



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

ANTÔNIA DUCIENE FEITOSA LIMA

**DISTRIBUIÇÃO DO ESPADARTE, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) CAPTURADO
PELA FROTA BRASILEIRA E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS
DE MANEJO ESPACIAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO**

MOSSORÓ - RN

2019

ANTÔNIA DUCIENE FEITOSA LIMA

**DISTRIBUIÇÃO DO ESPADARTE, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) CAPTURADO
PELA FROTA BRASILEIRA E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS
DE MANEJO ESPACIAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin

Co-orientador: Prof. Dr. Guelson Batista da Silva

MOSSORÓ - RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)
Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)



**DISTRIBUIÇÃO DO ESPADARTE, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) CAPTURADO
PELA FROTA BRASILEIRA E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS
DE MANEJO ESPACIAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos

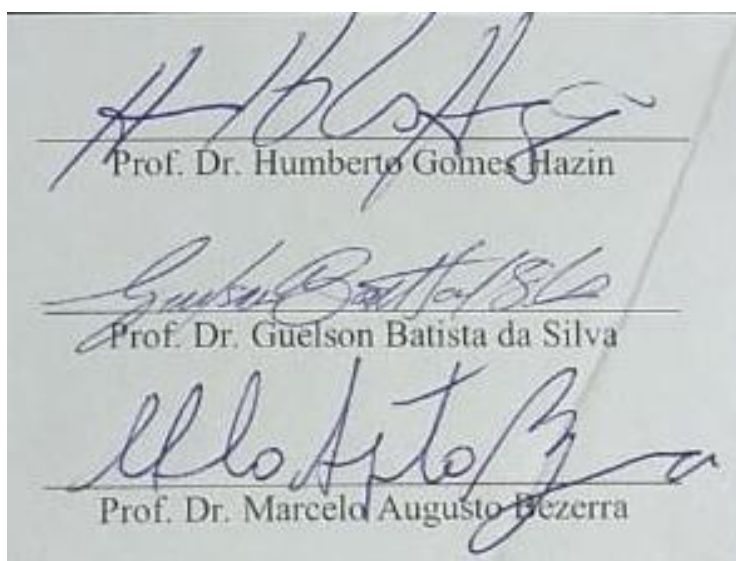
Defendida em: 30 /01/ 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Guelson Batista da Silva (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Marcelo Augusto Bezerra (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin

Prof. Dr. Guelson Batista da Silva

Prof. Dr. Marcelo Augusto Bezerra

Ao meu filho amado, razão para continuar sonhando.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a realização de projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida a mim para o desenvolvimento do mestrado.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, pelas instalações.

Ao meu Orientador, Humberto Gomes Hazin pela orientação, confiança, apoio e paciência que foram essenciais para realização deste trabalho.

À Banca Examinadora por se dispor a avaliar meu trabalho.

Aos professores maravilhosos que fazem do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação um grande programa.

Ao meu companheiro, melhor amigo e esposo Udo Sieverdt pela força e compreensão nessa jornada.

Às minhas cunhadas, Isolde Siewerdt e Dagmar Siewerdt pelo apoio e confiança depositada a mim.

À minha mãe Antônia Didi Feitosa Lima e à minha incrível irmã Antônia Luciene Feitosa Lima pela amizade e pelo exemplo de força e de carácter.

Aos meus amigos, Marcos Paiva Scardua e Cícero Rodrigues de Assis pelo incentivo e apoio nas horas difíceis.

Aos meus familiares, Luana Naiara Feitosa Sales, Jorge Feitosa Teles Neto, Janaina Abigail Feitosa e Maria das Mercês Feitosa Neta, que direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos do mestrado Ana Cláudia, Jéssica, Kerolen, Robério, Rayran, Michael, Deusimar e Batista, pela amizade, paciência, conselhos e incentivos.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Nada é tão nosso quanto nosso sonho.

Friedrich Nietzsche

DISTRIBUIÇÃO DO ESPADARTE, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) CAPTURADO PELA FROTA BRASILEIRA E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MANEJO ESPACIAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO

RESUMO

A pesca oceânica industrial é alvo de grandes polêmicas, pairando entre o fornecimento essencial de alimentos e o impacto causado por ela. E apesar das estatísticas apontarem declínio na captura de algumas espécies, essa pesca ainda é vista como alternativa de exploração de recursos pesqueiros. Desta forma estudos que relacionem a estrutura populacional das espécies capturadas com as variáveis operacionais e ambientais, contribuem diretamente para gestão desses recursos. Seguindo essa linha, o presente estudo visou contribuir com conhecimentos técnico-científicos sobre a pesca e a ecologia do espadarte (*Xiphias gladius*, Linnaeus, 1758), provenientes das frotas espinheleiras brasileiras, que operam no Atlântico Oeste, correspondente aos anos 2010 a 2016, no intuito de promover a exploração sustentável desse importante recurso pesqueiro oceânico, a partir da avaliação do potencial de utilização de estratégias de manejo espacial como instrumento de gestão. A metodologia empregada para avaliar a relação das variáveis explicativas e resposta foi o método Modelo Aditivo Generalizado Misto (GAMMs). A utilização desse modelo revelou ser uma ferramenta estatística muito útil, indicando que todas as variáveis testadas do modelo final foram altamente significativas. Os resultados indicam, que o espadarte ocorre geralmente entre as latitudes de 10°N a 30°S e entre longitudes de 20° a 50°W. Acompanha preferencialmente a faixa de temperatura inferior a 25°C, nas profundidades menores que 60 metros, com tendência crescente abaixo de 20 metros. Para índice de iluminação lunar, apresentou melhores tendências a uma intensidade intermediária de iluminação, com predominância na fase crescente. Em relação ao efeito da Clorofila, foi menos significativa quando comparada as demais variáveis testadas, com relação oposta entre o efeito e a quantidade de clorofila. Os resultados gerados nesse estudo, sobre as interações operacionais e ambientais com a CPUE do espadarte, sugerem áreas e épocas que podem ser utilizadas por frotas pesqueiras e por instituições governamentais como ponto de partida para estratégias de manejo do espadarte.

Palavras-chave: Pesca industrial; Modelos Aditivos Generalizados Mistos; Variáveis ambientais.

SWORDFISH DISTRIBUTION, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) CAPTURED BY THE BRAZILIAN FLEET AND POTENTIAL FOR USING SPACE MANAGEMENT STRATEGIES AS A MANAGEMENT INSTRUMENT

ABSTRACT

Pelagic industrial fisheries are the subject of great controversy, hovering between the essential supply of food and its impact. Although statistics show a decline in the catch of some species, this fishing is still seen as an alternative to exploiting fishery resources. Thus, studies that relate the population structure of the captured species with operational and environmental variables, contribute directly to the management of these resources. Following this line, the present study aimed to contribute with technical-scientific knowledge about the fishing and ecology of swordfish (*Xiphias gladius*, Linnaeus, 1758), coming from the Brazilian longline fleets, operating in the West Atlantic, in the period from 2010 to 2016, in order to promote the exploration of this important oceanic fishery resource, based on the evaluation of the potential use of spatial management strategies as a management tool. The methodology used to evaluate the relationship of explanatory variables and response was the Mixed Generalized Additive Model (GAMMs) method. The use of this model proved to be a very useful statistical tool, indicating that all tested variables of the final model were highly significant. The results indicate that the swordfish generally occurs between latitudes from 10°N to 30°S and between longitudes of 20° to 50°W. It preferably follows the temperature range below 25 ° C, at depths below 60 meters, with an increasing trend below 20 meters. For lunar illumination index, it presented better tendencies to intermediate illumination intensity, predominating in the increasing phase. Regarding the effect of chlorophyll, it was less significant when compared to the other variables tested, with the opposite relationship between the effect and the amount of chlorophyll. The results generated in this study on operational and environmental interactions with swordfish CPUE suggest areas and times that can be used by fishing fleets and government institutions as a starting point for swordfish management strategies.

Keywords: Industrial fishing; Mixed Generalized Additive Models; Environmental variables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Distribuição do espadarte e área de captura no Oceano Atlântico Oeste.	2
Figura 2	– Espadarte (<i>Xiphias gladius</i> , Linnaeus, 1758).....	4
Figura 3	– Área de estudo e distribuição espacial do esforço de pesca (Esforço/1000) realizados pela frota brasileira no período de 2010 a 2016.	8
Figura 4	– Distribuição dos resíduos e QQ plot do modelo final ajustado aos dados de CPUE do espadarte, capturado por espinheleiros brasileiros no Oceano Atlântico Oeste utilizando a distribuição Tweedie	12
Figura 5	– (A) Efeito da Temperatura da Superfície da água do Mar (TSM) e (B) da Clorofila na CPUE do espadarte capturado pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.....	13
Figura 6	– (A) Efeito do Índice de iluminação da lua (IL) e (B) da Profundidade da Camada de Mistura (PCM) na CPUE do espadarte capturado pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.....	14
Figura 7	– Predição Espacial da CPUE geral (A) e anual (B-H) da pesca de espadarte, realizada pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.....	21
Figura 8	– Predição Espacial da CPUE por mês da pesca de espadarte realizada pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Sumário dos resultados dos modelos utilizados para analisar a relação entre os fatores ambientais sobre as capturas (CPUE) do espadarte, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016	11
----------	---	--	----

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	2
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 - ESPADARTE (<i>Xiphias gladius</i>).....	4
2.2 - MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS MISTOS	6
3 - OBJETIVOS	7
3.1 - Objetivo geral	7
3.2 - Objetivos específicos	7
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	8
4.1 Área de estudo	8
4.2 Aquisição dos dados	8
4.3 Análise dos dados	9
5 - RESULTADOS	11
5.1 Seleção do modelo e validação	11
5.2 Efeito das variáveis operacionais e ambientais na CPUE do espadarte	13
5.3 Efeitos das variáveis temporais e espaciais na CPUE do espadarte	14
6 - DISCUSSÃO	23
7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas e os fatores ambientais dos Habitats, determinam a distribuição e a diversidade das espécies (RICKLEFS, 2011). O conhecimento dos padrões de distribuição e de medidas de diversidades, promovem metas para gestão dos recursos naturais, estando essas diretamente associadas a saúde e ao bom funcionamento do ecossistema (RICKLEFS, 2011).

Ao longo dos anos, pesquisadores como Zagaglia (2003), Maury et al. (2001) e Bigelow et al. (1999), realizaram estudos sobre a distribuição de espécies pelágicas e relacionado com as variáveis ambientais. Bach et al. (2003) realizaram pesquisas com o atum da espécie *Thunnus obesus*, com o objetivo de analisar as distribuições de profundidade obtidas de duas técnicas de observação distintas sobre diferentes variáveis ambientais. Enquanto Silva (2014) buscou em seu estudo com o tubarão-azul (*Prionace glauca*) e com espadarte (*X. gladius*) estimar a abundância utilizando a CPUE no Atlântico Sudoeste.

Dentre as espécies pelágicas estudadas podemos citar o espadarte, o qual apresenta exemplares solitários, onde dificilmente formam cardumes (GUITART-MANDAY, 1964). Essa espécie é caracterizada por realizar migrações de longas distancias, sendo desta forma sua distribuição e abundancia, estudada ao longo dos anos, nos três oceanos (HAZIN, 2006) (Figura 1).

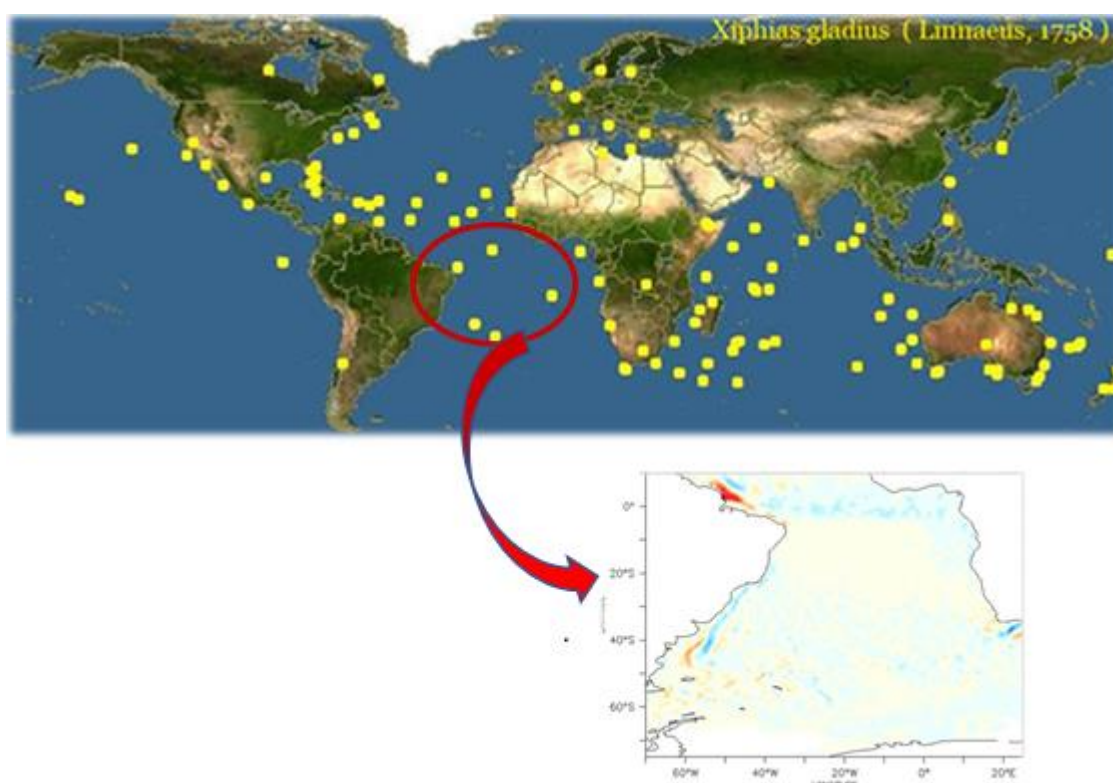


Figura 1 – Distribuição do espadarte e área de captura no Oceano Atlântico Oeste. (Fonte: SOARES, 2014; LOPES, 2011.)

O oceano Atlântico é o segundo maior do planeta, com aproximadamente de 74 milhões de km² de área superficial e 7.833 metros de profundidade média (COSTELLO et al., 2010), de acordo com sua localização é dividido em Atlântico Norte (acima da linha do Equador) e Atlântico Sul (abaixo da linha do Equador).

É considerado o mais importante para a economia mundial (CHASE e ADAMS, 2019), por ser o mais favorável, devido sua localização, para o transporte de mercadorias, pessoas (RODRIGUE e NOTTEBOOM, 2017) e comunicação (cabos de fibra ótica submarinos) (CARTER et al, 2009). Com 20% da água total do planeta e tendo a maioria dos rios desarem nele, possui grande diversidade biológica, sendo desta forma alvo da pesca industrial.

É importante considerar que o oceano Atlântico com sua imensa massa de água influencia o clima dos hemisférios norte e sul, reduzindo as variações de temperatura (RICKLEFS, 2011), fato que ocorre devido a sua capacidade de armazenamento e transporte de grandes quantidades de calor (RHEIN, 2013).

Visando aumentar e melhorar os estudos com espécies pelágicas, novas tecnologias foram (MOLINA et al., 2004 e COSGROV et al, 2006, HAZIN et al. 2009). Com isso foram produzidas informações mais detalhadas sobre diversidade, movimentos horizontais e verticais, ocupação do habitat pelágico oceânico, como também sobre as habilidades fisiológicas e comportamentais de termorregulação (DAGORN et al., 2000; ITOH e TSUJI, 2003; DAGORN et al.; 2006).

Neste intuito os modelos matemáticos são uma ótima alternativa. Seguindo essa linha de pesquisa, ao longo dos últimos anos alguns trabalhos foram realizados, cujos objetivos foram determinar as relações entre as variáveis ambientais e a distribuição de grandes peixes pelágicos (ZAGAGLIA, 2003; MAURY et al. 2001 e BIGELOW et al., 1999). Por meio de modelos não lineares para a análise da influência das variáveis ambientais sobre os dados de captura.

Esses modelos têm viabilizado a inclusão das variáveis ambientais combinadas aos Sistemas de Informação Geográfica- SIG e aos Modelos Aditivos Generalizados (GAM) e Lineares (GLM). Eles apresentam grande potencial de utilização na conservação de espécies

afetadas pela pesca, como, por exemplo, as estratégias espaciais de conservação (fechamento temporário de áreas de pesca) (ZHENG et al 2002; HAZIN, 2006, HAZIN e ERZINI, 2008).

Mesmo com vários estudos demonstrando os benefícios do manejo espacial para a conservação dos estoques pesqueiros costeiros (MMA, 2010; CASTREJÓN E CHARLES, 2013; GREEN et al, 2014), pouco foi publicado com essa abordagem sobre os ecossistemas oceânicos. Como prováveis causas pode-se citar maior distância da costa, devido a elevada complexidade espacial e temporal desse ecossistema (HYRENBACH et al. 2000).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESPADARTE (*Xiphias gladius*)

A espécie *Xiphias gladius* (Figura 1), popularmente conhecida como espadarte, pertencente à ordem dos perciformes, da sub-ordem Scombroidei (OVCHINNIKOV, 1971). É considerada uma espécie monotípica da família Xiphiidae, com distribuição em águas tropicais e temperadas de todos os oceanos (NAKAMURA, 1985).

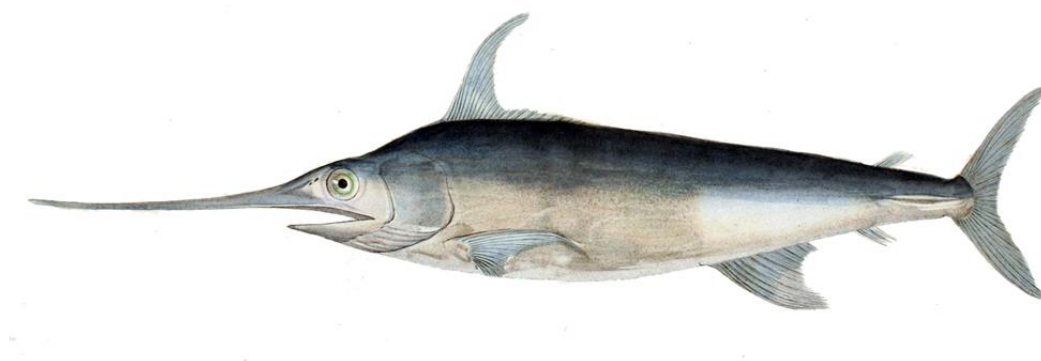


Figura 2- Espadarte (*Xiphias gladius*, Linnaeus, 1758). Fonte: <http://www.comite-peches.fr/wp-content/uploads/SWO-espadon.bmp>. Acesso em: 24/06/19.

Philo Chordata

Subphilo Vertebrata

Superciasse Gnathostornata

Classe Osteichthyes

Subclasse Actinopterygii

Ordem Perciformes

Subordem Scombroidei

Família Xiphiidae

Gênero Xiphias

Atualmente de acordo com Markle (1974), existe uma hipótese de dois estoques populacionais distintos dessa espécie, um no Atlântico Norte e outro no Atlântico Sul, separados, aproximadamente, pela latitude de 5°N. Haveria ainda um terceiro estoques, no Mar Mediterrâneo. Markle (1974), analisando os resultados de marcação de espadarte no Atlântico Norte, pôde observar que jamais ocorreram recapturas abaixo dessa latitude de 5°N. Para fortalecer essa hipótese, estudos sobre a genética dessa espécie no Atlântico Norte e Sul, também sugerem à existência de duas populações distintas (CHOW et al., 1997).

Essa espécie apresenta exemplares de grande porte, podendo atingir mais de 500kg de peso total (TIBBO et al., 1961), com machos de até 12 anos de idade e fêmeas de até 16 anos Arocha et al (2003). Normalmente ocorre entre 200 e 800 m de profundidade, apresentando um comportamento migratório relacionado com as flutuações sazonais na temperatura da água (COLLETTE, 1995). Devido apresentarem uma distribuição epi e mesopelágica, sua captura ocorre principalmente com espinhel.

A pesca oceânica do espadarte tem sido observada desde à introdução do palangre no Oceano Atlântico, em meados de 1956, com capturas incidentais reportadas pela frota japonesa e russa na captura de atuns e tubarões, respectivamente, o arpão foi rapidamente substituído pelo espinhel (BECKETT, 1974). No entanto foi observada de forma irrisória nas décadas de 60 à 80, iniciando realmente nos anos 90, com produção de 1.571 t em 1994 (HAZIN et al., 2009).

A captura de espadarte no Atlantico Sul tem sido realizada principalmente pela Espanha, Japão, Brasil e Taiwan, onde contribuem com 80% das capturas. No ano de 1995 ocorreu o máximo de capturas, com 21.780 t, sendo atribuídas 54,3% a frota espanhola, 17,4% a japonesa, 13,8% a taiwanesa e 9,5% a frota brasileira (HAZIN, 2006).

No Brasil, a pesca comercial voltada para essa espécie, é considerada ainda recente (HAZIN, 2009), no entanto foi a segunda mais capturada pela frota espinheleira industrial do Rio Grande do Norte, entre os anos de 1983 a 2012 (LIRA, 2016). Hazin et al. (2004) identificaram em 2001, atuando pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva Brasileira que a espécie em questão representou 15,7%, da produção total, oriunda de embarcações chinesas arrendadas ao Brasil.

Esse aumento considerável da captura de estoques de espadarte levaram essa e outras espécies ao nível de sobrepesca. No entanto apesar do declínio dos estoques, os esforços de pesca continuam aumentando (FAO, 2004). Isso não afeta apenas as populações alvo das frotas pesqueiras, mas o ecossistema como todo (WWF- BRASIL, 2016), alguns estudos PAULY et al., 1998. PAULY et al., 2005) mostraram a decrescimento dos níveis tróficos das comunidades capturadas pela pesca industrial ao longo dos últimos 50 anos.

Considerando a importância ecológica e econômica dos peixes pelágicos de interesse comercial, ainda existe pouca informação sobre sua distribuição e abundância. Tornando-se desta forma necessário o aprofundamento de sua ecologia, e consequentemente não apenas minimizar os custos das operações de pesca, mas principalmente reduzir a captura acidental de outras espécies, reduzindo-se, assim, o impacto ecológico da atividade.

2.2 MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS MISTOS

Grande parte das avaliações de estoques se baseiam somente em dados oriundos da pesca comercial, uma vez que são de fácil obtenção. As séries temporais de captura e esforço de pesca, registradas possibilitam estimar a captura por unidade de esforço - CPUE (GARSTANG, 1900; BARANOV 1918), considerado o principal indicador da abundância relativa de um estoque.

No entanto, o coeficiente de capturabilidade sofre constantes variações devido à seletividade do aparelho de pesca, disponibilidade do recurso e acessibilidade aos mesmos (PALOHEIMO e DICKIE, 1964; DICKSON, 1993). Estes fatores variam de acordo com as características técnicas e operacionais da pesca (SWAIN e SINCLAIR, 1994; VIGNAUX, 1996) e das condições naturais e ambientais (QUINN e DERISO, 1999; BRILL e LUTCAVAGE, 2001; SALAS e GAERTNER, 2004, HAZIN, 2006).

Partindo do princípio que os modelos estatísticos são utilizados para relacionar um conjunto de dados de uma amostra da população, a escolha do modelo é de extrema importância para refletir a realidade. Seguindo esse pensamento Nelder e Wedderburn (1972) reuniram uma série de técnicas estatísticas, geralmente estudadas separadas, formulando uma classe de modelos de regressão. Essa classe de modelagem estatística, ficou conhecida como Modelos Lineares Generalizados (GLM).

Os Modelos Lineares Generalizados (GLM) são modelos matemáticos que surgiram para suprir as limitações das Análises de Regressões Lineares. Estas exigem fortes suposições

para sua utilização como normalidade, independência e homocedasticidade dos erros. Desta forma os GLM são extensões dos modelos de regressão simples e múltipla.

Enquanto a Análise de Regressão analisa somente a relação da variável resposta e uma ou mais variáveis explicativas, identificando uma função que descreva essa relação, os GLMs permitem utilizar outras distribuições para os erros e uma função de ligação, associando a média da variável resposta às combinações lineares das variáveis explicativas. Permitindo desta forma examinar não apenas as relações lineares entre as variáveis explicativas e a resposta, mas principalmente ampliar as hipóteses admitidas.

Quando a amostra não é simples e as observações não precisam ser independentes, temos como ferramenta estatística os modelos mistos. Dentre esses modelos estão os Modelos Aditivos Generalizados Mistos (GAMMs). Os quais são conhecidos como regressão hierárquica ou regressão multinível, permite examinar relações entre variáveis medidas em diferentes níveis de dados com essa estrutura (ROCHA, 2017).

Esses modelos são extensões do GLM e combinam propriedades estatísticas de duas estruturas amplamente necessárias em estudos biológicos, nomeadamente modelos mistos lineares, dos quais incorporam efeitos aleatórios e modelos lineares generalizados, que lidam com a não-normalidade dos dados (BOLKER et al., 2008). Sendo desta forma o mais adequado para análise dos dados deste trabalho.

3.OBJETIVOS

3.1Geral

O presente trabalho teve como objetivo principal aprofundar os conhecimentos técnico-científicos sobre a pesca e a ecologia do espadarte, provenientes das frotas espinheleiras brasileiras, que operam no Atlântico Sul e Equatorial, no intuito de promover a exploração sustentável desse importante recurso pesqueiro oceânico, a partir da avaliação do potencial de utilização de estratégias de manejo espacial como instrumento de gestão.

3.2 Específicos

- ✓ Caracterizar as áreas de maior probabilidade de captura;
- ✓ Relacionar os efeitos das variáveis temporais e espaciais na CPUE do espadarte, identificando-se os fatores de maior influência;
- ✓ Identificar tendências das variáveis operacionais e ambientais em função CPUE do espadarte.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área escolhida para este estudo está localizada no Atlântico Oeste, entre as latitudes de 05°N – 35° S e longitudes de 20° – 50° W (Figura 3).

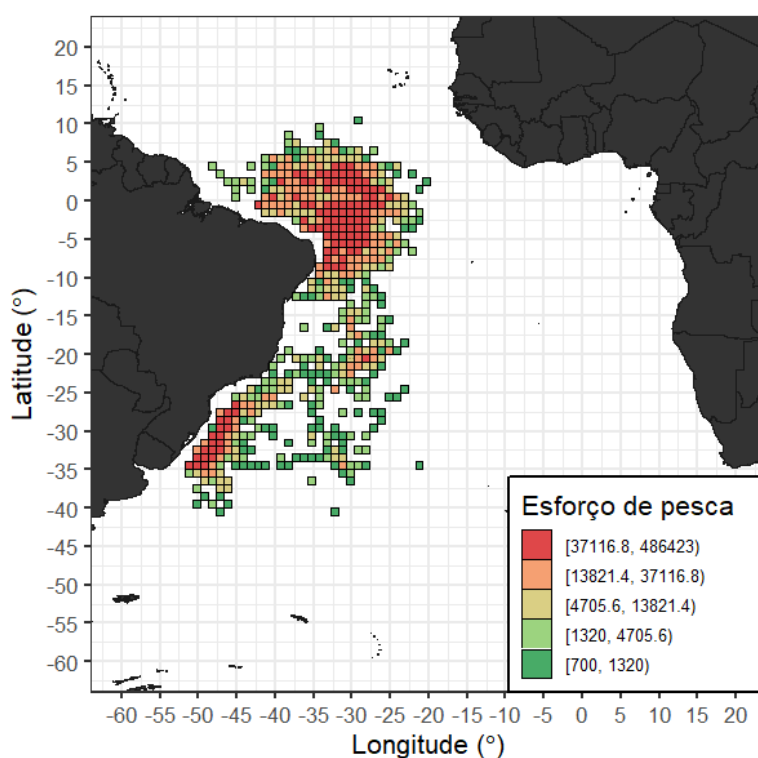


Figura 3 – Área de estudo e distribuição espacial do esforço de pesca (Esforço/1000) realizados pela frota brasileira no período de 2010 a 2016.

4.2 Aquisição dos dados

Os dados referentes aos lançamentos, área de pesca, esforço e captura foram obtidos através dos mapas de bordo das embarcações sediadas no Brasil, no período de 2010 a 2016, cujas as capturas são destinadas ao espadarte e atuns (albacora laje e bandolim). Como índice de abundância relativa foi utilizada a CPUE, em número de indivíduos, por 1000 anzóis.

As variáveis oceanográficas foram obtidas através de sensores de satélites, a partir de séries temporais armazenadas em bancos de dados disponíveis online. A temperatura da superfície da água do mar (TSM) e profundidade da camada de mistura (PCM ou DML),

disponibilizadas pelo “Physical Oceanography Distributed Active Archive Center”, do “Jet Propulsion Laboratory”/ NASA, pelo “Geophysical Fluid Dynamics Lab./ ocean data from the IRI/ ARCS/ Ocean assimilation”, e pelo “Centre ERS d’Archivage et de Traitement (CERSAT)”, do (IFREMER). Imagens do “Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor - SeaWiFS da Goddard Space Flight Center/NASA forneceram as informações referentes a variável concentração de clorofila (CLORO), após serem convertidas em dados numéricos. Estes dados, cuja resolução original é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, foram agregados para constituir uma base de dados oceanográficos (*full data*) com resolução de $1^\circ \times 1^\circ$, por dia, ano, mês latitude (05°N - 30°S) e longitude (20° - 50°W) sendo seguidamente incorporados no banco de dados de pesca. O índice de iluminação da lua (IL) foi extraído do pacote do R LUNAR.

4.3 Análise dos dados

Devido ao fato da pesca comercial atuar em espaço e tempo pré-definidos pelos recursos que se deseja capturar, eliminando assim a independência dos dados (recolhidos aleatoriamente) (AUGUSTIN et al., 2013), os Modelos Aditivos Generalizados Mistos (GAMMs) foram utilizados com o intuito de analisar a relação entre os fatores ambientais sobre as capturas (CPUE) do espadarte. Nos GAMM, dois tipos de variáveis podem ser consideradas: os efeitos fixos e os efeitos aleatórios. Estes últimos normalmente incluem blocos ou estudos observacionais que são replicados em espaço ou tempo, mas podem também englobar variações entre indivíduos, espécies, regiões.

A escolha do que deve ser efeito fixo ou aleatório às vezes pode ser uma escolha conceitual. No presente estudo, optou-se por utilizar como variáveis aleatórias a embarcação (sugerido por HAZIN et al, 2016) uma vez que conceitualmente a variabilidade nas taxas de captura do espadarte entre os barcos pode depender das características intrínsecas de cada frota de pesca, capitão e tripulação, enquanto as outras variáveis explicativas foram consideradas como efeitos fixos.

Para a escolha das covariáveis utilizadas no modelo final foi aplicado o método da dupla penalidade (*double penalty approach*) proposto por Marra e Wood (2011), no qual, todas as covariáveis que tenham tendência a zero, ou seja, que a sua função de suavização final seja uma linha com o valor de zero, devem ser retiradas do modelo final. Para o cálculo das funções de suavização foi utilizado o método de REML.

Um total de 3 modelos foram desenvolvidos, onde foram testadas diferentes configurações, com e sem a adição de uma estrutura espaço-tempo. A formulação final do GAMM utilizado pode ser expressa da seguinte forma:

Modelos com estruturação espaço-tempo:

$$\mu_{i\text{captura}} = f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Ano}) + f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Mês}) + f_2(\text{TSM}) + f_3(\text{CHO}) + f_4(\text{IL}) + f_5(\text{PCM}) + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço})),$$

Modelos com estrutura espaço:

$$\mu_{i\text{captura}} = f_3(\text{Latitude}, \text{Longitude}) + f_6(\text{TSM}) + f_7(\text{Mês}) + f_8(\text{CHO}) + f_9(\text{IL}) + f_9(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço})),$$

Modelos sem estrutura espaço-tempo:

$$\mu_{i\text{captura}} = f_{10}(\text{Latitude}) + f_{11}(\text{Longitude}) + f_{12}(\text{TSM}) + f_{13}(\text{Mês}) + f_{14}(\text{CHO}) + f_{15}(\text{IL}) + f_{16}(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$$

onde, $\mu_i = E(y_i)$ e y_i é parte de uma distribuição de Tweedie (DUNN e SMYTH, 2005; TWEEDIE, 1984) com variância $\sigma \mu_i^p$. A distribuição Tweedie foi escolhida devido a sua capacidade de lidar com dados contínuos contendo grandes quantidades de zeros (45,5%) (TWEEDIE, 1984). A variável Ano, em ambos os modelos, representa o fator ano em i^{th} , f_2 a f_{16} são funções suavizadoras das covariáveis: Latitude, Longitude, Mês, Temperatura da Superfície da Água do Mar, Profundidade da Camada de Mistura, Clorofila, Índice de iluminação da Lua. $v_{k(i)}$ é o efeito da variável aleatória Frota. f_1 é o tensor suavizador tri-dimensional, onde o espaço (Latitude, longitude) é modelado com um suavizador isotrópico (*soap films* e *thin plate regression splines*) e o tempo (Mês e Ano) com um suavizador *cubic regression spline* (WOOD et al, 2008). O valor do parâmetro p , que exhibe a maximização da verossimilhança, analisado nesta distribuição, foi estimado em 1,34, que demonstra uma composição entre as distribuições de Poisson e Gamma.

A acuracidade do modelo foi avaliada utilizando-se *n-fold* validação cruzada onde:

- (1) todos os dados foram divididos em sub conjuntos aleatoriamente;
 - (2) foram calculados os valores previstos ocultando-se os observados de cada sub-conjunto.
- Em seguida foi utilizado o coeficiente de correlação entre os valores observado e o correspondente valores previstos para a validação cruzada do modelo candidato.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Programa R.

5. RESULTADOS

5.1 Seleção do modelo e validação

Dentre os 3 modelos testados, o menor valor da RQMEP (raiz quadrada do erro médio de previsão) (1,69) foi observado no modelo com estruturação espaço-tempo (Tabela 1), explicando 49% da variância final do modelo.

Tabela 1 – Sumário dos resultados dos modelos utilizados para analisar a relação entre os fatores ambientais sobre as capturas (CPUE) do espadarte, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.

Estrutura	Modelo	DE (%)	RQMEP	Fronteria
Espaço- Tempo	$f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Ano}) + f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Mês}) + f_2(\text{TSM}) + f_3(\text{CHO}) + f_4(\text{IL}) + f_5(\text{PCM}) + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$	49	1,69	sim
	$f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Ano}) + f_1(\text{Latitude}, \text{Longitude}, \text{Mês}) + f_2(\text{TSM}) + f_3(\text{CHO}) + f_4(\text{IL}) + f_5(\text{PCM}) + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$	43	1,87	não
Espaço	$f_3(\text{Latitude}, \text{Longitude}) + f_6(\text{TSM}) + f_7(\text{Mês}) + f_8(\text{CHO}) + f_9(\text{IL}) + f_9(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$	33	3,5	sim
	$f_3(\text{Latitude}, \text{Longitude}) + f_6(\text{TSM}) + f_7(\text{Mês}) + f_8(\text{CHO}) + f_9(\text{IL}) + f_9(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$	27	3,78	não
Sem esturura espaço tempo	$f_{10}(\text{Latitude}) + f_{11}(\text{Longitude}) + f_{12}(\text{TSM}) + f_{13}(\text{Mês}) + f_{14}(\text{CHO}) + f_{15}(\text{IL}) + f_{16}(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$	32	3,89	sim

$$f_{10}(\text{Latitude}) + f_{11}(\text{Longitude}) + f_{12}(\text{TSM}) + f_{13}(\text{Mês}) + f_{14}(\text{CHO}) + f_{15}(\text{IL}) + f_{16}(\text{PCM}) + \text{Ano}_{(i)} + v_{k(i)} + \text{offset}(\log(\text{esforço}))$$

24

4,4

não

DE= deviance explicada; RQMEP=Raiz quadrada do erro médio de previsão; Fronteria= suavizadores soapfilm.

Todas as variáveis do modelo foram significativas (teste F, $p < 0,05$). Por ordem de importância e explicação na variação da CPUE, interação entre “longitude, latitude e ano” explicou 50% do total da variância explicada do modelo final, a variável temperatura da superfície do mar explicou 38% e as demais variáveis somadas 12%.

As análises dos resíduos do modelo Tweedie demonstram que os valores se distribuem homocedasticamente e sua maior parte em torno de zero, indicando que o modelo ajustado não apresenta viés. Contudo, observa-se pequenas discrepâncias entre os quantis residuais e o quantis residuais normalizados, com valores extremos aparecendo somente na extremidade positiva (Figura 4), indicando que os pressupostos assumidos para a distribuição da variável resposta (erro) e a função de ligação foram aceitáveis.

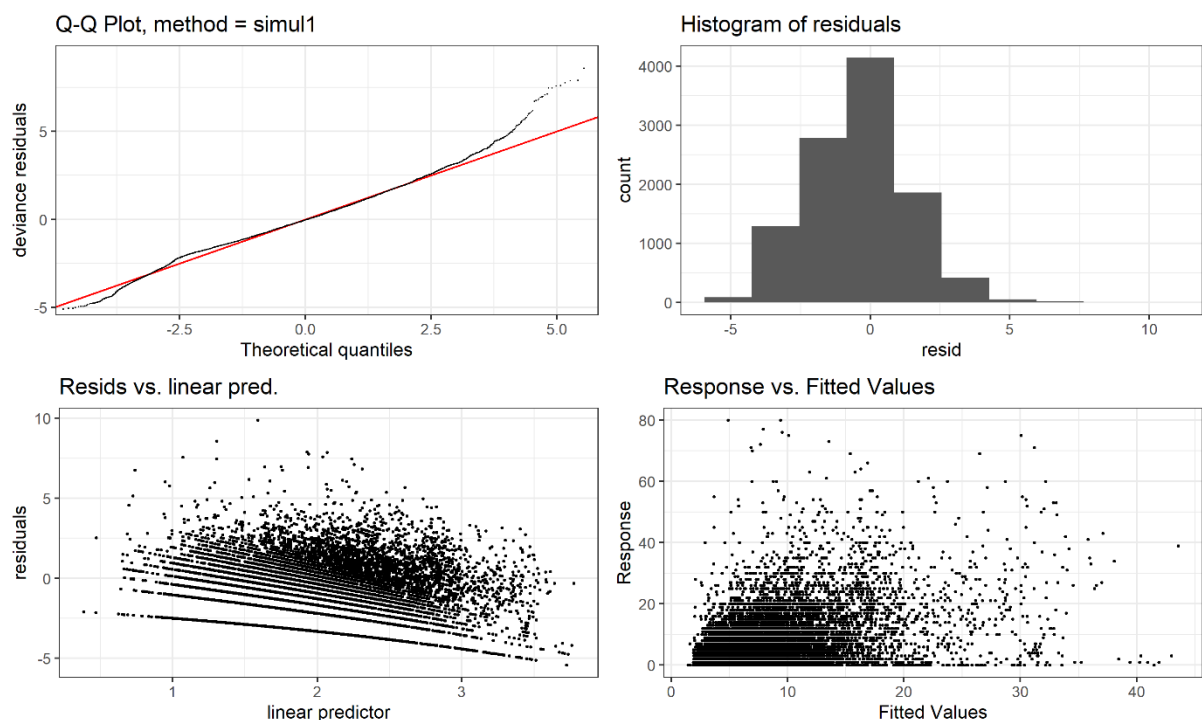


Figura 4 - Distribuição dos resíduos e QQ plot do modelo final ajustado aos dados de CPUE do espadarte, capturado por espinheiros brasileiros no Oceano Atlântico Oeste utilizando a distribuição Tweedie.

5.2 Efeito das variáveis operacionais e ambientais na CPUE

O efeito da temperatura da superfície da água do mar na CPUE do espadarte apresenta uma tendência significativamente positiva em temperaturas elevadas, com os valores mais elevados a serem registrados entre 17° e 22°C, decrescendo a partir desta temperatura (Figura 5-A). Já o efeito da clorofila mostra que as maiores capturas ocorrem em baixas concentrações, entre 0,1 e 0,5 mg/m^3 (Figura 5-B).

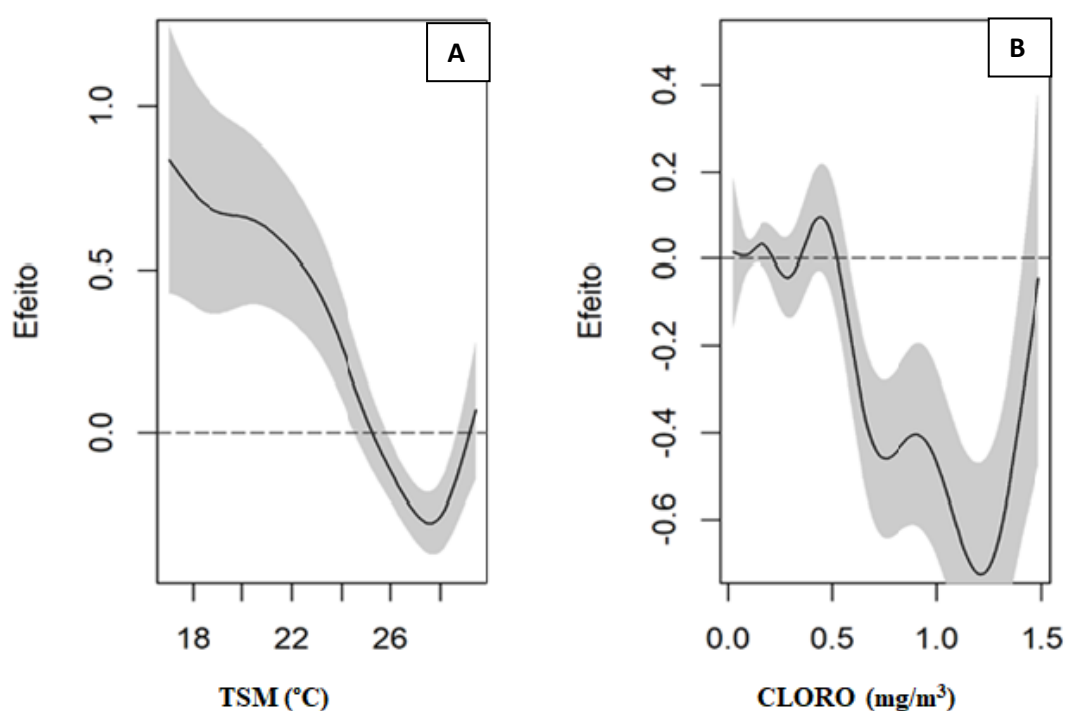


Figura 5- (A) Efeito da Temperatura da Superfície da água do Mar (TSM) e (B) da Clorofila na CPUE do espadarte capturado pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.

O efeito do índice de iluminação lunar sobre a CPUE do espadarte apresenta tendência crescente até o valor 0,8, aproximadamente, decrescendo gradualmente à medida que se aproxima da lua cheia (1,0) (figura 6-A.)

A relação da Profundidade da Camada de Mistura (PCM) com a CPUE do espadarte, apresenta efeito com melhores respostas para profundidades inferiores a 60 m, mostrando efeito com oscilações positivas até os 40 m, aproximadamente, onde tende a se tornar negativo, crescendo novamente até os 60 m, a partir desta profundidade assume uma tendência decrescente (Figura 6-B).

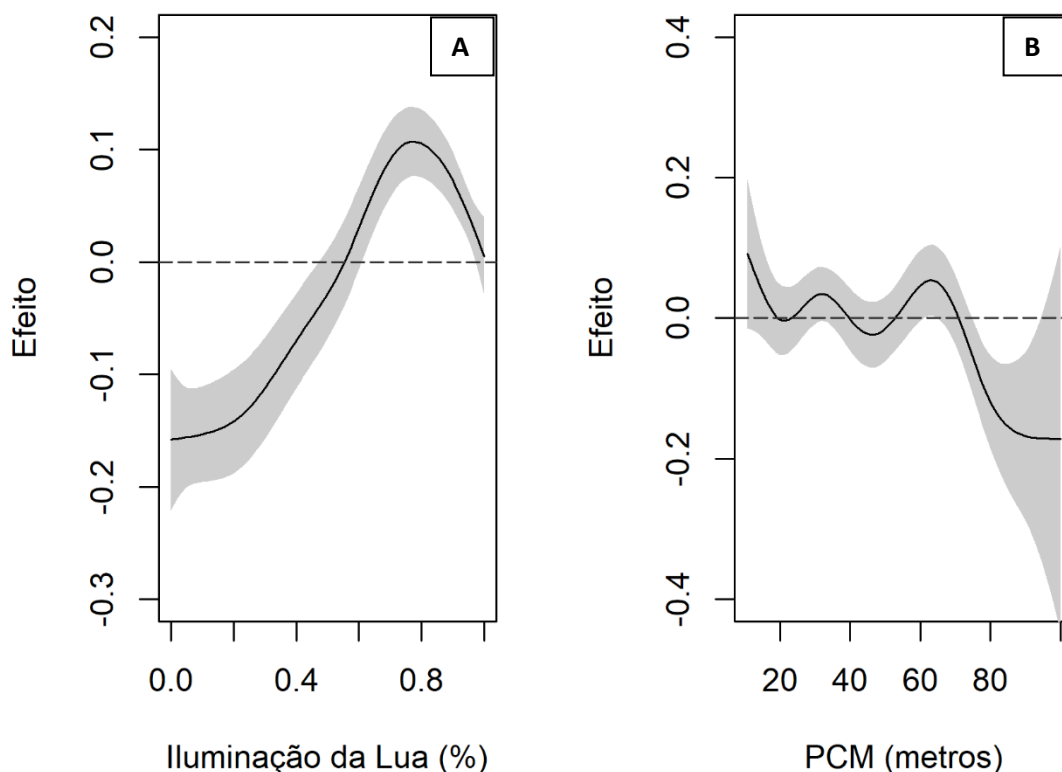


Figura 6 – (A) Efeito do Índice de iluminação da lua (IL) e (B) da Profundidade da Camada de Mistura (PCM) na CPUE do espadarte capturado pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.

5.3 Efeitos das variáveis temporais e espaciais na CPUE do espadarte

A distribuição geral do espadarte apresenta 4 áreas de maior abundância sendo duas localizadas na região Equatorial entre 5°N-0N/30°W-40°W (A1), a segunda 5°N-0N/20°W-25°W (A2), a terceira na região sudeste mais afastada da costa entre 10°S-20°S/25°W-20°W (A3) e a outra na região sul próxima a costa brasileira entre 20°S-30°S/45°W-55°W (A4) (Figura 7A). Apesar das quatro áreas observadas apenas as três primeiras apresentaram persistências espaço-tempo, exceto para os anos de 2010, 2015 e 2016 (Figura 7 B-H).

A interação entre a latitude e longitude na CPUE do espadarte analisados por meses, mostra que os maiores efeitos foram observados nas áreas 2, 3 e 4 nos primeiros meses do ano. A partir do terceiro mês é possível observar o fraco efeito nas áreas 3 e 4, e os maiores efeitos aumentando gradativamente ao longo dos meses 3 a 12, nas áreas 1 e 2. Nas áreas 3 e 4 começa a observar gradativamente o aumento dos efeitos, entre os meses 8 e 9. A partir do

mês 10 os efeitos da área 4 diminuem aumentando os efeitos nas áreas 3, 2 e 1, particularmente nas duas primeiras (Figura 8).

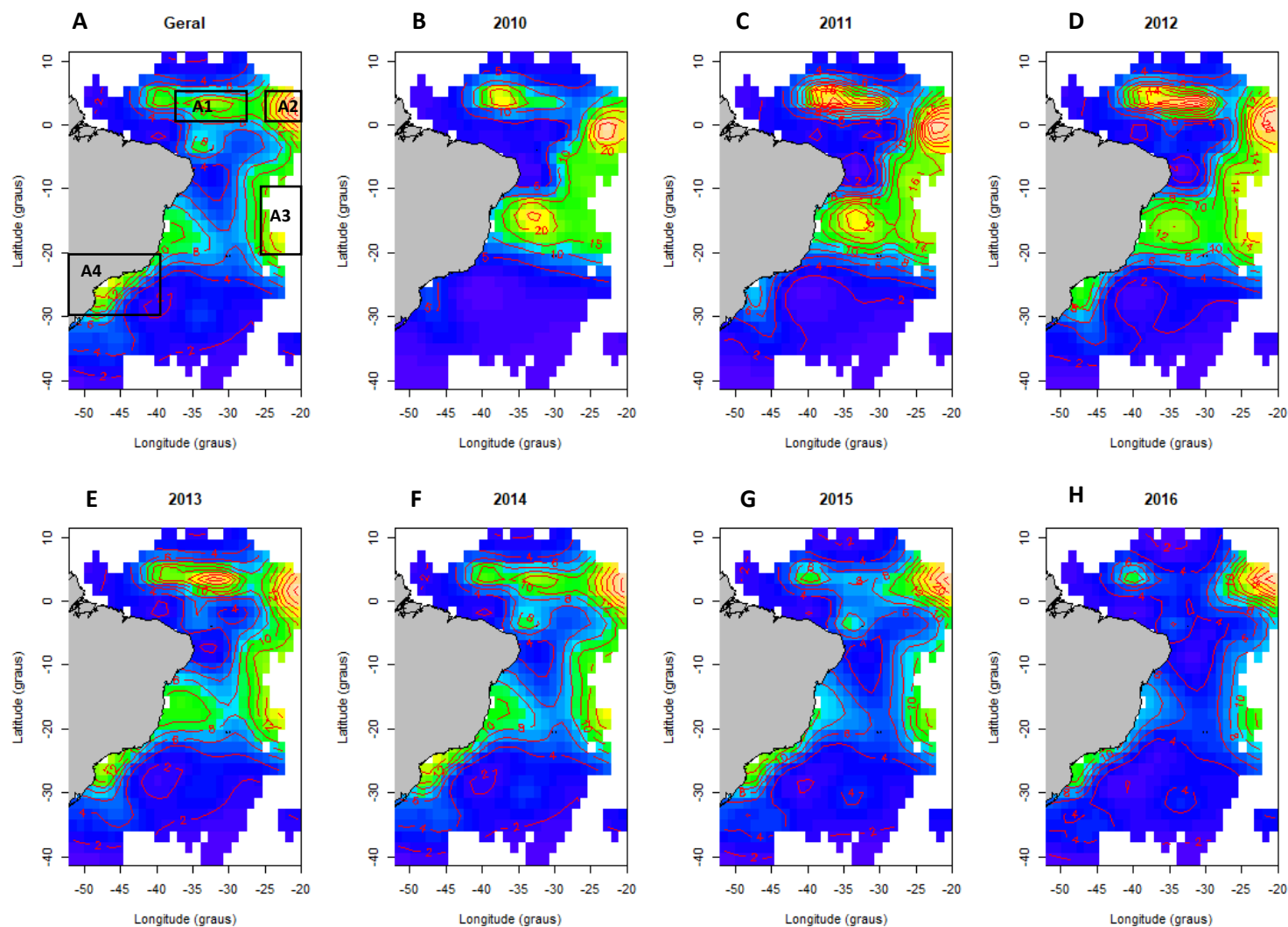


Figura 7 – Predição Espacial da CPUE geral (A) e anual (B-H) da pesca de espadarte, realizada pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.

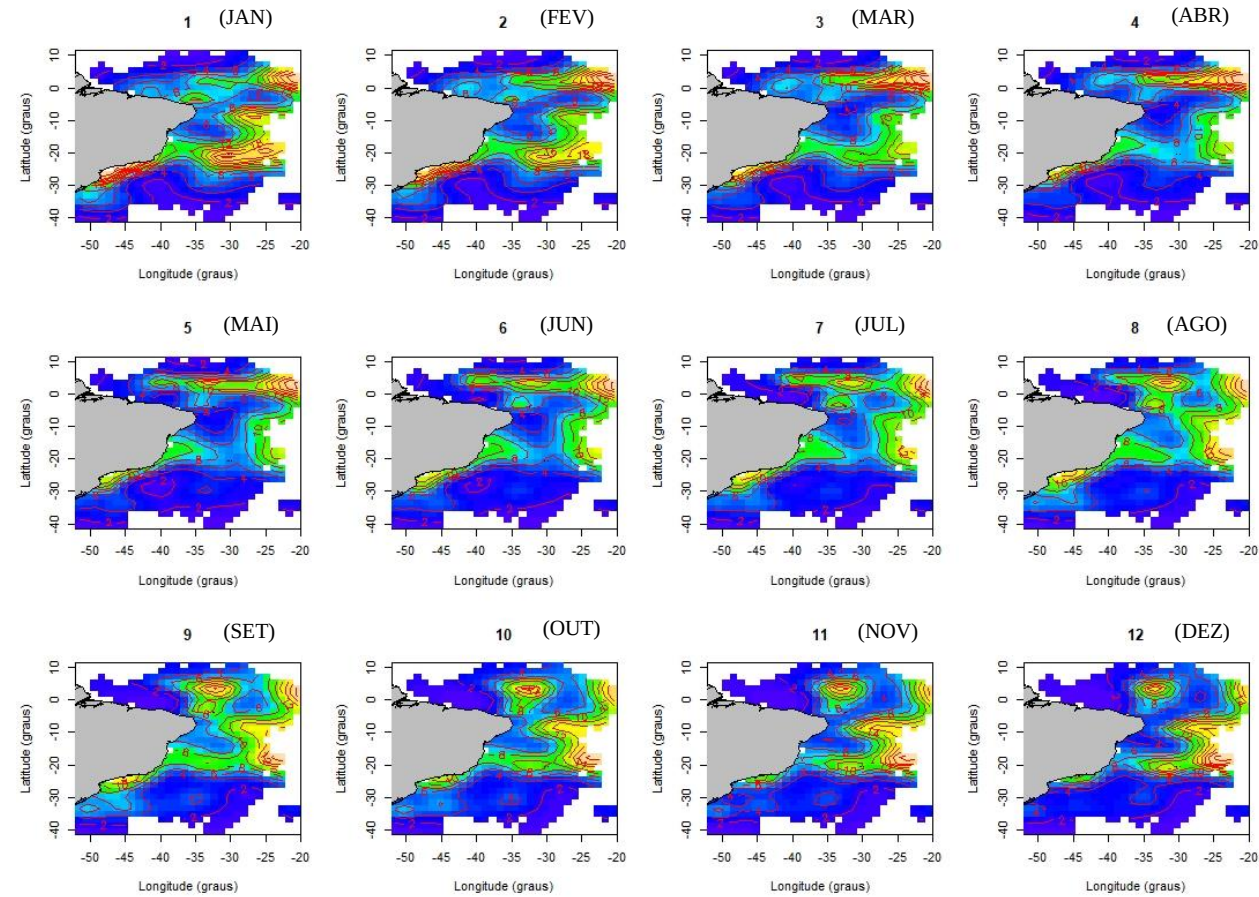


Figura 8 – Predição Espacial da CPUE por mês da pesca de espadarte realizada pela frota brasileira, no Atlântico Oeste, no período de 2010 a 2016.

6. DISCUSSÃO

A identificação de associações significativas entre as espécies pelágicas e as condições ambientais é de suma importância para a interpretação da CPUE de espécies altamente migratórias (SCHICK et al., 2004), já que o desempenho das frotas espinheiras é influenciado pela disponibilidade e vulnerabilidade (RICKER, 1975) dos recursos, em relação ao meio em que vivem, para se determinar as estratégias de pesca.

A CPUE sofre diversas variações, que podem ocorrer constantemente devido principalmente, a seletividade do aparelho de pesca, a disponibilidade do recurso e a acessibilidade aos mesmos (SWAIN E SINCLAIR, 1994; VIGNAUX, 1996), fatores esses que podem variar de acordo com as características técnicas e operacionais da pesca e das variáveis ambientais (BRILL et al., 1998; HAZIN, 2006).

Dessa forma, em modelos com estruturação espaço-tempo é importante não assumir que as capturas em áreas geograficamente vizinhas sejam semelhantes (AUGUSTIN et al., 2013), devido as características intrínsecas do meio (ex. ressurgências). Esta preocupação é particularmente importante quando um objetivo da análise são as interações espaço-temporais.

Os modelos sem especificação de limites de fronteiras são inadequados para impor suavidade em toda a área de pesca podendo levar a conclusões incorretas (WOOD et al., 2008). Suponha que uma rápida mudança nas densidades, os modelos vão tentar acomodar esta mudança brusca, aumentando a flexibilidade dos suavizadores espaço-tempo, e consequentemente a probabilidade de existência de interação espaço-tempo fora dos limites da área de pesca, mesmo se nenhum estiver presente; Por outro lado, se o modelo interpreta incorretamente as mudanças bruscas da variabilidade aleatória, resultará em *oversmoothing*, e consequentemente diminuirá a probabilidade de detecção da interação, mesmo quando se está presente. Por esse motivo, com a finalidade de evitar esses possíveis erros, foi adicionado o suavizador *soap films* na interação de não suavizar os limites dessas fronteiras.

Os resultados dos modelos mostraram que aqueles com suavizadores *soap films* apresentaram melhor desempenho em relação aos modelos sem, em termos de RQMEP, corroborando com os resultados obtidos por Augustin et al. (2013). O uso do suavizador *soap films* apresenta uma clara vantagem que evita a imposição de áreas espacialmente correspondentes, neste caso das variáveis dependentes utilizadas no modelo. Entretanto, devem-se tomar cuidados pois os resultados podem ser sensíveis às limitações das fronteiras estabelecidas (WOOD et al., 2008; AUGUSTIN et al., 2013).

De acordo com as observações dos autores Minster (1993) e Alves et al. (2006), o ecossistema marinho é influenciado por diversas variáveis, dentre as quais são consideradas principais: a temperatura, a salinidade e a pressão, destas a temperatura é a que mais influencia seu funcionamento. Vale ressaltar que essa variável é particularmente marcante para peixes pelágicos, que realizam migrações de longa distância, como o espadarte. Isso se dá porque a temperatura determina a taxa dos processos metabólicos, influenciando diretamente as migrações reprodutivas e tróficas (PALKO et al., 1981; BIGELOW et al., 1999).

Desta forma o espadarte parece apresentar um padrão sazonal bem definido, migrando de águas mais quentes nos meses de março a maio, para águas mais frias, ao sul da costa brasileira, nos meses de agosto a outubro. Estes resultados estão de acordo com trabalhos anteriores que situam a maior abundância de espadarte na região sudeste-sul no final do segundo trimestre e terceiro trimestre do ano (AMORIM, 1976; HAZIN, 2001). Hazin et al. (2004), ao analisarem a distribuição da frequência de comprimentos por trimestre, demonstram que, durante o segundo trimestre, 46% dos indivíduos amostrados na região equatorial, registavam comprimentos MIF entre 160 e 210 cm, enquanto que no terceiro e quarto trimestre a moda encontrava-se nas classes entre 100 e 130 cm e 120 e 160 cm MIF, respectivamente, sugerindo que este deslocamento da moda para a esquerda, pode resultar da migração dos indivíduos maiores (>160 cm MIF) para a região sudeste-sul do Brasil durante o segundo trimestre.

Esta possibilidade explicaria, também, a forte redução dos índices de captura entre os meses de agosto a outubro. Esta hipótese é reforçada pela observação de uma maior frequência de exemplares de grande porte nas capturas da região sudeste-sul, durante o terceiro trimestre do ano. (AMORIM e ARFELLI, 1988; ARFELLI, 1996; HAZIN et al., 2002), justamente quando as isotérmicas de 20° e 25°C se encontram mais deslocadas para sul (HAZIN, 1993), dentro da faixa considerada ótima para a espécie, de acordo com o presente trabalho. Esta migração pode estar relacionada com a alimentação, dado que a abundância de lulas, principal item alimentar (ZAVALA-CAMIN, 1982), aumenta neste período do ano na região sudeste-sul (ZAVALA-CAMIN, 1982; ZAVALA-CAMIN, 1987; ARFELLI, 1996). Relativamente à reprodução na área equatorial (porção sudoeste), Hazin et al. (2001) analisaram ovários de espadarte e concluíram que a região estudada não é uma área de reprodução da espécie, mas sim de amadurecimento e pós-desova.

As influências das variações oceanográficas sobre a pesca não se restringem apenas à variação sazonal. As flutuações anuais também são observadas no Atlântico, cujas variações

têm ocorrido por influência direta dos fenômenos climáticos “El Niño-Southern Oscillation” (ENSO) e La Niña.

O El Niño apresenta como características, o aquecimento anômalo da temperatura da superfície da água do mar, alterações na estrutura da termoclina, na intensidade dos ventos e na velocidade das correntes, os quais são indicadores evidentes do caráter excepcional deste evento climático que ocorre no Oceano Pacífico (ENFIELD e MAYER, 1997; NICHOLSON, 1997). Este fenômeno influencia diretamente de forma negativa a distribuição e abundância, neste Oceano. Onde o aumento da temperatura, proporciona uma menor disponibilidade de oxigênio (SILVA et al., 2017), sendo um dos fatores limitantes que influencia diretamente espécies pelágicas como no caso do espadarte, a realizar migrações em busca de condições melhores (DIAS-NETO e DIAS, 2015). O oposto ocorre com o fenômeno La Niña que proporciona o aumento na distribuição e abundâncias dessas espécies.

Desta forma nos anos de 2010 e 2011, ocorreram fenômenos fortes de La Niña, proporcionando variáveis ambientais favoráveis a abundância e distribuição de espadarte. Enquanto que o fenômeno El Niño ocorreu forte em 2015 e 2016 (APAC, 2020), favorecendo as migrações desse peixe para áreas mais frias, justificando desta forma o efeito da TSM sobre a CPUE da pesca do espadarte nesses anos.

Em relação ao índice de iluminação lunar o espadarte apresentou melhores tendências a uma intensidade intermediária de iluminação, com ocorrência na fase crescente. Esse resultado pode ser explicado pelo fato dessa espécie ser um predador noturno com ritmo circadiano, o que sugere ter relação com a intensidade luminosa (CAREY E ROBSON, 1981). Outros autores também identificaram a preferência do espadarte pela fase crescente do ciclo lunar (HAZIN, 2006; GAERTNER, 2001). Hazin (2006) identificou algumas diferenças entre as fases da lua e a profundidade do topo da termoclina, indicando que a menor variação da intensidade de luz pode afetar a distribuição do espadarte na coluna de água. Santos e Garcia (2005), observaram em seus estudos que o espadarte capturado no Atlântico tem seu tamanho influenciado pelas fases da lua. De maneira geral as fases da lua, tem mostrado influência não apenas na pesca de espadarte, mas também em capturas de outras espécies como o atum (*Thunnus albacares*), que demonstrou preferência por fases mais claras, com capturas de indivíduos maiores na fase de lua cheia (LIRA, 2016).

O espadarte apresentou melhores relações com as profundidades menores que 60 metros, com tendência crescente abaixo de 20 metros. Este fator interfere diretamente na escolha do aparelho de pesca. E reforçando o uso do espinhel de superfície na captura dessa espécie, pois segundo Azevedo (2003) o espinhel pelágico é utilizado nas profundidades que

variam de 45 a 80 m. Poisson et al. (2001) e Poisson e Guyomard (2001) observaram no Oceano Índico, que juvenis de espadarte apresentam uma movimentação diferenciada dos adultos, encontrando-se entre os 20 e 60 m de profundidade. Enquanto Collette (1995), constatou que o espadarte ocorre normalmente sobre a zona do talude, dos 200 até os 800 m de profundidade, já em ambiente estritamente oceânico. Church (1969) também apresentou registros dessa espécie a profundidades superiores a encontradas neste estudo, entre 600 e 660 m. Este fator interfere diretamente na escolha do aparelho de pesca.

A variável clorofila apesar de ter mostrado correlação com a CPUE da pesca do espadarte, apresentou-se menos significativa quando comparada as demais variáveis testadas. Apresentando uma relação oposta entre o efeito e a quantidade de clorofila. Segundo Zagaglia et al. (2004), ocorre uma relação decrescente entre a abundância dessa espécie e a concentração de Clorofila a, com maiores rendimentos próximos a $0,12 \text{ mg/m}^3$.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Modelos Aditivos Generalizados Mistos (GAMMs) explicaram de maneira satisfatória a relação entre os fatores ambientais sobre as capturas (CPUE) do espadarte.

Os resultados mostram a importância das variáveis ambientais na influência nos padrões de distribuição espacial e temporal do espadarte. Tendo como áreas de concentração, locais com maior probabilidade de encontrar alimento e de maior chance de sobrevivência. Ocorrendo desta forma, em zonas de elevadas convergências e divergências oceânicas.

As informações geradas a partir deste estudo criam subsídios importantes à indústria pesqueira nacional, oferecendo condições de melhorar sua produtividade, oferecendo um menor impacto ambiental, utilizando para isto as áreas e meses de maior probabilidade de ocorrência.

Considera-se que o conhecimento da distribuição desta espécie contribua para melhorar estratégias de manejo, permitindo uma melhor administração, reduzindo as incertezas e facilitando ações de gestão e fiscalização da pesca do espadarte no Atlântico Oeste.

REFERÊNCIA

- ALVES, J. M. B.; SOUZA, R. O.; CAMPOS, J. N. B. Previsão da anomalia de temperaturas da superfície do mar (TSM) no Atlântico tropical, com a equação da difusão de temperatura. *Revista Climamálise*. Ano 03, nº01. 2006. 14p.
- AMORIM, A. F. O que teria acontecido as pescarias de atuns? A pesca do atum no sudeste e sul do Brasil. *Pesca em Revista*, Santos, São Paulo. 1976. p. 18 – 25.
- AMORIM, A.F. e ARFELLI, C.A. Description of the Brazilian swordfish fishery in Santos. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, Madrid*, 1988. 27(1), p. 315-7.
- APAC – Agencia Pernambucana de Águas e Clima. Análises das condições oceânicas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- ARFELLI, C.A. Estudo da pesca e aspectos da dinâmica populacional de espadarte, *Xiphias gladius* L. 1758, no Atlântico Sul. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil. 1996. 175p.
- AROCHA, F.; MORENO, C.; BEERKIRCHER, L.; LEE, D. W.; MARCANO, L. Update on growth estimates for swordfish, *Xiphias gladius*, in the Northwestern Atlantic. *Col. Vol. Sci. Pap. Iccat*, 2003. 55 (4), p.1416-1429.
- AUGUSTIN, N. H.; TRENKEL, V. M.; WOOD, S. N.; LORANCE, P. Space-time modelling of blue ling for fisheries stock management. *Environmetrics*. 2013. v.24. p.109–119.
- AZEVEDO, G.V. Aspectos biológicos e dinâmica das capturas do tubarão azul (*prionace glauca*) realizadas pela frota espinheira de Itajaí-SC, Brasil. Tese de Mestrado, IOUSP, São Paulo. 2003. 160p.
- BACH, P.; DAGORN, L.; BERTRAND, A.; JOSSE, E.; MISSELIS, C.; Acoustic telemetry versus monitored longline fishing for studying the vertical distribution of pelagic fish: bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in French Polynesia. *Fisheries Research*. 2003. v.60, p. 281–292.
- BARANOV, F. I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Nauchnyi issledovatel'skii ikhtiológicheskii Institut Isvestia* 1(1):81–128 (Translated).
- BECKETT, J. S. Biology of swordfish, *Xiphias gladius* L., in the Northwest Atlantic Ocean. In: Shomura, R. S., Williams, F. S. (Eds.), *Proceedings of the International Billfish Symposium, Part 2. Review and contributed papers*. NOAA Tech. Rept NMFS-SSRF., Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 Aug. 1974. p. 103-106.
- BIGELOW, A. K.; BOGGS, C. H.; HE, X. Environmental effects on swordfish and blue sharks catch rates in the US. North Pacific longline fishery. *Fish. Oceanogr.* 1999. v.8, p.178-198.
- BOLKER, M. B.; BROOKS, M. E.; CLARK, C. J.; GEANGE, S. W.; POULSEN, J. R.; STEVENS, M. H. H.; WHITE, J. S. S. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 2008. 24(3), p.127-135.

BRILL, R. W.; LOWE, T. E.; COUSINS, K. L. How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes - it's the heart stupid., International Congress on Biology of Fish. American Fisheries Society, Towson University. 1998. 4p.

BRILL, R. W.; LUTCAVAGE, M. E. Understanding environmental influences on movements and delph distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. American Fisheries Society Symposium. 2001.v.25. p.179-198.

CAREY, F. G.; ROBISON, B. H. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. Fish. Bull. 1981. v.79, p.277-292.

CARTER L.; BURNETT, D.; DREW, S.; HAGADORN, L.; MARLE, G.; BARTLETT-MCNEIL, D.; IRVINE, N. Submarine Cables and the Oceans – Connecting the World. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31. ICPC/UNEP/UNEP-WCMC. 2009. 68p.

CASTREJÓN, M.; CHARLES, A. Improving fisheries co-management through ecosystem-based spatial management: the Galapagos Marine Reserve. Marine Policy. 2013. v.38, p.235-245.

COSTELLO, M. J.; CHEUNG, A.; HAUWERE, N. Surface Area and the Seabed Area, Volume, Depth, Slope, and Tophographic Variation for the World's Seas, Oceans, and Coutries. Environ. Sci. Technol. 2010. v.44, p. 8821-8828.

COLLETTE, B. B. Xiphiidae. Peces espada. p. 1651-1652. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.) Guia FAO para Identification de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacifico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Rome. 1995.

COSGROVE, R.; ARREGI, I. and ARRIZABALAGA, H.; 2006. Archival tagging of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the North Atlantic, a pilot study Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 2006. 59 (3), p.923-927.

CHASE, A.; ADAMS, A. America's Atlantic Ocean Economy- Too Important to Jeopardize. Published August 12, 2019. Disponível em: www.nrdc.org. Acesso em: 05 set. 2019.

CHOW, S. H.; OKAMOTO, Y. U.; TAKEUCHI, Y.; TAKEYAMA, H. Genetic stock structure of the swordfish (*Xiphias gladius*) inferred by PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA control region. Mar. Biol. 1997. p.359-367.

DRAGANIK, B.; CHOLYST, J. Temperature and moonlight as stimulator for feeding activity by swordfish. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., Madrid. 1988. v.27, Mar. p.305-311.

DAGORN, L.; JOSSE, E.; BACH, P. Individual differences in horizontal movements of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in nearshore areas in French Polynesia, determined using ultrasonic telemetry Aquat. Living Resour. 2000. v.13. p.193-202.

DAGORN, L.; HOLLAND, K. N.; HALLIER, J. P.; TAQUET, M.; MORENO, G., SANCHO, G.; ITANO, D. G.; AUMEERUDDY, R.; GIRARD, C.; MILLION, J. and FONTENEAU, A. Deep diving behavior obseved in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Aquat. Living Resour. 2006. v.19. p.85-88.

DIAS-NETO, J.; DIAS, J. de F. O. O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca. Brasília: Ibama, 2015. 288 p.

DICKSON, W. Estimation of the capture efficiency of trawl gear. 2: testing a theoretical model. Fish. Res., 16: 255-272. 1993.

DUNN, P. K.; SMYTH, G. K. Series evaluation of Tweedie exponential dispersion model densities. Statistics and Computing. 2005. v.15. p.267–280.

ENFIELD, D.B.; MAYER, D.A. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. J. Geophy. Res. 102, 1997. p.929-945.

FAO - The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA). Rome: FAO. 2004. 153 p.

GAERTNER, J. C.; POISSON, F.; TAQUET, M. Analyse des interactions entre les captures de grands pélagiques de la flottille palangrière réunionnaise et les conditions de pêche (caractéristiques techniques, environnement). In: Poisson, F., Taquet, M.s (Eds.), L'espadon: de la recherche à l'exploitation durable. Programme Palangre Réunionnais (PPR), IFREMER, Paris. 2001. p.106-127.

GARSTANG, W. The impoverishment of the sea. J. Mar. Biol. Assoc., 6: 1-69. 1900.

GUITART-MANDAY, G. Biology pesquera del imperador o pez espada, *Xiphias gladius* Linnaeus (Teleostomi: Xiphiidae) en las aguas de Cuba. Poeyana 1. 1964. p.1-37.

GREEN, A. L. et al. Designando Reservas Marinhas para Gerenciamento de Pesca, Conservação da Biodiversidade, e adaptação às mudanças climáticas. Diário Gerenciamento costeiro. 2014. 42: 2, p.143-159.

HAZIN, F. H. V. Fisheries oceanographical study of tunas, billfisher and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. Ph.D Dissertation, University of Fisheries, Tokyo. 1993.

HAZIN, H. G. Distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do espadarte, *Xiphias gladius* (linnaeus 1758), capturado no atlântico sudoeste equatorial. Monografia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2001. 63p.

HAZIN, F. H. V.; HAZIN, H. G., BOECKMANN, C.E.; TRAVASSOS, P. La reproduction de l'espadon (*Xiphias gladius*) dans l'atlantique sud-ouest equatorial: la ponte et la fecondité. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 2001. v. 52, p.1233–1240.

HAZIN, H. G., HAZIN, F. H. V., TRAVASSOS, P. Analyse de la distribution de frequence de taille des espadons (*Xiphias gladius*, linnaeus 1758) capturés dans l'atlantique sud-ouest equatorial. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 2002. v.54, p.1579-1585.

HAZIN, F. H. V. Analise / Refinamento dos dados pretéritos sobre prospecção pesqueira – grandes peixes pelágicos do Nordeste (atuns, agulhões e tubarões). Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. 2003.

HAZIN, H. G., HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. Relatório final do Programa Revizee.

2004. 250p.

HAZIN, H. G. Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica populacional e pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, capturados pela frota brasileira. Tese para a obtenção do grau Doutor no ramo em Ciências do Mar, especialidade de Oceanografia. Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente – FARO, 2006. 202p.

HAZIN, H. e ERZINI, K. Assessing swordfish distribution in the South Atlantic from spatial predictions. *Fisheries Research*. 2008. v.90. p.45–55.

HAZIN, F. H. V.. Prospecção Pesqueira Hidroacústica da Região Nordeste. 1. ed. Fortaleza - CE: Martins & Cordeiro, 2009. v. 1. 110p.

HAZIN, F. H. V.; LESSA, ROSÂNGELA (Org.) ; NOBREGA, M. F. (Org.) . Dinâmica de Populações e Avaliação dos Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. Coleção Programa REVIZEE Score Nordeste. 1. ed. Fortaleza - CE: Martins & Cordeiro, 2009. 304p.

HAZIN, G. H.; HAZIN, F. H. V. ; OLIVEIRA, Í. A. ; SILVA, B. G ; PACHECO, C. E. Distribuição do agulhão negro e branco no atlântico sul e equatorial e potencial estratégia de manejo espacial. In: VII Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2016, Salvador. Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2016. v. 1. p. 1-1236.

HYRENBACH, K. D.; FORNEY, K. A.; DAYTON, P. K. Marine protected areas and ocean basin management. *Aquatic Conservation: Marine of Freshwater Ecosystems*. 2000. v.10. p. 437–458.

ITOH, T. & TSUJI, S. Migration patterns of Young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags *orientalis* Manuscript approved for publication 22 October 2002 by Scientific Publications Office. *Fish. Bull.* 2003. v.101, p.514-534.

KERSTETTER, D. W.; GRAVES, J. E. Effects of circular versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. *Fish. Res.* 2006. v. 80, p.239-250.

LIRA, M. G.; Pesca de atuns e afins no Oceano Atlântico: interações oceanográficas, implicações socioeconômicas e tecnológicas. Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – UFRN. Natal-RN. 2016. 80p.

LOPES, J. A. P. Peixes Desportivos do mundo. O Espadarte – *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758). Publicado em 11/abr./2011. Disponível em: <https://peixesdesportivosdomundo.blogspot.com>. Acesso em: 15 ago. 2019.

MARRA, G.; WOOD, S. N. “Practical Variable Selection for Generalized Additive Models,” *Computational Statistics & Data Analysis*. 2011. v.55. p.2372–2387.

MAURY, O.; GASCUEL, D.; MARSAC, F.; FONTENEAU, A.; DE ROSA, A. L. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2001. v.58. p.458-469.

MARKLE, G. Distribution of larval swordfish in the Northwest Atlantic Ocean. In: Shomura, R.S., Williams, F.F.s (Eds.), Proceedings of the International Billfish Symposium. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rept NMFS-SSRF, Kailua-Kona, Hawaii, 1974. p.252–260.

MEJUTO, J.; HOEY, J. J. An approach to a stock hypothesis for the swordfish, *Xiphias gladius*, of the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 1991. v.35, p.482–501.

MINSTER, J. F. Os oceanos. Biblioteca básica de ciências e cultura – Instituto Piaget. 1993. 139p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil / Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. – Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010. 148 p.

MOLINA, A. D.; MOLINA, R. D.; SANTANA, J. C.; ARIZ, J. Mercado de patudo em las islas canarias dentro del betyp. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 56(2): 769-772. 2004.

NAKAMURA, I. FAO species catalogue. In: FAOs (Ed.), Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., Roma, 1985. p.1-65.

NELDER, J.A. e WEDDERBURN, R.W.M. Generalised linear models. Journal of the Royal Statistical Society: Séries A. 1972. v. 137. p.370–384.

NICHOLSON, J. The relative effects of sample size and proportion. Teaching Statistics, 1997. v.19. n.2. p.47-48.

OVCHINNIKOV, V.V. Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean. In: Transl, P.F.S.s (Ed.), Jerusalém, Israel, 1971. 77p.

QUINN, T. J. and DERISO, R. B. 1999. Quantitative Fish Dynamics. OXFORD University Press, New York. 542p.

PALKO, B.J., BEARDSLEY, G.L., RICHARD, W.J. Synopsis of the biology of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. NOAA Technical Report NMFS. 1981. v. 441.

PALOHEIMO, J. E. and DICKIE, L. M. 1964. Abundance and fishing success. Rapports et Proces- verbaux des Reunions, Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer, 155(28): 152-163.

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; FROESE, R.; TORRES JR., F. Fishing down marine food webs. Science, 1998. 279(5352). p.60-863.

PAULY, D.; WATSON, R.; ALDER, J. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences, 2005. v. 360. p.5-12.

POISSON, F.; BARGAIN, R.M.; TAQUET, M. Premiers essais de marquages d'espadon (*Xiphias gladius*) a l'aide de marques intelligentes archives de type «pop up». IOTC Proceedings. 2001. p. 245 -254.

POISSON, F.; GUYOMARD, D. Description de la technique et des stratégies de pêche de la flottille palangrière réunionnaise. In: Poisson, F., Taquet, M.s (Eds.), L'espadon: de la recherche à l'exploitation durable. Programme Palangre Réunionnais (PPR), IFREMER. 2001. p.61-78.

RICKLEFS, R. E. A Economia da Natureza. 6ª ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2011. 546p.

RICKER, W. E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd Can. 1975. v.191, p.1-382.

RHEIN, M.; RINTOUL, S. R.; AOKI, S.; CAMPOS, E.; CHAMBERS, D.; FEELY, R. A.; GULEV, S.; JOHNSON, G. C.; JOSEY, S. A.; KOSTIANOY, A.; MAURITZEN, C.; ROEMMICH, D.; TALLEY, L.D.; AND WANG, F. Observations: Ocean. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013. p. 255-315.

ROCHA, A. L. M. M. Modelos Lineares Mistos: Uma abordagem Baysiana. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. 58p.

RODRIGUE, J.P.; NOTTEBOOM T. The Geografia of Transport Systems. Nova York: Routledge, 4ª ed. 2017. 440p.

SALAS, S. and GAERTNER, D. 2004. The behavior dynamics of fishers: management implications. Fish and Fisheries. 5:153-167.

SANTOS, M. N.; GUARCIA, A. The influence of the moon phase on the CPUEs for the Portuguese swordfish (*Xiphias gladius* L. 1758) fishery. Collective Volume of Scientific Paper-International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. 2005. v.8, n.4, p.1466-1469.

SCHICK, R. S., GOLDSTEIN, J. AND LUTCAVAGE, M. E. Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) distribution in relation to sea surface temperature fronts in the Gulf of Maine (1994–96). Fish. Oceanogr. 2004. v.13. p. 225– 238.

SILVA, A. A. G. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE ESPADARTE *Xiphias gladius* E DE TUBARÃO AZUL *Prionace glauca* COM ESPINHEL PELÁGICO NO SUDOESTE DO ATLÂNTICO. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014. 139p.

SILVA, L. A.; CARVALHO, L. S.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P; ANDRADE, J. B. Solubilidade e reatividade de gases. Quím. Nova vol.40 no.7 São Paulo Aug. 2017.

SHARP, G. D. Future climate change and regional fisheries: a collaborative analysis. FAO Fisheries Technical Paper. No 453, Rome. 2006.

- SOARES, H. C. Variabilidade climática interanual local e remota do Atlântico Sul sobre os Grandes Ecossistemas Marinhos brasileiros - Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - São José dos Campos: INPE, 2014. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3H9CNL5>>. Acesso em: 26 jul. 2019.
- SWAIN, D. P.; SINCLAIR, A. F. Distribuição e capturabilidade de peixes: qual é a medida apropriada de distribuição? *Pode. J. Fish. Aquat. Sci.* 1994. v.51. p.1046-1054.
- TIBBO, S.; DAY, L. R.; DOUCET, W. F. The swordfish (*Xiphias gladius* L.), its life history and economic importance in the Northwest Atlantic. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 1961. v.130. p.1-47.
- TWEEDIE, M. C. K. An index which distinguishes between some important exponential families. In: Ghosh, J.K., Roy, J. (Eds.), *Statistics: Applications and New Directions. Proceedings of the Indian Statistical Institute Golden Jubilee International Conference.* Indian Statistical Institute, Calcutta. 1984. p.579–604.
- KLYASHTORIN, L. B. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.* 1998. v.37, p.115–125.
- WOOD, S. N. Fast stable direct fitting and smoothness selection for generalized additive models. *Royal Statistical Society. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*. 2008. v.70, p.495– 518.
- WWF- BRASIL - World Wildlife Fund. Situação e tendências da pesca marítima no Brasil e o papel dos subsídios. São Paulo - SP, 2016. 79p.
- VIGNAUX, M. Analysis of spatial structure in fish distribution using commercial catch and effort data from the New Zealand hoki fishery. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* Toronto. 1996. v.53. p.963-973.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. Ocorrência de peixes, cefalópodos e crustáceos em estômagos de atuns e espécies afins, capturadas com espinhel no Brasil (23°S-34°S) 1972-1985. *Boletim do Instituto de Pesca*, 1987. v.14. p.93-102.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. Distribucion vertical y estacional de tunideos y otras especies pelágicas en el suroeste y sur del Brasil, obtenida por medio de análisis de contenido estomacal. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 1982. v.17. p.439– 443.
- ZAGAGLIA, C.R.; LORENZZETTI, J. A.; STECH, J. L. Remote sensing data and longline catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic. *Remote Sensing of Environment.* 2004. V.93, n.1-2. p.267-281.
- ZHENG, X.; PIERCE, J. G.; REID, D. G; JOLLIFFE, I. T. Does the North Atlantic current affect spatial distribution of whiting? Testing environmental hypotheses using statistical and GIS techniques. *Journal of Marine Science.* 2002. v.59. p.239 – 253.