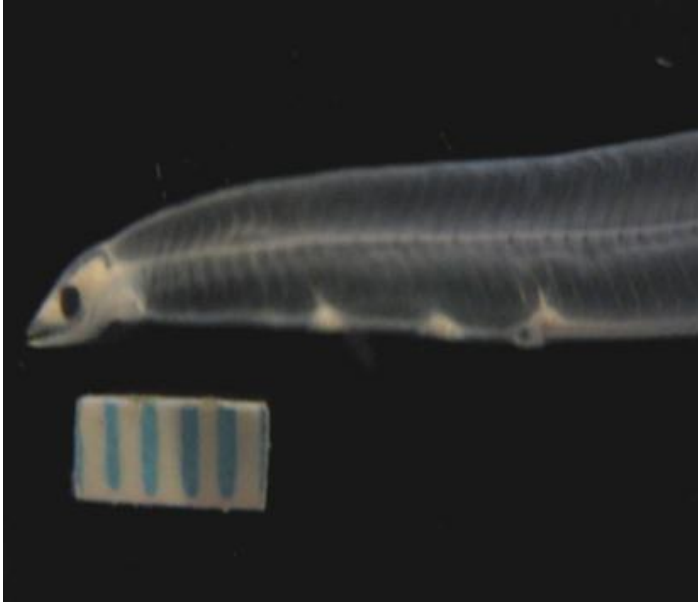
aproximadamente 200 cm de comprimento total produz aproximadamente 12×10^6 ovos (GOMES, 2012). A maturação é tardia, ocorrendo entre 7 e 10 anos de idade, quando possuem aproximadamente 160 cm de comprimento total. O tempo geracional (idade média do surgimento de uma nova geração) foi estimado em 12,7 anos, sendo 3 tempos geracionais igual a 38 anos (ADAMS et al, 2012).

Um dos aspectos mais importantes da história de vida de todos os peixes elopomorfos (superordem de peixes teleósteos) é a desova e a fertilização dos ovos no mar, seguida pelo desenvolvimento de larvas grandes e transparentes de leptocefalia em forma de fita, que podem viver no oceano aberto por períodos excepcionalmente longos (CRABTREE, 1995). Após um período usual de 2 a 3 meses no mar, os leptocephalus migram para habitats de água doce, onde, durante cerca de três meses, até tornarem-se juvenis (40 mm de comprimento total) (Figura 2).

M. atlanticus, na fase juvenil, permanece estagnado nas águas costeiras e se movimenta da água doce até a hipersalina, fazendo conexões intermitentes com o oceano (BURGER et al., 1992). Os adultos em alguns períodos realizam longas migrações. Eles se movem de locais de desova para áreas forrageiras em uma base sazonal (LUO et al., 2006). Organismos marinhos altamente migratórios, como a pirapema, são caracterizados por desova em alto mar e residência planctônica estendida de larvas e não devem apresentar uma extensa subdivisão populacional (GYLLENSTEN, 1985). Embora a diversidade genética dentro da população possa ser alta (DEWOODY; AVISE, 2000), a estrutura populacional genética em organismos marinhos requer mecanismos bióticos ou abióticos que resultam em isolamento entre as subdivisões populacionais. Entre os peixes de águas abertas, como a pirapema, a estrutura populacional poderia ser explicada pela fidelidade do local de desova (WARD et al., 2002).

A espécie quando juvenil pode passar até nove meses adicionais em habitats de marés antes de habitarem em águas marinhas costeiras. Esta espécie alcança a maturidade sexual com cerca de 7 anos (1,2 m de comprimento total), (CRABTREE et al., 1992, 1995; CRABTREE, 1995). Os sub-adultos e adultos geralmente ocorrem em habitats costeiros, mas também entram em áreas de água doce e hipersalinas (> 40%) (BABCOCK, 1951; PUSEY et al., 2004).

Figura 2 - Larva tipo leptocephala de *Myrophis punctatus* (Escala = 5 mm).



Fonte: Eduardo Tavares Paes (dados não publicados).

4.1.3 Distribuição geográfica

Encontra-se amplamente distribuída em águas tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico, tanto em costas americanas como africanas, encontrando-se desde a Virgínia (ao norte dos Estados Unidos) até o sul do Brasil, e desde Mauritânia até o sul da Angola (ROBERTSON, et al., 2015). Também é encontrado em águas costeiras quentes do sul da Europa, incluindo o Mar Mediterrâneo, ao longo das costas do norte e oeste da África, e nos últimos anos migrou pelo Canal do Panamá e ocorre em pequeno número nas águas costeiras do Pacífico do Panamá. No Golfo do México, no Caribe e em águas costeiras da Flórida, EUA, o tarpão do Atlântico, como é denominado, é um peixe de caça altamente valorizado, conhecido por sua força de combate, resistência e saltos espetaculares frequentes (BABCOCK, 1951).

No Brasil, *M. atlanticus* ocorre especialmente ao longo da costa nordeste, próximo da costa, em estuários e em até centenas de km a montante de rios e lagos, sendo um grande alvo da pesca artesanal costeira e muito apreciada pelos pescadores esportistas (AULT 2008, FEDLER 2013). O *M. atlanticus* representa um valioso componente da pesca em toda uma distribuição que abrange as águas costeiras e próximas do Mar do Caribe, Golfo do México, Atlântico ocidental, Canadá e Brasil. Tolerante a grandes variações nas concentrações de salinidade e oxigênio, a distribuição da pirapema é limitada pela sensibilidade à baixa temperatura (ZALE; MERRIFIELD, 1989).

4.1.4 Parâmetros biológicos da espécie

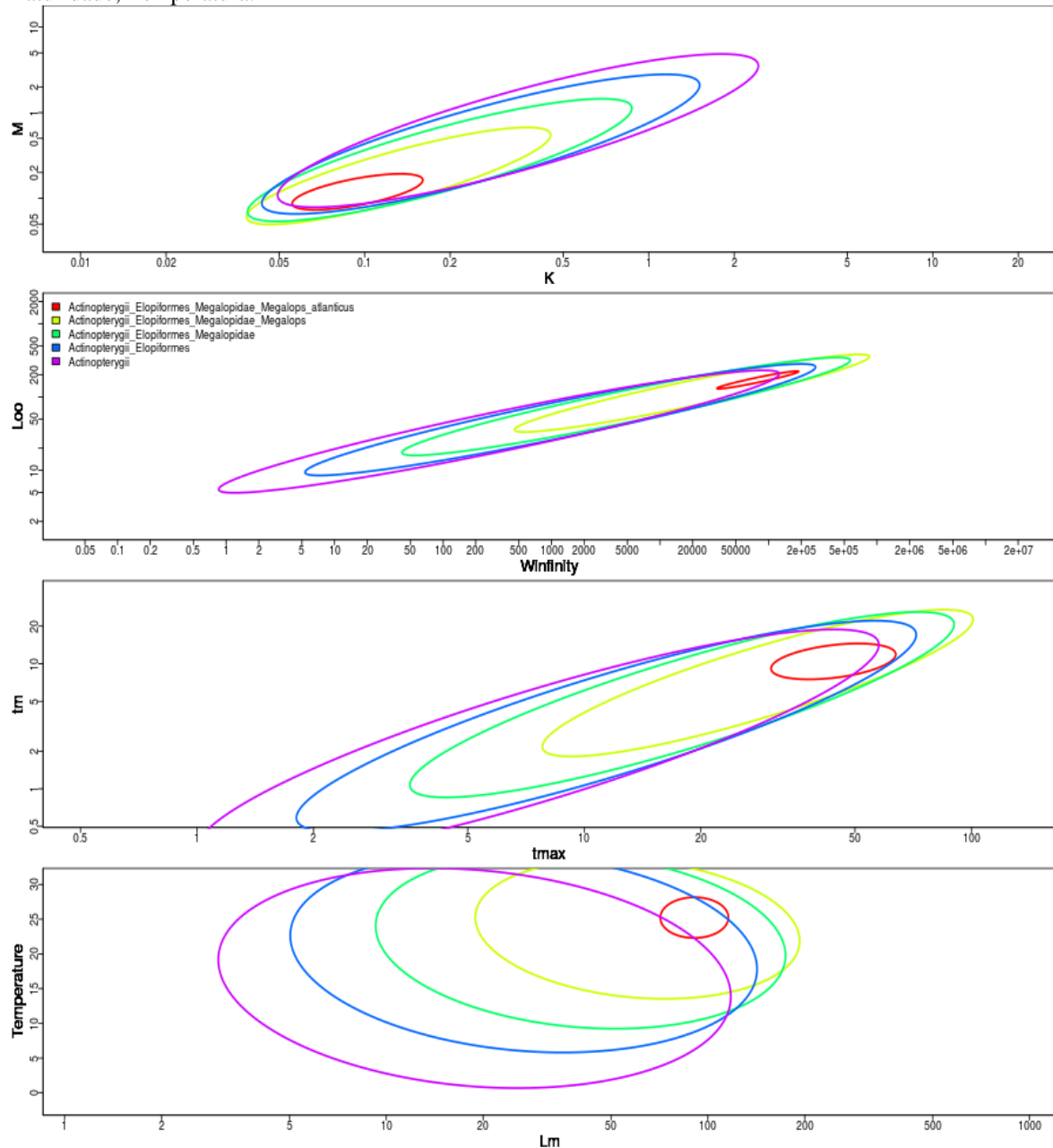
Os aspectos biológicos, como por exemplo, taxa de crescimento, idade de primeira maturação sexual e taxa de mortalidade, possuem distinções de acordo com a espécie. Tais características são denominados “parâmetros da história de vida”, e esses parâmetros desencadeiam um importante papel para a compreensão e gestão de populações e ecossistemas. No que se refere aos peixes, por exemplo, tais parâmetros de vida são de grande relevância, pois auxiliam na definição de padrões de captura sustentável, assim como, na estimativa de captura a partir de mudanças no comprimento médio dos indivíduos e na projeção de possíveis impactos de distintas ações de manejo sobre uma determinada espécie (QUINN; DERISO, 1999).

Embora *M. atlanticus* seja considerada uma importante espécie migradora (AULT; 2008, LUO; AULT; 2012), pouco se sabe sobre sua história de vida. (AULT, 2008; FEDLER, 2013). Diversos peixes teleósteos marinhos, como a pirapema, passam por evoluções de estágios morfológicos e ecológicos durante a sua história de vida, onde iniciam como larvas pelágicas/planctônicas, metaforseando-se em juvenis e posteriormente amadurecem até chegar na fase adulta. Com as variações morfológicas, comportamentais e no habitat, os sistemas sensoriais dos peixes devem ser capazes de se adaptar as alterações nas condições, com a finalidade de manter a capacidade de detectar componentes críticos do ambiente relacionados à sobrevivência (EASTER; HITCHCOCK, 2000; OTTESON; HITCHCOCK, 2003; STENKAMP, 2007). *M. atlanticus* pertence à subdivisão dos teleósteis Elopomorphos, que abrange um conjunto de espécies amplamente diversificadas, incluindo, peixes ósseos, enguias e *M. atlanticus*. Esses indivíduos se assemelham principalmente com base no tipo de forma larval (leptocéfala) (TAYLOR, 2010).

Segundo Felsenstein (1985) e Grafen (1989) informações taxonômicas podem ser utilizadas para prever parâmetros da história de vida de uma espécie, onde uma abordagem para formalizar essa intuição é aplicar uma extensão multivariada do modelo filogenético padrão para evolução genética. Thorson et al (2017) sugere, que através desse modelo, é possível prever que os parâmetros seguem uma evolução aleatória ao longo do tempo, onde as correlações entre os parâmetros da história de vida codificam relacionamentos "neutros" (ou seja, variáveis) ou "conservados" (constantes). De acordo com as estimativas de Crabtree; Cyr; e Dean, (1995) os parâmetros de crescimento de *M. atlanticus* variam entre uma taxa de crescimento (k) = 0,065 e comprimento assintótico (L_{∞}) = 236 cm de comprimento total e k = 0,123 e L_{∞} = 157 cm de comprimento total. A idade máxima estimada varia entre 55 e 59

anos (ANDREWS et al., 2001). É possível observar que os padrões da história de vida da pirapema não são constantes, ou seja, não possuem semelhanças com toda a sua sistemática filogenética, sendo mais associada à família e gênero (Figura 3).

Figura 3-Parâmetros da história de vida de *M. atlanticus*, onde, a elipse roxa representa a classe Actinopterygii, a azul a ordem Elopiformes, a verde engloba a família Megalopidae, em amarelo o gênero *Megalops* e vermelho a espécie *M. atlanticus*. K: Crescimento; M: taxa de mortalidade natural; Winfinity: Peso máximo assintótico; L: Comprimento máximo assintótico; Tmax: idade máxima; Tm: idade de maturação; Lm: comprimento na maturidade; Temperatura.



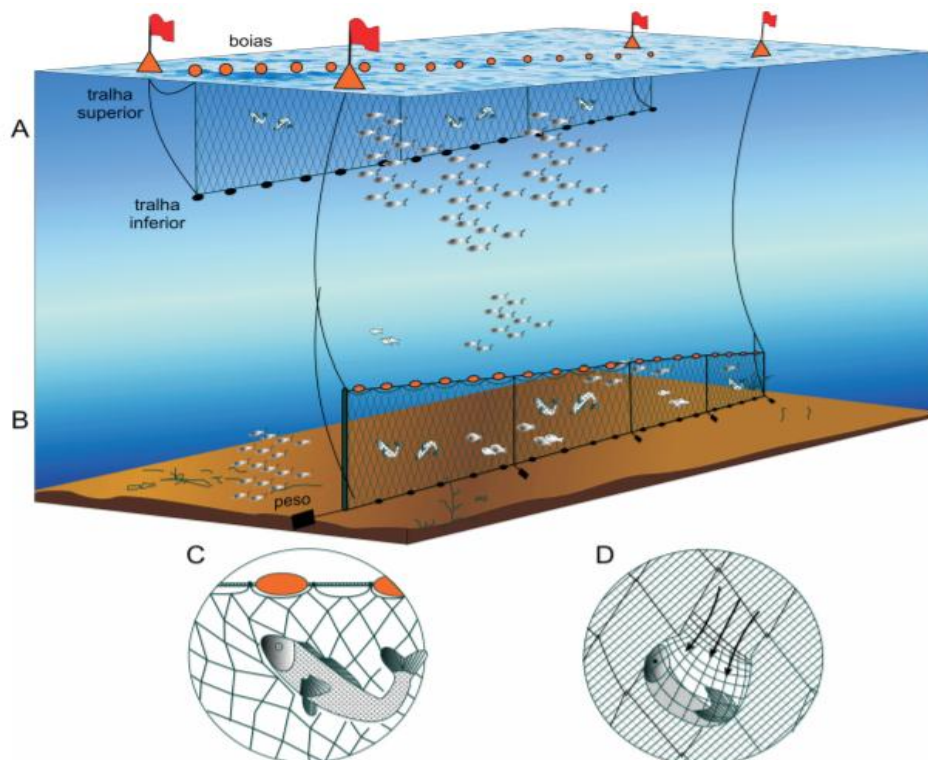
Fonte: (THORSON et al., 2017).

4.2 Pesca da pirapema

4.2.1 Artes de pesca e frota pesqueira que atuam na captura da pirapema

Os recursos pesqueiros da região norte do país são amplamente explorados pela pesca artesanal e industrial, que operam com frotas e apetrechos de pesca altamente diversos. Geralmente a rede de emalhar, utilizada em contato com o fundo, está voltada para a captura da pescada amarela e gurijuba, mas capturam também cações, corvina, pirapema, xaréu *Caranx spp.* e *Alectis ciliaris*, dentre outras espécies, esta captura ocorre de diferentes formas e profundidades, como pode ser observado na figura 4. Assim como para o espinhel, esta pescaria também acontece com barcos artesanais, com características semelhantes ao descrito na pesca artesanal, apresentando, entretanto, maior tecnologia. As embarcações que utilizam esta rede estão inseridas na categoria barco de médio porte (BMP) São construídas com casco de madeira e apresentam comprimento em torno de 20 m. As redes apresentam malha (entre nós opostos) medindo 200 mm, com fio de multifilamento nº 40. O comprimento da rede varia de 3.000 a 4.500m, sendo a altura em torno de 3 m e as pescarias acontecem a uma profundidade de cerca de 23m (MOURÃO; PINHEIRO; LUCENA, 2007).

Figura 4-Formas de captura com redes de emalhar: (A) superfície; (B) fundo (C) emalhados e (D) ensacados.



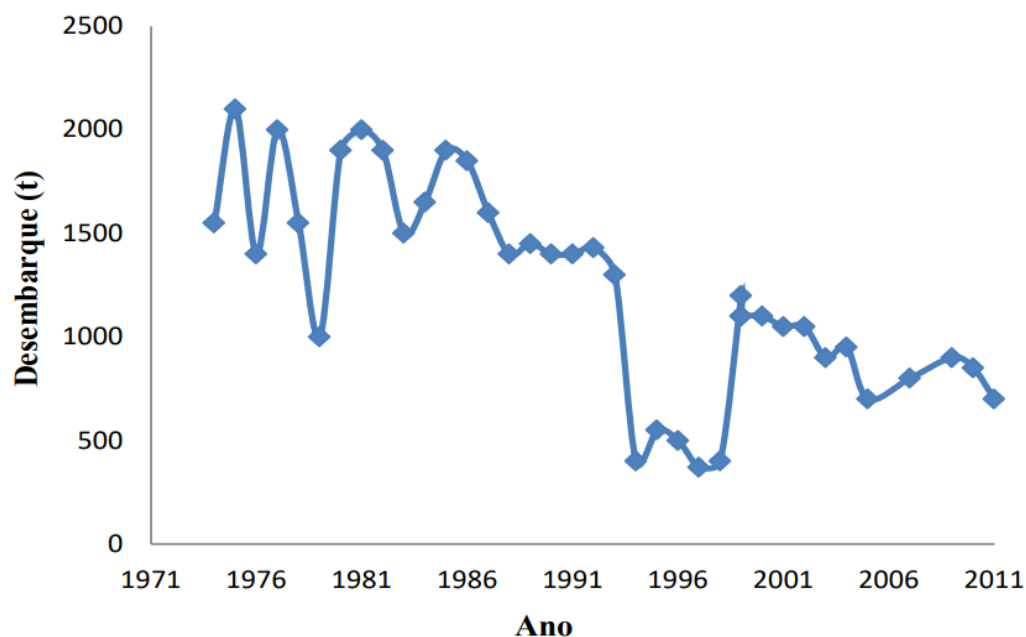
Fonte: (CALAZANS, 2011).

4.2.2 O declínio do desembarque pesqueiro de *M. atlanticus*

O desempenho da pesca extrativa na região norte apresentou um aumento de 93.450,2t, em 2010, passando para 94.265,3t, em 2011, sendo que somente o estado do Pará teve um desempenho de produção de 87.509,3t no ano de 2011 (MPA, 2011), desse total, estima-se que em torno de 90% do total da produção é representada pela pesca artesanal (PARÁ, 2010). Os principais recursos capturados na região Norte são, em ordem decrescente de produção: peixes ósseos, crustáceos, moluscos e peixes elasmobrânquios (VASCONCELOS; SALES, 2007).

Na estatística pesqueira do Brasil entre 1974 e 2011, *M. atlanticus* foi registrado como pirapema ou camurupim, tendo registros de desembarques nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe e Alagoas. Nesse período, os maiores desembarques ocorreram no Pará (Figura 5) (FAO. 2013). Os desembarques no Brasil demonstram uma tendência de redução nas capturas nos últimos anos, oscilando entre 1.700 t, no início da década de 2000, a um mínimo de 340 t em 2006, ficando entre 500 e 800 t no final desta década. Ao ser comparado com a década de 1970 (FAO. 2013), esta tendência é ainda mais clara, com uma queda de mais de 60% quando o período todo é considerado, uma vez que naquela década as capturas oscilavam ao redor de 2.000 t (BRASIL, 2018).

Figura 5-Desembarques totais (t) de *M. atlanticus*, no Brasil, entre 1974 e 2011.



Fonte: (BRASIL, 2018).

Segundo Adams et al. (2013), os desembarques mundiais de *M. atlanticus* diminuíram em 84,5% entre 1965 e 2007, passando de 4.600 t a 712 t (FAO. 2013), refletindo parcialmente a queda no desembarque no Brasil. Esse declínio no desembarque foi de fato atribuído a um declínio no tamanho populacional, e não a mudanças nos padrões do esforço de pesca (ADAMS et al., 2013). Sugerindo que possivelmente esteja associado a mudanças nas condições ambientais.

4.3 Captura por Unidade de Esforço (CPUE)

As sugestões científicas para o manejo da pesca geralmente são subsidiadas nos resultados de algumas técnicas de avaliação de estoques (HILBORN; WALTERS, 1992). A exploração de um recurso pesqueiro pode ser monitorada pela variação da abundância desse recurso ao longo do tempo, submetido a um determinado esforço de captura. O monitoramento da variação na abundância permite antever quando se torna necessário estabelecer medidas de ordenamento da atividade pesqueira, sendo comumente realizado com a utilização de indicadores calculados a partir de informações de captura e de esforço pesqueiros obtidos junto à frota comercial (HILBORN; WALTERS, 1992; SPARRE; VENEMA, 1997).

Dentre esses indicadores o mais utilizado é a captura por unidade de esforço (CPUE) que consiste na forma mais direta de mensurar os resultados da pesca, uma vez que é proporcional à abundância relativa das espécies capturadas (OLIVEIRA, 1987). A medição do esforço de pesca e da captura fornece as informações básicas para se avaliar as mudanças que uma determinada população que está sendo alvo da pesca está sofrendo ao longo do tempo (FONTELES FILHO, 1989). Em virtude das diferenças de eficiência de captura das embarcações, antes dos cálculos de CPUE, é frequente padronizar o esforço, através de estimativa do poder de pesca de cada barco (CAMPOS; ANDRADE, 1998).

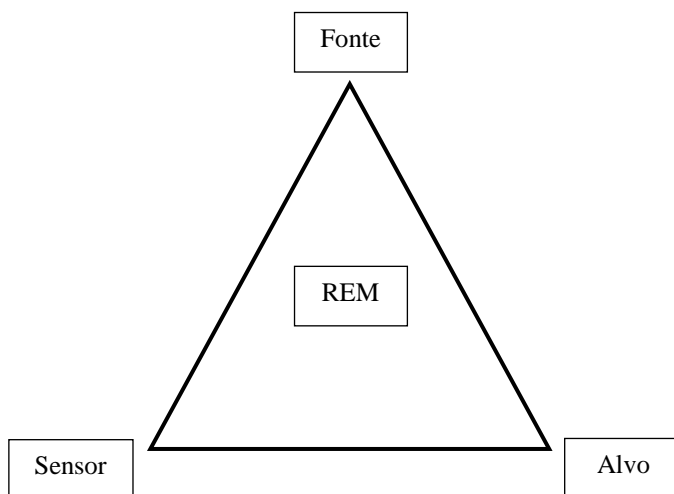
Através desse procedimento é possível reduzir os erros introduzidos pela variabilidade das unidades de pesca (GULLAND, 1983, SPARRE; VENEMA, 1992). Por outro lado, a estimativa da CPUE e sua utilidade dependem do tipo de esforço empregado. Nadal-Egea (1996) descreve esforço pesqueiro (normalmente representado pela letra *f* nas equações), como a quantidade de operações ou o tempo de operações das artes de pesca numa determinada pescaria, durante um período determinado. Isso significa que o esforço de pesca é diferente para cada pescaria, além de depender do tipo de arte de pesca utilizada e do nível tecnológico das operações.

4.4 Sensoriamento remoto

A definição clássica do termo sensoriamento remoto (SR) refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles. Para melhor compreender esta definição, faz-se necessário identificar os quatro elementos fundamentais do SR. No centro do triângulo da figura 6, encontra-se a Radiação Eletromagnética (REM), que é o elemento de ligação entre todos os demais que se encontram nos vértices. São eles, a fonte de REM, que para o caso da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o Sol (pode ser também a Terra para os sensores passivos de micro-ondas e termais, podem ser antenas de micro-ondas para os sistemas radares); o sensor, que é o instrumento capaz de coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelo objeto, que também é denominado alvo, e que representa o elemento do qual se pretende extrair informação (NOVO; PONZONI, 2001).

No Brasil, segundo Maluf (1979), a utilização de dados de satélite aplicados à pesca teve início no final da década de 70, ampliando-se nas décadas seguintes conforme relatado por Silva Junior e Maluf (1993), sendo que o principal objetivo do uso do sensoriamento remoto, na área de pesca por satélite, é potencializar o aumento da captura de peixes de interesse, a partir da localização de áreas que apresentam indicações oceanográficas favoráveis à presença dos cardumes, considerando-se simultaneamente, as características biológicas da espécie e a importância da manutenção dos estoques pesqueiros (MANO et al, 2003).

Figura 6-Elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.



Fonte: Adaptado de Novo; Ponzoni (2001).

4.5 Temperatura da superfície do mar (TSM)

As imagens infravermelhas dos oceanos obtidas, por satélites, têm sido utilizadas no estudo de diversos fenômenos e processos oceanográficos como as correntes marinhas, as frentes oceânicas, eventos de ressurgência, processos de mistura nas águas costeiras, a partir da observação de variações na temperatura da superfície do mar (TSM). A obtenção da TSM a partir de radiômetros de infravermelho tem sido empregada em diversas aplicações oceanográficas tais como em estudos de mudanças climáticas globais, identificação de ressurgências, vórtices, meandramentos e frentes, fornecimento de suporte à pesca de peixes pelágicos, monitoramento dos campos de TSM e/ou correntes oceânicas superficiais, entre outros (KAMPEL, 2002).

O oceano e a atmosfera, na escala de tempo mensal e sazonal, interagem conjuntamente como um complexo sistema acoplado. Segundo Lorenzetti e Araújo (2004), os oceanos desempenham um papel fundamental na modulação do clima em escala global e regional, onde os dois principais mecanismos de interação do oceano com a atmosfera são: a emissão de radiação e a liberação de calor latente de evaporação, os quais dependem da Temperatura da Superfície do Mar (TSM).

Segundo Souza (1997 apud Philander, 1992b, p. 1), os padrões anômalos originados das interações ar-mar, que eventualmente se processam sobre os oceanos tropicais, estão relacionados com a geração de fenômenos climáticos anormais (que tanto condicionam as atividades do homem) em diversas regiões continentais ao redor do globo terrestre. Dentre esses fenômenos podemos citar o El Niño e o Dipolo do Atlântico, cujas anomalias de TSM (aTSM) estão relacionadas com variações climáticas em várias regiões do globo terrestre, incluindo a região Norte do Brasil.

4.6 Clorofila a

O fitoplâncton é importante constituinte dos ecossistemas aquáticos. Estes organismos convertem material inorgânico em matéria orgânica por meio da fotossíntese; oxigenam a água, também através da fotossíntese; constituem a base essencial da cadeia alimentar; e interferem na quantidade da luz que penetra na coluna de água. Como todos os organismos fotossintetizantes, o fitoplâncton necessita de luz e uma fonte de nutrientes inorgânicos para crescer e se reproduzir (POMPÊO, 2015). A clorofila a é o pigmento fotossintético presente em todos os organismos fitoplanctônicos, sejam eucarióticos (algas) ou procarióticos

(cianobactérias) e é utilizado como um parâmetro estimador de biomassa algal, tanto experimentalmente quanto nas caracterizações de ambientes aquáticos e monitoramento da qualidade de água (KURODA et al., 2005).

Desta forma, é premissa básica a determinação dos teores dos pigmentos clorofilianos, principalmente da clorofila a, quando o objetivo é avaliar a qualidade da água (WETZEL; LIKENS, 1991), em particular decorrente do processo de eutrofização (CARLSON, 1977; TOLEDO et al., 1983; SALAS; MARTINO, 1990; LAMPARELLI, 2004). A clorofila a (Chla) está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica (TAIZ, L; ZIEGLER, 2004). A caracterização temporal e espacial da biomassa fitoplanctônica e produtividade primária tem sido um tópico de grande interesse da oceanografia há algumas décadas, levando em consideração que a principal base trófica nos oceanos depende da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton marinho. O fitoplâncton faz a ligação entre a energia solar e a produção de recursos biológicos do qual dependem todos os outros níveis tróficos (CLARK; SHERMAN, 1986).

Com dados de sensoriamento remoto da cor do oceano, pode-se estimar a concentração de clorofila na superfície do mar (CSM) e utilizá-la como índice de biomassa fitoplanctônica. É possível também, estimar a profundidade da zona eufótica (ZEU), como uma medida da claridade da água e como uma propriedade importante para a produção primária na camada superior do oceano. Estas imagens possibilitam uma observação sinóptica de características biológicas de sistemas dinâmicos como as frentes oceânicas, ressurgências e vórtices de mesoescala (SANTOS, 2014).

A concentração de clorofila-a é qualitativamente relacionada à disponibilidade de nutrientes de águas subsuperficiais em direção à zona eufótica. A zona eufótica ($Z_{1\%}$) é definida como a região onde a radiação fotossinteticamente ativa é maior que 1% daquela que atinge a superfície do mar (KIRK, 1994). A partir desta profundidade a produção primária bruta não supera os gastos com respiração e a energia gerada pelos fotossintetizantes não é suficiente para manter a vida autotrófica (LEE et. al., 2007).

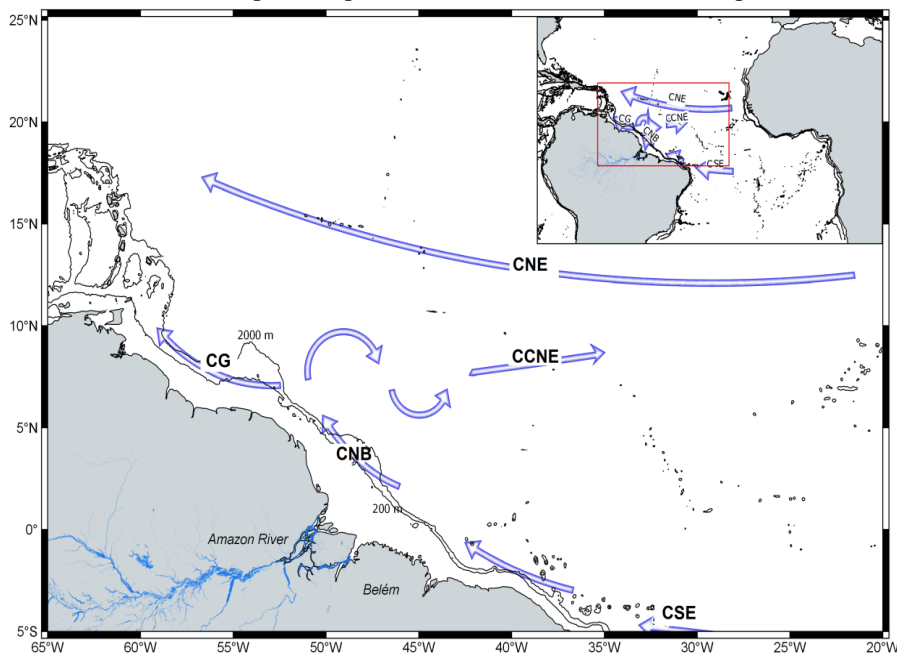
4.7 Processos biogeofísicos controladores da produção primária e pesqueira na costa norte amazônica

Os altos valores no cenário nacional da pesca realizada na zona costeira amazônica são, supostamente, determinados pela grande oferta de alimento disponível à fauna demersal distribuída, principalmente, ao longo da pluma do rio Amazonas. Gouveia et al., 2019a,

constatou que esta região possui elevada produtividade primária (3300 mgC/m²/ dia próximo à costa), a qual está diretamente relacionada a processos de mistura entre as águas continentais e oceânicas. Dessa forma, o entendimento da variabilidade das variáveis ambientais na região da pluma é um elemento chave para explicar os padrões temporais da abundância relativa das espécies de peixes explorados na região.

Neste sentido, a pluma do rio Amazonas se dispersa por mais de 1000 km de sua foz na porção oeste do Atlântico Tropical Norte, estendendo-se de 40 ° a 60 ° O e 3 ° a 20 ° N, para longitude e latitude, respectivamente (COLES et al., 2013; FOURNIER et al., 2015; GOUVEIA et al., 2019a;; MOLLERI et al., 2010). É influenciada pela circulação oceânica superficial do Atlântico tropical, está intimamente ligada às mudanças sazonais no campo de ventos. A circulação média da superfície é dominada pela Corrente Norte do Brasil (CNB), que flui para o noroeste ao longo da costa brasileira e pela Corrente da Guiana (CG). Um componente da CNB retroflete após cruzar o equador, em torno de 6 ° N, 48 ° W e flui para o leste com a contracorrente norte equatorial (CCNE) (STRAMMA; SCHOTT, 1999) (Figura 7).

Figura 7-Representação esquemática das principais correntes superficiais oceânicas na Costa Norte Amazônica (setas azuis). As linhas pretas representam as linhas de contorno das profundidades de 200 e 2000 m.



Fonte: Elaborado pela autora.

Além da circulação oceânica a pluma do rio Amazonas também é influenciada pelo ciclo hidrológico da bacia do rio Amazonas (BRA), o qual compreende um sistema complexo que sofre influência tanto pelas características da porção continental da bacia (como por

exemplo: tipos de vegetação, características do solo, dinâmicas de uso e cobertura) quanto pela dinâmica dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Em termos quantitativos, a BRA drena cerca de 6 milhões de km² e descarrega 5.7×10^{12} m³/ano para a costa norte amazônica, o que representa aproximadamente 17% de toda água doce despejada nos oceanos do mundo (SORRIBAS et al., 2016; CALLEDE et al., 2010; DAI; TRENBERTH, 2002). Além disso, descarregam elevadas quantidades de sedimentos, nutrientes, materiais dissolvidos e particulados, influenciando diretamente na produtividade primária e conseqüentemente na produção pesqueira.

A descarga total dos rios está diretamente relacionada aos padrões de precipitação na Bacia amazônica. Essa apresenta uma pluviosidade elevada (média de 2200mm/ano) e grande variabilidade espacial, sendo que as maiores chuvas (> 3000mm/ano) ocorrem no Noroeste, sudeste, próximo ao delta do Amazonas e também em porções dos Andes (ESPINOZA et al., 2009b; ESPINOZA et al., 2015). Os principais sistemas atmosféricos que modulam os padrões sazonais de precipitação sobre a BRA são : 1) a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) através de sua migração sazonal, a qual alcança uma posição mais ao sul entre o verão e o outono austral (aproximadamente 4°S) e mais ao Norte durante o inverno (10°N no Atlântico) (XIE; CARTON, 2004); 2) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZACAS), que influencia nos padrões de precipitação, durante o verão austral, sendo importantes para as chuvas no sul da BRA (CARVALHO et al., 2004; VIEIRA et al., 2013).

4.8 Processos que controlam a variabilidade interanual das variáveis ambientais na costa Norte Amazônica

Estudos mostram que existem dois processos principais que controlam a variabilidade interanual do ciclo hidrológico da BRA. O El Niño Oscilação Sul (ENOS) e as anomalias de TSM do Atlântico Tropical Norte (ATN) (MOURA; SHUKLA, 1981; COSTA; FOLEY, 1999; MARENGO et al., 2008; MARENGO et al., 2011; YOON; ZENG, 2010). Estes dois fenômenos provocam alterações nos padrões da circulação das células de Walker e de Hadley (DE SOUZA; AMBRIZZI, 2002; WANG, 2002), influenciando na posição e intensidade das bandas de nebulosidade convectiva da ZCAS e ZCIT, que modulam, portanto, a distribuição de chuva na região. Anomalias positivas de TSM do Atlântico Norte provocam o aprisionamento mais ao Norte da ZCIT do que o normal, causando uma redução das chuvas na bacia Amazônica. A influência do ENOS se dá por meio de um processo de teleconexão atmosférica entre o Pacífico e o Atlântico, provocando um aquecimento ou resfriamento do

Atlântico. Esse processo leva em torno de 7 meses entre as mudanças de TSM no pacífico até a chegada no Atlântico (SOARES et al., 2014; KAYANO et al., 2013).

Uma das formas de se estudar o impacto desses fenômenos sobre a variabilidade de um determinado sistema, é através do uso de índices climáticos, como por exemplo, os trabalhos de Soares et al., (2014) e Gouveia; Gherardi e Aragão, (2019b). Esses índices são extraídos de uma região específica, onde é calculado um vetor temporal de anomalias de TSM, que servem de indicativo dos fenômenos do El niño e dipolo do Atlântico.

4.9 Análise de pontos de interrupção (Break point)

A detecção e caracterização de mudanças temporais são indicadores importantes no processo de compreensão de como mecanismos complexos funcionam e evoluem. Essas mudanças temporais carregam muitas informações úteis, que podem ser usadas, por exemplo, para definir políticas públicas e de pesquisa, ou apoiar a análise de fenômenos ecológicos complexos relacionados às mudanças climáticas e biodiversidade (DIXON, 1994; DEFRIES, 1999). Apesar da grande aplicabilidade dos métodos de detecção de alterações temporais, várias extensões foram propostas para obter elementos mais detalhados e melhorar ainda mais a qualidade da detecção de ponto de interrupção (TSAY, 1988; TOPÁL; 2016).

O estudo da progressão de séries temporais está relacionado exclusivamente à detecção de pontos de interrupção, que caracterizam mudanças incomuns em um evento observado (ZEILEIS, 2003). Portanto, os pontos de interrupção podem ser definidos como posições no tempo pelas quais uma mudança significativa nos valores das séries temporais é detectada. Os pontos de interrupção caracterizam importantes características das séries temporais, uma vez que sua detecção e caracterização ao longo do tempo é um primeiro passo para a identificação e compreensão dos fatores de mudança (VERBESSELT et al., 2010).

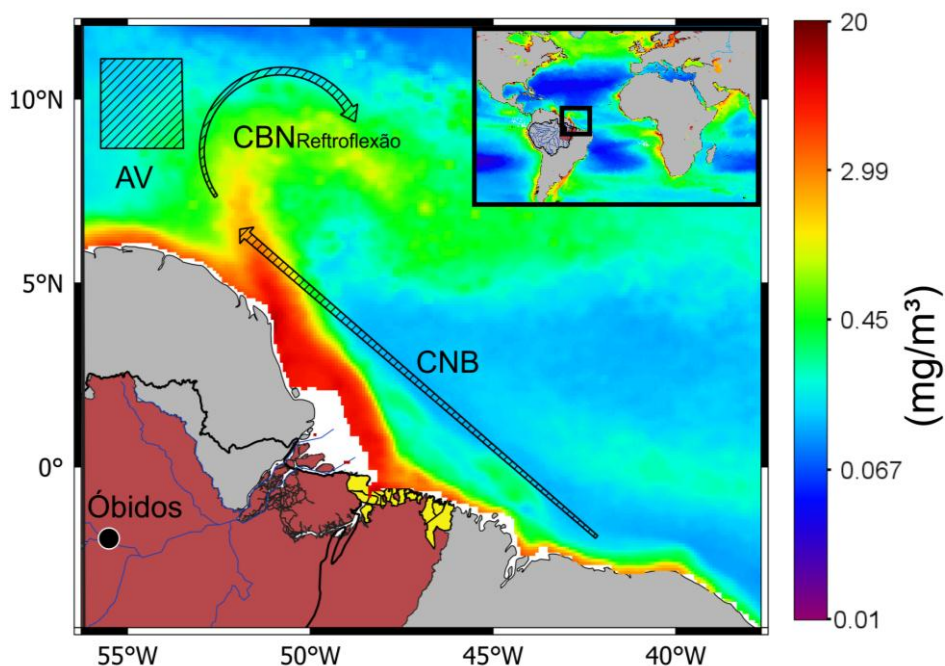
A base para estimar pontos de interrupção em modelos de séries temporais, foi promulgada pela primeira vez por Bai (1994), que tratava de como detectar pontos de interrupção individuais. Esse trabalho foi estendido a vários pontos de interrupção por Bai (1997a, 1997b) e Bai e Perron (1998.). Finalmente, Bai e Perron (2003) propuseram uma abordagem simultânea para estimar múltiplos pontos de interrupção. Os procedimentos para detectar pontos de interrupção, estão relacionados ao teste ou avaliação de desvios do modelo clássico de regressão linear.

5 METODOLOGIA

5.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na costa norte amazônica, incluindo as zonas costeiras dos estados do Pará, Amapá e Maranhão (SOUZA-FILHO et al., 2009). Esta engloba : (1) os municípios que serão analisados quanto aos desembarques da pirapema no estado do Pará entre os anos de 1997 e 2007 (maiores detalhes destes municípios são apresentados na seção 5.2.1): (2) a estação fluviométrica de Óbidos, por ser uma boa indicadora da influência da hidrologia Amazônica sobre a porção oeste do oceano tropical Norte (GOUVEIA; GHERARDI; ARAGÃO, 2019b); e (3) a porção oceânica onde serão obtidas as variáveis ambientais, limitada entre os paralelos 12° Norte, 4° Sul, e entre os meridianos 56° e 37° Oeste (detalhes destes dados são apresentados na seção 5.2.2). A escolha da porção oceânica levou em consideração os principais processos oceanográficos de mesoescala que podem influenciar na abundância relativa da pirapema (transporte da CNB, retroflexão da CNB e área de formação de vórtices) (Figura 8).

Figura 8-Mapa de concentração de clorofila-a, onde a escala de cor representa a média mensal de setembro (1997- 2010), do sensor Seawifis evidenciando a área de abrangência da pluma do rio Amazonas. É apresentado um desenho esquemático da corrente Norte do Brasil, sua retroflexão e a área de exportação dos vórtices. Também consta na figura a estação fluviométrica de Óbidos.



Fonte: Elaborado pela autora

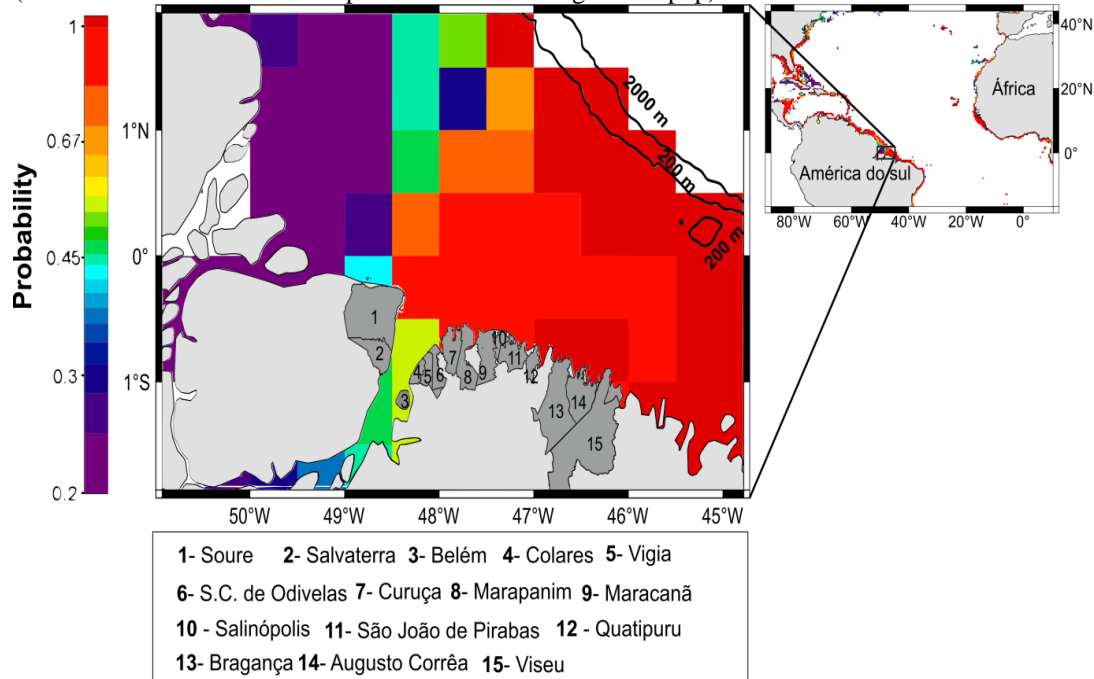
5.2 Dados

5.2.1 Dados de pesca

Analisou-se os dados relacionados a pesca da pirapema de 15 municípios paraenses (Soure, Salvaterra, Belém, Colares, Vigia, São Caetano de Odivelas, Curuçá, Marapanim, Maracanã, Salinópolis, São João de Pirabas, Quatipuru, Bragança, Augusto Correa e Viseu) entre 1997 e 2007 (Figura 9). Estes dados são oriundos do “Sistema de Geração de Dados Estatísticos da Pesca” (ESTATPESCA). Este sistema consiste de uma metodologia de coleta e processamento de dados relativos à pesca. Este sistema tem como objetivo principal dar suporte a caracterização da atividade, bem como quantificar os desembarques de pescado e os esforços de pesca. O sistema foi concebido e desenvolvido por uma equipe de pesquisadores do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA, do estado do Ceará, tendo se iniciado em maio de 1990, por meio de um programa piloto realizado naquele estado, com foco na pesca extrativa marítima (ARAGÃO, 2008).

Posteriormente, após sua consolidação, o sistema passou a ser implantado em outros estados da região Nordeste, em seguida em estados da região Norte. Recentemente, foi utilizado também na região Sudeste/Sul, tornando-se à época uma atividade rotineira em várias unidades estaduais do órgão. Assim, a metodologia de trabalho passou a ser aplicada para a pesca extrativa marítima em quase toda a costa brasileira e, em parte, para pesca extrativa continental em alguns estados da região Norte, tendo sido prevista a expansão do sistema, também, para cobrir outros segmentos da atividade pesqueira (ARAGÃO, 2008).

Figura 9–Área de localização dos municípios analisados, com a probabilidade de distribuição da pirapema. (Escala de cores extraída de <https://www.fishbase.org/search.php>).



Fonte: Elaborado pela autora

5.2.2 Dados das variáveis ambientais

Para relacionar a série temporal de CPUE da pirapema a variabilidade temporal das variáveis ambientais, continentais e oceânica, serão utilizados três tipos de dados: (1) *in situ* (vazão de Óbidos); (2) sensoriamento remoto (TSM e concentração de clorofila-a); e (3) reanálise (intensidade do vento). Detalhes da base de dados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis ambientais, resoluções, tipo de dado e fonte que serão utilizadas na relação entre a CPUE.

Produto	Resolução temporal	Resolução espacial	Tipo de dado	Fonte
[Clorofila-a]	mensal	9km	Sensoriamento remoto: Sensor Seawifis/plataforma OrbView-2	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
TSM	mensal	4km	Sensoriamento remoto: AVHRR/satélites da série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)	https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/avhrr_pathfinder_l3_sst_monthly_nighttime_v5
Intensidade do vento	mensal	33 km	Reanálise: Era interim	https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/
Vazão de óbidos	mensal	x	<i>in situ</i>	http://www.ore-hybam.org

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 Análise de dados

5.3.1 Caracterização dos aspectos da pesca da pirapema *Megalops atlanticus* na costa Norte do Brasil

Estatísticas descritivas foram realizadas para determinar quais os tipos de embarcações que mais capturam o recurso, quais as artes de pesca mais frequentes e quais as médias de captura por cada tipo de arte por embarcação. Avaliou-se a importância de cada um dos 15 municípios (Figura 9) na pesca da pirapema.

Para avaliar mudanças na configuração das embarcações que pescam a pirapema, analisou-se as séries temporais do número de embarcações e dos esforços, por tipo de frota, ao longo do período estudado, tendo como foco avaliar se houve um aumento ou redução no quantitativo de embarcações, nos esforços e qual a frequência relativa, por ano, de cada tipo de frota.

Como a pirapema está na lista de espécies protegidas, é importante identificar se existiu alguma tendência de aumento nas capturas e nos esforços, para isso foram realizados testes de tendência de Mann Kendall, considerando o nível de significância de 5%.

5.3.2 Determinação e consolidação da melhor estimativa da abundância relativa (CPUE) da pirapema na costa Norte do Brasil

A captura por unidade de esforço é especialmente usada como estimador da abundância relativa de um determinado estoque pesqueiro. A CPUE foi calculada através da relação entre o esforço de pesca e a captura, no entanto é importante que estas medidas possuam uma relação estatisticamente significativa entre si (PETRERE, 2010). Antes de calcular a CPUE identificou-se o melhor esforço de pesca seguindo a metodologia de Petre, (2010). Avaliou-se, portanto, a relação entre a captura e o esforço. Foram testados os esforços simples (tamanho da arte de pesca (COMART), dias de mar (DM) e número de pescadores nas embarcações (NP) e compostos (DM x COMART, DM x NP, COMART x NP; DM x COMART x NP).

Os dias de mar foram contabilizados levando em consideração o dia de partida das embarcações até o dia do seu retorno. Assim o melhor esforço foi aquele que apresentou o maior valor significativo de correlação (com base no teste-t de student para coeficiente de correlação, considerando um nível de significância de 5%). Foram comparadas três formas de

calcular a CPUE, os das Equações 1 e 2 (PETRERE, 2010) e Equação 3 (SNEDECOR E COCHRAN, 1967).

$$CPUE_1 = \frac{\sum Ci}{fi} = \left(\frac{\bar{C}}{f} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

$$CPUE_2 = \frac{\sum Ci}{\sum fi} = \frac{\bar{C}}{f} \quad (\text{Equação 2})$$

$$CPUE_3 = \frac{\sum Ci \cdot fi}{\sum fi^2} = \frac{\overline{C \cdot f}}{f^2} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde “c” é a captura e “f” o esforço. Gerando o vetor com os valores da CPUE mês a mês entre 1997 até 2007. A CPUE escolhida foi a que apresentou o menor coeficiente de variação. Análises prévias apresentaram dados ausentes na série temporal de CPUE, para estimar esses dados foi utilizada a técnica de interpolação linear.

5.3.3 Análise dos padrões de variabilidade temporal da CPUE da pirapema entre os anos de 1997 e 2007

Para analisar os padrões de variabilidade da CPUE de *M. Atlanticus* aplicou-se a análise de wavelet, no Software Past 4.03. Esta técnica permite decompor e descrever a evolução, periodicidade e os modos de variação de sinais de diferentes modos de oscilação dentro de uma mesma série temporal (TORRENCE; COMPO, 1998). A análise cria um conjunto de funções a partir de outra (denominada de “ondoleta mãe”), neste trabalho foi utilizada a função complexa Morlet, por ser mais indicada para analisar séries temporais com comportamentos oscilatórios (TORRENCE; COMPO, 1998). De uma forma geral, as wavelets são funções matemáticas que ampliam intervalos de dados, separando-os em diferentes componentes de frequência, permitindo a análise de cada componente em sua escala correspondente. A análise da wavelet mantém a localização do tempo e da frequência, em uma análise de sinal, pela decomposição ou transformação de uma série temporal unidimensional, numa imagem difusa de tempo e frequência, simultaneamente. Assim é

possível obter informações da amplitude de quaisquer sinais periódicos dentro da série, bem como informações de como esta amplitude varia com o tempo (SANTOS; IDEIÃO, 2006).

Além disso, a fim de determinar mudanças de regime na série temporal da CPUE da pirapema, utilizou-se o programa Sequential Regime Shift Detector (SRSD) desenvolvido em Visual Basic for Application (Excel), disponível em: <http://www.climatelogic.com/>, baseado em Rodionov (2015). O objetivo desta análise é fornecer uma base estatística (não subjetiva) para subdividir os dados da CPUE em intervalos estatisticamente significativos, retirando a subjetividade frequentemente associada a pontos de quebra que são normalmente identificados de forma visual. Este algoritmo consiste numa aplicação sequencial do teste t na série temporal para identificar alterações abruptas. Neste trabalho utilizou-se a média como estatística e considerou-se o nível de significância de 5%. Assim, este algoritmo subdivide as séries em intervalos móveis, calculando um valor médio e testando com o intervalo seguinte. Dessa forma os valores que possuem diferença estatística significantes são marcados como ponto de quebra.

5.3.4 Análise da influência das variáveis ambientais sobre a CPUE da pirapema entre 1997 e 2007

5.3.4.1 Correlação cruzada

Para identificar a influência das variáveis ambientais sobre a CPUE da pirapema, realizou-se a análise de correlação cruzada entre as anomalias padronizadas das variáveis ambientais (Tabela 1) com os dados de CPUE. A correlação cruzada foi feita entre a série temporal de CPUE e os dados ambientais de cada pixel, obtendo-se campos espaciais dos padrões de covariação. O coeficiente de correlação cruzada é calculado pela Equação 4. As análises foram realizadas no *software* R 4.1 (<https://cran.r-project.org/>).

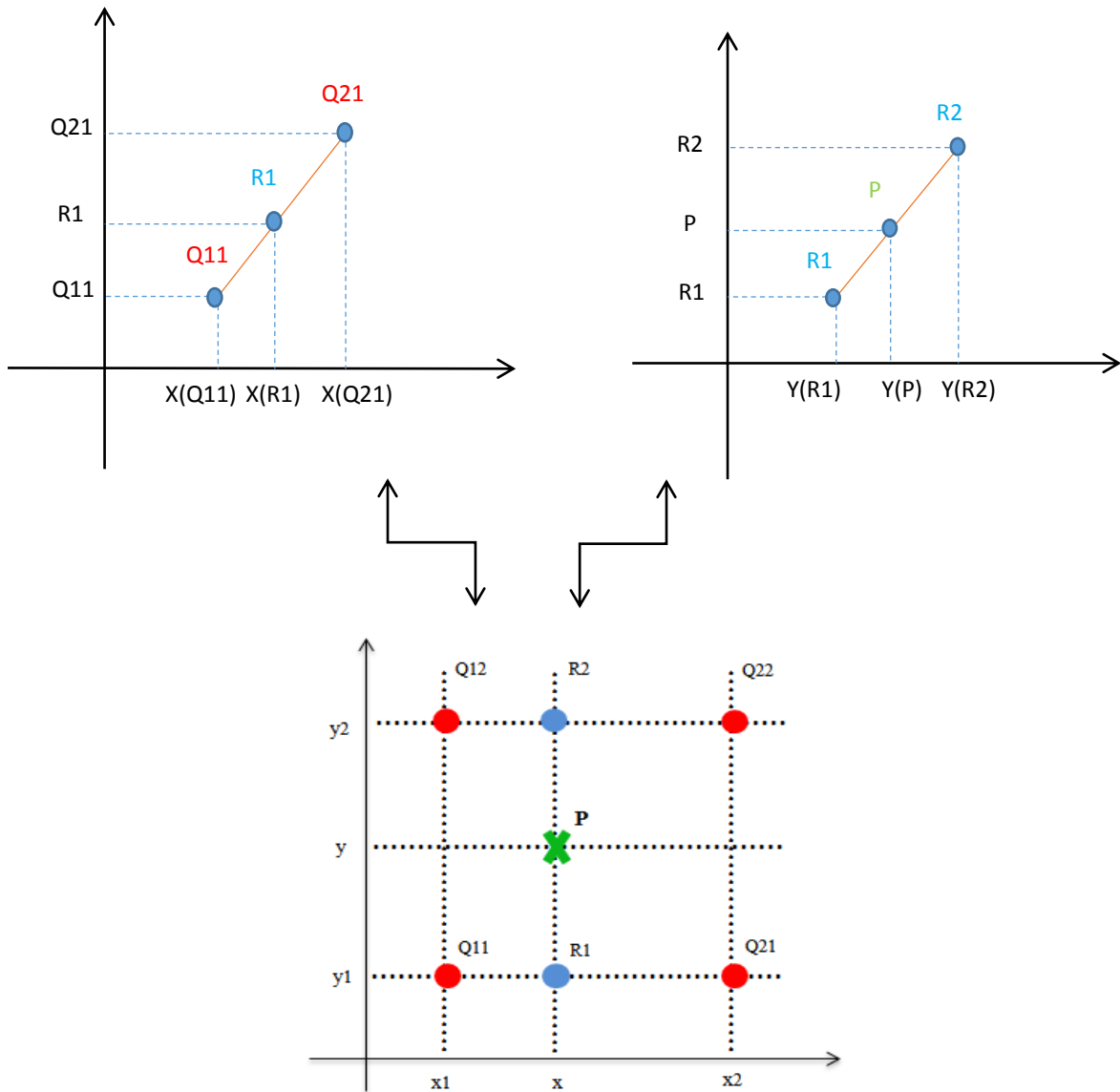
$$r_m = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_{i-m} - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_{i-m} - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Onde r_m é o coeficiente de correlação de Pearson, x e y são as variáveis que se pretende correlacionar, e m a defasagem no tempo. Note que quando $m=0$ é calculado o

coeficiente de correlação normal e quando $m \neq 0$ será calculado do coeficiente de correlação cruzada.

Entretanto, antes de realizar as correlações cruzadas, devido às limitações computacionais, reamostrou-se as imagens de TSM de 4 km para 9 km, para isso, foi utilizado o método de Interpolação Bilinear (IBL). Essa técnica é uma extensão do método linear, entretanto é aplicado usando os dados espaciais, neste caso horizontais (Latitude e Longitude). As etapas de aplicação são as seguintes: (1) Primeiro foi utilizada uma interpolação linear no eixo X (longitude), ou seja, foi realizada uma interpolação linear entre Q11 e Q21 para encontrar R1; (2) e Q12 e Q22 para encontrar o R2; (3) em seguida, foi realizada uma interpolação linear no eixo Y (latitude) entre R1 e R2 para encontrar P (Figura 10). As imagens de concentração de clorofila-a e intensidade do vento não teve necessidade de reamostrar.

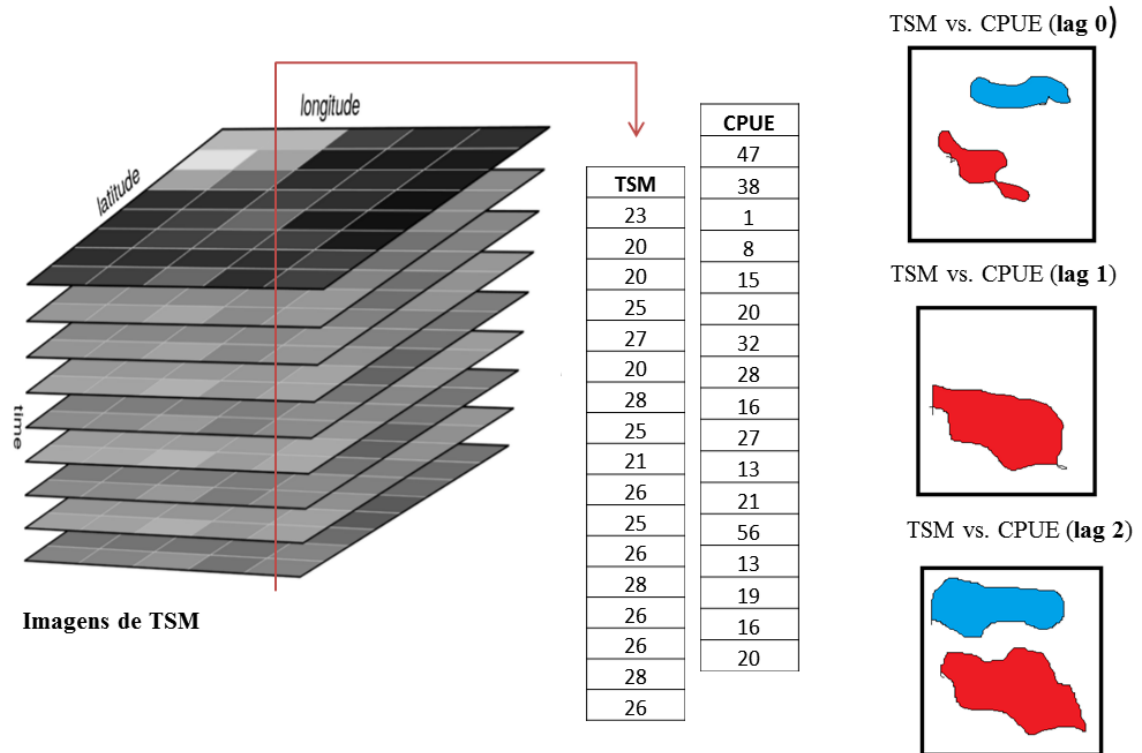
Figura 10-Interpolação linear para encontrar R1 (A) e Interpolação linear para encontrar P (B).



Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, foi realizada a correlação entre a série temporal de todos os pixels da variável, com a série temporal da CPUE, considerando diferentes defasagens. A figura 11 apresenta um desenho esquemático da análise de correlação cruzada, desde a preparação dos dados até o produto final.

Figura 11-Exemplificação de correlação para um pixel entre a CPUE e TSM.



Fonte: Elaborado pela autora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização dos aspectos da pesca da pirapema *M. atlanticus* na costa Norte do Brasil

Foram analisados 4.908 registros de desembarques apresentando uma produção média de 130,75 kg (DP= 52,222) por mês, para todos os tipos de embarcações e artes de pesca. As frotas pesqueiras que tiveram maior frequência de operação na captura da pirapema durante todos os meses analisados, foram BPP (100%), seguido de BMP (97,64%) e CAM (90,55%) (Tabela 2). Para a frequência das artes de pesca, as que se estabeleceram com maior predominância foram a pescadeira (99,21%) e serreira (77,16%) (Tabela 3).

Os resultados sobre a caracterização da pesca se relacionam com as características da pesca artesanal e artes utilizadas na captura da pirapema em toda a região. No Brasil, a espécie é capturada principalmente com rede de emalhe, em embarcações de pequeno e médio porte (SEAP, 2006). De acordo com IBAMA (2006) é muito provável que as maiores capturas ocorram sobre as agregações reprodutivas, o que evidentemente, representa uma ameaça adicional à espécie, que também é considerada alvo da pesca amadora.

Tabela 2- Frequência relativa de ocorrência da frota pesqueira que atua na captura da pirapema, onde as linhas destacadas em azul representam as frotas mais frequentes. Onde, BIN: Barco industrial; BMP: barco de médio porte; BPP: barco de pequeno porte; CAM: canoa motorizada; CAN: canoa e MON: montaria.

Embarcações	Média da captura (kg)	Frequência (%)
BIN	568,29	11,02
BMP	2.545,48	97,64
BPP	2.386,03	100,00
CAM	446,10	90,55
CAN	130,84	35,43
MON	31,00	32,28

Fonte: Elaborado pela autora.

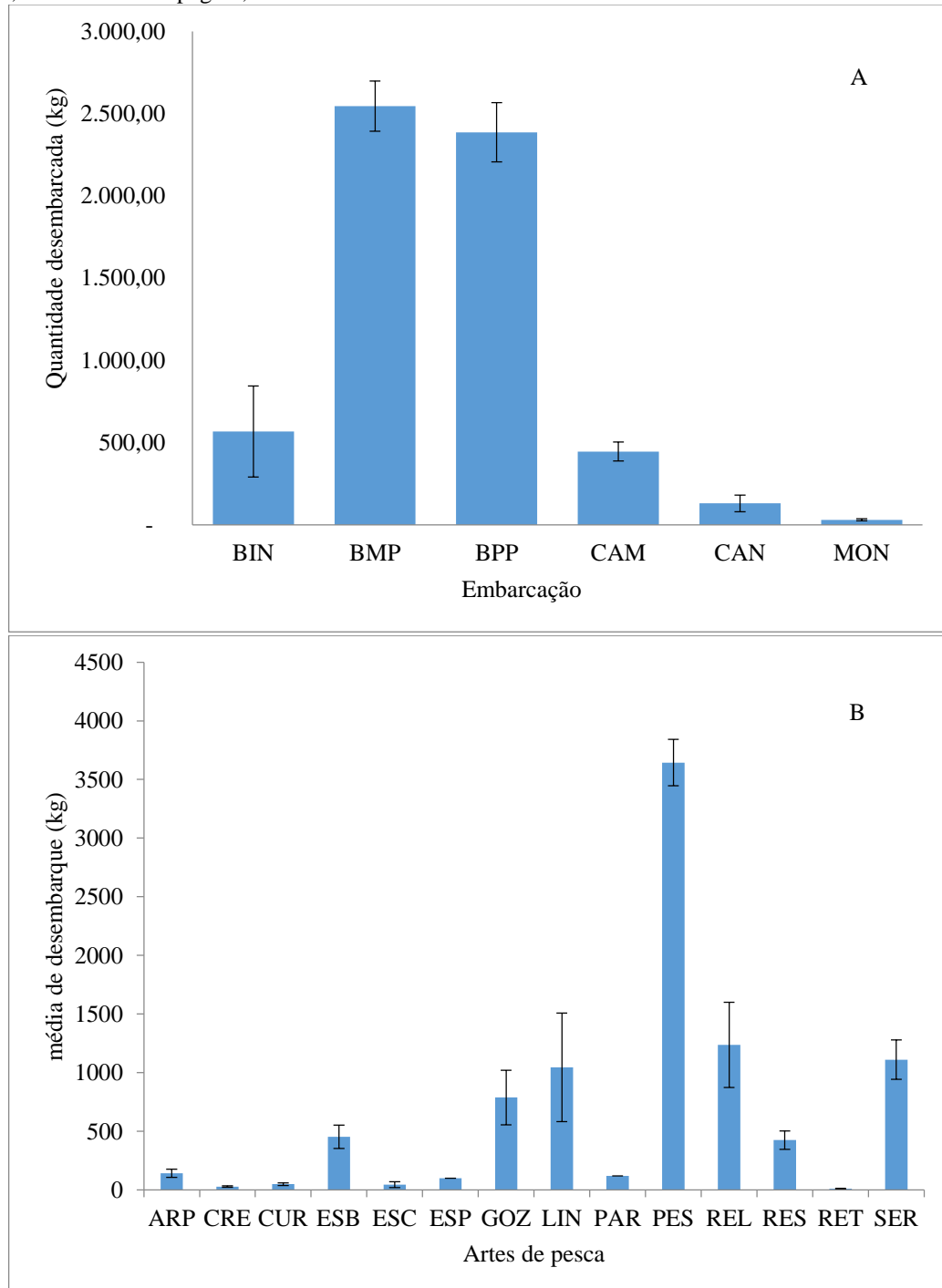
Tabela 3- Frequência relativa de ocorrência das artes de pesca que atuam sobre a captura da pirapema, onde as linhas destacadas em azul representam as artes mais frequentes. Onde, ARP: Arrasto de piramutaba; CRE: curral e rede; CUR: curral; ESB: espinhel/bagre; ESC: espinhel/cioba; ESP: espinhel; GOZ: gozeira; LIN: linha e anzol; PAR: pargueira; PES: pescadeira; REL: rede de emalhar e linha; RES: rede e espinhel; RET: rede de tapagem; SER: serreira.

Artes	Média de captura (kg)	Frequência (%)
ARP	141,17	4,72
CRE	27,88	6,30
CUR	48,80	36,22
ESB	453,51	49,61
ESC	45,00	1,57
ESP	100,00	0,79
GOZ	878,20	31,50
LIN	1044,90	7,87
PAR	120,00	0,79
PES	3704,41	99,21
REL	1235,44	12,60
RES	424,50	22,05
RET	10,60	3,94
SER	1110,67	77,17

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto à média de captura por frota pesqueira, as embarcações BMP (2.545,48 kg) e BPP (2.386,03 kg), apresentaram maiores valores de captura total para todo o período de estudo, dentre as diversas artes de pesca, Pescadeira (3643,97 kg) e rede de emalhar e linha (1235,44 kg), obtiveram os maiores valores de captura, embora serreira apareça como uma das mais frequentes ao longo da série temporal (Figura 12). Segundo Crowder; et al, 2008, As redes de emalhe são os apetrechos mais importante na pesca, sendo o mais utilizado principalmente pela frota artesanal que atua no ecossistema marinho. Este apetrecho também é um dos mais utilizados nas pescarias da costa Norte do Brasil, como na captura da pirapema (OLIVEIRA; FRÉDOU, 2011). Os apetrechos e os diversos tipos de embarcações analisados neste estudo estão classificados de acordo com Cepnor/ICMBio.

Figura 12- Quantidade média total desembarcada por frota pesqueira e artes que atuam na captura da pirapema entre 1997 e 2007, onde BIN refere-se a Barco industrial; BMP: barco de médio porte; BPP: barco de pequeno porte; CAM: canoa motorizada; CAN: canoa e MON: montaria. Quanto às artes de pesca, ARP: Arrasto de piramutaba; CRE: curral e rede; CUR: curral; ESB: espinhel/bagre; ESC: espinhel/cioba; ESP: espinhel; GOZ: gozeira; LIN: linha e anzol; PAR: pargueira; PES: pescadeira; REL: rede de emalhar e linha; RES: rede e espinhel; RET: rede de tapagem; SER: serreira.



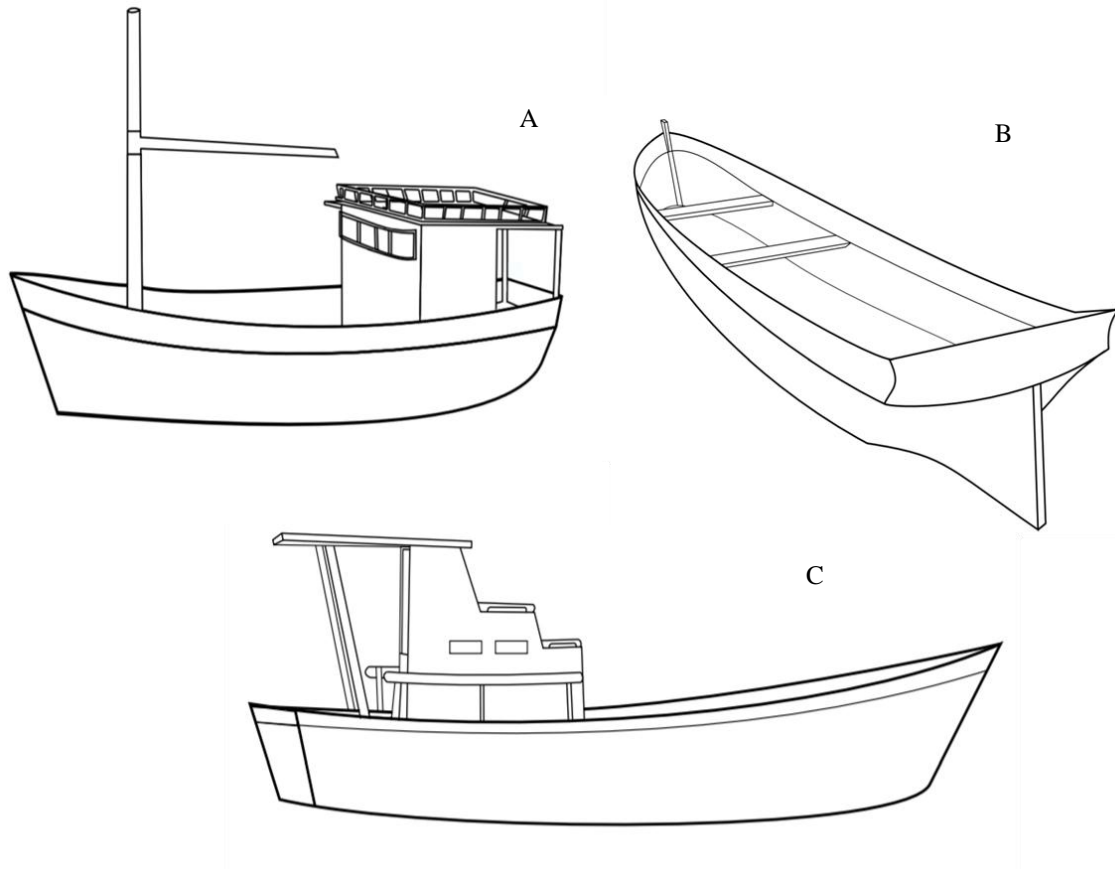
Fonte: Elaborado pela autora.

Na pesca da pirapema, atuam embarcações de pequeno e médio porte, sendo BMP, BPP e CAM as mais predominantes. De acordo com Espírito-santo e Isaac, (2012), Canoa motorizada (CAM), são embarcações que variam de 3 a 8 metros de comprimento, movidas a motor ou a motor a vela, os barcos de pequeno porte (BPP) são embarcações que possuem de 8 a 12 metros de comprimento, que detêm motor ou motor a vela, com casco de madeira. Entre as embarcações predominantes o barco de médio porte (BMP) é o que possui maior poder de pesca, essas embarcações possuem comprimento ≥ 12 metros, movida a motor com ou sem vela, tendo casco de madeira ou ferro (OLIVEIRA; FRÉDOU, 2011) (Figura 13).

Quanto aos apetrechos de pesca, pescadeira, rede de emalhar e linha, serreira (emalhes) e linha e anzol, se destacaram entre os mais atuantes e em relação a maior quantidade média desembarca na pescaria. A linha e anzol atuam capturando o peixe geralmente pela boca, a estrutura é composta por ferro ou aço, contendo uma extremidade pontiaguda, com a função de fisgar os indivíduos, a outra ponta, com argolas ou palhetas, é utilizada para puxar o instrumento e retirar o peixe da água (CALAZANS, 2011), a identificação e a caracterização do apetrecho pode ser observada na figura 14.

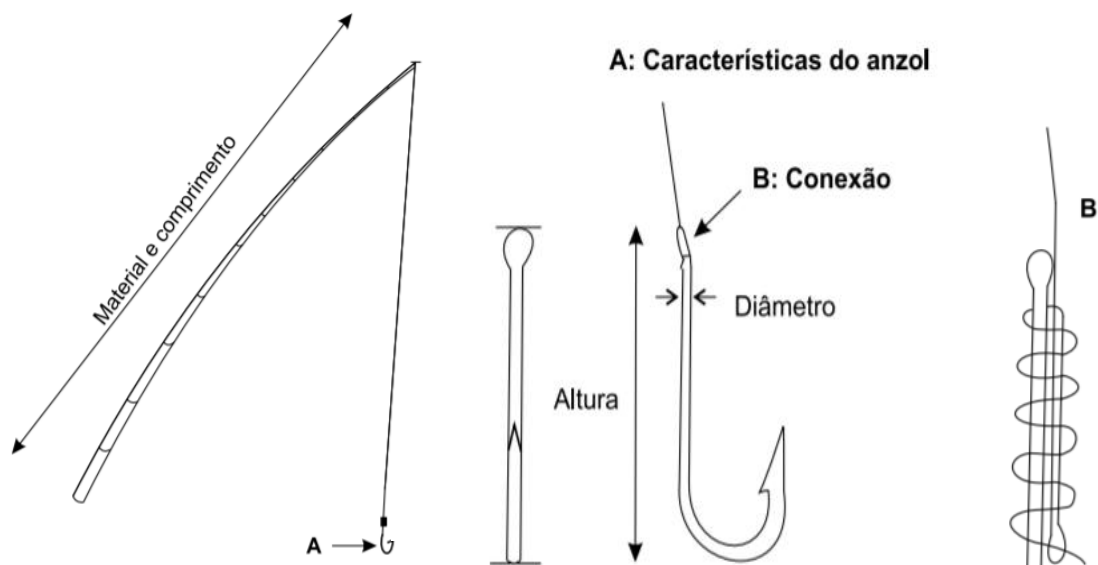
As redes de emalhar atuam na captura constituindo uma barreira para os peixes devido ao seu próprio movimento, quando tentam passar por entre os espaços das malhas, constituem-se basicamente de uma extensa parede de pano-de-rede e as tralhas constituem a estrutura básica na qual se sustenta a armação dessa rede (CALAZANS, 2011) (Figura 15).

Figura 13-Ilustração das principais embarcações que atuam na pesca da pirapema. Onde (A) barco de médio porte (BMP), (B) canoa motorizada (CAM) e (C) barco de pequeno porte (BPP).



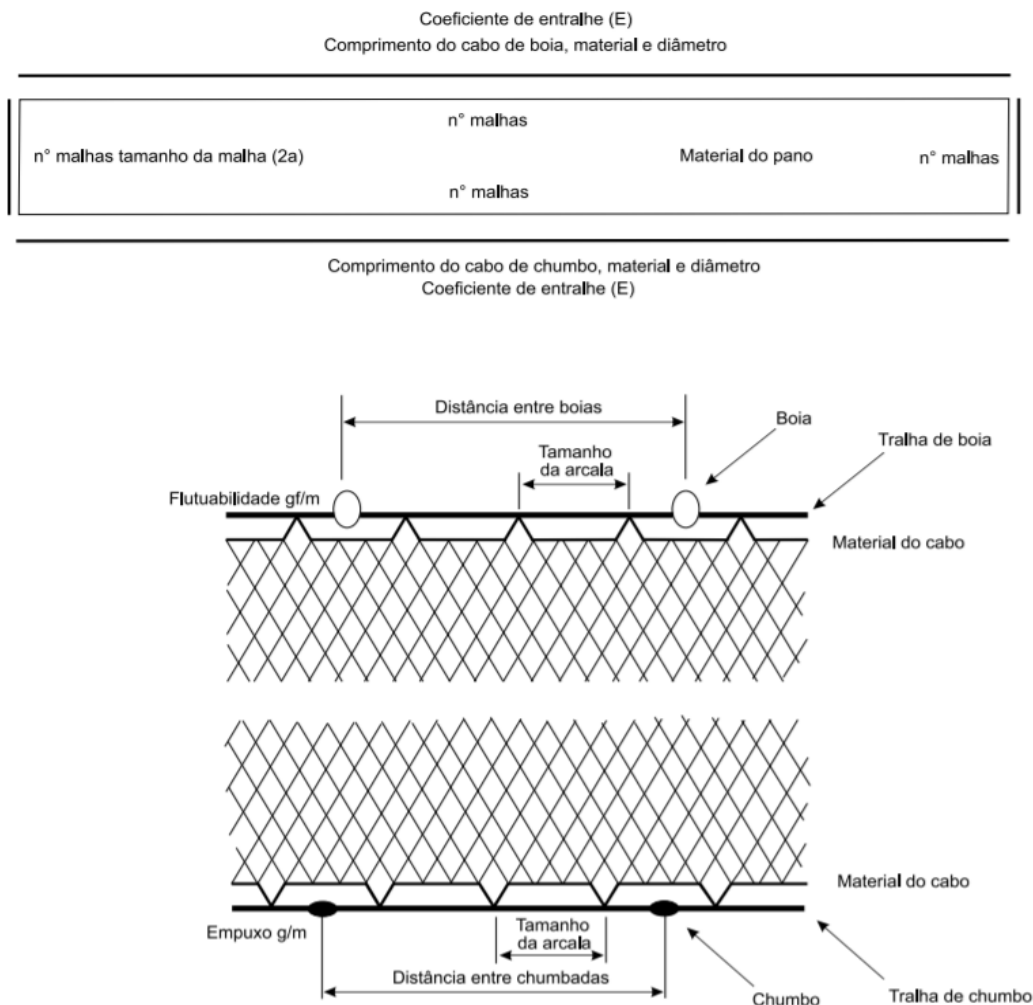
Fonte: Adaptado de Oliveira, 2020.

Figura 14-Ilustração das identificações da arte de pesca que atua na captura da pirapema: (LIN) linha e anzol.



Fonte: (OLIVEIRA, 2020).

Figura 15-Ilustração das identificações da arte de pesca que atua na captura da pirapema: rede de emalhe.



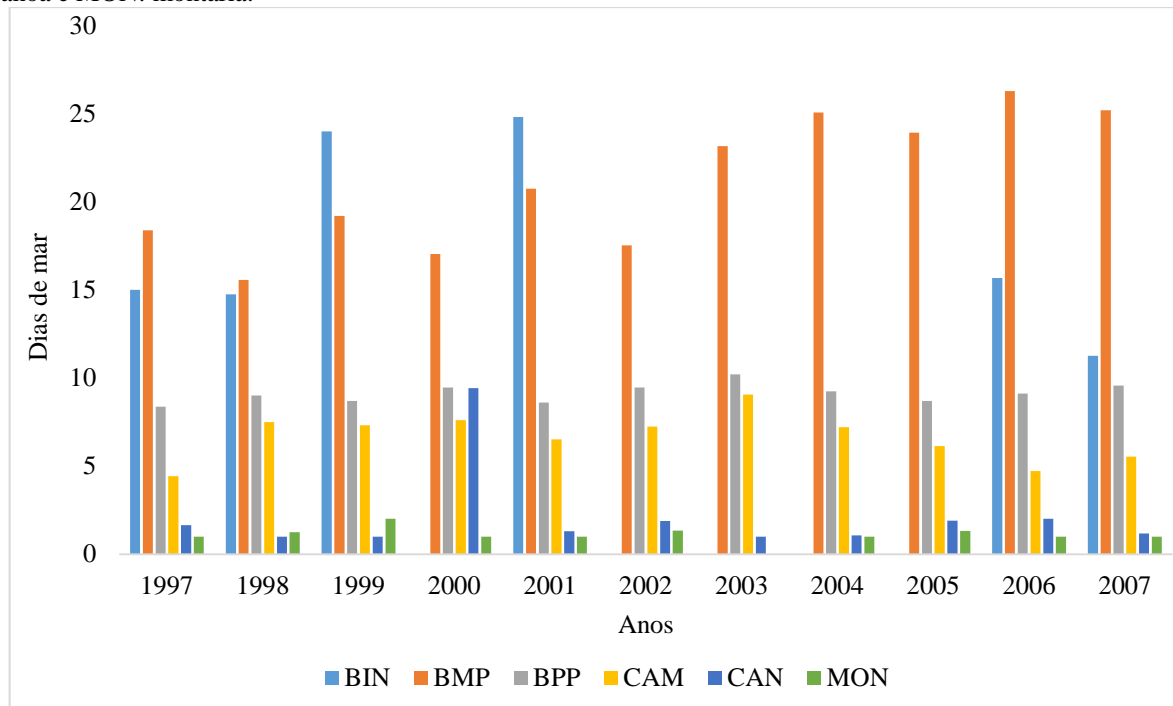
Fonte: (OLIVEIRA, 2020).

Os dias de mar por tipo de embarcação variaram de 1 a 26 dias médios, onde foi possível constatar que ao longo dos anos houve um aumento considerável principalmente entre os barcos de médio porte (BMP), variando de 18 a 26 dias de viagem, tendo o maior número para o ano de 2006. Por outro lado os barcos de pequeno porte apresentaram um valor constante nos dias de mar ao longo da serie temporal. Os barcos industriais (BIN) aparecem predominantes entre os anos de 1997 a 2001, entretanto não a registros de dias de mar entre os anos de 2002 a 2005 (figura 16).

Os BIN por serem embarcações de grande porte, possuem maior autonomia de mar cobrindo uma área muito maior, atuando tanto próximos a costa (próximo a foz do

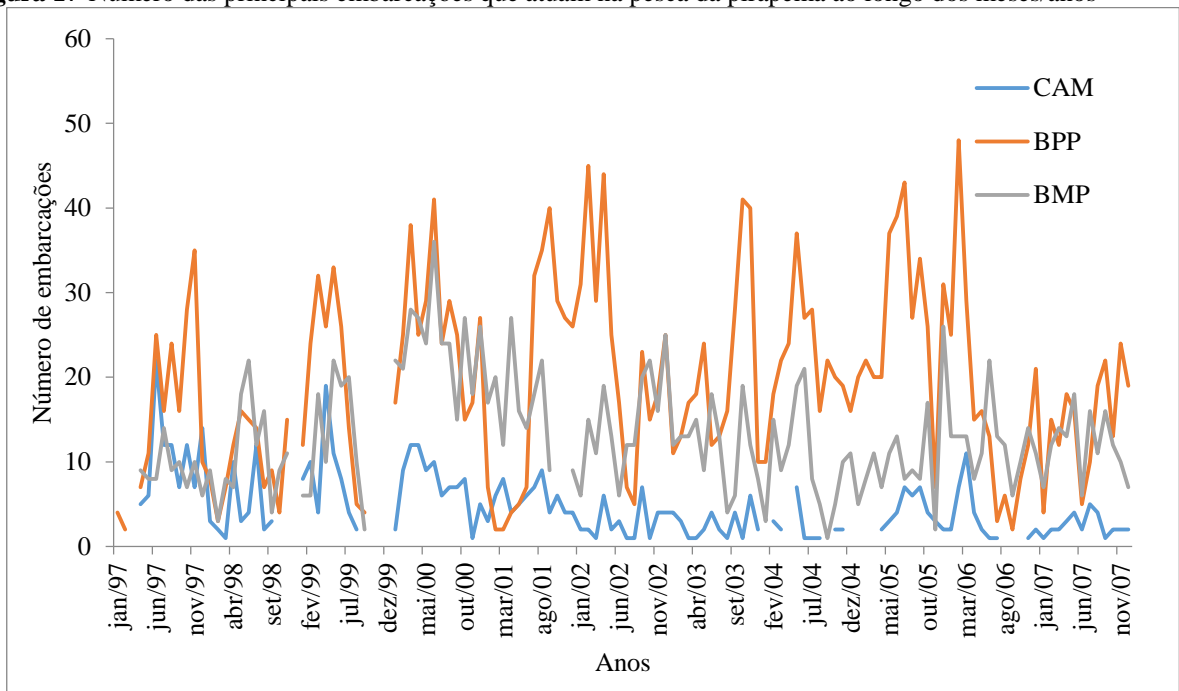
Amazonas, salgado) quanto distante (denominada de pesqueiro) Na costa Norte existem dois principais tipos, a piramutabeira (que usam rede de arrasto) e camaroneira (com a pesca com tangones), ambas desembarcam predominantemente nas indústrias (BARTHEM et al., 2015).

Figura 16-Média de dias de mar por tipo de embarcação, ao longo da série temporal. Onde BIN refere-se a Barco industrial; BMP: barco de médio porte; BPP: barco de pequeno porte; CAM: canoa motorizada; CAN: canoa e MON: montaria.



Fonte: Elaborado pela autora.

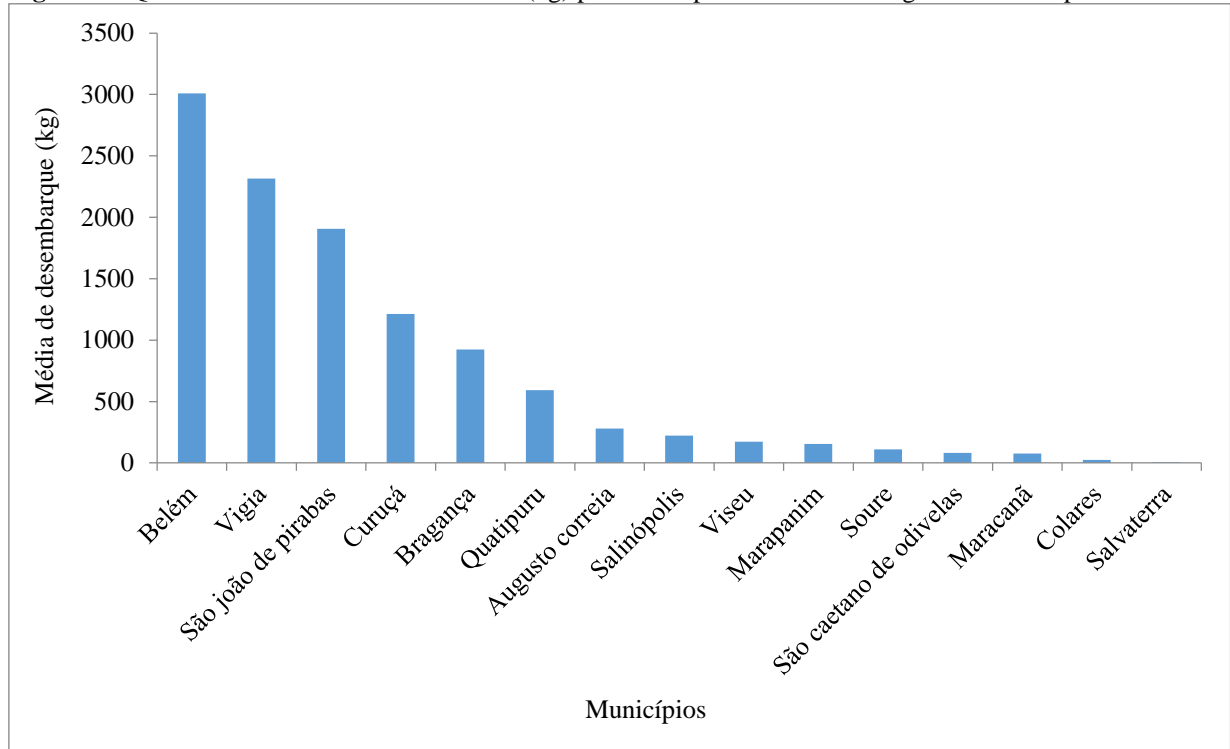
Em relação número de embarcações que atuam na pesca da pirapema ao longo dos meses/anos, as embarcações de pequeno porte (BPP) foram predominantes, entretanto, é possível observar que existe um padrão sazonal quanto ao número de embarcações ao longo do tempo, apresentando maiores valores no primeiro semestre (2,439 embarcações) correspondendo ao período chuvoso, e menores valores no segundo semestre (2,117 embarcações) correspondendo ao período seco, durante toda a série temporal (Figura 17).

Figura 17-Número das principais embarcações que atuam na pesca da pirapema ao longo dos meses/anos

Fonte: Elaborado pela autora.

Dentre os municípios analisados, Belém (3009,26 kg), Vigia (2315,69 kg), São João de Pirabas (1212,13 kg), Curuçá (922,65 kg) e Bragança (593,13 kg) são os que mais contribuem em relação quantidade média desembarcada na captura da pirapema (Figura 18). Os municípios de Belém e vigia, possuem grande relevância quanto à produção de pescado no estado do Pará, sendo constatadas em anos anteriores, com desembarques de 40.134 t somente no porto do mercado Ver-o-Peso em Belém no período de 1993 a 1997 (BARTHEM, 2004). Como esperado, Belém figura como o mais importante município no desembarque do pescado, provavelmente por abrigar um núcleo de empresas de pesca e processamento industrial, as quais fornecem suporte às frotas pesqueiras, principalmente na questão logística e de serviços e instalações necessárias para manutenção da atividade e escoamento da produção (BARTHEM; FABRÉ, 2004; FURTADO JR, 2006).

Figura 18-Quantidade média desembarcada em (kg) por município estudado ao longo da série temporal.



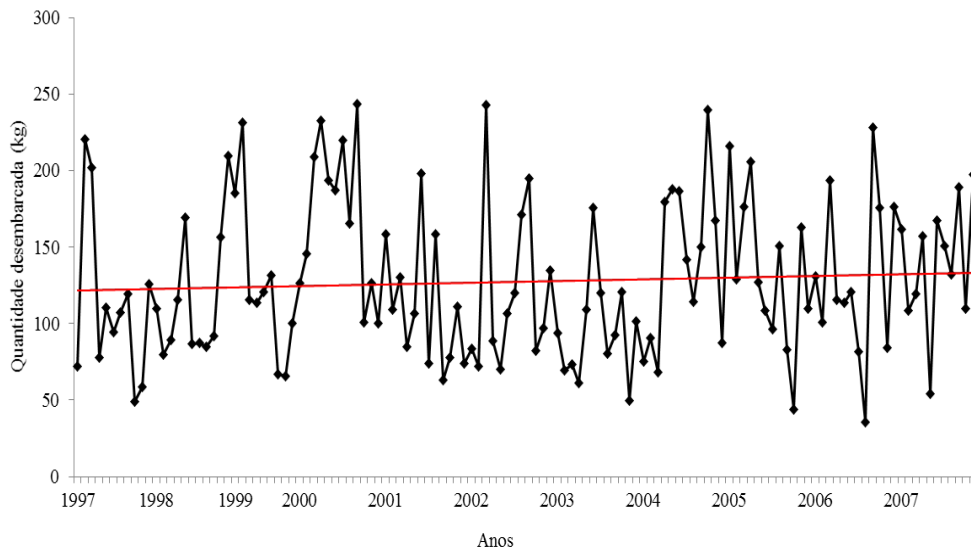
Fonte: Elaborado pela autora.

A série temporal de desembarques totais de pirapema não apresentou tendência significativa entre os anos de 1997 e 2007 ($p > 0,05$) (Figura 19), em contrapartida todas as séries temporais das unidades de esforços analisadas mostraram tendências positivas ($p < 0,05$) (Figura 20). Constatou-se que ao longo da série temporal de desembarques da pirapema ocorreu um aumento do esforço, não sendo acompanhado por um aumento nas capturas, sugerindo assim um possível cenário de sobrepesca. Neira e Acero, 2016 sugerem que este fato se dá principalmente devido à intensa exploração, e ao manuseio inadequado de artes de pesca (uso de dinamite), à deterioração ou perda de habitat natural, à má gestão da água (poluição) e aos impactos no mar (sobrepesca).

Como *M. atlanticus* é uma espécie marinha, mas que também habita rios, baías, estuários e lagoas revestidas de mangue (TAYLOR; LOEW; GRACE, 2011), Utilizando diversos tipos de habitats e recursos ao longo do seu ciclo de vida e também é dependente de estuários, principalmente manguezais em regiões tropicais (MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2018). Essas áreas sofrem uma grande pressão antrópica e também são afetadas por fatores ambientais ao longo dos anos, o que vem causando diversos desequilíbrios na sua dinâmica natural, e possivelmente pode estar afetando a população da espécie que possui

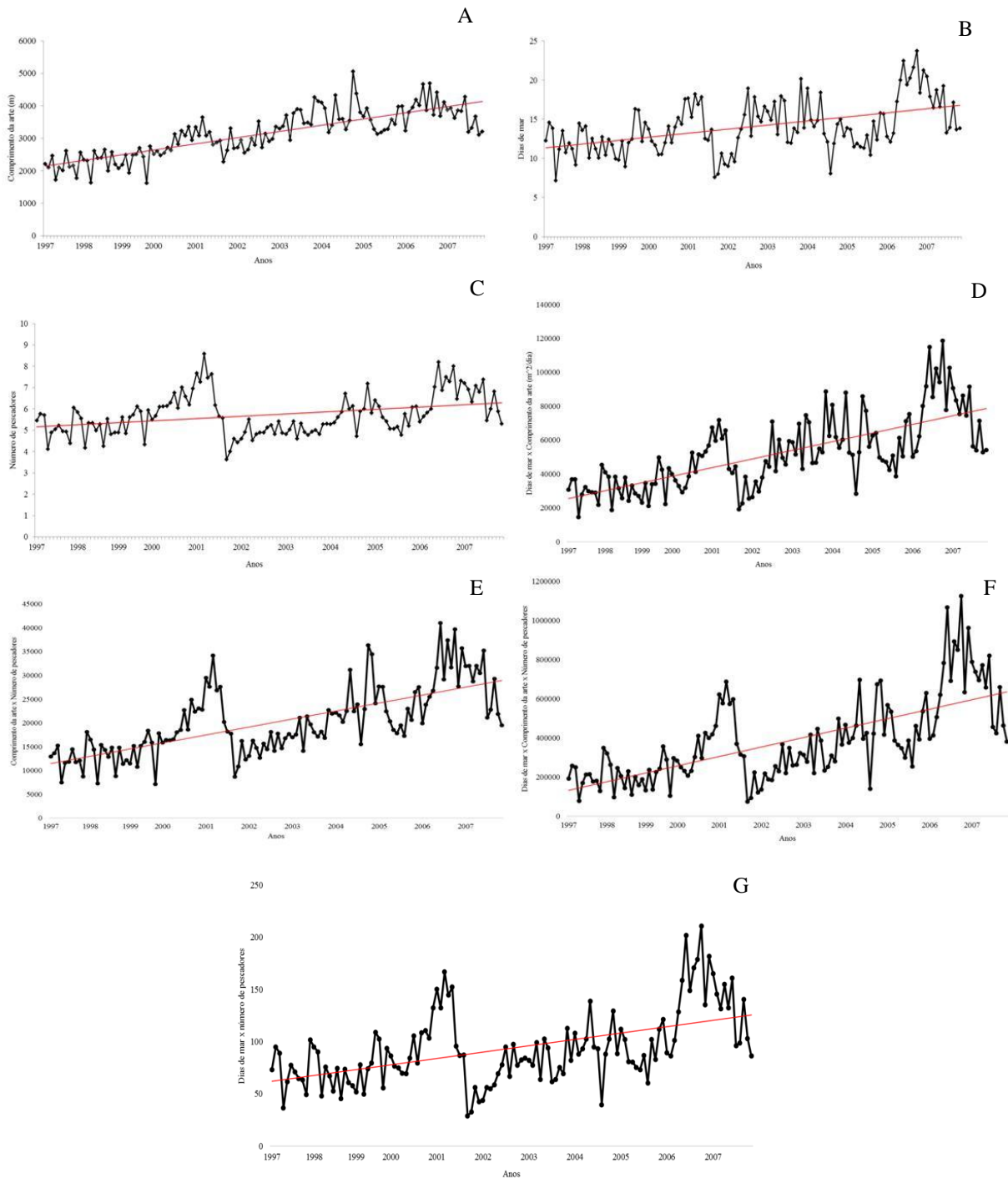
extrema dependência dessas zonas, principalmente durante o período reprodutivo. Espécie que possui extrema dependência dessas zonas, principalmente durante o período reprodutivo.

Figura 19-Gráfico de tendência da quantidade desembarcada em (kg), entre 1997 e 2007 com as principais artes de pesca e embarcações que atuam na captura da pirapema, onde a linha destacada em vermelho representa a linha de tendência.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20-Gráfico de tendência dos esforços ao longo da série temporal, entre as principais artes de pesca e embarcações que atuam na captura da pirapema, para comprimento da arte (A); dias de mar (B); número de pescadores (C); dias de mar x comprimento da arte ((D); comprimento da arte x número de pescadores (E); dias de mar x comprimento da arte x número de pescadores (F); dias de mar x número de pescadores (G). Todos os esforços apresentaram tendência positiva pelo teste de Mann kendall ($p < 0,05$). Onde a linha destacada em vermelho representa a linha de tendência



Fonte: Elaborado pela autora.

6.2 Estimativa da melhor CPUE para o *M. atlanticus* na costa Norte do Brasil

Para a determinação do esforço de pesca foi utilizada a análise de regressão linear entre a captura e os esforços simples e compostos. Na análise de correlação, verificou-se que há maiores correlações para número de pescadores ($r = 0,857$), e Comprimento da arte x Número de pescadores ($r = 0,731$). Devido à espécie em estudo representar altos números de desembarque como fauna acompanhante, o esforço de pesca utilizado foi o esforço composto entre número de pescadores e comprimento da arte, a fim de estabelecer a melhor estimativa de abundância relativa (tabela 4).

Neste caso, foram levadas em consideração as características da pesca da espécie em estudo, pois de acordo com Matos e Lucena, 2006 a fauna acompanhante da pescada amarela, nas pescarias com rede de emalhar, representa de 52 a 66% da captura total e é dominada principalmente por espécies de médio e grande porte como a pirapema. Segundo Mourão et al (2009) As redes de emalhar nessa pescaria apresentam tamanhos variados, de 270 a 4.500m de extensão, logo, o número de pescadores influencia diretamente no momento do lançamento, recolhimento da rede e conseqüentemente na captura das espécies. Ou seja, o número de pescadores e o comprimento da arte possuem grande importância no desembarque total da espécie.

Tabela 4- Correlação entre os esforços simples e compostos, da produção total mensal entre as principais artes e frotas pesqueiras que atuam na pesca da pirapema para o período entre 1997 a 2007. Onde QUADES: quantidade desembarcada; DM: dias de mar; COMART: comprimento da arte e NP: número de pescadores.

	Soma de quades	Soma de dias de mar	Soma de comart	Soma de Np	Soma de Dm x Comart (m ² /dia)	Soma de Dm x Np	Soma de Comart x Np	Soma de Dm x Comart x Np
Soma de QUADES	1,000							
Soma de DM	0,729	1,000						
Soma de COMART	0,746	0,929	1,000					
Soma de NP	0,857	0,924	0,906	1,000				
Soma de DM x Comart (m ² /dia)	0,578	0,904	0,897	0,764	1,000			
Soma de DM x NP	0,679	0,934	0,859	0,881	0,928	1,000		
Soma de Comart x NP	0,731	0,908	0,936	0,898	0,937	0,958	1,000	
Soma de DM x Comart x NP	0,522	0,798	0,783	0,702	0,947	0,933	0,926	1,000

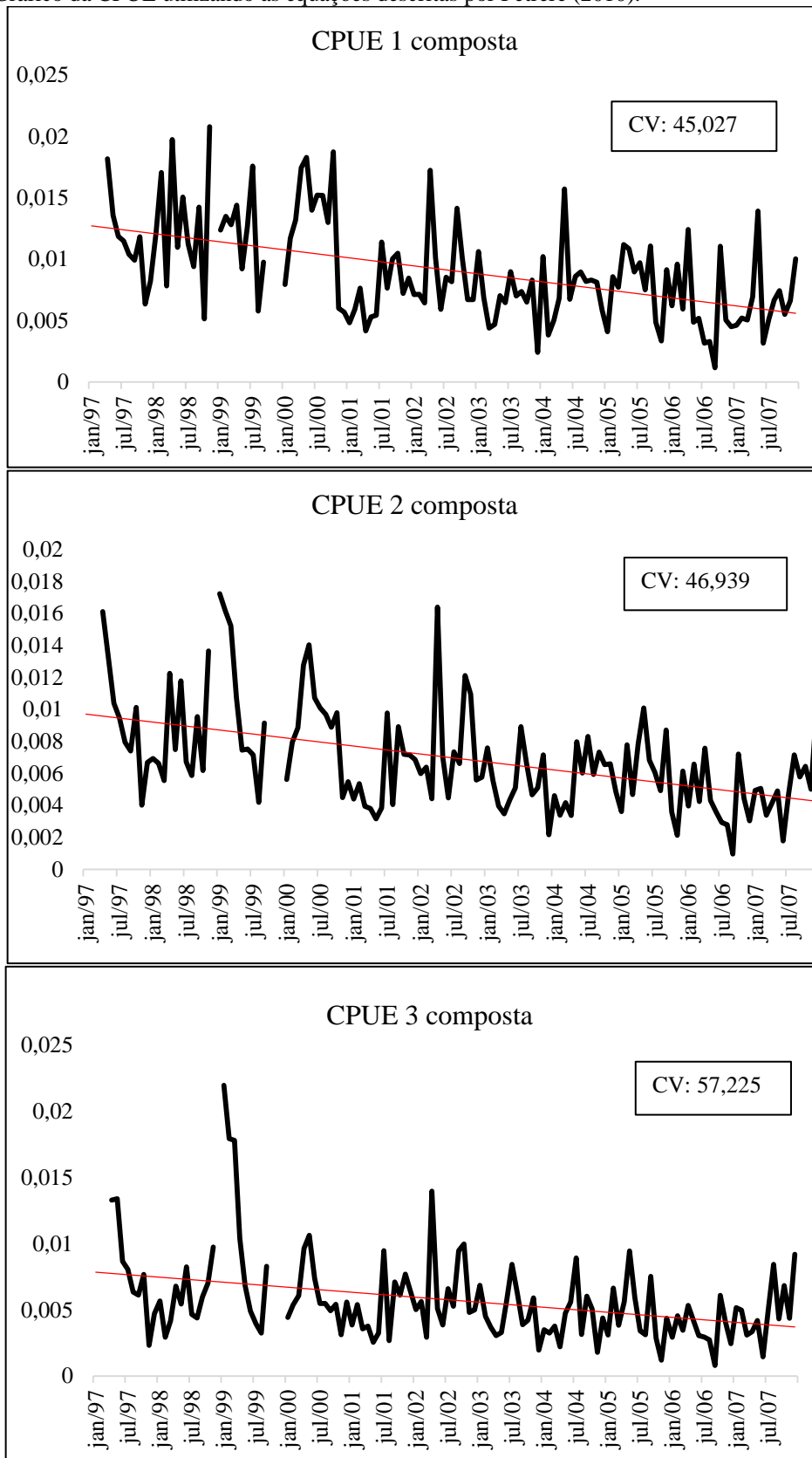
Fonte: Elaborado pela autora.

Para avaliar qual a melhor estimativa de captura por unidade de esforço a ser utilizada, foi analisado os valores de coeficiente de variação. Os resultados indicaram que as melhores cpues foram a CPUE 1 e CPUE 2, não havendo diferença significativa entre elas (Figura 21). Diante disso, a CPUE 2 foi escolhida levando em consideração o coeficiente de determinação que obteve maior correlação ($R^2 = 0,731$). Ainda assim, sendo a mais indicada conforme os estudos descritos por Petrere (2010).

A CPUE 2 foi calculada através dos dados de captura em kg de pescado capturado por comprimento da arte em metros, por número de pescadores. Através do teste de Mann-Kendall foi possível identificar que as cpues apresentaram uma tendência significativa de diminuição ao longo dos anos ($Z: 5,39$; $p: < 0,05$), além disso, existe uma redução na variabilidade das cpues, sendo menores nos últimos anos ao longo da série temporal.

Nenhum estudo foi encontrado sobre medidas específicas no Brasil voltadas para a conservação de *M. atlanticus*, sendo assim, medidas de manejo voltadas à espécie devem ser definidas claramente, e idealmente devem incluir ações como o estabelecimento do defeso durante o período reprodutivo, regulamentação de tamanho de captura e, talvez, cotas individuais direcionadas à pesca artesanal principalmente na região norte, onde a espécie é ainda relevante para comunidades costeiras (SANTOS et al, 2018). Desse modo, são reflexos que podem ser minimizados com a adoção de métodos de manejo, gerenciamento e ordenamento dos recursos naturais, levando em consideração não somente os recursos, mas também as pessoas e comunidades que utilizam estes recursos para a subsistência e/ou comércio. (SILVA; SILVA, 2011).

Figura 21-Gráfico da CPUE utilizando as equações descritas por Petreire (2010).



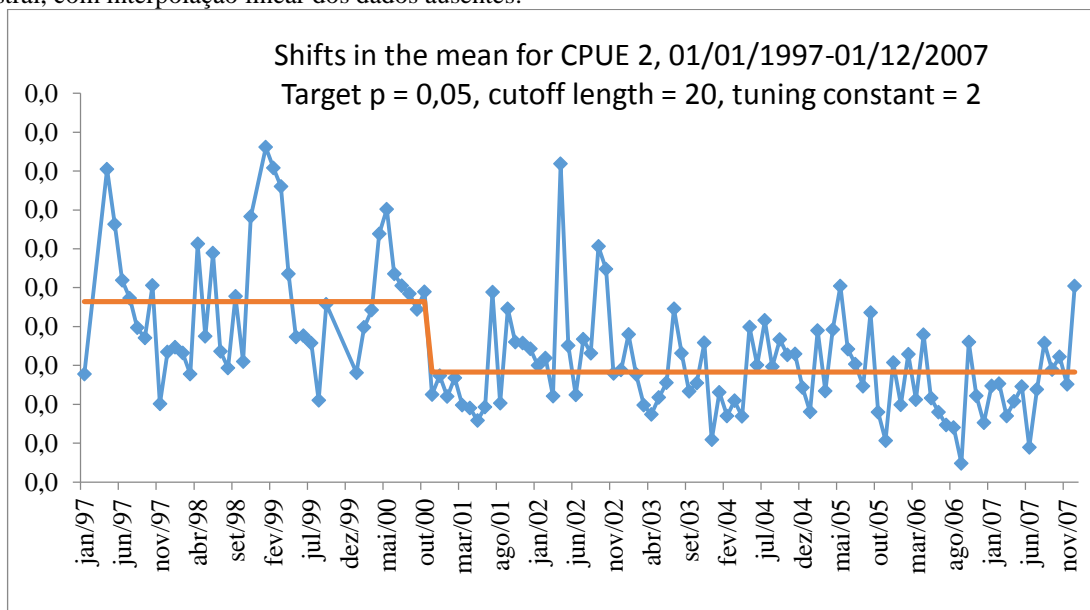
Fonte: Elaborado pela autora.

6.3 Padrões de variabilidade temporal da pirapema entre os anos de 1997 e 2007;

6.3.1 Análise de Break Point

Note que na figura 21 as análises de CPUE foram realizadas com os dados ausentes, entretanto foi realizada interpolação linear para preencher essas lacunas, para assim ser aplicada a metodologia de pontos de interrupção. Na análise de Break Point, realizada com a série temporal da CPUE, foram constatados dois regimes bem definidos ao longo da série temporal, sendo o primeiro período entre 1997 até o ano 2000, e o segundo de 2001 a 2007, o ponto de interrupção ocorre ao final do ano 2000, como pode ser observado na figura 22. Dentre as possíveis causas, podem estar relacionadas às políticas públicas do setor pesqueiro, onde os anos foram marcados por grande descaso e transformações. É importante destacar que ao final da década de 1980, em plena onda neoliberal, a Superintendência para o Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) é extinta, onde as funções do setor passam a ser do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). No período de 1990 e 2000 não houve medidas significativas, entretanto houve um recuo na produção de pescado devido a grande exploração desenfreada dos recursos (CARDOSO, 2009). Este período também coincide com a brusca mudança de regime na série temporal em estudo. Estas causas também podem estar associadas a eventos de fenômenos climáticos naturais como o El Niño e La Niña.

Figura 22- Gráfico da análise de pontos de interrupção (Break Point) da CPUE2 composta para todo o período amostral, com interpolação linear dos dados ausentes.



Fonte: Elaborado pela autora.

Durante o período analisado identifica-se que a espécie pode ocorrer durante todo ano, geralmente com maiores frequências entre Maio a Junho e Outubro a Dezembro (Figura 23). Entretanto os valores de abundância relativa não apresentam um padrão definido pelas estações seca e chuvosa. Entre 2000 e 2004, a maior abundância ocorreu no período seco e no restante dos anos no período chuvoso. (Figura 23B). Percebe-se na figura 18b que a espécie possui uma tendência de diminuição a partir de 2002 tanto para estação seca quanto chuvosa. É possível observar que o período de maior abundância da espécie coincide com períodos onde a região foi afetada por La Niña (maior intensidade de chuva)(1998, 1999 e 2000) e o de menor abundância pelo El Niño (2002, 2003, 2006 e 2007) . Além disso, a análise de Wavellet para a CPUE da pirapema evidenciou um forte sinal interanual significativo de 32 meses (quase 3 anos)(Figura 24) em todo período de estudo, coincidindo com a variabilidade interanual do ENOS que é de 2 a 7 anos (KAYANO et al., 2009). Sugerindo, portanto, que além das questões relacionadas à pesca, possíveis impactos das alterações climáticas via ENOS estão atuando sobre a captura da pirapema.

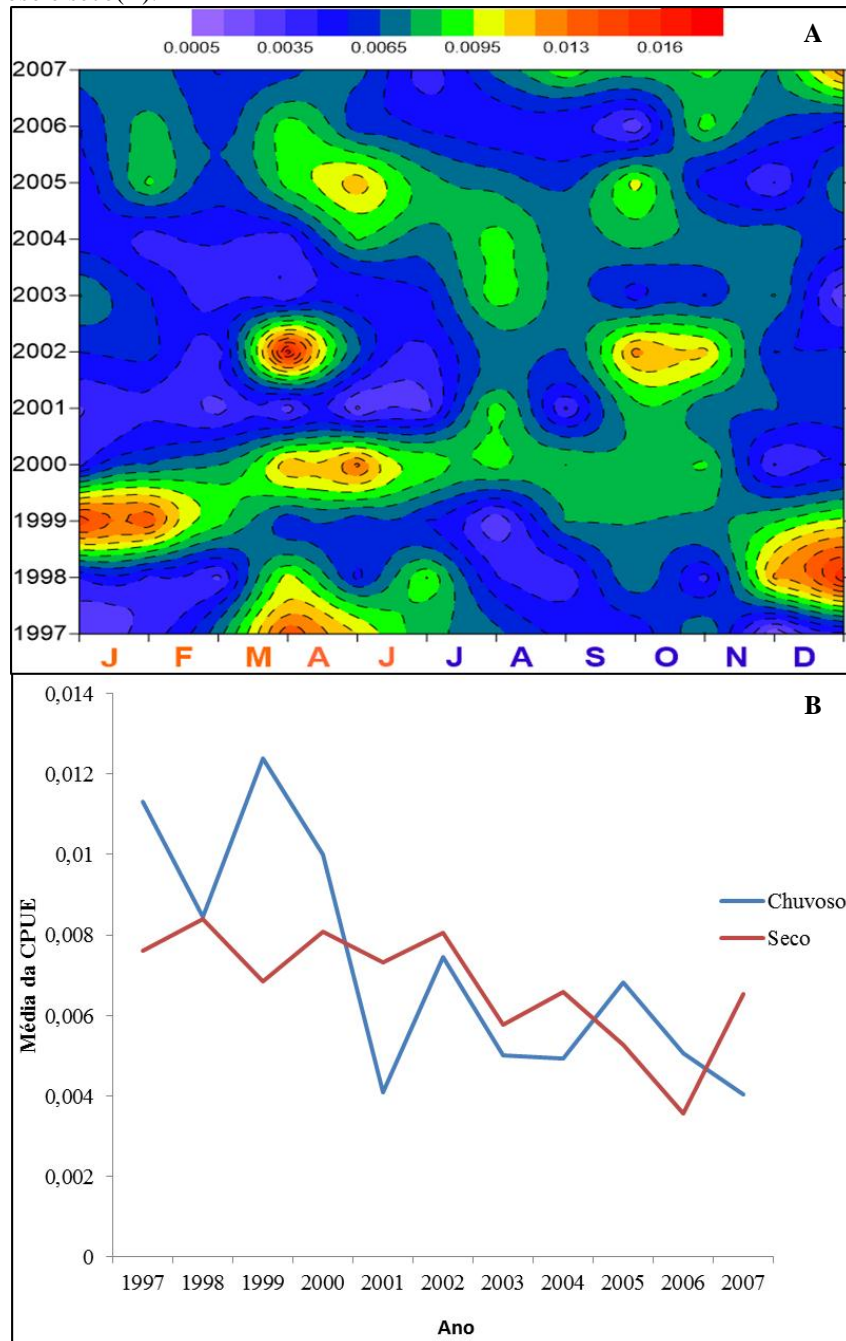
Eventos de ENOS modificam as variáveis hidrológicas, oceanográficas e meteorológicas nas regiões Tropicais. Na bacia Amazônica, durante eventos de El Niño moderado, a precipitação tende a ser menor que a normal na bacia amazônica, enquanto em anos de La Niña moderado a precipitação tende a ser maior que a normal (SANTOS et al 2012; SANTOS et al 2014). Isto modifica a quantidade de nutrientes, sedimentos e água transportada para dentro do oceano, o que modifica as características biogeoquímicas da região costeira, podendo afetar diretamente a disponibilidade de alimentos para a espécie e consequentemente sua distribuição.

Andrade (2011) identificou anomalias positivas de precipitação para La Niña de 1998 (± 30 mm) e 2001 (160 mm) em uma porção da Amazônia oriental. A influência do evento é evidenciada nos meses da estação chuvosa. Este período coincide com as maiores médias de captura da pirapema ao longo da série temporal. A pesquisa de Barbalho; Barros e Silva (2013) para a produção pesqueira no Nordeste do Brasil e sua relação com os fenômenos climáticos, revela que, durante eventos do ENOS a produção pesqueira é afetada, variando de espécie para espécie, sendo maior em anos de La Niña e menor em anos de El Niño.

Nesse sentido, os anos de maior valor de captura coincidem com os anos em que a região foi afetada pelo fenômeno La Niña (1998 1999 e 2000) (figura 23). Grande parte das espécies de peixes da região amazônica possui grande dependência com a duração do período de cheias (GOMES e AGOSTINHO, 1997; WINEMILLER, 2004). De acordo com Mérona

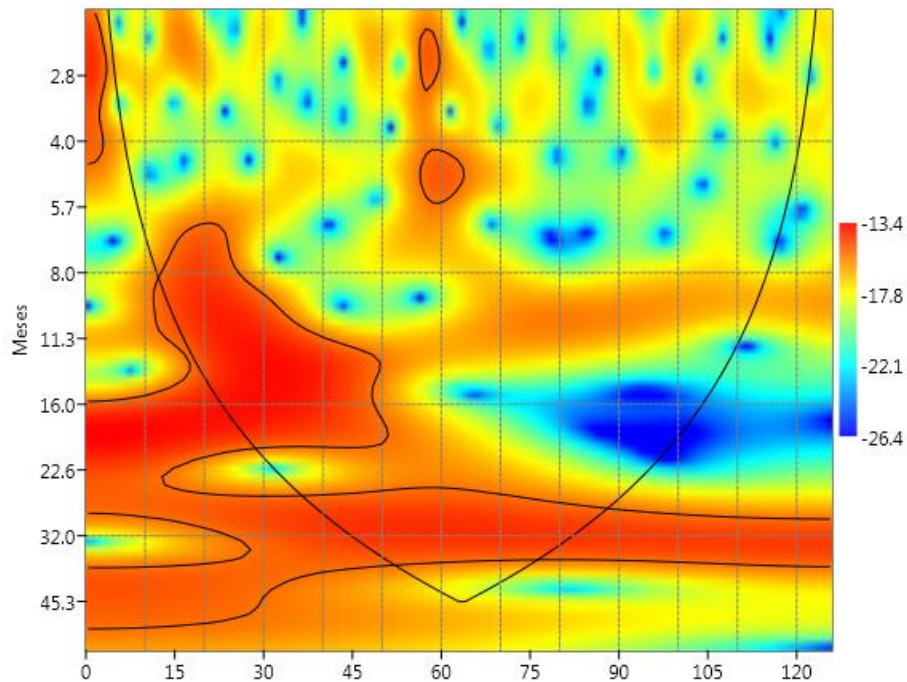
(1995) as inundações propiciam condições abióticas favoráveis para a sobrevivência das larvas e juvenis de espécies migradoras.

Figura 23-Análise do padrão temporal da abundância da espécie (A) e média da captura por unidade de esforço nos períodos chuvoso e seco(B).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24- Análise de Wavelet Morlet da captura por unidade de esforço da pesca da pirapema ao longo da série temporal.



Fonte: Elaborado pela autora.

6.4 Análise da influência das variáveis ambientais sobre a CPUE da pirapema entre 1997 e 2007

Foram realizadas análises de correlação cruzada da CPUE com as anomalias das variáveis oceânicas (Concentração de clorofila-a, TSM e intensidade do Vento) e hidrológica (Vazão de Óbidos). Vale ressaltar que as análises de correlação cruzada são comumente interpretadas de duas formas: (1) os lags mais baixos, entre 0 a 12 meses, estão associados a possível influência da variabilidade da variável sobre os indivíduos adultos; e (2) os lags mais altos, maior que 12 meses, podem apresentar relações que ocorrem sobre os indivíduos durante a época de larva ou juvenil.

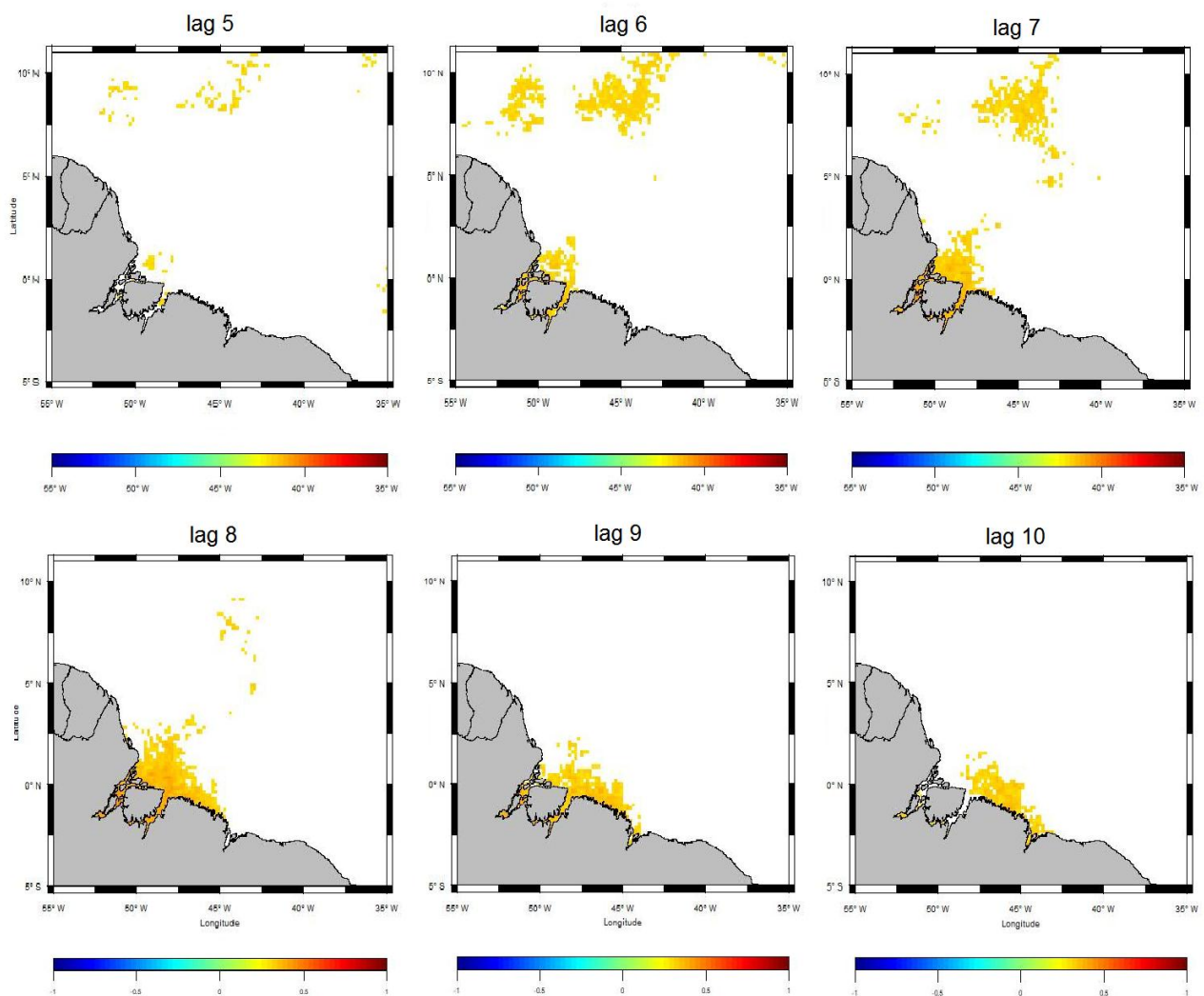
Neste sentido, identificou-se fortes correlações positivas significantes entre a CPUE e a TSM entre os lags de 6 a 8 meses (Figura 25) próximo a foz do Amazonas, na região de mangues no Maranhão, e na área de retroflexão da corrente Norte do Brasil, juntamente com correlações negativas significantes entre 4 e 6 meses com a vazão de Óbidos (Figura 26).

Note que o *M. atlânticus* é uma espécie que tolera altas variações de salinidade e temperatura na região do Atlântico equatorial, entretanto, vale ressaltar que a TSM nessa porção do Atlântico, por ser uma região equatorial apresenta uma variação relativamente

baixa para afetar os processos fisiológicos da espécie. É importante ressaltar que a TSM é sensível à variabilidade meteorológica e oceanográfica, destacando-se como uma variável proxy de interações atmosféricas, continentais e oceanográficas. Dessa forma, as correlações com TSM (lag 6 a 8) e vazão (4 e 6) sugerem a influência da variabilidade hidrológica da bacia amazônica sobre a distribuição de *M. atlanticus*.

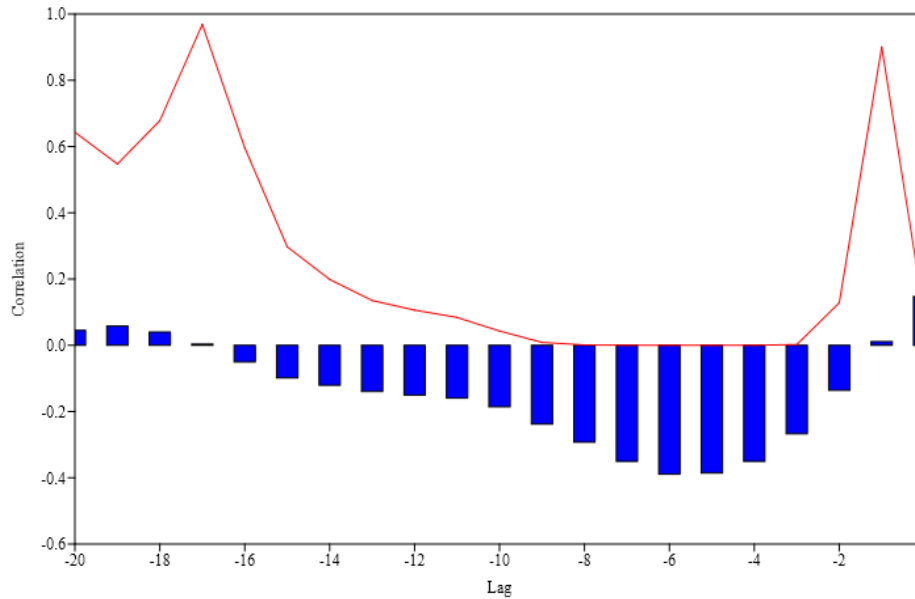
Desse modo é possível observar que a abundância da espécie é determinada pelos padrões de precipitação que ocorreram durante a estação anterior na bacia amazônica. Isso pode estar associado ao longo tempo de residência e transporte da água da bacia Amazônica até que chegue a estação de Óbidos (entre 3 e 6 meses) (FOLEY et al., 2002).

Figura 25-Correlação cruzada entre anomalia da Temperatura da superfície do mar (TSM) e CPUE 2, lag 5 a 10.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26- Correlação entre vazão de Óbidos e CPUE 2 da pirapema. Onde as barras azuis são o valor de correlação e a linha vermelha o valor de p para cada cálculo de correlação

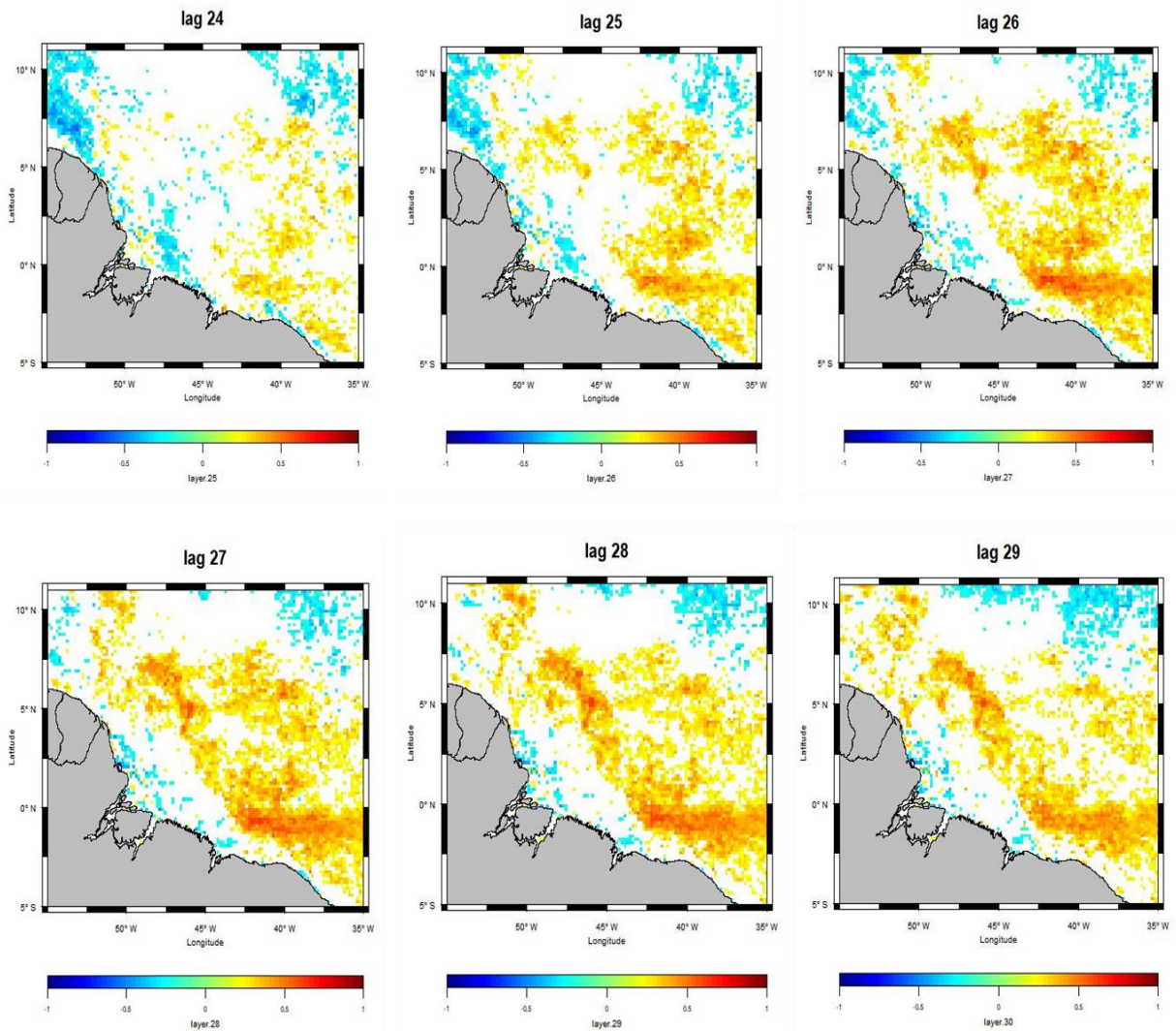


Fonte: Elaborado pela autora.

Identificaram-se correlações positivas significantes entre a CPUE e anomalias de clorofila-a (lag 24 a 29) (Figura 27) próximo à quebra da plataforma continental e na região de influência da corrente Norte do Brasil (área de retroflexão e formação de vórtices). Essas correlações sugerem que a influência do ambiente que ocorreu sobre os juvenis ou larvas 2 anos antes indicando que as variabilidades ambientais dessas regiões são fundamentais para o sucesso da espécie, sendo potenciais áreas de desova e alimentação de *M atlanticus*. A correlação com a clorofila-a próximo a quebra da plataforma está localizada em regiões onde ocorre maior amplitude de produtividade primária (GOUVEIA et al., 2019) e perto na área de localização dos recifes de coral.

Além disso, destaca-se o papel da corrente Norte do Brasil sobre as larvas da espécie, possivelmente essa relação está relacionada à formação dos vórtices que ocorrem entre julho e setembro entre 5° e 10°N que se deslocam em direção ao caribe (JOHNS et al., 1990) (FRATANTONI et al., 1995). Esses vórtices criam uma espécie de ambiente isolado rico em nutrientes ideal para a alimentação das larvas da *M. Atlanticus*.

Figura 27-Correlação cruzada entre clorofila-a e CPUE 2 da pirapema lag 24 a 29.



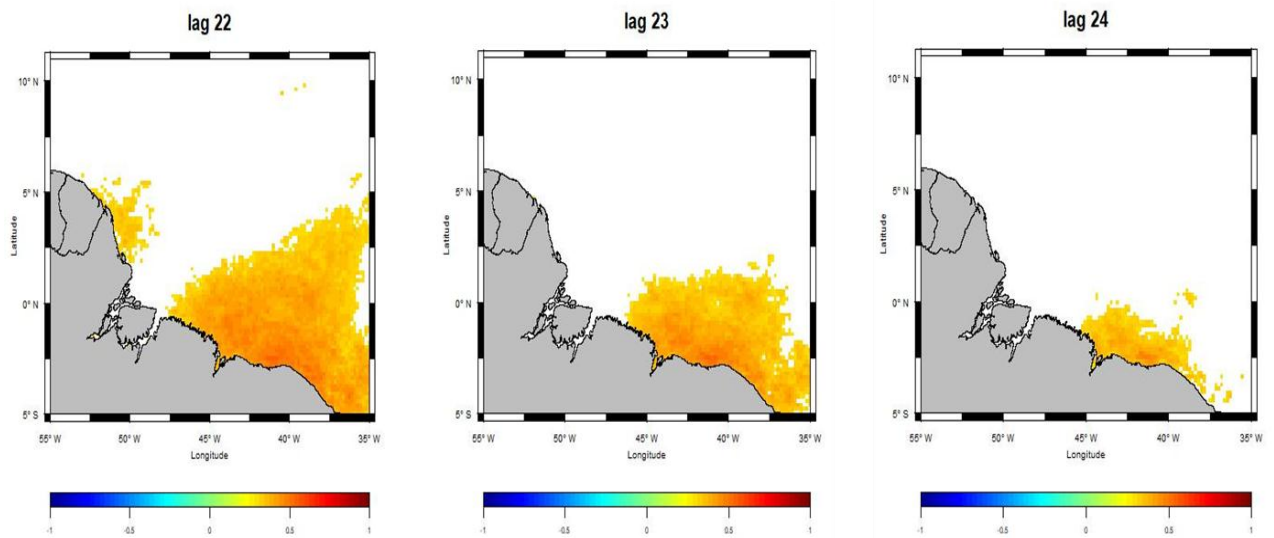
Fonte: Elaborado pela autora.

Fortes correlações significativas foram encontradas para CPUE vs. ATSM (lag 22 a 24) (Figura 28) e CPUE vs. Velocidade do vento (entre 20 e 22) (Figura 29), próximo à costa do maranhão e Pará. Isso indica o papel da influência hidrodinâmica oceânica sobre as larvas de *M. Atlânticus*. Ambas as variáveis estão associadas à intensidade da corrente Norte do Brasil. As correntes superficiais de contorno oeste sofrem forte influencia dos ventos e a TSM é maior em períodos que a Corrente Norte do Brasil é mais intensa (LUIKIN; GARZOLI, 2005). Esses resultados sugerem que quanto mais forte for a corrente, principalmente da velocidade meridional nas costas do maranhão e Pará, mais chances existem das larvas da espécie conseguir chegar na região de mangue na costa do maranhão e conseguir sobreviver.

Além disso, o ENSO apresenta relação direta com o estresse do vento na região da costa norte (ver figura 2 de Soares et al., 2014). Isso afeta a circulação oceânica superficial,

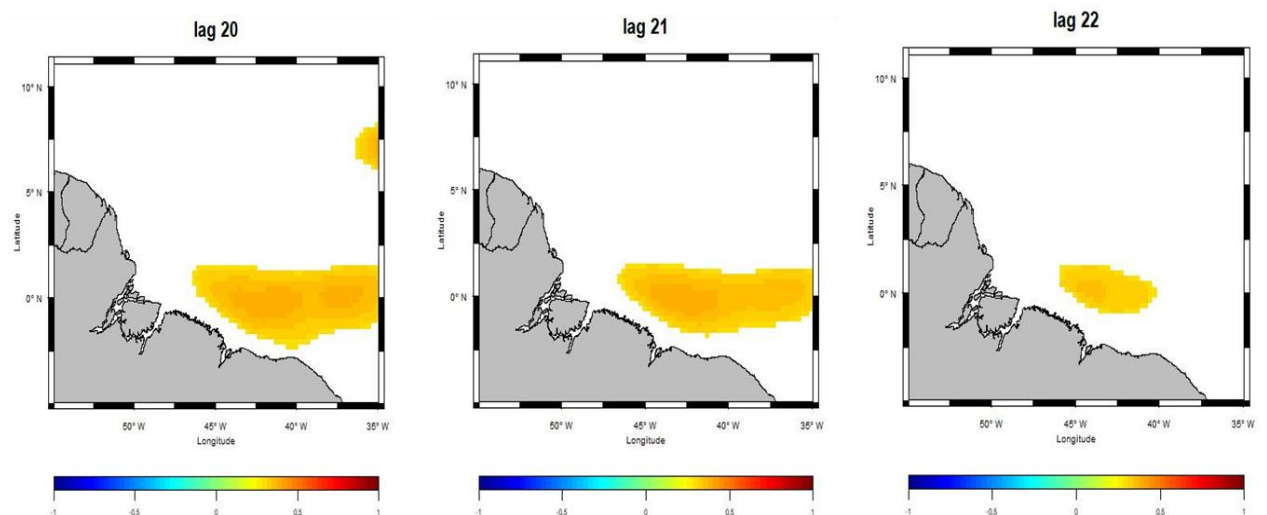
principalmente na transferência de momentum. Dessa forma, sugere-se que durante períodos de El Niño ocorra uma aceleração das componentes zonal e meridional da corrente Norte do Brasil o que pode facilitar com que larvas cheguem ao mangue e tenham maiores condições de sobrevivência (Figura 28 e 29).

Figura 28-Correlação cruzada entre anomalia da Temperatura da superfície do mar (TSM) e CPUE 2, lag 22 a 24.



Fonte: Elaborado pela autora.

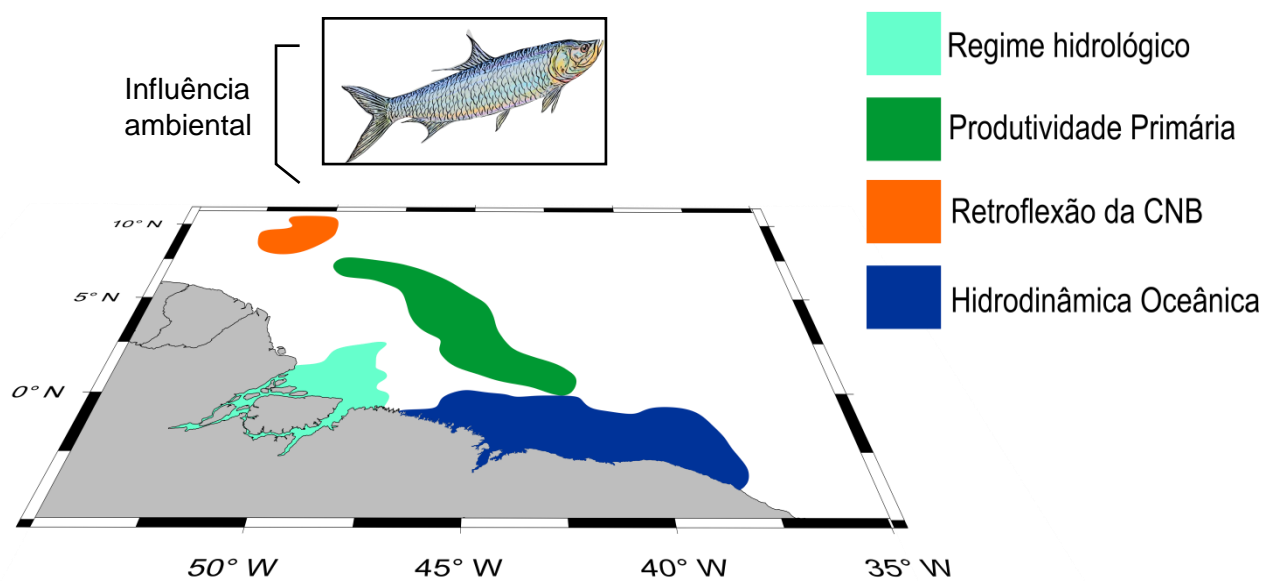
Figura 29-Correlação cruzada entre velocidade do vento e CPUE 2, lag 20 a 22.



Fonte: Elaborado pela autora.

A síntese da influência ambiental sobre a abundância relativa da pirapema, nos diferentes domínios espaciais na costa norte amazônica, que foram discutidos anteriormente, pode ser observada através do esquema conceitual apresentado na figura 30, para melhor entendimento dos mecanismos que atuam sobre a espécie.

Figura 30- Esquema conceitual da Influência ambiental sobre a pirapema, em diferentes domínios espaciais na costa norte amazônica, realçando o limite de atuação do regime hidrológico, produtividade primária, retroflexão da CNB e hidrodinâmica oceânica.



Fonte: Elaborado pela autora.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Dentre os 15 municípios do estado do Pará analisados neste estudo, foram 4.908 registros de desembarques, sendo Belém e Vigia os municípios que mais contribuíram em relação quantidade média desembarcada na pesca da pirapema. Na captura da espécie atuam principalmente embarcações de pequeno e médio porte, utilizando a rede de emalhe como principal apetrecho. Nas pescarias que utilizam esse apetrecho, a pirapema está sendo capturada principalmente como fauna acompanhante da pescada amarela. Entre os anos de 1997 e 2007 não foi observado mudanças significativas na quantidade desembarcada, entretanto, ficou evidente que ao longo da série temporal ocorreu uma tendência de aumento no esforço pesqueiro, não sendo acompanhado pelo aumento nas capturas, sugerindo assim um possível cenário de sobrepesca.

Os resultados indicaram dois regimes bem definidos ao longo dos anos, sendo o primeiro período entre 1997 até o ano 2000, e o segundo de 2001 a 2007, o que pode estar relacionado a eventos de fenômenos climáticos naturais como o El Niño e La Niña, os quais também ocorreram no mesmo período. A espécie ocorre durante todo ano, porém, os maiores valores de abundância relativa de *M. atlânticus* ocorrem durante a estação cheia em comparação à seca. O período de cheia favorece principalmente espécies migradoras como a pirapema, proporcionando um ambiente favorável, tanto para o período reprodutivo, quanto em relação a maior disponibilidade de alimento. Nesse mesmo período também é observado maior número de embarcações atuando na pesca, apresentando um padrão sazonal de maiores valores no primeiro semestre (período chuvoso) em relação ao segundo semestre (período seco), o que conseqüentemente está atrelado ao fato de que no período de cheia, a espécie fica mais vulnerável para ser captura.

Foram identificadas correlações significantes entre a CPUE e a TSM próximo a foz do Amazonas e a região de mangues no Maranhão, juntamente com correlações significantes com a vazão de Óbidos. Neste sentido, a abundância da pirapema é determinada pelos padrões de precipitação que ocorreram na bacia amazônica durante uma estação anterior. A correlação com a clorofila-a perto da quebra da plataforma está localizada em regiões onde ocorre maior amplitude de produtividade primária perto da quebra da plataforma. Os resultados sugerem que quanto mais forte for a corrente, principalmente da velocidade meridional, mais chances existem das larvas da espécie conseguirem chegar à região de mangue na costa do Maranhão e conseguir sobreviver.

De modo geral, possivelmente o declínio da captura da pirapema não está associado somente ao esforço de pesca empregado, mas também está relacionado com fenômenos de escala global que conseqüentemente afetam a temperatura, a alimentação, distribuição e padrões biológicos da espécie. *M. atlanticus* possui ampla distribuição, sendo captura principalmente na região Norte e Nordeste do Brasil. Os desembarques nessas regiões vem sofrendo grande declínio, atualmente a espécie é categorizada como vulnerável (VU) A2bd e recentemente foi inserida no livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção e na lista de espécies ameaçadas no Brasil (Portaria 455), entretanto não há medidas de ordenamento voltadas especificamente para essa espécie, Com isso, se faz necessário a aplicação de medidas e políticas públicas, voltadas para a conservação e manutenção de *M. atlanticus*, assim como o monitoramento contínuo da atividade pesqueira de maneira que o mercado se mantenha movimentado pelo consumo, levando em consideração que é uma espécie culturalmente e economicamente relevante principalmente entre as populações indígenas e pescadores artesanais da região.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, A, et al. *Megalops atlanticus*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2012. <http://www.iucnredlist.org/details/191823/0>, Accessed on: 2017. 2012. 3-27p
- ADAMS, A. J. et al. 2012. *Megalops atlanticus*. **The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1**. <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 2013.
- ANDRADE, F. S. **Variabilidade da Precipitação Pluviométrica de um Município do Estado do Pará**. Engenharia Ambiental. 2011. 137-145 p.
- ANDREWS, A. H. et al. Radiometric age validation of Atlantic tarpon, *Megalops atlanticus*. **Fishery Bulletin**, 99 (3). 2001. 389–398 p.
- ARAGÃO, J. A. N. **Sistema de geração de dados estatísticos da pesca – ESTATPESCA**. 2008.
- AULT, J. S. **Biology and management of the world tarpon and bonefish fisheries**. Boca Raton, EEUU: CRC; 2008.
- BABCOCK, L. L. **The tarpon: A description of the fish together with some hints on its capture**, 5th ed. Babcock, Buffalo. 1951.
- BAI, J. “**Estimating multiple breaks one at a time**,” *Econometric Theory*, vol. 13, no. 1997b. 315–352 p.
- BAI, J. “**Estimation of a change point in multiple regression models**,” *Review of Economics and Statistics*, vol. 79, no. 4. 1997a. 551–563 p.
- BAI, J. “**Least squares estimation of a shift in linear processes**,” **Journal of Time Series Analysis**, vol. 15, sep. 23. 1994. 453–472 p.
- BAI, J; PERRON, P., “**Computation and analysis of multiple structural change models**,” **Journal of Applied Econometrics**, vol. 18, no. 1. 2003.1–22 p.
- BAI, J; PERRON, P., “**Estimating and testing linear models with multiple structural changes**,” **Econometrica**, vol. 66, no. 1. 1998. 47–78 p.
- BARBALHO, E. S; BARROS J. D, SILVA F. M. **Comportamento da produção pesqueira norte-rio-grandense em anos de El Niño e La Niña**. Sociedade e Território, Natal, v. 25, nº 2, EDIÇÃO ESPECIAL. jul./dez. 2013. 55-66p.
- BARTHEM, R. B. O. **Desembarque na região de Belém e a pesca na foz amazônica**. In: RUFFINO, M. L. (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*: Manaus: Ibama/Provárzea. 2004. 153-211 p.

BARTHEM, R. B., FABRÉ, N.N. **Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia.** In: RUFFINO, M. L. (Ed.). *A Pesca E Os Recursos Pesqueiros Na Amazônia Brasileira.* Manus: Ibama/ProVárzea. 2004.

BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries.** Missouri Botanical Garden Press. Lima, Peru, Gráfica Biblos. 2007.

BARTHEM, R. B., et al. **Estrutura de tamanho e distribuição espacial da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) na foz Amazônica: implicações para o manejo da pesca.** Bol Inst Pesca, São Paulo. 41:249-260; 2015.

BOUJARD, T. et al. Poissons de Guyane. Guide écologique de l'Approuague et de la réserve des Nouragues. **Institut National de la Recherche Agronomique.** 1997. 219 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** ICMBio/ MMA. 1 ed. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA Nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_445_2014_lista_peixes_amea%C3%A7ados_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro 2019.

BURGER, J. et al. Dominance of *Tilapia mossambica*, an introduced fish species, in three Puerto Rican estuaries. *Estuaries, Lawrence*, v.15, 1992 .239-245 p.

CALAZANS, D. (org). **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático /;** colaboradores Andre Colling...[et al]. - Pelotas: Ed. Textos. 2011. 462 p.

CALLEDE, J. et al. The river amazon water contribution to the atlantic ocean. **Revue des sciences de l'eau**, v. 23, n. 3, 2010.

CAMPOS, R. O; ANDRADE, A. Uma metodologia para estimativa de captura por área de pesca a partir de dados pouco informativos: O caso da pescaria de Bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) na costa do Brasil, **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** . 1998. 61-69 p.

CARDOSO, E. S. Trabalho e Pesca - Apontamentos para a investigação. *Revista Pegada Eletrônica*, v. 10. 2009. 1-14 p.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanogr.**, v. 22, n. 2, 1977. 361-369 p.

CARVALHO, L. M.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The south atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, n. 1, 2004. 88–108 p.

CARVALHO-FILHO, A. **Peixes: costa Brasileira.** 3a ed ed. Melro. 320p. 1999.

CLARK, D. K; SHERMAN, J. W. Nimbus -7 Coastal Zone Color Scanner: ocean color applications. **MTS Journal**, v. 20, n. 2, 1986. 43-56 p.

COLES, V. J. et al. The pathways and properties of the Amazon River plume in the tropical North Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 118, 6894–6913. <https://doi.org/10.1002/2013JC008981>. 2013.

COSTA, M. H.; FOLEY, J. A. Trends in the hydrologic cycle of the amazon basin. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Wiley Online Library**, v. 104, n. D12, 1999. p. 14189–14198 p.

CRABTREE, R. E. et al. Research on abundance, distribution and life history of Tarpon and bony fish in Florida. **Fish and Wildlife Service Technical Report**.59: 1–42. 1993.

CRABTREE, R. E. Relationship between lunar phase and spawning activity of tarpon, *Megalops atlanticus*, with notes on the distribution of larvae. **Bull. Mar. Sci.** 56,895–899. 1995.

CRABTREE, R. E., E. et al., Age and growth of tarpon, *Megalops atlanticus*, larvae in the eastern Gulf of Mexico, with notes on relative abundance and probable spawning areas. **Envir. Biol. Fishes** 35: 361–370. 1992.

CRABTREE, R. E.; CYR, E. C.; DEAN, J. M. Age and growth of tarpon, *Megalops atlanticus*, from South Florida waters. **Fishery Bulletin**, n. 4, 1995.

CROWDER, L. B. H., E.L.; AVISSAR, N.; BJORKLAND, R.; LATANICH, C.; OGBUR.M.N. The impacts of fisheries on marine ecosystems and the transition to 45 ecosystem-based management. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**,v. 39,. 2008. 259 p.

DAI, A.; TRENBERTH, K. E. Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations. **Journal of hydrometeorology**, v. 3, n. 6, 2002. 660–687 p.

DE SOUZA, E.B.; AMBRIZZI, T. **ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation.** *Atmósfera*, v. 15. 2002. 105-120 p.

DEFRIES, R. et al. “Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity,” **Global Biogeochemical Cycles**, vol. 13, no. 3. 17.1999. 803–815 p.

DEWOODY, J. A. AND J. C. AVISE. Microsatellite variation in marine, freshwater and anadromous fishes compared with other animals. **J. Fish Biol.** 56: 461–473. 2000.

DIXON, R. et al. “Carbon pools and flux of global forest ecosystems,” **Science**, vol. 263, no. 5144, 17 [2] 1994. 185–190 p.

EASTER, S.S.J; HITCHCOCK, P. Stem cells and regeneration in the retina: What fish have taught us about neurogenesis. **The Neuroscientist**. 2000.

ELTAHIR, E. A.; BRAS, R. L. Precipitation recycling in the amazon basin. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Wiley Online Library**, v. 120, n. 518, 1994. 861–880 p.

- ENFIELD, D. B. Relationships of inter-american rainfall to tropical atlantic and pacific sst variability. **Geophysical research letters**, Wiley Online Library, v. 23, n. 23, 1996. 3305–3308 p.
- ESPINOZA, J. C. et al. Rainfall hotspots over the southern tropical andes: Spatial distribution, rainfall intensity, and relations with large-scale atmospheric circulation. **Water Resources Research**, Wiley Online Library, v. 51, n. 5, 2015. 3459–3475 p.
- ESPINOZA, J. C. et al. Spatio-temporal rainfall variability in the amazon basin countries (brazil, peru, bolivia, colombia, and ecuador). **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, Wiley Online Library, v. 29, n. 11, 2009b.
- ESPÍRITO-SANTO, R.V; ISAAC. V.J. Desembarques da pesca de pequena escala no município de Bragança – PA, Brasil: esforço e produção. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 25:31; 2012.
- FAO. **Fisheries Statistics: Global Capture Production 1950-2010**. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department**. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en> (accessed 9 December 2012). 2011.
- FEDLER, A. **Economic impact of the Florida Keys flats fishery**. Report to Bonefish and Tarpon Trust, FL. <https://www.bonefish-tarpontrust.org>. 2013.
- FELSENSTEIN, J. **Phylogenies and the comparative method**. **American Naturalist**. 125:1–15. 1985.
- FONTELES FILHO, A. A. **Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional**. Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará. 1989. 296 p.
- FOURNIER, S. et al. Comparison of spaceborne measurements of sea surface salinity and colored detrital matter in the Amazon plume. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 120, 3177–3192. <https://doi.org/10.1002/2014JC010109>. 2015.
- FRATANTONI, D. M. et al. “Rings of the North Brazil Current: their structure and behavior inferred from observations and a numerical simulation”, **Journal of Geophysical Research**, v. 100. 1995.
- FURTADO JR, J. T., C.S.; BRITO, C.S.F. 2006. Estatísticas das produções de pescado estuarino e marítimo do estado do Pará e políticas pesqueiras. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Humanas, 1(2):95-111, 2006.
- GARRONE-NETO, D; RODRIGUES, A. *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847 (Elopiformes, Megalopidae): new records for the state of São Paulo, with comments on its occurrence in the southeastern coast of Brazil, Southwest Atlantic. **Check List**, 14, 323. 2018.

GEIGER, S.P., TORRES, J. J., CRABTREE, R.E. Air breathing and gill ventilation frequencies in juvenile tarpon, *Megalops atlanticus*: responses to changes in dissolved oxygen, temperature, hydrogen sulfide, and pH. *Environ. Biol. Fish.* 59. 2000. 181–190 p.

GOMES, G.F.E. Population Structure of *Lutjanus purpureus* (Lutjanidae - Perciformes) on the Brazilian coast: further existence evidence of a single species of red snapper in the western Atlantic. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84 (4). 2012. 979–999 p.

GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in upper Paraná River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 4: 263-274. 1997.

GOUVEIA, N. A. et al. The Salinity Structure of the Amazon River Plume Drives Spatiotemporal Variation of Oceanic Primary Productivity. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(1). 2019a.

GOUVEIA, N. A., GHERARDI, D. F. M; ARAGÃO, L. E. O. C. The Role of the Amazon River Plume on the Intensification of the Hydrological Cycle. *Geophysical Research Letters*. 2019b.

GRAFEN, A. The phylogenetic regression. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 326:119–157. 1989.

GRAHAM, J. B. Air-breathing fishes: Evolution, Diversity, and Adaptation. *Academic Press*, San Diego, USA. 1997.

GRAHAM, R. T; CASTELLANOS, D. W. Courtship and spawning of Carangid species in Belize. *Fishery Bulletin*, 103: 426–432. 2005.

GULLAND, J. A. **Stock assessment: why**. FAO. 1983.

GYLLENSTEN, U. The genetic structure of fish: differences in the intraspecific distribution of biochemical genetic variation between marine, anadromous, and freshwater species. *J. Fish Biol.* 26:691-699. 1985.

HARDMAN-MOUNTFORD, N. J. et al., Ocean climate of the south east atlantic observed from satellite data and wind models. *Progress in Oceanography*, v. 59. 2003. 181-221 p.

HEYMAN, W. D; KJERFVE, B. Characterization of Transient Multi-Species Reef Fish Spawning Aggregations at Gladden Spit, Belize. *Bulletin of Marine Science*. **Bulletin of Marine Science**, 83 (3): 531– 551. 2008.

HILBORN, R. and WALTERS, C. J. **Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty**. *Chapman and Hall, Inc.*, London, New York. 1992. 570 p.

HU, C. et al. The dispersal of the Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. **Deep Sea Research, Part II**, 51(10–11), 1151–1171. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(04\)00105-5](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(04)00105-5). 2004.

IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Guia da pesca amadora Peixes Marinhos**. IBAMA. 2006. 112 p.

ISAAC, V. J. et al. An interdisciplinary evaluation of fishery production systems off the state of Pará in North Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25. 2009. 244-255 p.

ISAAC, V. J. et al. **Diagnóstico da pesca no litoral do Estado do Para. In: A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: Recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais**. V. J. Isaac, A. S. Martins, M. Haimovici, J. M. Andrigetto Filho (Eds). Universidade Federal do Pará, Belém, Brazil. 2006.

ISAAC, V. J., ESPÍRITO SANTO, R.V & NUNES, J.L.G. A. Estatística pesqueira no litoral do Pará: resultados divergentes. **Panamjas Journal Aquatic Science**,3(3): 205-213. 2008.

ISAAC, V. J.; FERRARI, S. F. Assessment and management of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. **Environmental Development**. 22:97-110; 2017.

ISAAC, V.J. et al A estatística pesqueira no litoral do Pará: resultados divergentes. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. 3:205213; 2008.

ISAAC, V.J.; FERRARI, S.F. Assessment and management of the North Brazil Shelf Large JAHFER, S.; VINAYACHANDRAN, P.; NANJUNDIAH, R. S. Long-term impact of amazon river runoff on northern hemispheric climate. **Scientific reports, Nature Publishing Group**, v. 7, n. 1, p. 10989, 2017.

ISAAC, V.J; BARTHEM, R.B. **Os Recursos pesqueiros da Amazônia brasileira**. Belém, PRMCT/ CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi. 1995.

JOHNS, W. E., LEE, T. N., SCHOTT, F. A.AND ZANTOPP, R. J., et al,“The North Brazil Current retroflection: seasonal structure and eddy variability”, **Journal of Geophysical Research**, v. 95. 1990.

KAMPEL. M. **Sensoriamento remoto plicado à Oceanografia**. INPE São José dos Campos. 2002.

KAYANO, M.T et al. Relations between ENSO and South Atlantic SST modes and their effects on the South American rainfall.**International Journal of Climatology**, v. 33. 2013. 2008-2023 p.

KIRK, J. T. O. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. **Cambridge Univ. Press**, New York. 1994.

KURODA, E. K. et al. Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 23., 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: ABES, 2005. Disponível em: Acesso em: 01 jan. 2014.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2004.

- LANGANI, F. *Hyphessobrycon duragenys* Ellis, 1911, p.71–72. In: Machado, A.B.M.; Drummond, G.M. & Paglia, A.P. (eds.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas. 2008.
- LARA, R.J. **Amazonian mangroves-a multidisciplinary case study in Pará State, North**. 2003.
- LEE, Z. et al., Euphotic zone depth: Its derivation and implication to ocean-color remote sensing. **J. Geophys. Res.** v.112, C03009. 2007.
- LEHODEY, P. et al. Climate Variability, Fish, and Fisheries. **Journal of Climate**, v. LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**. n. 4. 2009. 18-36 p.
- LOPES, P. R. D; SENA. M. P., **Ocorrência de *Tarpon atlanticus* (Valenciennes, 1846) (Pisces: Megalopidae) na Baía de todos os Santos (Estado da Bahia, Brasil)**. Sitientibus, Feira de Santana, n. 14. 1996. 69-77 p.
- LORENZETTI, J.A.; ARAUJO, C.E.S. Determinação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). a partir do sensor AVHRR, In: Ferreira, N. J. (Ed.) **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**, São Paulo-SP: Oficina de Textos, p 103- 126. 271p. 2004.
- LUO J, AULT; J.S. Vertical movement rates and habitat use of Atlantic Tarpon. **Marine Ecology Progress Series**. 467. 2012. 167–180 p.
- LUO, J. *et al.* Vertical habitat utilization by large pelagic animals: A quantitative framework and numerical method for use with pop-up satellite tag data. **Fish. Oceanography**. 15(3). 2006. 208–229 p.
- LUPIKIN, R.; GARZOLI, S. L. **Near-Surface circulation in the Tropical Atlantic Ocean**. Deep-sea research I 52: 495-518. 2005.
- MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M; Paglia, A.P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, volume VI – Peixes**, In Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 2018. 1235 p.
- MALUF, S. Cartas de pesca: um modelo de cartas de pesca utilizando dados oceanográficos e de sensoriamento aplicado à sardinha *Sardinella brasiliensis*. **Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto**, (INPE-1379-PRE/176) -São José dos Campos. 1979.
- MANO, M. F. et al. Utilização do sensoriamento remoto no suporte à pesca esportiva e industrial na costa brasileira: superando limitações. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 11, Belo Horizonte. Anais. 2003. 1595-1601 p.
- MARENGO, J. et al. On the hydrological cycle of the amazon basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21. 2006.

MARENGO, J. A. et al. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the amazon region. **Geophysical Research Letters**, Wiley Online Library, v. 38, n. 12, 2011.

MARENGO, J. et al. Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of amazonia in 2005. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **The Royal Society**, v. 363, n. 1498. 2008. 1773–1778 p.

MATOS, I. P; LUCENA. F. Descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do pará. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 39: 66 – 73.2006.

MATSUURA, Y. A. biologia e oceanografia pesqueira de atuns e afins. **Seminário de captura e produtividade do atum no Brasil**. Itajaí, 13-16 outubro 1997.

MCCLAIN, C. R. et al., Oceanic biological productivity. In: GURNEY, R. J.; FOLSTER, J. L.; PARKINSON, C. L (Ed.). **Atlas of satellite observations related to global change**. USA, **Cambridge University Press**, 470 p. 1993.

McMILLIN, L. M. Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. **Journal of Geophysical Research**. v. 80, n. 5, p.113 - 117. 1975.

MENEZES, M. F, PAIVA, M. P. Notes on the biology of Tarpon, *Tarpon atlanticus* (Cuvier and Valenciennes), from coastal waters of Ceara state, Brazil. **Arquivos da Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará** 6: 83–98.1966.

MENEZES, M. F. Aspectos da pesca artesanal de algumas espécies marinhas no Estado do Ceará. **Boletim da Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará**. 17: 1–11. 1968.

MÉRONA, B. Ecologia da pesca e manejo pesqueiro na região Amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Antropologia, 11(2): 167-183. 1995.

MOLLERI, G. S. F. et al. Space-time variability of the Amazon River plume based on satellite ocean color. **Continental Shelf Research**, 30(3-4), 342–352. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.11.015>. 2010.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 38, n. 12. 1981. 2653–2675 p.

MOURÃO, et al. Sistema de produção pesqueira pescada amarela - *Cynoscion acoupa* Lacèpede (1802): um estudo de caso no litoral nordeste do Pará – Brasil. **B. Inst. Pesca, São Paulo**, 35(3): 497 - 511, 2009.

MOURÃO, K. R; PINHEIRO, L. A; LUCENA, F. Organização Social e Aspectos Técnicos da Atividade Pesqueira no Município de Vigia – PA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 20:39-52. 2007.

MPA. **Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura**. Acesso em. [http://www.mpa.gov.br/images/ docs/Informacoes_e_Estatisticas/](http://www.mpa.gov.br/images/docs/Informacoes_e_Estatisticas/). 2011.

MPA. **Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil 2011.** MPA- Brasília 2012.

NADAL-EGEA, J. A. **Esfuerzo y Captura: Tecnología y Sobreexplotación de Recursos Marinos Vivos.** El Colegio de México, Cidade del México. (1996).

NEIRA, A; ACERO, A.P. *Megalops atlanticus* (Megalopidae), a new fish at the Pacific Ocean; information about its fishery importance. *Rev. MVZ Cordoba*, v. 21, n. 3. 2016. 5525-5534 p.

NÓBREGA, M. F; LESSA, R. P. Descrição e composição das capturas da frota pesqueira artesanal da região nordeste do Brasil *Arquivos de Ciências do Mar. Arquivos de Ciências do Mar*, 40 (2): 64–74. 2007.

NOVO, E. M. L. M; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto.** São José dos Campos 2001.

OLIVEIRA, D. M; FRÉDOU, F. L. Caracterização e dinâmica espaço temporal da atividade pesqueira na baía de Marajó – estuário amazônico. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 44(3): 40 – 53.2011.

OLIVEIRA, G. M. O. **Investigação de recursos pesqueiros. In: Ogawa, M.; Koyke, T. (eds.), OLIVEIRA, V. S. (org). Catálogo dos aparelhos e embarcações de pesca Marinha do Brasil.** Rio Grande: Ed. da FURG, 2020.

OLIVEIRA, G. M. O. **Investigação de recursos pesqueiros. In: Ogawa, M.; Koyke, T. (eds.), Manual de Pesca.** Fortaleza: Imprensa do Colégio Batista. 1987. 103-106p.

OTTESON, D.C; HITCHCOCK, P.F. Stem cells in the teleost retina: Persistent neurogenesis and injury-induced regeneration. *Vision Research*. 43. 2003. 927–936 p.

PARÁ. **Secretaria de Estado de Pesca e Aquicultura - SEPAQ. 2010.** Apresentação de estatística pesqueira 2008. Acessado em: www.sepaq.pa.gov.br. 2010.

PEREIRA, L. C. C. et al., hat happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.135: 116. 2013.

PETREIRE JR, M. E. A. Catch-per-unit-effort: which estimator is best? *Brazilian Journal of Biology* , v. 70, p. 483-491, 2010.

PETREIRE JR, M. Pesca e esforço de pesca no Estado do Amazonas. I. Esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 8.3, 439–454. 1978.

PETREIRE JR. M; GIACOMINI, H. C. Catch-per-unit-effort:which estimator is best?.*Brazilian Journal of Biology*, 70.3, 483-491. 2010.

PINHEIRO, M. L. S, et al., Cadeia produtiva do pescado no estado do Pará: estudo do segmento de distribuição em um empreendimento de captura. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 7(2): 315-336. 2013.

PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S. Oceanic Primary Production: Estimation by Remote Sensing at local and regional scales. **Articles**, p. 1613 – 1619. 1988.

POMPÊO, M. et al. Kit clorofila – uma proposta de método de baixo custo na estimativa do índice de estado trófico com base nos teores de clorofila Ecologia de reservatórios e interfaces, São Paulo: **Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**, 2015.

PUSEY, B. J. et al., Freshwater Fishes of North-Eastern Australia. **CSIRO Publishing**, Collingwood, Australia. 2004.

QUINN, T. J; R. B. DERISO. **Quantitative fish dynamics**. First edition. Oxford University Press, Oxford, UK. 1999.

RANDALL, J. E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Studies in Tropical Oceanography**, 5: 665–847. 1967.

ROBERTSON D. R. et al. **Peces costeros del Gran Caribe: sistema de información en línea**. Balboa, Panamá; 2015.

RODIONOV, S. **A sequential method of detecting abrupt changes in the correlation coefficient and its application to Bering Sea climate**, *Climate*, 3, 474-491. 2015.

SADOWSKY, V. Ocorrência do camarupim—*Megalops atlanticus* Val., na região lagunar de Cananéia. **Boletim do Instituto Oceanográfico**. 9 (1–2): 61–63. 1958.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. **Metodologias simplificadas para la evaluation de eutrofication em lagos calidos tropicales**. Washington: CEPIS, 1990.

SANTOS, C. A. et al. Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia Biosfera**. 2014.

SANTOS, C. A. G; IDEIÃO, S. M. A. **Aplicação da transformada wavelet a séries temporais de precipitação no estado da paraíba**. Paraíba. 2006.

SANTOS, C.A. et al. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Acta Amazonica** 42: 329 – 336 2012. 2012.

SANTOS, J. F. C. **A resposta da biomassa fitoplanctônica em relação à variação da zona eufótica e profundidade da camada de mistura**. SER 300 - Introdução ao Geoprocessamento, São José dos Campos, SP, Brasil, 21 de junho de 2014.

SANTOS, R. A. et al. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção ICMBio volume vi – peixes**. 2018.

SANTOS, R. A. et al. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes / -- 1. ed. -- Brasília, DF: ICMBio/MMA, 7 v.: il.** 2018.

SEAP. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/PR. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil. **Relatório técnico final**. 2006.

SEYMOUR, R.S. et al., Partitioning of respiration between the gills and air-breathing organ in response to aquatic hypoxia and exercise in the Pacific tarpon, *Megalops cyprinoides*. **Physiol. Biochem. Zool.** 2004.

SILVA JUNIOR, C. L.; MALUF, S. Possibilidades de aplicação do sensor AVHRR/NOAA na pesca brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, mai. 1993. **Anais. INPE**, 1993.

SILVA, J. M. P; SILVA, C. N. **Pesca e territorialidades: contribuições para análise espacial da atividade pesqueira.** - 1. ed. 308 p - Belém : GAPTA/UFPA, 2011.

SNEDECOR, G. W; COCHRAN, W. G. Statistical methods. 6 ed. Ames: **The Iowa State University Press.** 1967.

SOARES, H. C. et al. Patterns of interannual climate variability in large marine ecosystems. **Journal of Marine Systems, Elsevier**, v. 134. 2014.

SORRIBAS, M. V. et al. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the amazon basin. **Climatic change, Springer**, v. 136, n. 3-4, p. 555–570, 2016.

SOUSA, S. N. K. Representação espacial de dados pesqueiros na Costa norte Amazônica: Mapeamento e análise descritiva de dados de desembarque no estado do Pará. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil**, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4425-4432. 2009.

SOUZA, E. B. **Um estudo observacional sobre o padrão de dipolo de anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano atlântico tropical.** 138f. Tese (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997.

SPARRE, P; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais.** Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico sobre pescas. N° 306/1, Rev. 2. Roma, FAO. 404p. STENFÁNSSON, G. 1996. 1997.

SPARRE, P; VENEMA. S.C. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 – Manual. **FAO Fish. Tech.** 1992. 376 p.

SPOTTE, S. **Tarpons: biology, ecology, fisheries.** John Wiley & Sons, 347p. 2016.

STENKAMP, D. Neurogenesis in the fish retina. **International Review of Cytology.** 259, 173–224. 2007.

STRAMMA, L; SCHOTT, F. The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean. **Deep Sea Research**, Part II, 46(1-2), 279–303. [https:// doi.org/10.1016/S0967-0645\(98\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(98)00109-X). 1999.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed. p.693. (Trad. SANTARÉM E.R. et al.). 2004.

TAYLOR, S. M. et al. **Developmental shifts in functional morphology of the retina in Atlantic tarpon, *Megalops atlanticus* (Elopomorpha: Teleostei) between four ecologically distinct life-history stages.** 28, 309–323. 2010.

TAYLOR, S.M.; LOEW, E.R; GRACE, M.S. Developmental shifts in functional morphology of the retina in Atlantic tarpon, *Megalops atlanticus* (Elopomorpha: Teleostei) between four ecologically distinct life-history stages. **Vis. Neurosci.**, v. 28, p. 309-323, 2011.

THORSON, J. T. et al. Predicting life history parameters for all fishes worldwide. **the Ecological Society of America.** p. 2262–2276. 2017.

TOLEDO JR, A. P. et al. Aplicação de modelos simplificados para avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 12. Camboriú. *Anais...* São Paulo: CETESB, 1983. 1983. 1-34 p.

TOPÁL, D. et al. “Detecting breakpoints in artificially modified- and real-life time series using three state-of-the-art methods,” **Open Geosciences**, vol. 8, jan. 17. 2016.

TORRENCE, C.; COMPO, G. P. A practical guide to wavelets analysis. **Bulletin of the American meteorological society.** v. 79, n. 1. Jan. 1998.

TSAY. R. “Outliers, level shifts, and variance changes in time series,” **Journal of Forecasting**, vol. 7. jan. 17. 1988. 1–20 p.

VASCONCELOS, M. D. A. C; SALES, R.D. **Alguns aspectos relevantes relacionados à pesca artesanal costeira nacional.** Brasília: Seap/PR-Pnud. 2007.

VERBESSELT, J. et al, “Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series,” **Remote Sensing of Environment**, vol. 114. 2010. 106–115 p.

VIEIRA, S. de O.; SATYAMURTY, P.; ANDREOLI, R. V. On the south atlantic convergence zone affecting southern amazonia in austral summer. **Atmospheric Science Letters, Wiley Online Library**, v. 14, n. 1, 2013. 1–6 p.

VITAL, H.; STATTEGGER, K. Major and trace elements of stream sediments from the lowermost Amazon River. **Chemical Geology.** 168(1):151-168; 2000.

VIZY, E. K.; COOK, K. H. Influence of the amazon/orinoco plume on the summertime atlantic climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **Wiley Online Library**, v. 115, n. D21, 2010.

WADE, R. A. The biology of the tarpon. *Megalops atlanticus*, with emphasis on larval development. **Bull. Mar. Sci.** 1962.

WANG, C. Atmospheric Circulation Cells Associated with the El Nino-Southern Oscillation. **Journal of Climate.** v. 15. 2002. 399-419 p.

WALISER, D. E.; GAUTIER, C. A Satellite-derived climatology of the ITCZ. **Journal of Climate**, v. 6. 1993.

WALLACE, A.P.C et al., Quantifying the Short-Term Costs of Conservation Interventions for Fishers at Lake Alaotra, Madagascar. **Plos One**. 2015.

WARD, R., M. et al. Karel. Genetic characterization of red hind, *Epinephelus guttatus*, collected from three breeding aggregations off western Puerto Rico—variation in allozymes, pp. 460–471. In: **Proceedings of the fifty-third annual Gulf and Caribbean Fishery Institute**. R. L. Creswell (Ed.). November 2000, Biloxi, MS. 2002.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. 2. ed. Dordrecht: Springer-Verlag. 1991. 391 p.

WHITE, R.W; BRENNAN, C. F. Randy Wayne White's Ultimate Tarpon Book: The Birth of big Game Fishing. University Press of Florida, Gainesville, FL, 416 pp. Whitehead, P.J.P. (1962) The species of Elops (Pisces: Elopidae). **Annals and Magazine of Natural History Series**. 13. 2010. 321–329 p.

WHITEHEAD, P. J. P; VERGARA, R. Megalopidae, In: **Fischer, W. (ed.). FAO species identification sheets for fishery purposes. West Atlantic (Fishing Area 31). volume 1. FAO, Rome**. 1978.

WINEMILLER, K. O. **Flood plain river food webs: generalizations and implications for fisheries management**. In: WELCOMME, R. L.; PETR, T. (Eds.). Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Volume 2. Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok: RAP Publication. 2004. 285-309 p.

XIE, S.-P.; CARTON, J. A. Tropical atlantic variability: Patterns, mechanisms, and impacts. *Earth Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction*, **Geophys. Monogr**, v. 147, 2004. 121–142 p.

YOLDER, A. J. An overview of temporal and spatial patterns in satellite-derived chlorophylla imagery and their relation to ocean process. In: HALPERN, D. (Ed.). **Satellites, Oceanography and Society**. (Elsevier Oceanography series). 2000. 380 p.

YOON, J.-H.; ZENG, N. An atlantic influence on amazon rainfall. **Climate Dynamics, Springer**, v. 34, n. 2-3. 2010. 249–264 p.

ZALE, A. V, MERRIFIELD S. G. Specific profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Florida). Ladyfish and Tarpon. **United States Fish and Wildlife Service Biological Report**. 82: 1–17. 1989.

ZALE, A.V; MERRIFIELD, S. G. Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida) – Ladyfish and Tarpon. **U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report**. 82(11.104). 1989.

ZEILEIS. A., “Testing and dating of structural changes in practice,” **Computational Statistics and Data Analysis**, vol. 44, no. 1-2. 2003.