

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIENCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

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)

HUMBERTO GOMES HAZIN

Orientador: Karim Erzini

Constituição do Juri:

Presidente:

Reitor da Universidade do Algarve

Vogais:

Doutor Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos, Professor adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco

Doutor Karim Erzini, Professor Associado da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Manuel Seixas Afonso Dias, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Paulo Jose Relvas Almeida, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Antonio Miguel Piecho de Almeida Santos, Investigador Auxiliar do INIAP/IPIMAR- Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas

FARO

2006

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

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)

HUMBERTO GOMES HAZIN

Orientador: Karim Erzini

Constituição do Juri:

Presidente:

Reitor da Universidade do Algarve

Vogais:

Doutor Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos, Professor adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco

Doutor Karim Erzini, Professor Associado da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Manuel Seixas Afonso Dias, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Paulo Jose Relvas Almeida, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e ambiente da Universidade do Algarve

Doutor Antonio Miguel Piecho de Almeida Santos, Investigador Auxiliar do INIAP/IPIMAR- Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas

FARO

2006

Nome: Humberto Gomes Hazin

Faculdade: Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

Orientador: Karim Erzini

Data: 12/10/2005

Título: Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica populacional e na pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, capturados pela frota brasileira.

Resumo

No presente trabalho foram avaliadas as informações sobre a pesca oceânica brasileira, com palangre, actuando no Atlântico Sul, no período de 1978 a 2000. Baseando-se nos resultados obtidos na análise de cluster, pode-se observar que a frota brasileira alterna as suas estratégias de pesca nos lançamentos em função da espécie-alvo que se deseja capturar, tendo sido identificados dois tipos de operações distintas: uma para o espadarte (*Xiphias gladius*) e outra para os atuns. Os resultados observados confirmam a importância das variáveis testadas (operacionais e ambientais) na pesca e distribuição do *X. gladius* no Atlântico Sul. Observou-se, também, que as probabilidades de concentração da espécie se encontram associadas as variações sazonais das zonas de convergências (Intertropical e Subtropical). Verificou-se, também, que os eventos quentes parecem influenciar, negativamente, o índice de abundância relativa do *X. gladius*. Outro factor interessante observado foi a respeito da taxa de iluminação da lua, na qual mostrou influenciar na distribuição vertical do *X. gladius* e conseqüentemente em sua pesca. Todos os modelos testados apresentaram tendências semelhantes indicando um declínio moderado nos valores de CPUE para a espécie.

Palavras-chave: *Xiphias gladius*, Atlântico Sul, Zonas de Convergências, palangre.

Title: The influence of oceanographic variables on the population dynamics and fishery of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, caught by the Brazilian fleet.

Abstract

This dissertation evaluates the information concerning the Brazilian oceanic longline fishery in the South Atlantic, for the period from 1978 to 2000. Based on the results of the cluster analysis, it is possible to conclude that the Brazilian fleet changes fishing set strategy in order to target different species. There are two distinct fishing operations: one for swordfish, *Xiphias gladius*, and one for tunas. The results obtained confirm the importance of the variables tested (operational and environmental) for the fishery and for the distribution of swordfish in South Atlantic. It is also possible to observe that the highest swordfish concentrations are associated with the convergence zones (intertropical and subtropical) and their seasonal variability, with the greatest catches in the months of April and May between 3°N and 1°S (area 1), and from August to October between 25°S and 35°S (area 4). It was also found that warm events seem to affect in a negative manner the *X. gladius* index of relative abundance. Another interesting factor was the intensity of moon light (lunar phase) that influenced the vertical distribution of swordfish and consequently its fishery. In general, all models tested gave similar results, showing a moderate decline in CPUE values for this species.

Key-words: *Xiphias gladius*, South Atlantic, Convergence Zone, longline.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, do governo brasileiro pela bolsa de estudo e confiança depositada em mim para o desenvolvimento do doutoramento.

À Universidade do Algarve- UALG/Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente e, especialmente ao Grupo de Investigação Pesqueira pela utilização de suas instalações.

Ao Dr. Karim Erzini, pela excelente orientação, amizade e apoio, que foram fundamentais para a realização do presente trabalho.

Ao Dr. Manuel Afonso Dias pela disposição, amizade e apoio prestado ao longo destes anos, no desenvolver da tese.

Ao júri pela disposição em analisar esse trabalho

Ao Drs. Keith Bigelow e Carlos Palma pela ajuda concedida e pelos valiosos conselhos.

À Secretaria de Pesca e Aquicultura (SEAP) do governo brasileiro, em especial ao Dr Luiz Bonilha e a amiga Cláudia Zagaglia, pelas críticas e sugestões, assim como por terem cedido as informações fundamentais para a realização do presente trabalho.

A todas as pessoas que trabalham na Norte Pesca, especialmente a Fuad Hazin (*in memoria*) e Rodrigo Hazin.

A todas as pessoas do LOP (Laboratório de oceanografia pesqueira/UFRPE) que participaram da digitalização dos diários de bordo, em especial ao Dr. Fábio Hazin e Paulo Travassos pela amizade cultivada ao longo dos anos e terem cedidos os dados de pesca do presente trabalho, assim como a grande ajuda prestada na realização do mesmo.

Aos amigos de gabinete o Dr. Jorge Gonçalves, Luís Bentes, Pedro Monteiro, Rui Coelho, Joaquim Ribeiro, Daniel Machado, Pedro Veiga, pelas críticas e sugestões que ajudaram a desenvolver o presente trabalho.

A todos do Clube Vela de Tavira (Andebol) pela oportunidade e confiança apresentada no meu trabalho, em especial, a Eduardo Mendonça, Pedro, Flávio Fernandes, Lino, Abel, Joel, Palmilha, Hugo e Kovask.

Aos amigos de Faro, em especial a Tiago Gomes, Tiago Santos, Martins, Samiro, Villa, Teresa, Ivo, Valério, Alexandra, Rui Freitas, João, João e Dona Rosa, Katarina, Gonçalo, Alexandra Garcia, Terso, Vítor, Carlos, Duck (Jesus), Carla, André, Bruno (Fotoman), Victor Hugo (Vivix) e Israel Ribeiro.

Aos grandes amigos de apartamento Rafael e Alex, pelos momentos históricos e hilário convvidos.

Aos meus amigos Franklin (Batata) e Rui Catarino pela amizade e grande apoio no decorrer desses anos.

Aos amigos do Brasil, em especial a Felipe do handbol do Clube Português do Recife, Marcelo, Zé, André, Henrique Pinto, Victor, Alessandro, Jorge, Mário Rios, Cláudia Nader, Karina, Bruna, Wania, Diogo, Luiza, Camilla, Beatriz, Juliana Zagaglia, Santiago Hamilton, Fabrício, João Augusto, Gustavo Oliveira, Fábio Geber, Renatinha, Adriano e Elias, pela amizade, carinho, conselhos, incentivos profissionais e respeito cativados até hoje.

A minha amiga, companheira, amante, noiva, futura esposa e eterna namorada Renata Pretti pela compreensão e pelos momentos maravilhosos vividos.

A minha sogra Fátima Pretti Cinti, meu sgro Wagner Pretti Cinti (*in memoria*) e a minha cunhada Roberta Pretti Cinti pela amizade e por serem pessoas maravilhosas.

A todos que, directa ou indirectamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, com atenção, sugestões, críticas e/ou amizade

Dedico este trabalho a

A minha família pela atenção, apoio, confiança, educação e
paciência demonstrados ao longo desses anos.

Índice

Introdução geral.....	2
Capítulo I- Biologia e pesca do espadarte, <i>Xiphias gladius</i>	8
1.1-Biologia.....	8
1.1.1- História e sistemática.....	8
1.1.2- Descrição da espécie.....	10
Características externas.....	10
Características internas.....	11
1.1.3- Distribuição.....	12
Larvas.....	12
Juvenis.....	13
Adultos.....	13
Vertical.....	14
1.1.4- Adaptações morfológicas ao ambiente.....	14
1.1.5- Comportamento.....	17
1.1.6- Predadores.....	17
1.1.7- Alimentação.....	18
1.1.8- Idade e crescimento.....	19
1.1.9- Reprodução.....	19
1.1.10- Stocks.....	21
1.2- Pescas.....	22
1.2.1- Evolução da pesca de <i>X. gladius</i> no mundo.....	22
1.2.2- Tendência global dos desembarques de <i>X. gladius</i>	26
1.2.3- Pesca no Atlântico.....	27
1.2.4- Pesca no Atlântico Norte.....	28
1.2.5- Pesca no Atlântico Sul.....	28
Capítulo II- Evolução, dinâmica, caracterização e estratégia da pesca palangreira brasileira.....	33
2.1- Introdução.....	33
2.2- Material e métodos.....	34
Área de estudo.....	34
Obtenção dos dados.....	37
Análise estatística.....	38
2.3- Resultados.....	39
Distribuição dos lançamentos de pesca.....	39
Caracterização e estratégia de pesca.....	41
2.3.1- Frota Nacional.....	41
Evolução.....	41
Estratégia e caracterização.....	42
2.3.2- Frota Arrendada.....	43
Evolução.....	43
Estratégia e caracterização.....	45
2.3.3- Séries temporais.....	47
2.4- Discussão.....	48
Capítulo III- Influência dos factores operacionais e ambientais na pesca do espadarte, <i>Xiphias gladius</i> , capturados pela frota palangreira brasileira.....	76
3.1- Introdução.....	76
3.2- Material e métodos.....	77
Análise estatística.....	78
3.3- Resultados.....	80
3.3.1- Selecção das variáveis do modelo.....	80
3.3.2- Modelos Aditivos Generalizados (GAMs).....	81
Modelo Geral.....	81
Influência dos factores por área.....	82
Área 1.....	83
Área 2.....	84
Área 3.....	85
Área 4.....	87
3.4- Discussão.....	88
Capítulo IV- Habitat essencial e previsões espaciais das capturas de espadarte, <i>Xiphias gladius</i> , capturados pela frota palangreira brasileira.....	110

4.1- Introdução	110
4.2- Materiais e métodos	111
4.3- Resultados	114
<i>Modelos para os dados de captura</i>	114
<i>Modelos de frequência de comprimento</i>	114
4.4- Discussão	116
Capítulo V- Influência dos luminosos (electralume e “light sticks”) na pesca palangreira do espadarte, <i>Xiphias gladius</i> , no Atlântico sudoeste equatorial.....	131
5.1- Introdução	131
5.2- Materiais e métodos	132
<i>Análise estatística</i>	133
5.3- Resultados	133
<i>Experiência 1</i>	133
<i>Experiência 2</i>	134
5.4- Discussão	134
Capítulo VI- Estandarização dos índices de captura do espadarte, <i>Xiphias gladius</i> , capturados pela frota palangreira do Brasil	143
6.1- Introdução	143
6.2- Material e métodos.....	145
6.3- Resultados	146
6.4- Discussão	146
Capítulo VII- Influência dos índices climáticos e geofísicos na pesca do espadarte, <i>Xiphias gladius</i> , capturados pela frota palangreira brasileira.....	151
7.1- Introdução	151
7.2- Materiais e métodos	152
<i>Variável resposta</i>	152
<i>Variáveis explicativas</i>	152
<i>Índice de Circulação Atmosférica – ICA:</i>	153
<i>Length of the Day – LOD</i>	153
<i>Anomalia da Temperatura do Ar (ATA) e a Anomalia da Temperatura da água do mar (ATSM)</i>	154
<i>Análise estatística</i>	154
<i>Min/max autocorrelation factor analysis (MAFA)</i>	154
<i>Dynamic factor analysis (DFA)</i>	156
<i>Transformação dos dados</i>	158
7.3- Resultados	158
7.3.1- MAFA	158
7.3.2- DFA	159
7.3.3- DFAxMAFA	161
7.4- Discussão	162
Capítulo VIII- Principais resultados e discussão final.....	176
8.1- Principais resultados.....	176
8.2- Considerações finais.....	180
9- Referencias bibliográficas.....	181

Lista de tabelas

Tabela 2.1- Percentagem das capturas por clusters. (r^2 coeficiente de determinação).....	54
Tabela 2.2- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; Cluster 4- <i>X. gladius</i> e <i>P. glauca</i> ; Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; Cluster 6-outros. (se= erro padrão).....	55
Tabela 2.3- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota nacional brasileira, com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; Cluster 4- <i>X. gladius</i> e <i>P. glauca</i> ; Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; Cluster 6-outros. (se= erro padrão).....	55
Tabela 2.4- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota arrendada brasileira, com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; Cluster 4- <i>X. gladius</i> e <i>P. glauca</i> ; Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; Cluster 6-outros. (se= erro padrão).....	55
Tabela 2.5- Coeficiente de correlação (r) entre as séries temporais de CPUE para o <i>T. alalunga</i> , <i>T. albacares</i> , <i>T. obesus</i> e <i>X. gladius</i> , no período de 1978 a 2000. Sub-clusters 4a são as séries temporais para o <i>X. gladius</i> , amostradas no Cluster 4. Sub-Clusters 6a, b e c são as séries temporais para o <i>T. alalunga</i> , <i>T. albacares</i> e <i>T. obesus</i> , respectivamente, amostradas no Cluster 6.....	58
Tabela 4.1- Sumário das variáveis usadas e referências bibliográficas das variáveis usadas.	120
Tabela 4.2- Modelo inicial e final seleccionados pelo GAM para previsão especial da pesca do <i>X. gladius</i> . s= função suavizadora spline; 4 é o grau de liberdade, escolhido pelo GRASP, usado para ajustar as curvas suavizadoras.	122
Tabela 5.1- Total em número e percentagem das espécies capturadas durante os experiências.....	138
Tabela 7.1 Correlações entre as espécies e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). S= <i>X. gladius</i> , A= <i>T. alalunga</i> , Y= <i>T. albacares</i> e B= <i>T. obesus</i> . 1= área1; 2= área2 e 3=área3.	166
Tabela 7.2 Correlações entre as variáveis exploratórias e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar.....	166
Tabela 7.3- Correlações entre as variáveis exploratórias e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar.....	166
Tabela 7.4 – Sumário dos resultados dos modelos obtidos pelo DFA. Em negrito, os menores valores de Akaike’s Information Criterion (AIC) para cada modelo testado. Em amarelo o Modelo escolhido. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar.	167
Tabela 7.5- Parâmetros estimados da regressão, erro padrão (se) e valores de <i>t</i> para as variáveis exploratórias do melhor modelo escolhido baseado no AIC. Em negrito valores de <i>t</i> com alta significância ($t > 2$). S= <i>X. gladius</i> , A= <i>T. alalunga</i> , Y= <i>T. albacares</i> e B= <i>T. obesus</i> . 1= área1; 2= área2 e 3=área3. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; -LOD= “Length of the Day Index”. (se= erro parão).....	168
Tabela 7.6- Sumário da correlação canonical e factor loadings para o melhor modelo do DFA. Em negrito valores de <i>t</i> com alta significância ($t > 2$). S= <i>X. gladius</i> , A= <i>T. alalunga</i> , Y= <i>T. albacares</i> e B= <i>T. obesus</i> . 1= área1; 2= área2 e 3=área3.	168

Lista de figuras

Figura 1.1- Distribuição global do <i>X. gladius</i> (Fonte: Nakamura, 1985)	30
Figura 1.2- Desembarque mundial de <i>X. gladius</i> (A) e percentagem de captura nos Oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e Mar Mediterrâneo (B). (Fonte: FAO, 2004a).....	30
Figura 1.3 – Percentagem de captura do <i>X. gladius</i> por oceano, principais localidades de actuação das artes de pesca. Palangre (azul escuro), redes de deriva (amarelo) e arpão (vermelho) (segundo Ward e Elscot, 2000)	31
Figura 1.4- Percentagem de <i>X. gladius</i> capturado por oceano. (Fonte: FAO, 2004a)	32
Figura 1.5 – Desembarque de <i>X. gladius</i> no Oceano Atlântico e Mediterrâneo (ICCAT, 2002)	32
Figura 2.1- Carta batimétrica da área de estudo (A) (Fonte: Smith e Sandwell, 1997). Representação esquemática do Giro Subtropical e das correntes superficiais do Atlântico Sul (B). (Fonte: Adaptada de Peterson e Stramma, 1991).....	59
Figura 2.2- Dendrograma dos 6 clusters para os lançamentos de pesca da frota brasileira, com palangre, no período de 1978 a 2000. 1- <i>T. alalunga</i> ; 2- <i>X. gladius</i> ; 3- <i>T. albacares</i> ; 4- <i>P. glauca</i> - <i>X. gladius</i> ; 5- <i>T. obesus</i> ; e 6- Outros. O coeficiente de similaridade usado foi a distância euclidiana.....	60
Figura 2.3- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; C) Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; D) Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; E) Cluster 4- <i>X. gladius</i> - <i>P. glauca</i> ; F) Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; e G) Cluster 6-Outros.	61
Figura 2.4- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 1 (<i>T. alalunga</i>), no período de 1978 a 2000.	62
Figura 2.5- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 2 (<i>X. gladius</i>), no período de 1978 a 2000.....	63
Figura 2.6- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 3 (<i>T. albacares</i>), no período de 1978 a 2000.....	64
Figura 2.7- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 4 (<i>X. gladius</i> - <i>P. glauca</i>), no período de 1978 a 2000.	65
Figura 2.8- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 5 (<i>T. obesus</i>), no período de 1978 a 2000.....	66
Figura 2.9- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 6 (outros), no período de 1978 a 2000.....	67
Figura 2.10- Distribuição anual dos lançamentos de pesca por cluster, pela frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; Cluster 4- <i>X. gladius</i> - <i>P. glauca</i> ; Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; e Cluster 6-outros....	68
Figura 2.11- Evolução da frota palangreira nacional por porto de pesca, no período de 1971 a 2000. RGS- Rio Grande do Sul; SC- Santa Catarina; CB- Cabedelo; RGN-Rio Grande do Norte; e NAC-nacional.....	69
Figura 2.12- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira nacional, com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1- <i>T. alalunga</i> ; C) Cluster 2- <i>X. gladius</i> ; D) Cluster 3- <i>T. albacares</i> ; E) Cluster 4- <i>X. gladius</i> - <i>P. glauca</i> ; F) Cluster 5- <i>T. obesus</i> ; e G) Cluster 6-outros..	70
Figura 2.13- Percentagem dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira nacional por ano e cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1, <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2, <i>X. gladius</i> ; Cluster 3, <i>T. albacares</i> ; Cluster 4, <i>P. glauca</i> ; Cluster 5, <i>T. obesus</i> ; e Cluster 6, outros.	71
Figura 2.14- Evolução da frota palangreira arrendada por porto de pesca, no período de 1971 a 2000. RGS- Rio Grande do Sul; SC- Santa Catarina; CB- Cabedelo; RGN-Rio Grande do Norte; e ARR-Arrendado.	71
Figura 2.15- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira arrendada, com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1, <i>T. alalunga</i> ; C) Cluster 2, <i>X. gladius</i> ; D) Cluster 3, <i>T. albacares</i> ; E) Cluster 4, <i>T. X. gladius</i> - <i>P. glauca</i> ; F) Cluster 5, <i>T. obesus</i> ; e G) Cluster 6, outros.....	72
Figura 2.16- Percentagem dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira arrendada no período de 1978 a 2000. Cluster 1, <i>T. alalunga</i> ; Cluster 2, <i>X. gladius</i> ; Cluster 3, <i>T. albacares</i> ; Cluster 4, <i>P. glauca</i> ; Cluster 5, <i>T. obesus</i> ; e Cluster 6, outros.....	73
Figura 2.17- CPUE média por ano e mês para o <i>X. gladius</i> no período de 1978 a 2000. Sub-cluster 4a representa séries temporais para o <i>X. gladius</i> retiradas do Cluster 4 e Cluster 2 representam as séries temporais para o <i>X. gladius</i>	74
Figura 2.18- CPUE média por ano e mês para o <i>T. albacares</i> (A), <i>T. alalunga</i> (B) e <i>T. obesus</i> (C), no período de 1978 a 2000. Sub-cluster 6a,b,c representam séries temporais para o <i>T. alalunga</i> , <i>T. albacares</i> e <i>T. obesus</i> retiradas do Cluster 6, os Clusters 1, 3 e 5 representam as séries temporais para o <i>T. alalunga</i> , <i>T. albacares</i> e <i>T. obesus</i> , respectivamente.....	75

Figura 3.1- Divisão da área de pesca baseado nos resultados dos resíduos parciais da latitude (A). Os círculos indicam o esforço de pesca, em número de lançamentos de pesca, em cada divisão (B)....	98
Figura 3.2- Relação entre o <i>pseudo-R</i> ² e o número de variáveis utilizadas no modelo final.....	98
Figura 3.3- Contribuição de cada variável com os modelos. HIL= Hora inicial\de lançamento; LAT=Latitude; LON= Longitude; TI= Tempo de imersão; BAT= Batimetria; PCM= Profundidade do topo da termoclina; ILL= Índice de iluminação lunar; CMV= Componente meridional dos ventos; CZV= Componente zonal dos ventos; ATSM= Anomalia da temperatura da superfície da água do mar; TSM= Temperatura da superfície da água do mar; e AATSM= Anomalia da altura da superfície da água do mar.	99
Figura 3.4- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	100
Figura 3.5- Efeito dos factores ambientais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	101
Figura 3.6- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 1, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	102
Figura 3.7- Efeito dos factores ambientais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 1, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	103
Figura 3.8- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 2, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	104
Figura 3.9- Efeito dos factores ambientais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 2, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	105
Figura 3.10- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 3, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	106
Figura 3.11- Efeito dos factores ambientais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 3, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	107
Figura 3.12- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 4, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	108
Figura 3.13- Efeito dos factores operacionais na CPUE do <i>X. gladius</i> capturado, na área 4, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	109
Figura 4.1- Desenho esquemático do funcionamento do GRASP.	123
Figura 4.2- Contribuição das variáveis seleccionadas para previsão espacial. a) Contribuição das variáveis no modelo final. b) Potencial de cada variável.	124
Figura 4.3- Previsão das capturas de <i>X. gladius</i> obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada	125
Figura 4.4- Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos jovens de <i>X. gladius</i> , no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	126
Figura 4.5- Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos em maturação/maduros de <i>X. gladius</i> , no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	126
Figura 4.6- Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos maduros de <i>X. gladius</i> , no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.	127
Figura 4.7- Previsão das capturas para indivíduos jovens obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada	128
Figura 4.8- Previsão das capturas para indivíduos em maturação/maduros obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada.....	129
Figura 4.9- Previsão das capturas para indivíduos maduros obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada	130
Figura 5.1- CPUE média do <i>X. gladius</i> para as diferentes configurações de “light-sticks”/cesto: L3, cestos com 3 “light-sticks”; L6, cestos com 6 “light-sticks”; N cestos sem “light-sticks”.	139

Figura 5.2 – Frequência total de <i>X. gladius</i> capturado nos cestos com 3 “light-sticks” (A) e entre os anzóis (B). L, anzóis com “light-sticks” e N anzóis sem “light-sticks”.	140
Figura 5.3- CPUE média para o grupo de outros teleósteos (A) e para o grupo dos tubarões (B) para as diferentes configurações de “light-sticks”/cesto: L3, cestos com 3 “light-sticks”; L6, cestos com 6 “light-sticks”; N cestos sem “light-sticks”.	141
Figura 5.4- CPUE média para o <i>X. gladius</i> por tipo de luminoso (electralume- E; “light-sticks”- L) e sem luminosos (N) (A), e por classe de comprimento (B).	142
Figura 6.1- Diagnostico dos modelos para o GLM (direita) e GAM (esquerda).	149
Figura 6.2- CPUE nominal e estandardizada pelo GAM e GLM para o <i>X. gladius</i> capturado no período de 1980 a 2000.	150
Figura 7.1 – Área de pesca dividida em função da distribuição do esforço de pesca total dos dados utilizados para o presente estudo, no o período de 1978 a 2000.	169
Figura 7.2 – Dois eixos significativos extraídos do MAFA que melhor explicaram o comportamento das series temporais de CPUE originais por área e por espécie .	170
Figura 7.3- Relação canónica para as variáveis exploratórias no primeiro e segundo eixo do MAFA. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICaz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Índice”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar	170
Figura 7.4 - Variáveis exploratórias utilizadas no período de 1978 a 2000.	171
Figura 7.5- Relação entre os MAFs com as variáveis exploratórias significantes. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICaz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Índice”.	172
Figura 7.6- Tendência comum (linha continua) e intervalo de confiança a 95% (linha tracejada) obtida pelo DFA para o modelo escolhido, com 3 variáveis exploratória (ATA, ICAM e -LOD) e matriz simétrica diagonal. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica Meridional; -LOD= “Length of the Day Índice”.	173
Figura 7.7 – Relação entre a tendência comum e as variáveis exploratórias escolhidas pelo DFA. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica Meridional; -LOD= “Length of the Day Índice”.	174
Figura 7.8 – Tendências observadas (circulo) e ajustadas (linha continua) das espécies por área ajustadas pelo modelo do DFA, com 1 tendência comum e três variáveis exploratórias. S= <i>X. gladius</i> , A= <i>T. alalunga</i> , Y= <i>T. albacares</i> e B= <i>T. obesus</i> . 1= área1; 2= área2 e 3=área3.	175

Lista de abreviações

ARIMA= Autoregressive Integrated Moving Average
ATA= Anomalia da Temperatura do Ar
AT= Água Tropical
ACAS= Água Central do Atlântico Sul
AIA= Água Intermediária Antártica
AIC = Akaike's information criterion
ACS= Água Circumpolar Superior
ANOVA= Análise de Variância
APAN= Água Profunda do Atlântico Norte
ATSM= Anomalia da Temperatura da Superfície da água do Mar
AATSM= Anomalia da Altura da Temperatura da Superfície da água do Mar
ACZV= Anomalia da Componente Zonal dos Ventos
ACMV= Anomalia da Componente Meridional dos Ventos
ASA= Águas Subantártica
APCM= Anomalia da Profundidade da Camada de Mistura
Bath= Profundidade do local de lançamento do palangre
CERSAT = Centre ERS d'Archivage et de Traitement
CPUE= Captura por Unidade de Esforço
CNUDM= Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CZV= Componente Zonal dos Ventos
CMV= Componente Meridional dos Ventos
CB= Corrente do Brasil
CNB= Corrente Norte do Brasil
CSE= Corrente Sul Equatorial
CM= Corrente das Malvinas
CSAS= Confluência Subtropical do Atlântico Sul
CCA= Corrente Circumpolar Antártica
DFA= Dynamic factor analysis
ENSO= El Niño-Southern Oscillation
ETOPO5= Earth Topography 5 min
FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations
GAM= Generalized Additive Model
GIS= Geographic Information Systems
GLM= Generalized Linear Model
GPS= Global Positions System
GRASP=Generalized Regression Analysisand Spatial Prediction
GDFL= Geophysical Fluid Dynamics Lab/ocean data from the Ocean assimilation
HIL= Hora Inicial de Lançamento de pesca
HTSM= Altura da Superfície da Água do Mar
IBAMA= Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICCAT= Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico
IFREMER - Institut Français de Recherche pour L'exploitation de la Mer
IRICP - International Research Institute for Climate Prediction
JPL - Jet Propulsion Laboratory
IL= Índice de Iluminação Lunar
ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal
ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional
JISAO= Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean
L3= Cestos com 3 light sticks
L6= Cestos com 6 light sticks
LAT= Latitude
LON= Longitude
LOD= Length of the Day

LOESS= Locally weighted polynomial scatter plot smoother
MAFA= Min/max correlation factor analysis
MIF= Mandíbula Inferior Furca
NASA - National Aeronautics and Space Administration
N= Cestos sem luminosos
PODAAC= Physical Oceanography Distributed Active Archive Center
PCM= Profundidade da Camada de Mistura
PMS= Produção Máxima Sustentável
ROC= Receiver Operating Characteristic
SCRS= Comité Permanente de Pesquisa e Estatística
SAFMC= South Atlantic Fishery Management Council
SEAP= Secretaria Especial de Pesca e Aquicultura
Spline= cubic smoothing splines
TAR= Tonelagem de Arqueação Bruta
TI= Tempo de Imersão
TSM= Temperatura da Superfície da água do Mar
VP= Variáveis Predicatórias
VR= Variáveis Resposta
VV= Velocidade dos Ventos
ZCIT= Zona de Convergência Inter Tropical
ZCSAS= Zona de Convergência Subtropical do Atlântico Sul
ZEE - Zona Económica Exclusiva

Introdução geral

O espadarte, *Xiphias gladius*, é uma espécie oceânica cosmopolita, epi- e mesopelágica, distribuindo-se em águas tropicais e temperadas de todos os oceanos (Nakamura, 1985). O mesmo autor relata que o *X. gladius*, apresenta a mais ampla tolerância térmica dentre todas as espécies de espadins, ocorrendo de 5° a 27°C, desde a superfície até profundidades superiores a 600 m, nas regiões tropicais.

São animais que atingem grande porte, havendo registro de exemplares com mais de 500 kg de peso total. Por este motivo, provavelmente, os únicos predadores naturais da espécie sejam a cachalote, a orca e os grandes tubarões (Tibbo *et al.*, 1961). A captura do *X. gladius* é realizada principalmente com o palangre, havendo, contudo, eventuais capturas da espécie por meio de arpão, rede de emalhar, palangre de fundo e vara e carretilha.

Quanto à estrutura da população do *X. gladius* no Oceano Atlântico, a hipótese atualmente mais aceite é de que existem dois stocks distintos, um no Atlântico Norte e outro no Atlântico Sul, separados, aproximadamente, pela latitude de 5°N. Além destes, haveria ainda um terceiro stock, no Mar Mediterrâneo. Markle (1974), analisando os resultados de marcação de *X. gladius* no Atlântico Norte, observou que jamais ocorreram recapturas abaixo da latitude de 5°N. Estudos sobre a genética do *X. gladius* no Atlântico Norte e Sul, por sua vez, também, sugerem a existência de duas populações distintas (Chow *et al.*, 1997).

Nas primeiras décadas da pesca de atuns e afins no Oceano Atlântico, a captura do *X. gladius* ocorria de forma acidental, por embarcações estrangeiras que tinham como objectivo a captura de atuns. A partir da década de 80, porém, a espécie passou a ganhar uma importância económica crescente. Novas tecnologias de pesca, desde então, foram introduzidas e/ou aprimoradas, como: substituição do palangre tradicional de multifilamento pelo de monofilamento, utilização de luminosos (“light-sticks”¹ e electralume²), mudança na profundidade do aparelho e no horário de lançamento, além da utilização da lula como isca, com o objectivo de maximizar a captura da espécie. Um outro factor determinante que deve ser levado em consideração é o conhecimento da oceanografia da área de pesca. Segundo Barros (1985), a pesca com palangre, desde a

¹ Light sticks: são pequenos tubos plásticos compostos de duas substâncias químicas – luciferina e luciferase- que quando se misturam tornam-se fluorescentes.

²- Electralume: são caracterizados como atratores de luz contínua, revestidos com capas sólidas, utilizando apenas 2 baterias de lítium (ou baterias comuns de sódio), tipo AA, apresentando uma intensidade luminosa de até 5 vezes mais que as do light sticks.

sua introdução pelos japoneses, sempre exigiu um conhecimento detalhado das condições oceanográficas na área de captura. Nas últimas décadas, várias pesquisas têm comprovado ser possível determinar áreas favoráveis à ocorrência de diversas espécies inclusive, o *X. gladius*, através da análise da distribuição vertical e horizontal da temperatura da água do mar (Bigelow *et al.*, 1999).

Em consequência do aumento progressivo das capturas de *X. gladius* no Atlântico Sul, no ano de 1997, a Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT, sigla em inglês), órgão responsável pela conservação dos atuns e afins no Oceano Atlântico, estabeleceu cotas de captura por país, para a espécie no Atlântico Sul, válido para os anos de 1998, 1999 e 2000. O Brasil ficou com uma cota de 2.340 t, equivalendo a 16% do total de 13.650t. Em 2000, a captura de *X. gladius* no Oceano Atlântico situou-se próxima a 30.000 t, equivalendo a um valor de revenda em torno de 300 milhões de dólares. Apesar de ser uma espécie de grande valor comercial, porém, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a distribuição da mesma, havendo uma grande carência de informações sobre sua migração horizontal associada aos parâmetros ambientais, no Atlântico Sul, aspecto importante para a gestão do stock.

A pesca atuneira no Oceano Atlântico apresenta como característica principal uma variação sazonal bem definida a qual está diretamente ligada à forte variabilidade de suas condições oceanográficas. A constante mudança espaço-temporal do meio ambiente é que condiciona a concentração das principais espécies de atuns e afins numa determinada área e época do ano, onde as condições oceanográficas são favoráveis à reprodução ou à alimentação dessas espécies (Fonteneau, 1998).

As influências dessas variações oceanográficas sobre a atividade pesqueira não se restringem unicamente à variação sazonal. Flutuações interanuais são igualmente observadas no Atlântico, muitas das quais tem ocorrido como consequência directa do fenómeno climático “El Niño-Southern Oscillation” (ENSO). O aquecimento anómalo da temperatura da superfície, as alterações na estrutura da termoclina, na intensidade dos ventos e na velocidade das correntes são indicadores evidentes do carácter excepcional deste evento climático, que ocorre no Oceano Pacífico (Enfield e Mayer, 1997; Nicholson, 1997). Neste Oceano, estes factores influenciam directamente a distribuição, abundância relativa e reprodução dos recursos pesqueiros, principalmente de espécies pelágicas que efectuem grandes migrações, como é o caso do *X. gladius*. Pouco se sabe, porém, sobre as implicações desses fenómenos no Oceano Atlântico, sobre o padrão de distribuição desta espécie. Mesmo sendo relativamente menos

intensas que as modificações observadas no oceano Pacífico, as anomalias hidroclimáticas do oceano Atlântico parecem provocar efeitos consideráveis sobre os recursos pesqueiros (Fonteneau, 1998). Estudos realizados sobre as principais espécies de atuns capturadas por diversas artes de pesca no Atlântico tropical comprovam que a variabilidade hidroclimática pode afetar não apenas o recrutamento dessas espécies, mas igualmente sua distribuição e capturabilidade (Fonteneau e Roy, 1987; Travassos, 1999b).

Estudos sobre a distribuição e abundância do *X. gladius* têm sido realizados de forma sistemática nos três oceanos. O *X. gladius* é uma espécie pelágica oceânica caracterizada por efectuar grandes migrações, possuindo ciclo de vida e padrão de distribuição estreitamente relacionados com as características físico-químicas das massas de água nas quais ocorre. Dos parâmetros oceanográficos, a temperatura da água é um dos que exercem maior influência sobre a fisiologia do *X. gladius* e, conseqüentemente, sobre a sua distribuição (Palko *et al.*, 1981). Como a temperatura da água do mar apresenta variações tanto no sentido horizontal como no vertical, o *X. gladius*, em função de seus limites fisiológicos para esta variável, responde a tais variações, o que determina, em larga escala o seu comportamento migratório. Segundo Hazin *et al.* (1997) toda espécie possui níveis de tolerância às variáveis ambientais, os quais determinam o seu padrão de distribuição, na medida em que a mesma tende a procurar o conjunto de variáveis que mais se aproximam de sua faixa óptima. Dessa forma, a compreensão da relação existente entre as diversas variáveis climáticas e/ou oceanográficas e os índices de captura, de uma determinada espécie, pode constituir um instrumento bastante útil para a pesca.

Apesar de sua enorme importância comercial, o *X. gladius* é uma espécie ainda muito pouco conhecida, particularmente no Atlântico Sul. Segundo o último relatório do Comité Permanente de Pesquisa e Estatística da ICCAT (SCRS, sigla em inglês), a produção máxima sustentável (PMS) do *X. gladius* no Atlântico Norte e Sul situa-se, respectivamente, em torno de 13.370 t e 13.650 t. Segundo o mesmo Comité os números actuais de esforço e captura já se encontram próximos ou mesmo levemente além da PMS. O SCRS notou, porém, que as avaliações de stocks realizadas ainda apresentam um indesejavelmente elevado grau de incerteza, em função de uma aguda carência de dados, particularmente em relação ao Atlântico Sul.

Nesse contexto, a presente tese teve por objectivo estudar as variabilidades sazonais e interanuais das condições hidroclimáticas e seus efeitos sobre o *X. gladius* capturados pela frota brasileira, no Oceano Atlântico.

Objectivos específicos

1. Descrever a pesca do *X. gladius* capturados pela frota palangreira do Brasil;
2. Analisar a influência dos factores operacionais e ambientais na CPUE do *X. gladius*;
3. Estudar a distribuição e abundância relativa do *X. gladius* capturados pela frota palangreira brasileira;
4. Estandarização da CPUE do *X. gladius* aplicando as variáveis ambientais;
5. Analisar a influência dos índices climáticos e geofísicos nas séries temporais de CPUE das principais espécies capturadas pela frota palangreira brasileira;
6. Previsão espacial de áreas de maior probabilidade de captura para o *X. gladius*.

Organização da tese

Para o cumprimento dos objectivos propostos a tese foi dividida em 8 capítulos, como mostrado abaixo:

Capítulo I- É destinado à revisão da biologia e pesca do *X. gladius* no Atlântico, procurando dispor das informações mais actualizadas sobre a espécie.

Capítulo II- Descreve as características, dinâmica e estratégias pesqueiras da frota brasileira, na captura da espécie, assim como uma breve descrição das características oceanográficas da área. Neste capítulo procura-se dar uma nova abordagem para o tema. De forma a verificar melhor as estratégias usadas pelas diferentes frotas para a captura do *X. gladius*, aplicou-se uma análise de clusters, para remover os efeitos das mesmas na CPUE do *X. gladius*. **Aceite para publicação no *Collective Volume Scientific Paper* com o título: *Fishing strategy and target species of the Brazilian tuna longline fishery, from 1978 to 2005, inferred from cluster analysis.***

Humberto G. Hazin, Karim Erzini¹, Fabio Hazin, Paulo Travassos and Felipe C. Carvalho

Capítulo III- Foi abordada, detalhadamente, a influência observada dos factores operacionais (sazonalidade, estratégias pesqueiras, entre outros) observados no Capítulo anterior, incluindo ainda factores ambientais, de forma a melhor compreender a sua influência na pesca e migração da espécie. **Em preparação para publicação**

Capítulo IV- Analisou-se a importância verificada pelas variáveis ambientais na pesca do *X. gladius*, no Capítulo III, produzindo mapas de sua preferência de habitat. **Aceite na ICES Journal of Marine Science com o título: *Assessing swordfish distribution in the South Atlantic from spatial predictions***
Humberto Hazin and Karim Erzini

Capítulo V- Foram investigados os efeitos dos luminosos (electralume e “light-sticks”) na pesca do *X. gladius*. A abordagem deste tema, em separado do Capítulo III, deveu-se, em função, da limitação dos dados impossibilitando a inclusão dos mesmos na análise com GAM. **Publicado na Fisheries Research**. Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Erzini, K., 2005. *Effect of light-sticks and electralume attractors on surface-longline catches of swordfish (Xiphias gladius, Linnaeus, 1959) in the southwest equatorial Atlantic*. Fish. Res. 72, 271-277.

Capítulo VI- Foram estimados os índices de captura estandardizados para o *X. gladius*. De forma a verificar a influência dos factores ambientais na estandardização obtido pelo GAM, realizou-se a estandardização pelo método convencional GLM. **Aceite para publicação no Collective Volume Scientific Paper com o título: *Standardization of swordfish CPUE series caught by Brazilian longliners in the Atlantic Ocean, by GLM, using the targeting strategy inferred by cluster analysis***. Humberto G. Hazin, Karim Erzini¹, Fabio Hazin, Paulo Travassos and Felipe C. Carvalho

Capítulo VII- Além das variações sazonais observadas nos Capítulos III e IV, flutuações anuais foram, também, verificadas. Essas flutuações foram investigadas, usando duas técnicas de extração de tendências, MAFA e DFA, para curtas séries temporais de CPUE obtidas para cada espécie no Capítulo II. Neste Capítulo utilizaram-se para explicar essas variações os principais índices climáticos e geofísicos apontados pela FAO. **Em preparação para publicação**

Capítulo VIII- É destinada a uma análise final da tese com as discussões dos principais resultados e considerações finais.

Capítulo I

Biologia e pesca do espadarte, *Xiphias gladius*.

1.1-Biologia

1.1.1- História e sistemática

As primeiras citações literárias sobre a espécie foram feitas entre os anos 384 e 322 Antes de Cristo (A.C.), tendo sido denominada como *Xiphias*, (do grego xiphos = espada) por Aristóteles. Quando Linnaeus criou a nomenclatura binomial e descreveu a espécie em 1758, acrescentou *gladius* ao nome específico que em latim significa espada, desde então o espadarte é designado *Xiphias gladius*.

Em 204 (A.C.) a presença do *X. gladius* foi relatada por Pilíbio, na costa da Sicília, Itália (Cavaliere, 1962). As primeiras gravuras da espécie remontam ao Século I e são atribuídas a índios da América do Norte que utilizavam cerâmicas com gravuras de animais mortos em rituais de cerimónias (Sahrhage e Lundbeck, 1992). Goode (1883) in Tibbo *et al.* (1961) cita que a primeira alusão literária da espécie no Oceano Atlântico ocorreu no ano de 1674. Durante muito tempo, pescadores utilizaram o termo “agulhões, espadins ou peixes de bico” às espécies das famílias Xiphidae (*X. gladius*) e Istiophoridae (espadins), caracterizadas por possuírem o maxilar superior em forma de espada, prolongando-se ao longo do rostro. Sistemáticamente, o *X. gladius* pertence à ordem dos Perciformes, sub-ordem Scombroidei, na qual estão incluídas as famílias Scombridae e Istiophoridae (Ovchinnikov, 1971). O *X. gladius* é considerado uma espécie monotípica da família Xiphiidae (Nakamura, 1985).

Philo Chordata

Subphilo Vertebrata

Superciasse Gnathostornata

Classe Osteichthyes

Subclasse Actinopterygii

Ordem Perciformes

Subordem Scombroidei

Família Xiphiidae

Gênero *Xiphias*

Actualmente, as relações filogenéticas das famílias Xiphiidae e Istiophoridae são temas de grande discussão por se encontrarem localizados taxonomicamente na subordem Scombroidei (Collette e Nauen, 1983), com base em numerosas características morfológicas comuns (ex. características endotérmicas), que formalmente implicaria numa relação directa entre o *X. gladius*, atuns (*Thunnus* sp.) e espécies afins (Collette *et al.*, 1984). Os mesmos autores ao compararem a filogenia de seis famílias e os 44 géneros de scombrídeos concluíram que as famílias Istiophoridae e Xiphiidae são grupos parecidos e que, por sua vez, encontram-se emparelhados com os Scombridae. No entanto, outros estudos morfológicos, baseados em características osteológicas, sugerem que os agulhões não estejam relacionados com a família Scombridae encontrando-se as suas origens na subordem Percoidei (Collette *et al.*, 1984). Recentemente, estudos de similaridade de nucleotídios e sequência de aminoácidos suportam esta hipótese (Block *et al.*, 1993; Finnerty e Block, 1995). Estes estudos sugerem que as características endotérmicas aparecem de forma independente em cada grupo e que as similaridades em termos de características morfológicas devem-se a convergência ou a adaptações (Collette *et al.*, 2001).

Actualmente, o grupo dos agulhões é taxonomicamente dividido em duas famílias – Xiphiidae e Istiophoridae (Nakamura, 1985). O *X. gladius* difere de todas as espécies da família Istiophoridae tanto em características externas como internas (Nakamura, 1985). Contudo, apresentam algumas similaridades fenotípicas, principalmente entre as espécies do género *Makaira* (Nakamura, 1985). Apesar das semelhanças observadas entre as famílias Xiphiidae e Istiophoridae, a análise sequencial do DNA mitocondrial demonstrou que o *X. gladius* apresenta um elevado grau de divergência genética, superior a 15%, relativamente à família Istiophoridae, reflectindo uma história evolutiva longa e afastada destes dois grupos (Alvarado-Bremer *et al.*, 1995; Alvarado-Bremer *et al.*, 1996). O registo geológico do *X. gladius* é ainda incompleto, mas provavelmente ter-se-á separado da família Istiophoridae ainda no início do período Eoceno. Esta hipótese é reforçada pela descoberta recente de uma semelhança notável do espinho dorsal de uma espécie do género *Cylindracanthus* sp. e do *X. gladius*, (<http://jflhomme.club.fr/champ/cylindracanthus.html>).

1.1.2- Descrição da espécie

Características externas

O *X. gladius* apresenta corpo alongado e cilíndrico, a partir da cabeça que afunila no pedúnculo caudal, olhos grandes, sem escamas e arcos branquiais longos. A cabeça é caracterizada pelo prolongamento do rostrum, em forma de uma espada, sendo longa e achatada, podendo atingir mais de 1/3 do comprimento total do corpo (Nakamura, 1985). Apresenta duas barbatanas dorsais bem separadas uma da outra, a primeira com 34 a 45 raios, bem rígida e triangular e a segunda menor com 4 a 5 raios. Possui duas barbatanas anais separadas, a primeira, nitidamente maior, com 3 a 14 raios e a segunda com 3 ou 4 raios, sendo a posição desta, geralmente, anterior à segunda barbatana dorsal. Um par de barbatanas peitorais, também rígidas, situadas no flanco inferior do corpo, com 16 a 18 raios. Ausência de barbatanas pélvicas. A barbatana caudal apresenta-se larga e arqueada (forma de meia lua). Presença de uma quilha mediana no pedúnculo caudal. Ausência da linha lateral na fase adulta, mas visível em exemplares de até 1 metro (Palko *et al.*, 1981; Nakamura, 1985). A coloração no dorso e flancos pode variar de azul-escuro a roxo (quando vivos), preto ou castanho (depois de 30 minutos após sua morte), mudando gradualmente de tonalidade para castanho claro na parte ventral; barbatana dorsal preta ou castanha escura. Os peixes mais juvenis são geralmente azulados na parte superior.

Cuvier (1831) *in* Tibbo *et al.* (1961) foi o primeiro a descrever as características das formas juvenis de *X. gladius*. Desde então, vários autores têm descrito as características dos juvenis da espécie (Palko *et al.*, 1981). Enquanto juvenil, o *X. gladius* assemelha-se bastante a outros agulhões, sendo, porém, facilmente distinguido pela ausência de espinhos pré-operculares rígidos e proeminentes, característicos de larvas das espécies da família Istiophoridae (Richards e Potthoff, 1974). Os mesmos autores referem que as larvas de *X. gladius* maiores que 20 mm apresentam diferenças consideráveis em relação aos outros agulhões, apresentando corpo comprido e fino, com demasiadas pigmentações e uma crista supra-orbital proeminente. No início do século XIX, surgiram várias descrições de ovos e larvas (Sella, 1911). Posteriormente, vários trabalhos incluíram descrições da fase juvenil (Arata, 1954; Yabe *et al.*, 1959; Gorbunova, 1969). Mais recentemente, Richards e Potthoff (1980) descreveram com detalhe as fases embrionárias e larvares de *X. gladius*, apontando diferenças em relação aos trabalhos do início do século.

Características internas

O sistema esquelético do *X. gladius* foi descrito pela primeira vez por Gregory e Conrad (1937), sendo composto basicamente pela coluna vertebral, caixa craniana, mandíbulas (superior e inferior) e barbatanas peitorais e anais. Os ossos pélvicos, assim como as barbatanas são ausentes. Nakamura (1985) descreveu detalhes do sistema esquelético do *X. gladius*.

A coluna vertebral apresenta um total de 26 vértebras (Gregory e Conrad, 1937), podendo ser dividida em duas partes: pré-caudal (ou abdominais) contendo 15 a 16 vértebras e caudal, com 10 a 11 vértebras (Nakamura, 1985). As vértebras da coluna pré-caudal são caracterizadas pelo espinho neural, canal neural, anterior e posterior neural e costela neural. As vértebras da coluna caudal apresentam espinhos hemais (canal e arco) e espinhos neurais (arco e canal). Os ossos da cabeça são constituídos pelo opérculo, que se divide em três partes – sub, pré e inter-opérculo –, maxila e pré-maxila. Este último prolonga-se (rostro) formando a mandíbula superior e angular que forma a mandíbula inferior. A estrutura óssea da boca é bastante delicada (Gregory e Conrad 1937; Nakamura, 1985). A caixa craniana é larga e rasa, apresentando uma estrutura rígida e reforçada, para resistir a fortes pressões na coluna de água devido aos seus movimentos verticais.

O sistema digestivo de um adulto de *X. gladius* (90 kg) foi descrito superficialmente, pela primeira vez, por Raven e LaMonte (1937). Estes autores observaram que a superfície interna dos arcos das brânquias é revestida com finos denticulos orientados posteriormente, sugerindo uma função auxiliar na alimentação, uma vez que em adultos os dentes são ausentes. O estômago apresenta-se fusiforme, mais largo no meio e afunilando em direção às extremidades, localizado-se no lado esquerdo do corpo (Nakamura, 1985). Quando cheios podem dilatar-se até alcançar a abertura anal (Raven e LaMonte, 1937). O intestino é longo, com aproximadamente 3 m de comprimento, tubular e formado por uma série de voltas. O seu interior, apresenta-se constituído por microvilosidades. O fígado é compacto e está localizado na parte anterior da cavidade do corpo. Apresenta uma glândula digestiva bem desenvolvida, muito além do estágio visto em muitos peixes (Raven e LaMonte, 1937), o que implica uma rápida digestão.

O sistema circulatório do *X. gladius* ainda não foi descrito, em detalhe, sendo considerado por muitos como bastante complexo (Carey e Robison, 1981). Entretanto,

algumas referências a respeito do mesmo são relatadas por diversos autores (Tibbo *et al.*, 1961; Carey e Robison, 1981; De Metrio *et al.*, 1989). Segundo Tibbo *et al.* (1961) um dos aspectos mais notáveis do sistema circulatório é o tamanho do coração, extremamente pequeno. O *X. gladius* quando capturado vivo, principalmente com arpão, é bastante activo, contudo apresenta morte quase imediata quando suspenso pela cauda. Tem sido sugerido que o peso do conteúdo abdominal pressiona o compartimento do coração parando a acção do mesmo, causando assim a sua morte quase imediata (Tibbo *et al.*, 1961). Estes autores descreveram alguns aspectos da circulação do sangue no corpo do *X. gladius*. O coração apresenta duas cavidades, uma aurícula e um ventrículo, como na maioria dos peixes. O sangue venoso do corpo penetra na aurícula pelo seio venoso e sai do ventrículo pelo cone arterial, provocando a dilatação inicial da aorta branquial, seguindo depois para as brânquias, onde é oxigenado. Em seguida, o sangue circula lentamente e com baixa pressão, sendo transportado para a aorta dorsal, onde se ramifica pelo corpo regressando posteriormente ao coração.

1.1.3- Distribuição

O *X. gladius* é uma espécie oceânica cosmopolita, distribuindo-se em águas tropicais e temperadas de todos os oceanos (Figura 1.1) . No Atlântico, ocorre de 60°N a 50°S, no Índico, de 25°N a 45°S, e no Pacífico, de 50°N a 45°S, estando presente, ainda, no Mar Báltico, Mar Mediterrâneo, Mar de Mármara, Mar Negro, Mar de Azov e Mar Vermelho (Nakamura, 1985). No Atlântico Oeste ocorre desde a costa da Gronelândia até à Argentina e no Atlântico Este desde a costa da Inglaterra até ao Cabo da Boa Esperança. No Pacífico Este ocorre desde o Estado Oregon até Talcahuano no Chile. No Pacífico sul ocorre desde a costa da Austrália até à Nova Zelândia. No Oceano Índico ocorre desde a costa da Índia até à costa Este da África (Palko *et al.*, 1981; Nakamura, 1985).

Larvas

As larvas de *X. gladius* ocorrem em todos os oceanos tropicais. A sua distribuição está directamente relacionada com as características físico-químicas das massas de água (Taning, 1955; Gorbunova, 1969; Tibbo e Lauzier, 1969), geralmente áreas de elevada produtividade primária onde existam condições favoráveis ao seu

desenvolvimento (Gorbunova, 1969). Nos primeiros anos de vida não realizam grandes deslocamentos, ficando confinados, próximos da superfície, a áreas restritas de zonas tropicais e subtropicais de temperaturas superiores a 24°C (Yabe *et al.*, 1959; Nakamura, 1985; Arocha, 1997). No Atlântico Sul, vários autores relatam a ocorrência de larvas de *X. gladius* nas áreas 0°/40°W (Gorbunova, 1969), 0°-5°S/34°-40W, 15°-25°/15°-30°W, 15°-25°/20°W (Ueyanagi *et al.*, 1970), e 20°-30°S/30°-40°W (Lutkem, 1960 *in* Gorbunova, 1969), entre Novembro e Abril.

Juvenis

Os juvenis ocorrem mais frequentemente em águas tropicais e subtropicais migrando somente para latitudes altas depois de atingirem a maturidade (Kailola *et al.*, 1993). Sedberry e Loefer (2001), numa recente experiência de marcação com PSAT (*pop-up Satellite Archival Tags*), no Atlântico Noroeste, apresentaram dados interessantes sobre o deslocamento do *X. gladius*. Observaram que juvenis, entre 70 e 105 cm MIF (Comprimento Mandíbula Inferior Furca), percorrem maiores distâncias que os adultos, tendo sido registados deslocamentos entre os 1.486 e 3.053 km, com velocidades variando entre 27 km/dia e 34 km/dia, em direcção aos bancos e canhões submarinos e principalmente para as zonas de frentes oceânicas formadas pelo encontro das águas quentes da Corrente do Golfo com as águas frias da Corrente do Labrador.

Arata (1954) e Arocha (1997) sugerem o Golfo do México como uma zona de maternidade de larvas e juvenis de *X. gladius*. Hazin *et al.* (2001) e Arfelli (1996) citam que, no Atlântico Sudoeste, os indivíduos mais pequenos de *X. gladius* se encontram na plataforma continental e na região de talude, podendo esta distribuição representar uma estratégia de sobrevivência e desenvolvimento dos mesmos. Mello (1992) refere que os exemplares menores que 125 cm MIF apresentam uma actividade alimentar intensa, o que pode ser explicado pelo investimento de grande quantidade de energia no crescimento somático devido à fase de desenvolvimento em que se encontram. Mejuto e Hoey (1991) citam que os exemplares menores são menos activos e mais termicamente dependentes, sendo possível que indivíduos menores estejam localizados mais próximos da plataforma continental e na região de talude.

Adultos

A sua distribuição horizontal parece apresentar uma sazonalidade marcada, variando entre as águas frias da Corrente do Labrador, a Norte de 35°N, para

alimentação e as águas quente da Corrente do Golfo, a Sul, para a reprodução (Beckett, 1974; Draganik e Cholyst, 1988; Mejuto e Hoey, 1991). No Atlântico Noroeste, as fêmeas realizam grandes migrações entre as áreas de alimentação e reprodução, sendo este comportamento designado por “homing behaviour” (Alvarado-Bremer *et al.*, 1998). Os machos permanecem mais a sul, nas zonas de reprodução, mostrando-se termicamente mais dependentes e menos activos que as fêmeas (Beckett, 1974; Mejuto e Hoey, 1991). A mesma distribuição diferencial é observada em outras áreas geográficas (Palko *et al.*, 1981). Na porção sudoeste do Atlântico verifica-se a migração de indivíduos maiores rumo à região sudeste-sul, entre o segundo e o terceiro trimestre (Arfelli, 1996; Hazin, 2001).

Vertical

O *X. gladius* é uma espécie oceânica, epi e mesopelágica, apresentando vasta distribuição na coluna de água, não sendo influenciada pela localização da termoclina (Mello, 1992). Zavala-Camin (1982) analisou a distribuição vertical do *X. gladius* no sudeste e sul do Brasil, com base na identificação das presas encontradas nos seus estômagos, indicando que a espécie ocorre principalmente no epipelágico inferior e no mesopelágico superior. Entre os agulhões, esta espécie é a que apresenta uma tolerância térmica mais ampla, ocorrendo entre os 5° e 27°C, mostrando maior abundância nos primeiros 100 m da coluna de água durante a noite, e 510 m durante o dia (Carey e Robison, 1981; Nakamura, 1985). Church (1969) apresenta também registos de *X. gladius* a profundidades entre 600 e 660 m. Carey e Robison (1981) e Nakamura (1985) sugerem que o alimento deverá ser a principal causa destes deslocamentos diários, embora, contudo, a intensidade de luz deva também influir. Poisson *et al.* (2001) e Poisson e Guyomard (2001) utilizando PSAT, no Oceano Índico, observaram que juvenis de *X. gladius* apresentam uma movimentação diferenciada dos adultos, encontrando-se entre os 20 e 60 m de profundidade.

1.1.4- Adaptações morfológicas ao ambiente

A sua forma hidrodinâmica altamente especializada permite maximizar os rendimentos da natação através da diminuição da resistência oferecida pela água. A espada (rostrum) pode também ser considerada uma adaptação de optimização hidrodinâmica (Kume e Joseph, 1969), além da sua função como instrumento de caça e

proteção de juvenis e adultos, respectivamente (Mello, 1992; Arfelli, 1996). Tibbo *et al.* (1961) ao analisarem conteúdos estomacais apresentam evidências favoráveis, ao uso da espada na captura de presas. Stillwell e Kohler (1985) encontraram no estômago do *X. gladius* lulas decapitadas e com marcas de cortes, sugerindo também que a compressão dorso ventral da espada seria uma adaptação para capturar presas orientadas verticalmente. Evidências contrárias à utilização da espada desta forma, são apresentadas por Ovchinnikov (1971) que não a considera um instrumento de defesa, pois o *X. gladius* sendo um peixe muito veloz pode facilmente escapar a predadores. Certamente a presença da espada reduz o espectro de predadores potenciais, contudo, dados apresentados por Yabe *et al.* (1959) mostram que a proporção do tamanho da espada em relação ao do corpo aumenta com o crescimento (pelo menos até o início da fase adulta), sugerindo que a espada desempenhe um papel particularmente importante em adultos.

Algumas características morfológicas do corpo do *X. gladius* colocam esta espécie entre os nadadores mais velozes, nomeadamente, a presença de grandes quantidades de massa muscular vermelha, que permite migrar grandes distâncias, e de músculos brancos usados para velocidades de curta explosão (~ 97 km/h), para caçar ou fugir de predadores (Arfelli, 1996). A massa muscular vermelha é constituída por uma série de vasos e artérias que formam uma rede (semelhante a rete-mirabile) onde ocorrem trocas de calor. Os tecidos musculares brancos e vermelhos e as elevadas concentrações de lípidos (gorduras), distribuídos estrategicamente pelo corpo, conferem ao *X. gladius* uma grande capacidade de se adaptar a variações de temperatura no ambiente (Palko *et al.*, 1981). Segundo Carey (1990), o *X. gladius* regula a temperatura corporal (aumenta ou diminui), alterando o fornecimento de sangue ao músculo vermelho (responsáveis pelas trocas de calor entre o sangue e o corpo) através de uma artéria musculosa. Esta artéria forma um sistema de válvulas capaz de fechar o fluxo sanguíneo, forçando a circulação (isoladamente) pela rede, que, juntamente com a função termo isolante das gorduras, limita, o arrefecimento do corpo a baixas temperaturas. Quando o *X. gladius* se desloca para a superfície as válvulas abrem-se e o sangue volta a circular normalmente, aquecendo rapidamente o corpo. Este sistema permite ao peixe maximizar o rendimento da sua inércia termal (Carey, 1990), arrefecendo devagar quando se desloca abaixo da termoclina e aquecer ao voltar à superfície.

Esta espécie apresenta também endotermia cranial, que envolve a presença de um órgão termogénico junto ao cérebro encarregue de proteger o sistema nervoso central de um arrefecimento brusco durante as migrações verticais diurnas (Carey, 1990; Finnerty e Block, 1995). De Metrio *et al.* (1997), ao analisarem a anatomia do músculo do recto dorsal do olho (*Musculus rectus dorsalis*), referem este como sendo provavelmente o responsável pela produção de calor para o cérebro, apoiando-se no facto deste músculo se estender até ao osso da cabeça, apresentando numerosos arteríolos e venulas dispostas paralelamente, o que sugere um mecanismo de troca de calor por contra-corrente. O osso da cabeça é formado por uma fina camada de tecidos de conexão o que facilitaria a transferência térmica entre o sangue no músculo e o sangue na base do cérebro. O cérebro por sua vez apresenta-se cercado de gordura o que garantiria o isolamento térmico. A quantidade de calor gerada é significativamente grande, tendo sido observadas temperaturas craniais na ordem dos 12-14°C acima da temperatura do meio em *X. gladius* marcados por telemetria (Carey, 1990). O *X. gladius* demonstra uma grande capacidade de termorregulação fisiológica, assim como comportamental, o que permite manter-se activo em situações de grande amplitude térmica ambiental. Esta característica possibilita assim para uma expansão dos seus nichos ecológicos (Carey e Robison, 1981; Carey, 1990), sendo considerado o peixe mais versátil de entre todos os grandes pelágicos (Nakamura, 1985).

Os *X. gladius* são predadores nocturnos com uma visão adaptada às condições de baixa luminosidade. Uma das adaptações do *X. gladius* à visão crepuscular, é o seu olho grande com uma pupila que se dilata para que o cristalino seja utilizado por inteiro e, assim, permitir a entrada de uma maior quantidade de luz. Uma característica da retina, relacionada com a especialização nocturna do olho, é o ratio de bastonetes/cones que pode alcançar, nesta espécie, razões na ordem de 20:1. Os bastonetes são bastante sensíveis à luz, sendo responsáveis pela percepção dos diferentes comprimentos de onda, por sua vez, os cones são responsáveis pela distinção das cores. Acredita-se também que o *X. gladius*, assim como os atuns, apresentam pequenas partículas de magnetite próximas do nervo central, que lhes conferem a capacidade de se orientarem nas suas migrações (WPRFMC, 2001).

1.1.5- Comportamento

Aparentemente são animais solitários que raramente formam cardumes, embora tenham sido relatados emparelhamentos, por pescadores em águas cubanas, que parecem estar relacionados com a desova (Guitart-Manday, 1964). Alguns *X. gladius* aparentam residir por longos períodos de tempo em estruturas de fundo com desníveis, nomeadamente em plataformas e taludes continentais, canhões e montes submarinos, bem como em frentes termais (Carey e Robison, 1981; Carey, 1990; Hazin, 2001; Sedberry e Loefer, 2001). Um rastreio de *X. gladius* por telemetria acústica na península da Baixa Califórnia revelou a sua permanência em águas costeiras durante o dia e o seu deslocamento para fora da costa durante a noite (Carey e Robison, 1981; Carey, 1990). Segundo os mesmos autores, outros peixes marcados na mesma área deslocaram-se para as proximidades de um canhão submarino, afastando-se em seguida. Alguns pescadores consideram que existem *X. gladius* residentes e outros transeuntes (Carey, 1990).

Em algumas zonas do Oceano têm-se observado *X. gladius* adultos parados na superfície (Carey e Robison, 1981; Carey, 1990). Estes autores notaram que alguns indivíduos interrompem a sua permanência no fundo, deslocando-se para a superfície, em frente ao sul da Califórnia, durante o dia, para recuperar das perdas de oxigénio em águas mais profundas. Os autores pensam que, na zona dos Grandes Bancos, estes deslocamentos servem para aquecer o corpo. Este tipo de comportamento foi designado pelos autores por “basking behaviour”. O *X. gladius* mostra também um comportamento extremamente agressivo, tendo sido relatados ataques a baleias, barcos, tubarões, a outros da sua espécie, submersíveis (Church, 1969; Ovchinnikov, 1971; Carey e Robison, 1981) e seres humanos (Caravajal *et al.*, 2002).

1.1.6- Predadores

Esta espécie possui poucos predadores naturais devido ao seu grande porte. O tubarão mako (*Isurus* sp.), o cachalote (*Physeter catodon*) e a orca (*Orcinus orca*) são as únicas espécies com capacidade de predação o *X. gladius* (Bigelow e Schroeder, 1953). Estes autores reportam a identificação de um jovem de *X. gladius* no estômago de um tubarão mako (*Isurus* sp.).

1.1.7- Alimentação

Os hábitos alimentares do *X. gladius* foram estudados inicialmente no Atlântico Ocidental (Tibbo *et al.*, 1961; Scott e Tibbo, 1968; Stillwell e Kohler, 1985). O *X. gladius* é uma espécie com uma dieta multi-específica e não selectiva quanto ao tamanho da presa, alimentando-se principalmente de pequenos pelágicos (peixes) e invertebrados (cefalópodes) (Palko *et al.*, 1981; Mello, 1992). Zavala-Camim (1982) estudou conteúdos estomacais do *X. gladius* no sudoeste-sul do Brasil e observou que a dieta era composta principalmente por cefalópodes e crustáceos. Gorbunova (1969) observou que larvas de *X. gladius* apresentam dietas bastante semelhantes nos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, alimentando-se principalmente de zooplâncton nos primeiros estágios de vida. Estes, quando atingem comprimentos maiores que 21 mm, alimentam-se de larvas de outros peixes, principalmente das famílias Scombridae, Gempylidae, Istioforidae e Exocoetidae e zooplâncton (Palko *et al.*, 1981). Os adultos podem mostrar canibalismo sobre as fases larvar e pós-larvar (Arata, 1954; Palko *et al.*, 1981), tendo sido também observado canibalismo entre larvas de *X. gladius* (Arata, 1954).

Stillwell e Kohler (1985) analisaram estômagos de *X. gladius* da costa noroeste dos Estados Unidos e concluíram que mais de 80% dos itens pertenciam a cefalópodes, em que 26% foram identificados como sendo *Illex illecebrosus*, e o restante pertencia a outras espécies pelágicas de vertebrados, principalmente *Merluccius bilinearis* e *Scomber scombrus*. Mello (1992) cita que o *X. gladius* utiliza o sul do Brasil como área trófica no Outono-Inverno, mostrando-se sobretudo teutófaga com maior incidência de lulas da família Ommastrephidae em águas mais afastadas da costa e de *Illex argentinus*, em águas mais costeiras. Nas outras estações do ano, segundo o mesmo autor, a composição da sua dieta mostrou-se dominada por peixes. Estes autores observaram variações na dieta do *X. gladius* em diferentes áreas e épocas do ano, indicando que estas diferenças estão relacionadas com a disponibilidade e abundância dos diferentes tipos de presas na área. Observações semelhantes sobre os tipos de presas de *X. gladius* foram feitas por Hernández-Garcia, (1995) em três áreas do Atlântico Central Leste. O mesmo autor observou que, em zonas neríticas, os principais itens alimentares são peixes demersais e pequenos pelágicos, enquanto que em zonas oceânicas os principais itens são cefalópodes. Grandes peixes pelágicos, como o *X. gladius*, alimentam-se intensamente em função da grande quantidade de energia que necessitam para as suas migrações, tanto horizontais como verticais (Arocha, 1997).

Este facto explica o consumo de mais de 25% do peso do seu corpo quase todos os dias (Mello, 1992).

1.1.8- Idade e crescimento

Os peixes desta espécie são exemplares de grande porte podendo atingir os 5 m, com mais de 500 kg de peso total, e uma longevidade superior a 20 anos (Mello, 1992). Hurley e Iles (1980) relatam a captura de um *X. gladius* marcado (com idade estimada de 4 anos) após 11 anos, sugerindo 15 anos de idade. Amorim e Arfelli (1988) ao analisarem um exemplar capturado 10 anos após a sua marcação, em frente à Zona Comum de Pesca Argentina-Uruguai, estimaram a sua idade em 12,7 anos. Vyalov e Ovchinnikov (1980) demonstraram que as pescarias de palangre, no Atlântico tropical, capturam *X. gladius* com idades entre 1 e 8 anos, com predominância de exemplares rondando os 5 anos. No Estreito da Florida, mais de 50% das capturas são constituídas por exemplares com idades entre 1 e 4 anos, sendo a idade máxima registada de 11 anos (Berkeley e Houde, 1983). No sul do Brasil, são predominantes indivíduos nas classes de 2 a 5 anos de idade (Mello, 1992). No Pacífico, a pesca incide em indivíduos com idades entre os 2 e 3 anos (Castro-Longoria e Sosa-Nishizaki, 1998).

Nos primeiros anos de vida o crescimento é rápido, tanto para os machos como para as fêmeas, até alcançarem os 90 cm MIF. Posteriormente, observa-se uma desaceleração na taxa de crescimento, com as fêmeas a apresentar comprimentos superiores aos machos, sendo este aspecto mais evidente a partir do seu comprimento de primeira maturação sexual estimada entre os 150 e 170 cm MIF (Berkeley e Houde, 1983; Nakamura, 1985; Arocha, 1997). Hazin *et al.* (2001) e Hazin *et al.* (2002a) observaram uma predominância de fêmeas em indivíduos maiores que 170 cm MIF no Atlântico sudoeste equatorial. Mejuto e Hoey (1991) referem que a proporção de exemplares machos maiores que 200 cm, no Atlântico e Mediterrâneo, mostra-se inferior a 10%. Arocha (1997) observou que, no Atlântico noroeste, exemplares maiores que 230 cm MIF eram geralmente fêmeas.

1.1.9- Reprodução

Diversos autores (Tibbo e Lauzier, 1969; Nakamura e Rivas, 1974; Uchiyama e Shomura, 1974; Arfelli, 1996; Arocha, 1997) descreveram vários aspectos da biologia

reprodutiva do *X. gladius* no Atlântico Norte. A desova ocorre, principalmente, nas regiões tropicais e também subtropicais (Nakamura, 1985), com temperaturas superficiais de 20° a 22° C (Beardsley, 1978), 23° a 24°C (Gorbunova, 1969; Ovchinnikov, 1971) e acima de 24° C (Ueyanagi *et al.*, 1970), em profundidades que variam da superfície a 75 m (Nakamura, 1985). Arfelli (1996) com base em exemplares capturados na costa sudeste-sul do Brasil, sugere a mesma área como zona de desova. A reprodução do *X. gladius* parece estar mais relacionada com a distribuição da isotérmica dos 25°C, aos 50 metros de profundidade, do que com a temperatura à superfície (Mejuto e Garcia, 1997). No Atlântico Norte, as áreas de reprodução conhecidas situam-se no Mar das Caraíbas, Golfo do México e Estreito da Flórida, onde a desova ocorre principalmente entre Dezembro e Junho, podendo, no entanto, ocorrer também em outros meses do ano (Taylor e Murphy, 1992; Arocha, 1997). A desova é observada também na faixa equatorial, ao longo de todo o ano, a oeste dos 10°W e entre os 5°N e os 5°S, mas também numa área delimitada pelos 15° e 20°- 40°W (Mejuto e Garcia, 1997). Hazin *et al.* (2001) e Hazin *et al.* (2002a), apontam o Atlântico Sudoeste Equatorial como uma área de maturação e em repouso para a espécie, dado que fêmeas sexualmente maduras foram observadas apenas a sul de 15°S.

O tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) para o Atlântico Sul foi estimado em 154 cm para as fêmeas e 120 cm MIF para os machos de *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2001; Hazin, 2001). Por outro lado, Arocha (1997) encontrou, para o Atlântico noroeste, L_{50} = 179 cm para as fêmeas e 128 cm MIF para os machos. De Metrio *et al.* (1989) e De La Serna *et al.* (1996) estimaram o L_{50} para as machos e fêmeas, no Mar Mediterrâneo, em 135 e 145 cm MIF, respectivamente.

Existe pouca informação sobre a fecundidade de *X. gladius*. Fish (1926) *in* Tibbo *et al.* (1961) reporta a presença de 16 milhões de ovócitos numa gónada em maturação. No entanto, Nakamura (1985) cita que as fêmeas contêm entre 2 e 5 milhões de ovócitos. Uchiyama e Shomura (1974), Hazin *et al.* (2001) e Hazin (2001) verificaram que a fecundidade aumenta à medida que o peixe cresce. Sella (1911) observou que os ovócitos maduros possuíam diâmetros entre os 1,5 e 1,8 mm. Arocha (1997) estimou a fecundidade média, para indivíduos com 160-250 cm de MIF no oceano Atlântico Noroeste, em 4 milhões de ovócitos, com uma variação de 0,87 a 8,7 milhões de ovócitos. De La Serna *et al.* (1996) estimou a fecundidade do *X. gladius*, para o Mar Mediterrâneo, entre 2,1 e 9,9 milhões de ovócitos. Hazin (2001) e Hazin *et*

al. (2001) estimaram valores de fecundidade entre 2 e 8,6 milhões de ovócitos, com uma média de 5,1 milhões de ovócitos, no Atlântico sudoeste. Os mesmos autores observaram heterogeneidade nos diâmetros dos ovócitos no ovário, além de uma tendência de desenvolvimento do centro para a periferia do ovário. Arocha (1997) também encontrou diferenças estatisticamente significativas nos diâmetros dos ovócitos, ao longo do ovário de fêmeas de *X. gladius*.

1.1.10- Stocks

Na década de 90, foi sugerido, com base em análises genéticas, a existência de três populações geneticamente distintas no Oceano Atlântico, uma ao Norte, outra ao Sul, separadas pela latitude de 5° N, e outra isolada no Mar Mediterrâneo (Alvarado-Bremer *et al.*, 1998; Greig, 2000). Existe ainda a possibilidade de dois stocks no Atlântico Norte, um a leste e outro a oeste (Anónimo, 1989). O mesmo autor refere que a falta de mais dados sobre a espécie no Atlântico Sul não permite formular hipóteses sobre a divisão leste/oeste. Alvarado-Bremer *et al.* (1996), ao compararem geneticamente amostras de *X. gladius* capturados a leste e a oeste do Atlântico Norte, sugere a existência de apenas um stock. Chow *et al.* (1997), através da análise de frequência de genótipos em amostras provenientes da região sudeste do Brasil e Cabo (África do Sul), formulam a possibilidade de estas constituírem duas unidades geneticamente distintas. Estes autores referem também que os stocks do Atlântico (Norte e Sul) e do Índico estão isolados geneticamente dos stocks do Pacífico. Estes autores discutem ainda a possibilidade dos stocks de *X. gladius* do Oceano Índico e do Atlântico Sul serem os mesmos, uma vez que as análises estatísticas não mostraram diferenças entre as amostras.

O limite de 5°N estipulado pela ICCAT para separar os stocks do Norte e Sul, foi endossado nos resultados de marcação de Markle (1974) nos quais, desde então, nunca se observaram recapturas abaixo desta latitude. Do ponto de vista da gestão, a definição da fronteira entre os stocks é extremamente importante na medida em que há possibilidade de uma ou ambas unidades de gestão, conterem indivíduos de várias populações (Greig, 2000). Isto deve-se ao facto de indivíduos maduros de várias populações poderem coexistir numa determinada área geográfica mantendo, no entanto, o seu isolamento reprodutor e identidade genética (Berkeley e Houde, 1983).

Recentemente, Chow *et al.* (2000) com base em análises genéticas, sugerem que o limite de separação dos stocks, no Atlântico, ocorra entre as latitudes de 10° e 20°N.

Actualmente, a população de *X. gladius* no Atlântico apresenta quadros diferentes em relação ao estado dos seus stocks. No Oceano Atlântico Norte a população encontra-se sobre-explorada, porém, as últimas avaliações demonstram que o declínio da biomassa de *X. gladius* parece estar mais lento, em dependência do forte recrutamento que tem vindo a ser observado em várias classes de idade desde 1997, associado às baixas capturas observadas a partir de 1998 (ICCAT, 2000). No Oceano Atlântico Sul, Arffeli (1996), com base em dados de captura e esforço da frota santista, realizou a primeira estimativa de rendimento para o Atlântico Sul, concluindo que o máximo sustentável não foi atingido. No entanto, segundo a ICCAT (2000), as avaliações de stocks realizadas possuem ainda um elevado grau de incerteza resultante de uma marcada carência de dados (índices de abundância, biologia reprodutiva, idade e crescimento, caracterização genética, entre outros).

Estudos recentes têm levantado algumas hipóteses para o declínio da população do *X. gladius*, particularmente no Atlântico Norte, sendo feita referência ao aumento substancial do esforço de pesca nos stocks reprodutores (idade +5 anos), tendo como consequência a diminuição do comprimento médio das capturas. Um outro factor importante observado é a grande quantidade de indivíduos pequenos desembarcados (Mejuto e Hoey, 1991), cujas causas estão inteiramente ligadas à interdição da comercialização de *X. gladius* devido aos teores de mercúrio, principalmente nos mercados norte-americanos, uma vez que os mesmos apresentam teores mais baixos (Monteiro e Lopes, 1990; Mejuto e Hoey, 1991).

1.2- Pescas

1.2.1- Evolução da pesca de X. gladius no mundo

A evolução da pesca do *X. gladius*, decorreu de forma gradual, tendo sido marcada por acontecimentos relacionados com desenvolvimentos tecnológicos e do mercado internacional ao longo dos anos, conforme descrito abaixo.

Recentes descobertas de fragmentos da espinha dorsal de *X. gladius* revelam que a espécie é explorada desde 3.000 a 4.000 A.C. em águas costeiras, na Baía da Península de Tokyo (Kaneko, 1958 *in* Ueyanagi, 1974). Na Costa Leste da América do

Norte, estima-se que *X. gladius* é capturado desde 1.100 A.C. (Sahrhage e Lundbeck, 1992) e na América do Norte desde meados do século I (D.C.) (Ward e Elscot 2000).

O primeiro relato de alguns aspectos da pesca da espécie pertence a Homero, no século I (A.C.), descreve, esta pesca como actividade de subsistência de romanos, fenícios e gregos, na costa do Mar Mediterrâneo. A pesca era realizada por pequenas embarcações movidas a remos utilizando linhas, redes e principalmente arpões (Ward e Elscot, 2000).

No princípio do século XVII (1603), os japoneses iniciaram a pesca comercial de *X. gladius* e agulhão negro com arpão, em águas costeiras do Oceano Pacífico (Suisan Sha, 1963; Ueyanagi, 1974), expandindo-se gradualmente através do Pacífico ocidental.

No século XVIII (1743), os japoneses desenvolveram o palangre de superfície, utilizando barcos à vela que se deslocavam a 30 mn da costa, dirigido especialmente à captura de atuns, sendo o *X. gladius* capturado como fauna acompanhante (Suisan Sha, 1963). O lançamento e a recolha da arte de pesca eram realizados manualmente, no entanto, apesar da sua forma primitiva e de ser realizada em águas costeiras estes pescadores obtinham bons resultados.

No final do Século XVIII, com o início da Era Industrial, a pesca do *X. gladius* sofreu uma grande mudança em termos da sua estrutura. Neste período, os recém desenvolvidos motores a vapor, permitiram que as embarcações pescassem em águas mais distantes da costa. A construção das linhas de carrinho de ferro, que desde 1830 facilitaram a distribuição dos peixes às áreas de consumo, representa também uma destas mudanças. Os portos foram equipados para receber rapidamente grandes quantidades de desembarques. As canoas utilizadas pelos pescadores deram lugar a grandes barcos equipados com velas e motores, mastros de observação e “striker” (Sahrhage e Lundbeck, 1992). Consequentemente, o poder de pesca das embarcações aumentou, tornando-se mais flexíveis e capazes de se deslocar a outras áreas de pesca, mais afastadas da costa, com maior rapidez. Em 1897, o Japão resolveu investir no desenvolvimento da pesca em águas longínquas, particularmente o palangre para a captura dos atuns, através da Acta “Distant Water Fisheries Promotion”, com o objectivo de atender ao aumento da procura, de atuns, espadins, tubarões, etc. (Yaizu Fishries Cooperatives, 1964).

No início do século XIX, com a Revolução Industrial, os motores a vapor foram substituídos por motores a diesel, tornando as viagens para águas longínquas possíveis e

economicamente mais viáveis. Além disso, trouxe outras vantagens, nomeadamente, o aumento da capacidade de armazenamento de pescado, aumento do número de pessoas na pesca, dado que parte da tripulação se destinava a suprir o motor com carvão, fácil adaptação em embarcações pesqueiras, entre outros (Sahrhage e Lundbeck, 1992). O desenvolvimento do rádio e de métodos de conservação mais eficientes, como o gelo artificial e as câmaras frigoríficas, representam outras melhorias desta época.

Em 1929, foram desenvolvidos os primeiros guinchos hidráulicos permitindo maior agilidade no lançamento e recolha do material na água (Folsom *et al.*, 1997). Em 1930, imigrantes japoneses no Havai, em resposta aos bons resultados obtidos, introduziram o ‘‘flagline fishing’’, caracterizado por bóias de vidro com bandeiras amarradas a bambus que sustentam o palangre (National Marine Fisheries Service, 1982). Essas tecnologias permitiram o avanço das embarcações para águas distantes, contanto que em 1935 o governo japonês atribuiu subsídios para a construção de grandes palangreiros para a captura de atuns. Já em 1939, a frota japonesa contava com 72 palangreiros, com capacidades variando entre 60 e 270 TAR (Tonelagem de Arqueação Registada), operando na parte Oeste e Central do Pacífico (Mark, 1997). No entanto, devido à Segunda Guerra Mundial, a pesca foi interrompida. No período de pós-guerra, entre 1946 e 1952, os Estados Unidos impuseram algumas sanções, como as ‘‘MacArthur lines’’, que impediram a expansão da frota palangreira japonesa para leste de 180° e 24° ao norte (Folsom *et. al.*, 1997). Em 1952, a pesca de atuns com palangre foi rapidamente retomada. Contudo, em 1954, testes com bombas nucleares em Bikini, contaminaram os atuns com radioactividade, afectando seriamente a indústria e, consequentemente, provocando uma redução nas capturas (Ueyanagi, 1974). Com a finalidade de suprir o mercado, os espadins, em especial o *X. gladius*, ganharam estatuto como substitutos dos atuns, para a produção de *sashimi*. Outro factor que contribuiu para o aumento das capturas foi a expansão da frota para novas áreas de pesca.

Em 1956, as frotas japonesas iniciaram as suas actividades no Atlântico, passando o *X. gladius* a constituir parte importante das capturas como fauna acompanhante da pesca ao *Thunnus albacares*. Devido à maior eficiência na captura da espécie, o palangre tornou-se rapidamente a principal arte de pesca utilizada, substituindo o arpão logo no início da década de 60. A capacidade de adaptação do palangre às diferentes características do local de pesca, nomeadamente em áreas com relevos submarinos, e a boa qualidade e aspecto exterior do pescado, que lhe conferem um valor comercial superior, são dois factores importantes nesta mudança. Neste

período, as capturas foram direcionadas para o voador, *Thunnus alalunga*, em resposta ao aumento da procura de enlatados. Em 1965, a Coreia e Taiwan iniciaram a pesca aos atuns com palangre, em larga escala, utilizando tecnologia semelhante à dos japoneses (Miyake *et al.*, 2004). Em 1967, o desenvolvimento de técnicas de super-congelamento, capazes de manter o pescado a temperaturas entre os -50 e -60°C a bordo das embarcações, potenciaram a qualidade do pescado, que resultou no aumento dos preços de sashimi (Ueyanagi, 1974; Suisan Sha, 1997; Miyake *et al.*, 2004). Esta nova tecnologia esteve também na origem do redirecionamento das capturas para o patudo, *Thunnus obesus*, (Miyake, *et al.*, 2004). As técnicas de super congelamento foram o principal propulsor para a pesca em águas distantes ao permitirem que as embarcações permanecessem mais tempo no mar.

No início da década de 70, a pesca de *X. gladius* a nível mundial, sofreu uma forte desaceleração, resultante da interdição de comercialização de *X. gladius* devido aos teores de mercúrio (Monteiro e Lopes, 1990; Mejuto e Hoey, 1991). Em 1978, com o aumento da tolerância dos níveis de mercúrio, passando de 0,5ppm para 1ppm, e aos estímulos governamentais para incentivar a reestruturação da indústria pesqueira, a pesca do *X. gladius* voltou a aumentar. Durante este período, avanços nos estudos sobre o habitat, alimentação, reprodução, e distribuição espacio-temporal da espécie, serviram de base para uma série de experiências que resultaram num aumento da eficiência de pesca do *X. gladius*.

Na década de 80, observou-se um aumento da importância económica desta espécie, em função do elevado valor comercial alcançado no mercado externo (EUA e Japão), como produto para *sashimi* e churrasco. Em resposta a este aumento, grande parte das frotas voltou as suas capturas para o *X. gladius*. Neste período, o palangre tradicional de multifilamento foi substituído pelo palangre tipo americano de monofilamento. Além disso, implementaram-se a utilização de luminosos, a mudança na profundidade do aparelho e o horário de lançamento, e a utilização de lula como isco, de forma a maximizar as capturas. O desenvolvimento de guinchos hidráulicos para o armazenamento das linhas de monofilamento do palangre, facilitou as operações de maneo e permitiu o aumento do número de anzóis de 800 para 3000. Estas modificações mostraram resultados significativos na captura do *X. gladius*, principalmente após a introdução de luminosos.

A década de 90 é marcada pelo uso de tecnologias militares na pesca, tais como imagens de satélite com informações sobre a temperatura da superfície do mar e clorofila, que, associadas com o GPS (“Global Positions System”), permitem um deslocamento mais rápido e preciso das embarcações para onde a probabilidade de captura do *X. gladius* é maior. Além disso, observou também o aperfeiçoamento dos luminosos, no que respeita ao seu tamanho, duração, forma e cor. No final desta década, foram desenvolvidos os luminosos permanentes (electralumes), resultando num aumento substancial das capturas de *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2005).

1.2.2- Tendência global dos desembarques de *X. gladius*

Desde 1954, os desembarques de *X. gladius* têm mostrado uma tendência crescente, que estabilizou no início dos anos 90, atingindo valores máximos em 1995 (~84.000 toneladas) (Figura 1.2a). Na década de 50, 84,8% dos desembarques de *X. gladius* provinha do Oceano Pacífico, 9,2% do Atlântico, 3,1% do Índico e 2,8% do Mediterrâneo (Figura 1.2b). Ao longo dos anos seguintes observa-se um claro aumento dos desembarques noutros oceanos do mundo, particularmente no Atlântico e Índico. Na década de 90, o Atlântico era responsável por 39% dos desembarques de *X. gladius*, contra 31% no Índico, 21,4% no Pacífico e 8,6% do Mediterrâneo (Figura 1.2b). O aumento dos desembarques de *X. gladius* no Oceano Índico deve-se ao redireccionamento da frota de Taiwan para a captura de *X. gladius*, a partir de 1993 (Ward e Elscot, 2000). O *X. gladius* é principalmente capturado com palangre (85%), enquanto outras pescarias de superfície, como o arpão, e a rede de emalhar de deriva “driftnet”, representam apenas 15% (Figura 1.3). No entanto, em determinadas regiões dos Oceanos a pesca com arpão e redes de deriva é significativa, como é o caso do Mar mediterrâneo (Ward e Elscot, 2000).

Segundo a FAO (2004b), em 2003, a produção mundial de atuns e afins foi de 4,1 milhões de toneladas. Deste total, os atuns representaram 95% das capturas. O *X. gladius* representou apenas 2,3% do total desembarcado, um decréscimo de 14% em relação a 2000. Esta redução das capturas tem como causa as medidas de conservação e gestão recentemente aplicadas. Entre os agulhões, o *X. gladius* representou aproximadamente 54% do total capturado, e os restantes 46% são atribuídos aos espadins. A maior parte das capturas mundiais provêm do Oceano Atlântico (incluindo

o Mar Mediterrâneo), com 43% do total desembarcado, seguido pelo Oceano Índico (29%) e Oceano Pacífico (28%) (Figura 1.4).

1.2.3- Pesca no Atlântico

O *X. gladius* é alvo de exploração pesqueira no Atlântico desde à milhares de anos (Mejuto e Hoey, 1991). Registos históricos têm demonstrado que a espécie é comercializada desde o Império Romano, onde eram capturados quase exclusivamente com o arpão (Sahrhage e Lundbeck, 1992). Em 1800, no início da era industrial, a pesca comercial com arpão chegou ao Oceano Atlântico, em Nova Inglaterra, expandindo-se rapidamente para o norte do Canadá. Aqui, a pesca era praticada sazonalmente, iniciando-se no final de Junho, em *Georges Bank*, e em Setembro nas zonas leste e norte dos *Grand Banks* (Tibbo *et al.*, 1961). Apesar disto, os primeiros registos de pesca comercial surgem apenas em 1840, por Goode (1883) *in* Tibbo, *et al.* (1961). Estes registos relatam a actividade das frotas canadianas e americanas, pioneiras na pesca comercial da espécie, na costa sul da Nova Inglaterra, utilizando o arpão como principal arte de pesca. Em 1909, foram registados os primeiros recordes de pesca com arpão, com cerca de 809 t de *X. gladius* capturados, correspondendo a um valor aproximado de 185 mil dólares (Tibbo *et al.*, 1961). As capturas de *X. gladius* com arpão, variaram bastante ao longo dos anos, passando de 904t, em 1914, para 95t, em 2000, atingindo a captura recorde de quase 5.000t em 1959 (Tibbo *et al.*, 1961).

Em 1956, a frota japonesa iniciou as suas operações com palangre, na região equatorial do Atlântico, para captura de atuns. Poucos anos depois, os russos iniciam a pesca com palangre dirigida a tubarões, na qual foram observadas grandes capturas de *X. gladius* (Suisan Sha, 1997). No início dos anos 60, estimulados pelos resultados obtidos pelos japoneses e russos, as embarcações rapidamente substituíram o arpão pelo palangre.

Os desembarques de palangre no Atlântico (incluindo o Mediterrâneo) aumentaram significativamente a partir de 1978, atingindo o seu máximo em 1995, com cerca de 43.000 t (Figura 1.5). A partir desse ano, os desembarques no Atlântico mostraram uma tendência decrescente, com cerca de 37.700 t em 2003. Esta diminuição esteve relacionada com a deslocação das principais frotas para outros oceanos, especialmente para o Pacífico, em 2000, e com as medidas de regulamentação impostas pela ICCAT (Anónimo, 2001). Actualmente, as capturas com palangre no Atlântico,

representam cerca de 85%, enquanto as redes de superfície representam apenas cerca de 10% e outras artes de superfície, 5% do total.

1.2.4- Pesca no Atlântico Norte

Ao longo dos anos, 30 nações têm pescado no Atlântico Norte, com a Espanha, Estados Unidos, Canada, Japão e Portugal, contribuindo com 92,3% das capturas de *X. gladius*. O palangre contribui para 88,0% das capturas, a pesca com arpão para 8,2% e as demais artes de pesca para 3,8%. As capturas de *X. gladius* no Atlântico Norte atingiram valores máximos em 1987, com cerca de 20.000t (Figura 1.5), sendo que as frotas espanholas e americanas foram responsáveis por 81,4% do total. A partir desse ano, observa-se um declínio constante das capturas devido ao deslocamento de parte da frota palangreira para outras áreas, a redução na abundância da espécie, a introdução de cotas de captura e de um tamanho mínimo de captura, pela ICCAT (Anónimo, 2001).

Em 2003, último ano com estatísticas disponíveis, a pesca do *X. gladius* no Atlântico Norte representou 31% do total capturado. O palangre foi a principal arte de pesca utilizada representando 93% do total. A pesca com arpão, rede de superfície e rede de arrasto contribuíram para 1% e outras artes de superfície para 4% do total capturado. Em 2003, 89% das capturas de *X. gladius*, são atribuídas à frota espanhola (44%), canadiana (12%), americana (27%) e portuguesa (7%).

1.2.5- Pesca no Atlântico Sul

Ao longo dos anos, cerca de 23 nações têm pescado no Atlântico Sul, com a Espanha, Japão, Brasil e Taiwan, contribuindo para 80,0% das capturas de *X. gladius*. O palangre contribui para 96,0% do total das capturas e as demais artes para 4%.

As capturas exibiram um crescimento substancial a partir de 1988, devido ao deslocamento das principais frotas pesqueiras para o Atlântico Sul. Em 1995, atingiu o seu máximo, de 21.780 t (Figura 1.5), sendo as maiores capturas atribuídas à frota espanhola (54,3%), japonesa (17,4%), taiwanesa (13,8%) e brasileira (9,5%). A partir de 1997, observa-se um declínio nas capturas de *X. gladius*, em função das medidas de regulamentação impostas pela ICCAT, com cotas de captura e tamanho mínimo de captura.

Em 2003, as capturas de *X. gladius* no Atlântico Sul representaram 30,0% do total capturado, sendo o palangre responsável por 99,0% das capturas desta espécie. Cerca de 88% das capturas de *X. gladius* cabem às frotas espanhola (42,5%), brasileira (27,4%), taiwanesa (10,0%) e japonesa (9,0%).



Figura 1.1- Distribuição global do *X. gladius* (Fonte: Nakamura, 1985)

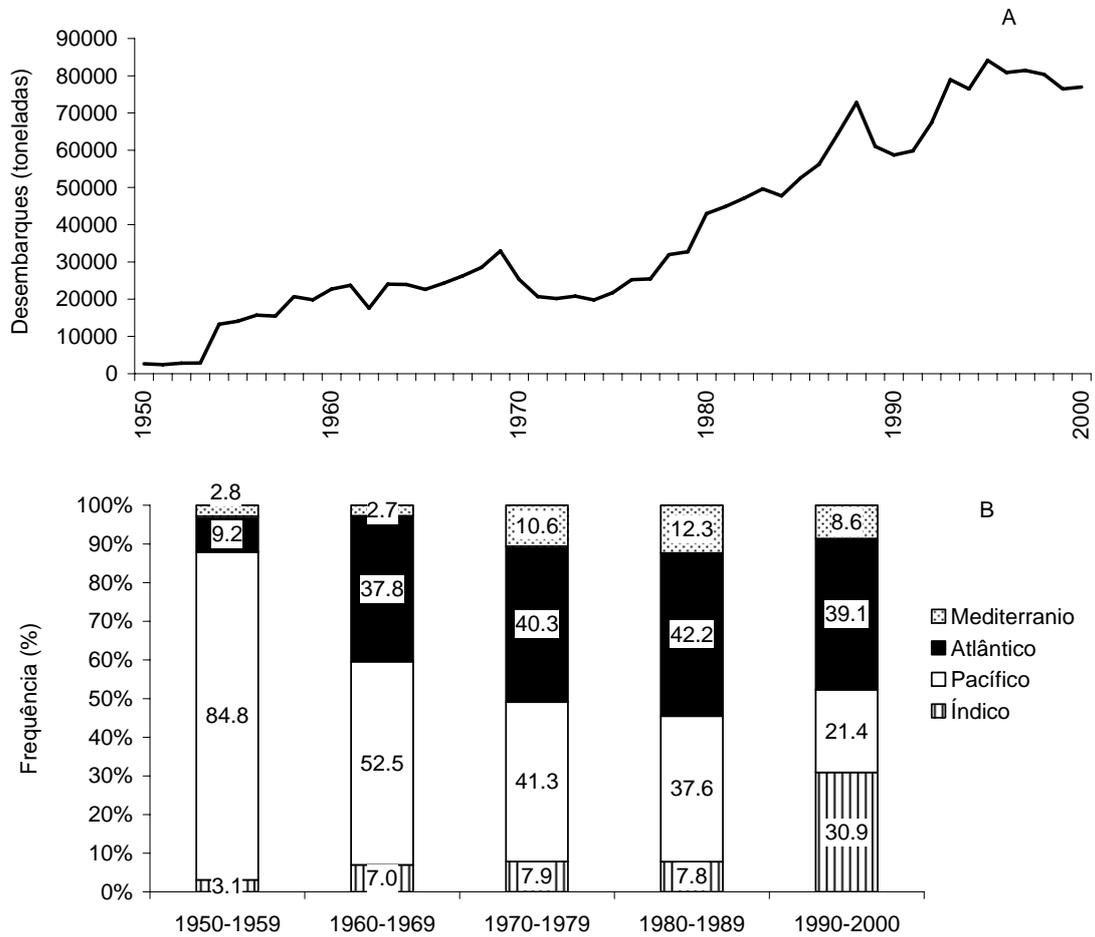


Figura 1.2- Desembarque mundial de *X. gladius* (A) e percentagem de captura nos Oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e Mar Mediterrâneo (B). (Fonte: FAO, 2004a)

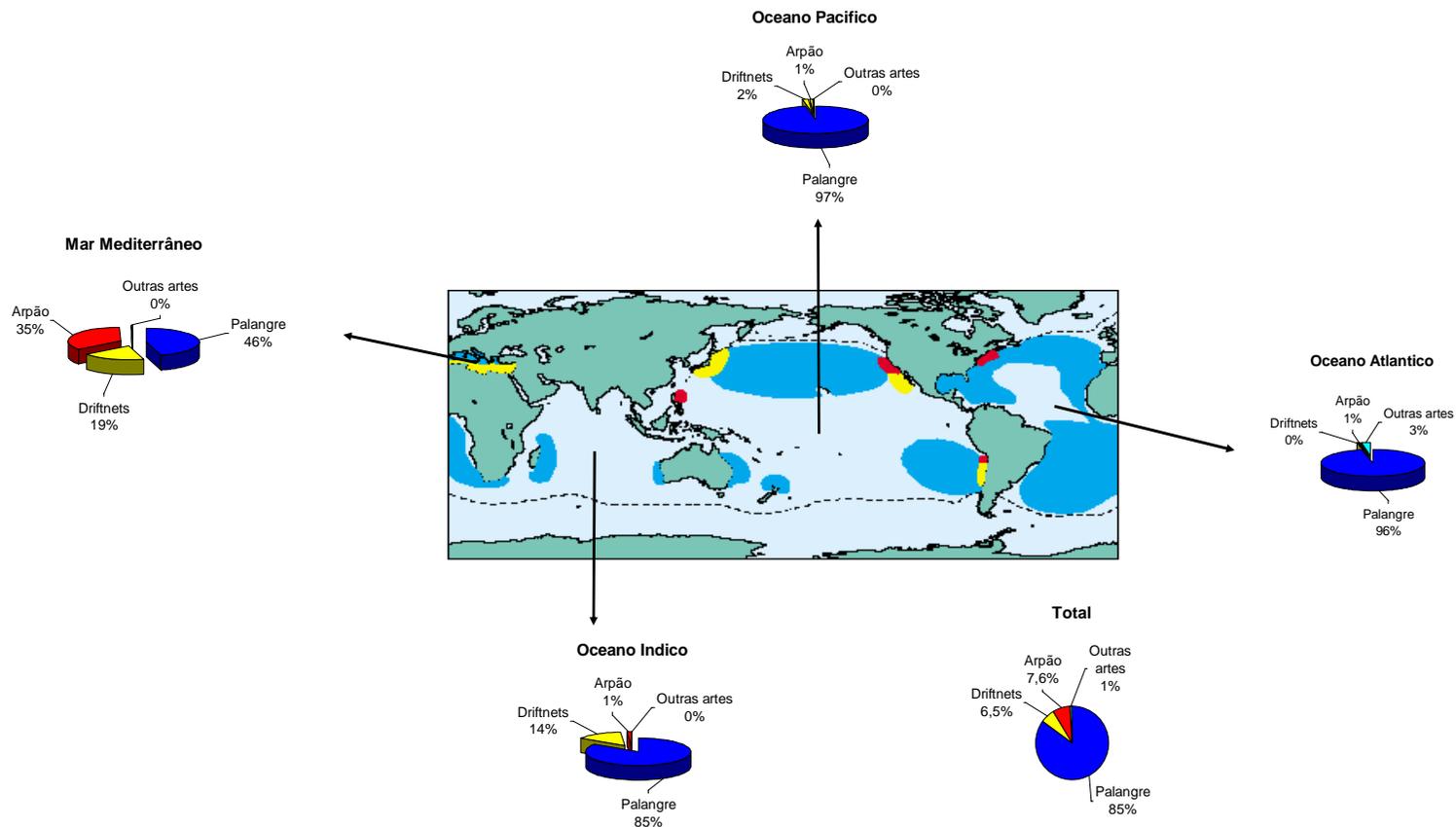


Figura 1.3 – Percentagem de captura do *X. gladius* por oceano, principais localidades de actuação das artes de pesca. Palangre (azul escuro), redes de deriva (amarelo) e arpão (vermelho) (segundo Ward e Elscot, 2000)

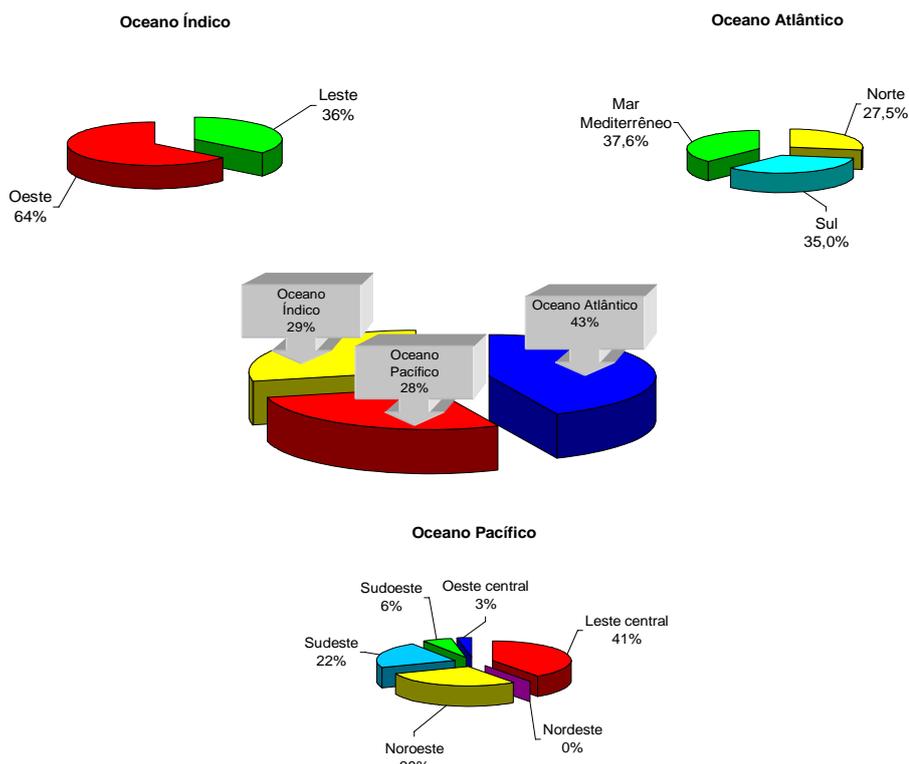


Figura 1.4- Percentagem de *X. gladius* capturado por oceano. (Fonte: FAO, 2004a)

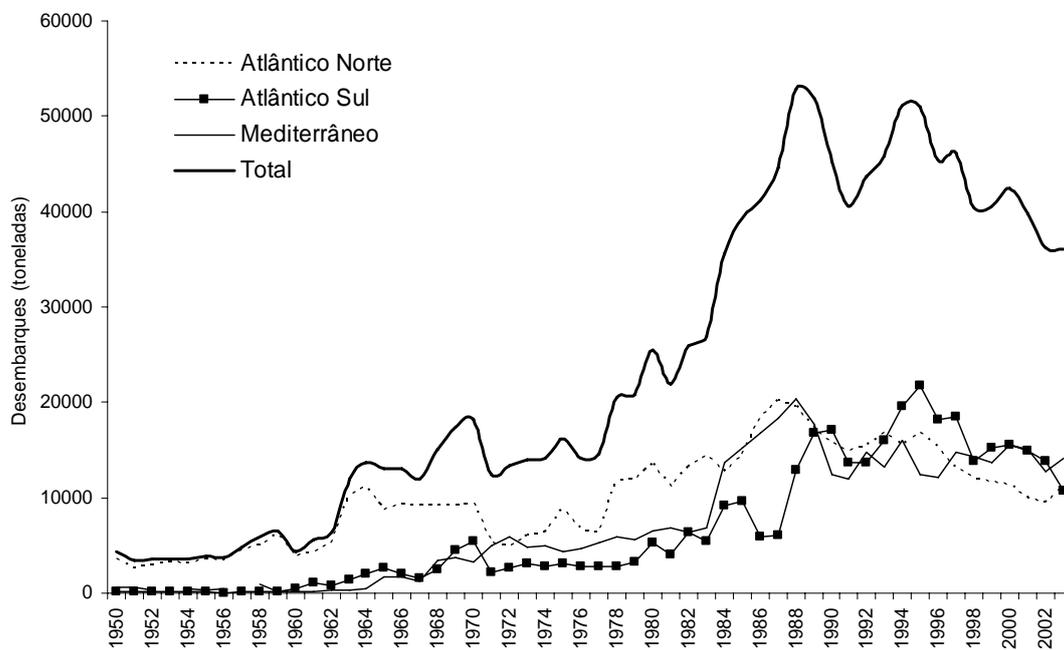


Figura 1.5 – Desembarque de *X. gladius* no Oceano Atlântico e Mediterrâneo (ICCAT, 2002)

Capítulo II

Evolução, dinâmica, caracterização e estratégia da pesca palangreira brasileira

2.1- Introdução

Com o decorrer das mudanças de mercado ao longo dos anos, várias frotas têm frequentemente alterado as operações de pesca e adoptado diferentes estratégias de exploração, em cada viagem ou lançamento de pesca, com o intuito de melhorar a sua eficiência. Estas variações produzem oscilações no índice de capturabilidade, dado que estes são afectados por factores intrínsecos e extrínsecos (Ricker, 1975).

A partir de 1956, quando se iniciaram as operações de pesca com palangre no Atlântico Sul, foram efectuadas várias mudanças no âmbito das operações e estratégias de pesca, que se reflectiram na composição das capturas (Amorim e Arfelli, 1984; Hazin, 1993; Arfelli, 1996; Hazin e Hazin, 1999; Travassos, 1999a; Hazin *et al.*, 2000; Menezes de Lima *et al.*, 2000). No entanto, as informações referentes às táticas de pesca não são especificadas ou não condizem com a realidade expressa nos diários de bordo, podendo este aspecto introduzir sérios erros na estimação dos índices de abundância (Fréon e Misund, 1999).

Mais recentemente, têm sido aplicados métodos de agrupamento (ex. análise de clusters) na investigação pesqueira, com o objectivo de categorizar o esforço de pesca com base na proporção da composição das capturas, como forma de identificar as táticas pesqueiras em várias modalidades (Ward *et al.*, 1996; He *et al.*, 1997; Wu e Yeh, 2001; Alemany e Álvarez, 2003).

Até hoje, foram desenvolvidos poucos trabalhos a fim de se caracterizar a modalidade de pesca do palangre no Atlântico Sul. Azevedo *et al.* (1999) e Menezes de Lima *et al.* (2000) salientam a importância da caracterização das frotas de palangre brasileiras, direccionadas para espécies altamente migratórias. Por exemplo, ainda é incerto a quantidade de barcos operantes, assim como os seus comprimentos e outros dados a respeito, particularmente no período anterior à década de 90.

Neste contexto, o presente Capítulo tem por objectivo categorizar os lançamentos de pesca, utilizando a análise de cluster, com base na similaridade da

composição das capturas, utilizando a distribuição espacial e informações sobre as operações de pesca, de forma a distinguir as diferentes estratégias adoptadas pelas frotas actuantes. Além disso, pretende-se elaborar um banco de dados com séries temporais de CPUE refinadas para as principais espécies capturadas, como *X. gladius*, *T. obesus*, *T. alalunga*, e *T. albacares*, para futuras análises.

2.2- Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo encontra-se localizada entre os paralelos de 10°N e 45°S e entre os meridianos de 0° e 55°W (Figura 2.1a). O relevo submarino é constituído basicamente por planícies abissais, encontrando-se, porém, presentes, ilhas e rochedos, tais como o Atol das Rocas, o Arquipélago de Fernando de Noronha, Trindade, Ascensão, Martim Vaz e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Este último representa uma falha transversal da Dorsal Meso-Atlântica. Além das referidas ilhas oceânicas, existem, ainda, vários bancos submarinos rasos, pertencentes às Cadeias Norte-Brasileira e de Fernando de Noronha, na região nordeste (20 a 250 m de profundidade), Vitoria-Trindade (20°30'S) e a elevação do Rio Grande (30°30'S/35°W).

O padrão de circulação atmosférica ao nível do mar observado sobre a área de estudo é determinado por centros de alta pressão, os quais encontram-se nas regiões subtropicais de ambos os hemisférios, aproximadamente na latitude de 30°. Estes centros apresentam uma variabilidade sazonal bem definida e modificam, na mesma escala temporal, o sistema de ventos tropicais actuante na área de estudo, formado, principalmente, pelos ventos alísios de Sudeste e de Oeste.

Uma das características desses centros é a variabilidade sazonal que eles apresentam e a ocorrência da divergência dos ventos alísios de Sudeste com os de Oeste formando a Zona de Convergência Subtropical do Atlântico Sul (ZCSAS), constituindo regiões de baixas temperaturas, elevada salinidade e precipitação. Durante o verão no hemisfério sul, o centro de alta pressão encontra-se localizado próximo a costa da África (32°S/005°W), com uma intensidade média de 1.021mbar, enquanto que no Inverno do hemisfério sul o centro de alta pressão é empurrado na direcção noroeste pelo desenvolvimento de baixas temperaturas próximos a Antártida, dividindo-se em dois centros, com o mais importante situando-se próximo a costa brasileira (27S/010°W) e

um aumento de sua intensidade para 1.025mbar (Hazin, 1993; Travassos, 1999b; Stech e Rao, 2000). Neste período, os alísios de Sudeste também se intensificam, atingindo até 05°N, na porção oeste do Atlântico, e 10°N próximo à costa da África (Travassos, 1999b). Já no verão, este apresenta uma menor intensidade, deslocando-se para uma posição mais meridional, devido as diferenças termais sobre os continentes.

A faixa larga entre os ventos alísios de Sudeste e Nordeste é denominada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e constitui uma região de baixa pressão atmosférica caracterizada por elevadas temperaturas, intensa presença de nuvens e abundantes precipitações (Hazin, 1993; Travassos, 1999b; Zagaglia, 2003). Devido ao forte ciclo sazonal apresentado pelo sistema atmosférico do Atlântico Tropical, a posição da ZCIT também varia sazonalmente. O deslocamento em direção ao norte ocorre entre Agosto e Setembro, quando atinge até 08°N e 14° N nas porções oeste e leste do Atlântico, respectivamente. Seu posicionamento mais meridional ocorre entre Janeiro e Abril, quando as regiões norte e nordeste brasileiras são atingidas pelas chuvas provenientes deste cinturão de baixa pressão. Moura e Shukla (1981) também associam o período entre Março e Abril com a estação de maior intensidade de precipitação na região nordeste do Brasil.

No verão do hemisfério sul, a isotérmica de 27°C envolve, praticamente, toda a costa da região nordeste. Já no inverno, esta mesma isotérmica encontra-se em torno de 5°N (costa da Guiana Francesa), envolvendo o Mar do Caribe, enquanto que em direção as altas latitudes apresenta temperaturas inferiores a 25°C (Travassos, 1999b; Hazin, 1993).

Relativamente à estrutura térmica vertical da área de estudo consiste na presença de uma termoclina bastante marcada ao longo do ano todo, na região Equatorial e Tropical, com sua profundidade, variável entre as latitudes e estações do ano, tende a ser maior, ao longo do Equador, em direção ao oeste, principalmente em virtude da ação do sistema de ventos (Merle, 1980). Em direção as altas latitudes se observa uma termoclina sazonal, sendo mais rasa no Verão e no Inverno mais profunda.

As principais correntes superficiais actantes na área de estudo, são: Corrente do Brasil (CB), Corrente Sul Equatorial (CSE), e a Corrente Norte do Brasil (CNB) (Figura 2.1b).

A CSE é, dentre as demais, a mais forte (excepto pela Corrente Equatorial Submersa), mais constante e extensiva, apresentando um sentido leste-oeste, podendo ser observada desde 20°S até 3°N (Tchernia, 1980). Segundo o mesmo autor a

velocidade da CSE aumenta em direcção à costa oeste, com 30 cm/s^{-1} próxima a costa Africana e alcançando 100 cm/s^{-1} nas proximidades da costa brasileira, apresentando velocidade média de $45,9 \text{ cm/s}^{-1}$. Ainda segundo o autor essa corrente ao se encontrar com a massa continental sul-americana, entre 5° e 10°S , divide-se em duas correntes: Corrente Norte do Brasil que segue em direcção às Guianas formando posteriormente a Corrente das Guianas, e uma outra, que segue em direcção ao sul, formando a CB.

A CB flui ao longo da margem continental brasileira até aproximadamente 33°S , onde se encontra com a Corrente das Malvinas (CM) (Olson *et al.*, 1994). Segundo o mesmo autor, em escalas anuais, a latitude de separação da CB é caracterizada por uma modulação sazonal. Isto significa que durante o Verão no hemisfério sul, em média, a corrente estende-se mais ao sul do que sua latitude média de separação (33°S), enquanto que no Inverno a latitude de separação encontra-se mais ao norte de 33°S . A CB é caracterizada por ser uma corrente de água quente, salina, oligotrófica e fraca (Stramma e England, 1999), porém sua capacidade de transporte aumenta com a latitude na ordem de 5% a cada 100 km entre as latitudes de 24°S e 38°S , o que chega a ser comparável à Corrente do Golfo (Azevedo, 2003). É formada pelo empilhamento de massa de água sendo que nos três primeiros quilómetros de coluna d'água encontra-se Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Garfield (1990), através da análise de imagens termais obtidas por imagens de satélites e dados hidrográficos constatou que a CB não se apresenta como uma feição contínua ao longo da margem continental entre 21°S e 31°S e sim de forma complexa apresentando vórtices e meandros.

A CM é uma corrente fria, forte, rica em nutrientes, de baixa salinidade e contrária à CB, fluindo da região subantártica em direcção ao norte ao longo da linha da quebra da plataforma continental argentina até aproximadamente a latitude de 38°S , ponto em que a mesma se separa da costa e segue em direcção ao interior da bacia Atlântica (Peterson *et al.*, 1996). O encontro entre a CB e CM é denominado de Confluência Subtropical do Atlântico Sul (CSAS) fluindo em direcção a leste formando uma série de meandros de grande amplitude, com um ramo fluindo em direcção ao norte, próximo a 40°W enquanto que o outro irá em direcção ao Atlântico Sul Central (Azevedo, 2003).

A CSAS, uma das mais dinâmicas regiões oceânicas do mundo, é caracterizada por fortes gradientes termohalinos e intensa actividades em mesoescala, podendo ser de

semana a meses, em escala temporal, e de dezenas a centenas de km, em escala espacial, segundo Zavilov *et al.* (1999) e Azevedo (2003). Vale salientar que existe um sinal inter-anual (ex. El Niño, Índice de circulação atmosférica, Velocidade de rotação da terra, entre outros) sobreposto à sazonalidade, embora a posição da CSAS apresente uma migração sazonal associada ao deslocamento do sistema atmosférico de alta pressão sobre a bacia do Atlântico Sul, e possivelmente à variação na intensidade do transporte da CCA (Corrente Circumpolar Antártica). Além disso, as variabilidades inter-anuais controlam as alterações dos processos de mesoescala da CSAS, afectando o número de vórtices liberados na confluência.

A CSAS varia seu posicionamento de acordo com a época do ano, sendo no Inverno encontra-se no seu limite mais ao norte entorno dos 30°S (Ciotti *et al.*, 1995), quando as águas superficiais são dominadas pela ASA (Água Subantártica), fluindo em direcção norte, a qual empurra a CB em direcção norte e para fora da costa, apresentando temperaturas menores que 15°C e salinidade variando entre 33,7 e 34 (Castro e Miranda, 1998). No Verão o seu posicionamento encontra-se mais ao sul entorno de 46°S quando as águas superficiais são fortemente influenciadas pela AT transportadas pela CB fluindo para o sul, devido ao aumento em sua capacidade de transporte, apresentando temperaturas acima dos 20°C e salinidade acima de 36 (Azevedo, 2003).

Obtenção dos dados

No presente Capítulo foram analisados os dados de captura provenientes da frota palangreira brasileira (arrendadas e nacionais), que operaram entre 10°N e 45°S, do lado oeste da bacia atlântica, no período compreendido entre 1978 e 2000. Os dados referentes aos lançamentos, sazonalidade, área de pesca, esforço, captura, tempo de imersão, número de anzóis/cestos e turno de pesca, foram obtidas a partir dos diários de bordo de cada viagem de pesca, em quadrantes de 1°x1°. Os turnos de pesca foram classificados em Dia, Noite e Dia-noite, de acordo com a metodologia de He *et al.* (1997) com base no intervalo de tempo entre o início do lançamento e o recolhimento do palangre. Quando esta diferença excedia as 17 horas o turno de pesca foi considerado Dia-noite. As informações sobre a profundidade média do local de lançamento foram obtidas pelo ETOPO5 (*Earth Topography-5min*) *National Geophysical Data Center*, por latitude e longitude, em quadrantes de 1°x1°. A temperatura da superfície da água do

mar foi obtida por ano, mês latitude e longitude através do JISAO (*Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean*), também em quadrantes de 1°x1°. Devido à inexistência de informações sobre a forma como foi iniciado o recolhimento do palangre, o tempo de imersão foi calculado usando a fórmula:

$$TI = (|Hf_l - Hi_l|) + (|Hf_r - Hi_r|) + (|Hf_l - Hi_r|),$$

TI= Tempo de imersão;

Hf_l= Hora final do lançamento de pesca;

Hi_l= Hora inicial do lançamento de pesca;

Hf_r= Hora final da recolha do palangre; e

Hi_r= Hora inicial da recolha do palangre.

que compreende (diferença entre o início e fim do lançamento)+(diferença entre o início e fim do recolhimento)+(diferença entre o final do lançamento e o início do recolhimento)

As informações sobre as características da frota (comprimento e Tonelagem de Arqueação Bruta -TAR) foram obtidas através da Secretaria Especial de Pesca e Aquicultura (SEAP), do governo brasileiro, e do *Data Record of Vessels over 24 m* da ICCAT, sendo, em seguida, devidamente agregados ao banco de dados de pesca. O número de barcos arrendados e nacionais, por porto de pesca e por frota, foi obtido através do banco de dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e SEAP.

Foram analisados 40.013 lançamentos de pesca, com cerca 25 espécies reportadas nos diários de bordo. Algumas espécies apresentaram baixas capturas ou foram reportadas de forma agrupada, como foi o caso dos tubarões (excepto a tintureira, *Prionace glauca*) e alguns teleósteos, sendo por este motivo combinadas em 3 grupos (tubarões, espadins não identificados e outros teleósteos) formando uma matriz de 40.013 x 11.

Análise estatística

No presente trabalho, foram desenvolvidos dois tipos de análises de Cluster, baseados na proporção das capturas, devido ao grande número de dados envolvidos. A primeira, não hierárquica, utilizando o método *K-means* (FASTCLUS, Johnson e Wichern, 1988; SAS Institute Inc, 1989) e a segunda, hierárquica, usando o método *Ward* (SAS Institute Inc, 1989). O primeiro método foi utilizado com a finalidade de

agrupar todos os dados dentro de 2.500 clusters. Este método foi também utilizado para identificar o número de clusters “ideal” e os *outliers*, sendo estes, em seguida, removidos das análises (710). O segundo método foi aplicado aos 2.500 clusters não hierárquico de forma a classificar e verificar as possíveis diferenças entre os grupos (clusters).

Em seguida, as séries temporais de CPUE foram calculadas, por cluster, ano e mês, em número de indivíduos por 100 anzóis, para as principais espécies e comparadas, depois, através de *Pearson product-moment correlation coefficients* (Snedecor e Cochran, 1980), de forma a averiguar correlações existentes entre agrupamentos de clusters. Valores significativos do coeficiente de correlação (r) indicam uma correlação aberta entre duas séries temporais, ou seja, que as séries temporais podem ser combinadas.

2.3- Resultados

Os resultados da análise de cluster são apresentados na Tabela 2.1 e Figura 2.2. Foram criados 6 clusters, bastante distintos para as espécies, que se resumem da seguinte forma, de acordo com o percentual de captura em cada cluster: Cluster 1: *T. alalunga* abrangendo 72,7% das capturas; Cluster 2: *X. gladius* representando 70,7% das capturas; Cluster 3: *T. albacares* participando com 60,6% das capturas do cluster; Cluster 4: *P. glauca* e o *X. gladius* a representarem juntos 73,4% dos lançamentos, sendo *P. glauca* a principal espécie, com 55,0% das capturas do cluster; Cluster 5: *T. obesus* participou com 64,5% do total do cluster; e Cluster 6: outras espécies que juntos representaram mais de 45,0% do total capturado.

Distribuição dos lançamentos de pesca

Os lançamentos de pesca geral e mensal concentraram a sua distribuição espacial em 3 áreas: a primeira localizada a norte de 18°S, a segunda na parte central do Atlântico Sul, entre 15°-21°S/26°-32°W e a terceira, em águas mais próximas da costa, entre 26°S e 37°S (Figura 2.3A). Estas áreas demonstram particularidades diferentes de acordo com a espécie-alvo (Figura 2.3B a G). No cluster 1 (*T. alalunga*), os lançamentos de pesca concentraram-se em duas áreas: uma entre 5°S e 17°S, nos meses

de Novembro a Janeiro; e outra entre 28°S e 36°S, nos meses de Maio a Agosto (Figura 2.4).

No cluster 2 (*X. gladius*) os lançamentos de pesca concentraram-se em 4 áreas ao longo da costa brasileira, sendo a primeira entre 3°N-6S°/38°W-29°W, em águas mais afastadas da costa, nos meses de Março a Maio; a segunda na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, nos meses de Abril a Maio e Outubro a Dezembro; a terceira entre 15°S-21°S/32°W-27°W, nos meses de Junho e Julho; e a quarta entre 28°S-35°S/47°W-52°W, nos meses de Agosto a Outubro (Figura 2.5).

No cluster 3, correspondente ao *T. albacares*, os lançamentos de pesca concentraram-se em duas áreas: uma ao norte de 10°S, entre os meses de Novembro a Fevereiro; e outra entre 29°S e 31°S, nos meses de Abril a Novembro (Figura 2.6). No cluster 4, que abrange o *P. glauca*, a maior parte dos lançamentos de pesca concentrou-se entre 2°S-7°S/38°W-30°W, nos meses de Novembro a Fevereiro e, entre 30°S e 35°S em áreas mais próximas da costa nos meses de Abril a Novembro (Figura 2.7).

No cluster 5 (*T. obesus*), os lançamentos de pesca concentraram-se entre 1°S-7°S/32°W-35°W, nos meses de Outubro a Março, com o esforço diminuindo gradualmente a partir do mês Janeiro, e entre 32°S e 35°S, em menores proporções nos meses de Abril a Junho (Figura 2.8). No cluster 6, grupo que abrangeu várias outras espécies, os lances de pesca concentraram-se em duas áreas (Figura 2.3): uma a norte de 7°S e outra entre 23°S e 30°S, com a maior parte dos lançamentos de pesca a serem observados nesta última, e o esforço de pesca a não apresentar um ciclo sazonal definido (Figura 2.9). É interessante notar que o esforço direccionado para as outras espécies ocorre justamente em áreas e meses onde os lançamentos de pesca dirigidos para o *X. gladius* são menores.

A distribuição anual dos lançamentos de pesca, por cluster, é apresentada na Figura 2.10. No período de 1978 a 1989, observa-se que a pesca oceânica de palangre brasileira, na maior parte dos anos, dirigia o esforço de pesca para o *T. albacares* (Cluster 3). A partir de 1990, o esforço é redireccionado para as espécies *T. alalunga* (Cluster 1) e *T. obesus* (Cluster 5) (Figura 2.10A). No início de 1996, grande parte do esforço de pesca passa a ser direccionado para o *X. gladius* (Cluster 2) (Figura 2.10B). É interessante notar que, no Cluster 4 (*P. glauca*), o esforço de pesca apresenta um padrão similar ao longo do período estudado (Figura 2.10B), mesmo em pequenas proporções, podendo este facto indicar que, na pesca do *X. gladius*, o *P. glauca* compõe uma importante parcela da captura.

Caracterização e estratégia de pesca

As características gerais das embarcações são apresentadas na Tabela 2.2. A frota brasileira, composta por embarcações nacionais e arrendadas, apresentaram um comprimento médio de 39,7 m, variando entre 12,6 m e 58,0 m, com 323,2 t de TAR em média e variando entre 10,6 t e 778,0 t. A estratégia de pesca adoptada pela frota palangreira brasileira varia de acordo com a espécie-alvo, particularmente para os atuns (*T. albacares*, *alalunga* e *obesus*), *P. glauca* e *X. gladius*. A pesca dirigida para os atuns (Cluster 1, 3 e 5) é realizada por embarcações de grande porte, com mais de 40 m de comprimento, utilizando mais de 1.800 anzóis/lançamento, com 7 anzóis/cesto para o *T. albacares* e 11 anzóis/cesto para o *T. alalunga* e *T. obesus*. O tempo de imersão variou entre 19 e 21 horas. A pesca de *T. alalunga* e *T. obesus* é realizada durante o dia a profundidades que variam de 3.044 a 3.939 m, respectivamente, em águas com temperaturas de superfície entre 22,5°C e 26,4°C. A pesca de *T. albacares* é realizada tanto de dia como de noite, a profundidades médias de 2.398 m, em águas com temperaturas de superfície de 27°C. Relativamente à pesca dirigida ao *X. gladius* (Cluster 2), é realizada por barcos menores que 32 m, utilizando pouco mais de 1.100 anzóis/lançamento e 5 anzóis/cesto, o tempo médio de imersão é de 17 horas. As operações de pesca decorreram em águas mais afastadas da costa, a uma profundidade média de 3.821m. A quase totalidade dos lançamentos de pesca foi efectuada no turno da noite, com a temperatura da superfície da água do mar apresentando valores médios próximos de 26°C. A pesca direccionada ao *P. glauca* é bem semelhante à do *X. gladius* diferindo apenas na hora inicial de lançamento do palangre, no número de anzóis/cesto e nos turnos de pesca (Tabela 2.3).

2.3.1- Frota Nacional

Evolução

A frota nacional ao largo da costa brasileira cresceu principalmente na década de 80, com a participação de outros Estados, acompanhando a linha de evolução do sector pesqueiro nacional. A sua evolução pode ser dividida em 4 fases (Figura 2.11):

Fase I – 1966-1982: Esta fase é caracterizada pelo início da pesca comercial por parte de embarcações nacionais. Observa-se que, até 1981, o número de barcos nacionais era praticamente estável, variando entre 2 e 5 cada ano, e encontravam-se

todos baseados no porto de Santos. Em 1982, a frota nacional no porto do Rio Grande do Sul iniciou a pesca palangreira com a entrada de 1 barco, totalizando 8 barcos.

Fase II – 1983-1988: Em 1983, iniciou-se a pesca com palangre no Estado do Rio Grande do Norte (Natal-RGN), com 2 barcos. Neste período, registaram-se um total de 13 barcos, 9 no porto de Santos e 2 no Rio Grande do Sul. De 1984 a 1987, o número de barcos mostrou-se relativamente constante, variando entre 12 e 11 cada ano. A partir desse ano, a pesca com palangre foi interrompida no porto do Rio Grande do Sul, enquanto que no porto de Natal houve um pequeno incremento no número de barcos. Em Santos, o número de barcos diminuiu de 9, em 1983, para 6 em 1987.

Fase III – 1989-1995: Em 1989, observa-se um aumento significativo da frota nacional para 18 barcos, resultante do incremento do número de barcos baseados no porto de Natal de 3 para 8. No ano seguinte, foram registradas 21 embarcações sedeadas no porto de Santos (11) e de Natal (10). Em 1991, o número de barcos reduziu drasticamente para 16, em consequência da saída de barcos baseados em Natal, ficando com apenas 3 barcos. Em 1993, cerca de 70% da frota era baseada em Santos, com o porto de Natal participando com 30% (5 barcos).

Fase IV – 1996-2000: Esta fase é caracterizada pelo recomeço das operações de palangreiros nacionais, no porto do Rio Grande do Sul, em 1996, e pelo início das operações de pesca a partir do porto de Santa Catarina. Nesse ano, registou-se um aumento de 22% no número de barcos, em relação a 1995, resultado da entrada de mais 9 barcos, 2 no porto de Santos, 4 em Natal, 1 em Santa Catarina e 2 no Rio Grande do Sul. A partir de 1997, o porto de Santa Catarina passou a operar com 6 barcos, alcançando o máximo de 9 barcos, em 2000. No Rio Grande do Sul, o número de barcos permaneceu constante, ao contrário de Santos e Natal, que apresentaram um número máximo de barcos em 2000.

Estratégia e caracterização

As características gerais da frota nacional são apresentadas na Tabela 2.3. A frota nacional, de modo geral, é caracterizada por pequenas embarcações de casco de madeira, com comprimento e TAR variando entre 12,6 e 33,0 m e 10,3 t e 182,0t, respectivamente. A profundidade média do local de lançamento do palangre foi igual a 2.903m, sendo iniciado às 12h, com a temperatura média da superfície da água do mar, em torno dos 25°C. Em média, cerca de 1.000 anzóis/lançamento, contendo cada cesto 6

anzóis e o equipamento na água durando, em média, 16h (Tabela 2.3). A grande maioria dos lances de pesca realizados pela frota nacional (69,8%), decorreram durante o turno da noite, 30% no turno do dia e 0,2% em ambos os turnos. Estas operações de pesca concentraram-se em duas grandes áreas, uma ao norte de 10°S e outra ao sul de 28°S (Figura 2.12A a G).

No período estudado, as operações de pesca foram direccionadas principalmente para o *X. gladius* (29,5%), *T. albacares* (24,8%) e *P. glauca* (22%). Os resultados mostram que a pesca do *X. gladius* e *P. glauca* é caracterizada pela utilização de embarcações com menos de 20 m de comprimento e 50 t de TAR. Estas pescarias apresentam estratégias semelhantes, diferindo apenas na hora de início de lançamento do palangre; enquanto que a pesca de *P. glauca* começa ao princípio da tarde, a pesca de *X. gladius* começa apenas ao final da tarde. A pesca dirigida ao *T. albacares* é caracterizada por embarcações com mais de 21 m de comprimento e 76 t de TAR, com o palangre sendo lançado, geralmente, nas primeiras horas da manhã, embora se observe uma distribuição uniforme do esforço pelos turnos do dia e da noite.

A Figura 2.13 mostra a percentagem de lançamentos de pesca realizados pela frota nacional, por cluster e ano. Ao longo dos anos, observa-se uma clara variação do esforço de pesca, em particular para a espécie *T. albacares* no primeiro trimestre e *P. glauca* no terceiro trimestre de cada ano. A partir de 1992, verifica-se uma mudança gradual do esforço de pesca para o *X. gladius*. No final da década de 90, parte do esforço de pesca é reorientado para a espécie *T. obesus*.

2.3.2- Frota Arrendada

Evolução

Da mesma forma que a frota nacional, o desenvolvimento da frota arrendada evoluiu gradualmente podendo ser distinguidas 4 fases (Figura 2.14):

Fase I – 1956-1964: Caracterizada pelo início da pesca de palangre industrial por parte de embarcações estrangeiras no Brasil, com o arrendamento de 2 barco japonês baseado no porto de Recife, em 1956, que permaneceu até 1964. Em 1958, foram arrendados 3 barcos japoneses, baseados no porto de Santos, que realizaram pescarias até 1961.

Fase II – 1971-1979: Caracterizada pelo recomeço dos arrendamentos, após 11 anos de inactividade (1964-1975), com o arrendamento de 3 barcos coreanos, no porto de Recife, em 1976, que actuaram até 1977. Nesse mesmo ano, 3 barcos japoneses, baseados no porto do Rio Grande do Sul, iniciaram as suas operações de pesca.

Fase III – 1980-1990: A frota arrendada era composta exclusivamente de embarcações japonesas, oscilando entre 3 e 6, estabilizando com 5 barcos, em 1987. Em 1990, uma embarcação das Honduras, baseada no porto de Santa Catarina, inicia as suas operações de pesca.

Fase IV – 1991-2000: Observa-se um desenvolvimento acentuado da pesca de palangre, com a entrada de novas frotas ao largo da costa brasileira. A frota de Taiwan, baseada no porto do Rio Grande do Sul e a frota Portuguesa, sedeadas no porto de Santos, iniciaram as suas operações de pesca em 1991. No mesmo ano, a frota arrendada era composta por 16 embarcações, sendo 11 de Taiwan, 2 de Portugal, 2 do Japão e 1 das Honduras. Em 1992, iniciou-se o arrendamento de 1 embarcação do Panamá e 1 das Honduras, ambas baseadas no porto de Santos, e 11 de Taiwan, sedeadas no porto do Pará, perfazendo um total de 32 embarcações. Em 1993, a frota arrendada era composta por 37 embarcações, mais 5 que em 1992, resultado do incremento do número de barcos de Taiwan baseados nos portos do Rio Grande do Sul e Pará. Em 1994, o número de barcos reduziu para 30, estando 14 embarcações localizadas no Porto do Rio Grande do Sul (2 do Japão, 10 de Taiwan e 2 da Coreia), 2 com a bandeira hondurenha, em Santa Catarina, 3 em Santos (2 das Honduras e 1 do Panamá), 10 no Pará, todas com a bandeira de Taiwan e 1, no porto de Cabedelo, de bandeira da Guiné Equatorial, que funcionou apenas nesse ano. Em 1995, iniciaram as suas operações de pesca 2 embarcações com a bandeira de Barbados, sedeadas em Santos, e uma de bandeira americana no porto de Natal. Observa-se ao mesmo tempo um declínio abrupto do número de barcos de Taiwan no porto do Pará. Ainda durante 1995, o número de barcos sedeados no porto de Cabedelo aumentou para 14, sendo todas as embarcações de Taiwan. Em 1996, 3 barcos de bandeira espanhola e 9 de Belize iniciaram as suas operações de pesca a partir do porto de Cabedelo. Nesse ano, estavam activos 37 barcos, distribuídos pelos portos de Santa Catarina (2), Rio Grande do Sul (4), Santos (7), Pará (2), Natal (1) e Cabedelo (21). O ano de 1997 é marcado por uma redução de 30% nas frotas actantes, como resultado do encerramento da actividade das frotas sedeadas nos portos de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Pará, e o fim do arrendamento da embarcação do Panamá no porto de Santos. Contudo, novas

frotas do Uruguai e São Vicente iniciaram as suas operações de pesca baseadas nos Portos de Natal e Cabedelo, respectivamente. Em 1998, a frota actuante era composta por 34 barcos, mais 30% que em 1997, em função da entrada de mais 13 barcos sedeados em Cabedelo; 2 de bandeira espanhola, 1 portuguesa, 9 da Guiné, 1 de São Vicente e 1 barco de bandeira do Panamá, em Natal. Em 1999, a frota arrendada brasileira contava com 39 barcos, mais 15% do que em 1998, estando a grande maioria (33 barcos) localizadas no porto de Cabedelo e as restantes distribuídas pelos portos de Santos (2) e Natal (4). No mesmo ano, uma embarcação de bandeira canadiana iniciou a sua actividade enquanto baseada no porto de Natal. Em Santos, encerra a actividade das embarcações de Barbados. No porto de Cabedelo, observa-se a entrada de mais 4 barcos espanhóis, 2 de Taiwan e 4 de São Vicente. Em 2000, o número de barcos permaneceu praticamente constante, relativamente a 1999, observando-se apenas o encerramento da actividade da pesca com a bandeira de Belize, a redução do número de embarcações espanholas e um incremento nas frotas de Taiwan e São Vicente.

Estratégia e caracterização

A frota arrendada é caracterizada por embarcações de grande porte actuando dentro e fora das 200mn, com comprimentos que variam entre 20,5 e 58,0 m e com 78 t a 778 t de TAR. As operações de pesca começam, em média, às 10 horas, sendo os palangres lançados em zonas com uma profundidade média de 3.341,9 m e com uma temperatura média da superfície da água do mar, em volta dos 24°C (Tabela 2.4). Foram efectuados um total de 32.286 lançamentos de pesca, dos quais 7.718 destinaram-se à captura de *T. alalunga* (Cluster 1), 6.108 à captura de *X. gladius* (Cluster 2), 5.640 à captura de *T. albacares* (Cluster 3), 849 à captura de *P. glauca* (Cluster 4), 7.911 à captura de *T. obesus* (Cluster 5) e 4.060 à captura de outros peixes (Cluster 6). O tempo médio de imersão foi igual a 19,3h, sendo o palangre composto por 2.259 anzóis/lançamento, com média de 9 anzóis/cesto. Dos 32.286 lançamentos de pesca, 54% foram realizados no turno do dia, 44,5% no turno da noite e 1,5% em ambos turnos. As operações de pesca concentraram-se em 5 áreas: ao norte de 4°S; entre 5°S-7°S/17°W-32°W, entre 5°S-14°S/30°W-38°W, entre 17°S-21S/27°W-30°W, e ao sul de 27°S (Figura 2.15A a G).

O Cluster 1 abrange embarcações com uma média de 45,2 m de comprimento e 378,8t de TAR. A profundidade do local de lançamento do palangre foi de 3.156,6m,

sendo iniciado, em média, às 8h, com uma temperatura média da água do mar de 22,5°C. Em cada operação de pesca foram utilizados, em média, 2.833 anzóis e 11 anzóis/cesto, com um tempo médio de imersão de 21 horas. Dos 7.718 lançamentos de pesca, 71,9% foram realizados no turno do dia, 27% à noite e 1,1% em ambos turnos. As operações de pesca concentraram-se entre de 6°S e 17°S e ao sul de 27°S. O Cluster 2 é caracterizado por embarcações que apresentam em média um comprimento de 35,1 m e 283,8 t de TAR. As operações de pesca começam, em média, às 18 horas, em zonas com uma profundidade média de 4.058,3 m e uma temperatura média da água do mar de 25,4°C. Cada lançamento contava com 1.349 anzóis em média, 5 anzóis por cada cesto, permanecendo imersos 17 horas. Do número total de lançamentos, 93,5% foram efectuadas no turno da noite, 5,5% no turno da manhã e 1,1% em ambos turnos. As operações de pesca concentraram-se em 3 áreas: uma ao norte de 5°S, outra entre 15°S e 23°S, em zonas mais oceânicas, e outra entre 27°S e 33°S, em menores proporções.

No Cluster 3, o comprimento médio das embarcações envolvidas é 46,5 m e um TAR de 415,8 t. As operações de pesca começaram, em média, às 9 horas, em zonas com uma profundidade média de 2.323,8 m e uma temperatura média da água do mar igual a 22,3°C. O número de anzóis utilizado em cada lançamento foi em média 2.142, em geral 7 anzóis por cada cesto, permanecendo a arte imersa por 19,4 horas. O número de lançamentos à noite (49,7%) e durante o dia (49,3%) revelou-se bastante próximo. O esforço de pesca concentrou-se em duas áreas: uma a norte de 5°S e outra a sul de 24°S. No Cluster 4, foram abrangidas por embarcações com um comprimento médio de 37,5 m e 277,3 t de TAR. Os lançamentos de pesca iniciaram, em média, às 15 horas, em zonas com uma profundidade média de 3.815,9 m e uma temperatura média da água do mar de 25°C. Em média, utilizaram-se 1.754 anzóis/lançamento, numa razão de 8 anzóis/cesto, permanecendo imersos por 20 horas. Do total de operações de pesca, 73,3% foram efectuadas no turno da noite, 26,4% durante o dia e 0,4% em ambos turnos, tendo se concentrado principalmente entre 0,5°S e 2°S, em áreas bastante afastadas da costa. O Cluster 5, envolve embarcações cujo comprimento médio é 46,9 m e 436,7 t de TAR. Os palangres contaram em média com 2.561 anzóis/lançamento, numa razão de 12 anzóis/cesto, e permaneceram na água por 19 horas. Em média, o lançamento do palangre iniciou-se às 6 horas, em zonas com uma profundidade média de 4.120,9 m e com uma temperatura média da água do mar de 26,4°C. A maior parte das operações de pesca foram realizadas no turno do dia (85,7%), contra apenas 12,6% à noite, e 1,7% em ambos turnos. As operações concentraram-se na zona entre 30°S e

35°S. O Cluster 6 é caracterizado por embarcações com um comprimento médio de 49,3 m e 440,0t de TAR, sendo o palangre lançado, em média, às 12 horas, em locais cuja profundidade média é igual a 1.935m e a temperatura média da superfície da água do mar de 22,4°C. Em cada lançamento de pesca foram utilizados, em média, 2.214 anzóis, numa razão de 7 anzóis/cesto, permanecendo imersos em média 20,3 horas. As operações de pesca decorreram na proporção de 43,6% no turno do dia, 53,2% no turno da noite e 3,2% em ambos turnos, concentrando-se na região sul do Brasil.

A Figura 2.16 apresenta os resultados da distribuição das operações de pesca por cluster e frota. Observa-se uma clara variação do esforço de pesca, em relação à espécie-alvo, nas frotas de Belize, Coreia, Japão, Guiné Equatorial, Taiwan e São Vicente, empregadas na captura do *T. alalunga*; Espanha, Honduras, Portugal, Estados Unidos, Panamá, Uruguai, Canadá e Barbados, na captura de *X. gladius*; Coreia, Honduras e Japão, *T. albacares*; e Taiwan, Uruguai, Guiné Equatorial, São Vicente, Belize e Canadá, na captura de *T. obesus*. Observa-se, também, que uma mesma frota orienta o seu esforço de pesca para outras espécies, além da sua espécie-alvo (Anexo 01). Por exemplo, a frota americana, cuja espécie-alvo é o *X. gladius*, dirige as suas operações de pesca, em algum momento, para o *T. obesus*.

As frotas que orientam as suas capturas para os atuns apresentam estratégias de pesca semelhantes que variam no número de anzóis/cesto, na profundidade do local de lançamento do palangre, no turno de pesca e na hora inicial de lançamento do palangre. Estas frotas são caracterizadas por embarcações de grande porte, que variam entre 26 e 50 m de comprimento (Tabela 2.4). Por outro lado, frotas que direccionam as suas capturas para o *X. gladius* são embarcações de menor porte, com comprimentos que variam entre 21 e 37 m, e com estratégias de pesca diferentes das usadas para os atuns (Tabela 2.4). Ao contrário do que foi observado na frota nacional, não se registaram operações de pesca orientadas para a captura de *P. glauca* por parte da frota arrendada.

2.3.3- Séries temporais

Observa-se na Figura 2.2 que os clusters relativos ao *X. gladius* (Cluster 2) e ao *P. glauca* (Cluster 4) são bastante semelhantes entre si e distintos dos demais clusters. Por este motivo, as séries temporais de CPUE destes dois grupos (Clusters 2 e 4 e Clusters 1, 3 e 5 e 6) foram analisadas separadamente em relação a cada espécie. No Cluster 4, foram calculadas as CPUEs do *X. gladius* (sub-cluster 4a) e estudada a

correlação entre as CPUEs do *X. gladius* do Cluster 2. O Cluster 6, apesar de estar mais relacionado com outros peixes, apresenta também elevadas capturas de atuns. Por este motivo foi dividido em 3 sub-clusters (6a - CPUEs de *T. alalunga*; 6b - CPUEs de *T. albacares*; e 6c - CPUEs de *T. obesus*), sendo em seguida estudadas as correlações entre cada sub-cluster e os Clusters 1, 3 e 5.

Observou-se uma correlação significativa entre os clusters 2 e 4 indicando alguma similaridade das séries temporais de CPUE de *X. gladius* (Tabela 2.5 e Figura 2.17). As séries temporais de CPUEs de *T. alalunga*, *T. albacares* e *T. obesus* (sub-clusters 6a, 6b e 6c) também apresentaram correlações significativas (Tabela 2.5 e Figura 2.18). Estes resultados sugerem que as séries temporais de CPUE de *X. gladius* dos clusters 2 e 4 podem ser unidas num único grupo, assim como os clusters com CPUEs dos atuns.

2.4- Discussão

A pesca oceânica brasileira com palangre começou em 1956 com o arrendamento de embarcações japonesas, sedeadas na região nordeste do Brasil (Aragão e Menezes de Lima, 1985). Contudo, em 1964, a actividade foi interrompida devido a problemas de ordem económica e política, resultando no deslocamento da frota para outras zonas no Atlântico (Anónimo, 1996). Em função dos resultados obtidos, em 1966, algumas embarcações nacionais, baseadas em portos da região sudeste do Brasil, iniciaram, pela primeira vez, a pesca industrial direccionada aos atuns (Menezes de Lima *et al.*, 2000). Após um longo período de inactividade, em 1976 a frota arrendada recomeçou a actividade com barcos coreanos, baseados no porto de Pernambuco, a operarem desde a região nordeste até ao Espírito Santo e grandes embarcações japonesas, baseadas no porto do RGS, equipadas com sistema de frio a bordo que lhes permitiam permanecer mais de 90 dias no mar, a operarem na região sudeste-sul do Brasil (Aragão e Menezes de Lima, 1985).

No início da década de 80, na região sudeste, devido a mudanças de mercado associadas à necessidade de diversificação da pesca, foram realizadas as primeiras experiências de pesca dirigidas ao *X. gladius*, com base na utilização de palangre de multifilamento (tipo japonês) largado no início da noite e na utilização de lulas como isco (Amorim e Arfelli, 1984). Segundo Hazin *et al.* (2000), somente a partir de 1983 é que se observou um esforço de pesca significativo, em função da adaptação de pequenas

embarcações lagosteiras, sedeadas nos portos de Natal e do RGS, à pesca com palangre direccionada à captura de atuns e tubarões (Hazin, 1993; Menezes de Lima *et al.*, 2000)

A partir da década de 90, registou-se um número crescente de arrendamentos de pesqueiros a outros países, como Barbados, Espanha, Honduras, entre outros, por parte de empresas brasileiras para operar ao largo da costa. Esta situação teve origem na política de arrendamento imposta pelo governo brasileiro, que se intensificou, a partir de 1998, com a criação do Departamento de Pesca e Aquicultura – DPA (actualmente a Secretaria de Pesca e Aquicultura – SEAP). Esta entidade empenhou-se no desenvolvimento da pesca oceânica empresarial e de uma frota genuinamente nacional, com a assimilação de novas tecnologias através de arrendamentos de embarcações (Travassos, 1999b; Hazin *et al.*, 2000; Zagaglia, 2003; Hazin *et al.*, 2004). Outro factor responsável pelo número crescente de arrendamentos foi a depleção de stocks pesqueiros noutros oceanos que influenciaram a migração de grande parte das frotas para o Atlântico Sul, particularmente para os portos de Cabedelo e Natal, na procura de principalmente atuns e *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2004).

O desenvolvimento da pesca direccionada à captura de *X. gladius* decorreu na década de 90, na região sudeste, com a entrada das frotas panamenses, que utilizavam um tipo de palangre semelhante ao dos espanhóis, e das Honduras, que utilizavam palangre de monofilamento (tipo americano), luminosos descartáveis (“light-sticks”) e lula (*Illex* sp.) como isco (Arfelli, 1996). Segundo o mesmo autor, o palangre passou a ser lançado ao início da noite, devido ao facto da espécie se encontrar em águas mais superficiais (30 e 200m) (Carey e Robison, 1981), e, assim, mais vulneráveis à pesca (Arfelli, 1996; Hazin *et al.*, 2000; Hazin *et al.*, 2002a). Em resposta aos bons resultados obtidos em 1995, toda a frota nacional baseada nesse porto substituiu o palangre de multifilamento tradicional (tipo japonês) pelo americano. No mesmo ano, embarcações de bandeira espanhola e americana foram arrendadas por empresas brasileiras baseadas na região nordeste do Brasil (Cabedelo e Natal), para operarem ao largo da costa brasileira (Hazin e Hazin, 1999; Hazin *et al.*, 2000). Segundo Hazin *et al.* (2000), algumas destas embarcações foram equipadas com um sistema de frio a bordo, aumentando a sua autonomia no mar, e passaram a pescar mais a norte da área tradicional (20°-30°S/40°-50°W). Com o aumento substancial dos índices de captura observados e o seu elevado valor nos mercados externos (europeu e americano), a frota baseada em Natal procedeu à substituição do palangre tradicional pelo americano, sendo

que, no segundo semestre de 1997, toda frota nacional operava com o palangre de monofilamento (Hazin e Hazin, 1999; Hazin *et al.*, 2000; Hazin, 2001).

O desenvolvimento da pesca de palangre de *X. gladius* da frota arrendada, expandiu a zona explorada a toda a costa brasileira e, em determinados meses, os desembarques passaram a ser efectuados em portos mais próximos das zonas de pesca, especialmente Itajaí-SC, onde tradicionalmente não se realizavam pescarias desta espécie. Consequentemente, estes desembarques despertaram o interesse das empresas de pesca locais, o que resultou no surgimento de uma frota nacional de palangreiros, no estado de Santa Catarina, orientados para a captura desta espécie. Em 1996, esta frota era constituída por apenas uma embarcação passando posteriormente para 9 embarcações em 2000. Em 2003, mais de 90% da frota (barcos nacionais e arrendados) encontrava-se concentrada nos portos de Natal e Cabedelo, e a frota nacional encontrava-se quase toda sedeadada em Natal (Hazin *et al.*, 2004).

Como referido anteriormente, desde a implementação da nova política de pesca em 1998, observa-se o crescimento substancial das frotas (nacionais e arrendadas), particularmente da frota nacional. As estratégias adoptadas pelas mesmas, para a exploração de atuns e *X. gladius*, foram bastante semelhantes o que demonstra que a frota nacional tem vindo a assimilar bem as novas tecnologias promovidas pela política de arrendamentos do governo brasileiro, em especial na pesca de *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2000; Hazin, 2001). Porém, observa-se também que a pesca dirigida para o *T. alalunga* e o *T. obesus* não está ainda bem assimilada pela frota nacional brasileira, dado que estas espécies são capturadas principalmente pela frota arrendada. Entretanto, observa-se uma clara evolução no final de 1999, como salientado por Zagaglia (2003).

Numa retrospectiva da evolução do sector, as capturas brasileiras de *X. gladius* aumentaram bastante nos últimos 10 anos, passando de cerca de 1.571 t em 1994 para 2.910 t em 2002, atingindo valores acima de 4.000 t entre 1999 e 2001 e um pico de 4.700 t em 1999 (Hazin *et al.*, 2004). Os mesmos autores referem que, entre as décadas de 60 e 80, as capturas de *X. gladius* eram irrisórias, aumentando gradualmente de cerca de 100 t para 1.000 t durante esse período. Actualmente, o Brasil ocupa a segunda posição (21%) entre os países pesqueiros que actuam no Atlântico Sul, sendo ultrapassado em volume de capturas apenas pela frota espanhola (42%) (Hazin *et al.*, 2004). A contribuição da frota nacional era bastante reduzida até meados de 1996, passando de 440 t/ano para 1.860 t/ano no período de 1997 a 2002. Em 2002, a frota

nacional foi responsável por 66% do total capturado de *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2004). Contudo, no final da década de 90, observa-se uma redução gradual das frotas orientadas para a exploração de *X. gladius* e um aumento substancial das frotas asiáticas, voltadas para a captura de *T. obesus* e *T. alalunga*, em consequência da definição de cotas para a espécie com base nas capturas históricas de cada país (ICCAT, 2002).

Além dos benefícios citados, o arrendamento permitiu ainda que a frota nacional expandisse as suas fronteiras para áreas pouco exploradas, como a região oceânica; a qualificação de mão-de-obra piscatória; a criação de novos empregos directos e indirectos; a aquisição de conhecimento tecnológico para a pesca das principais espécies e a obtenção de divisas políticas e económicas para o País.

A análise de cluster é um método quantitativo que tem sido utilizado por vários autores para identificar características e estratégias usadas em diversas pescarias (Rogers e Pikitch, 1992; He *et al.*, 1997; Wu e Yeh, 2001). Este método tem sido aplicado particularmente em pescarias que capturam varias espécies (Gulland, 1983), como é o caso do presente Capítulo, em que a pesca comercial não fornece informações claras sobre as operações e o procedimento de pesca, no que diz respeito a mudanças de espécie-alvo e outros (He *et al.*, 1997). Vários estudos têm sido efectuados agregando as capturas anualmente, desconsiderando, no entanto, as variações interanuais nas operações de pesca. Por exemplo, Fonteneau (1986) observou que na pesca direccionada ao gaiado, *Katsuwonus pelamis*, 70% da captura era composto pelo *T. albacares* e não 50% como era relatado em outros estudos. Segundo Arfelli (1996), Travassos (1999b), Zagaglia (2003) e Hazin *et al.* (2004) a pesca de palangre brasileira era direccionada, no início, para a captura de atuns, sendo as capturas de *X. gladius* verificadas ocasionalmente como fauna acompanhante. Contudo, observa-se uma deslocação esporádica do esforço de pesca à espécie, uma vez que em alguns anos e trimestres muitos dos lançamentos de pesca a *X. gladius* superam os dos atuns.

Neste contexto, o declínio ou aumento real dos valores de CPUE para uma determinada espécie pode ser sub ou sobrestimado (He *et al.*, 1997). O método utilizado neste Capítulo evita este tipo de erros, na medida em que agrupa as operações de pesca, com a qual a espécie está mais relacionada, assim mesmo que uma frota direcione o esforço de pesca para uma espécie e as suas capturas sejam reduzidas, estas serão agrupadas num outro cluster (He, *et al.*, 1997; Wu e Yeh, 2001).

A pesca dirigida à captura de atuns (Cluster 1, 3, 5) é realizada por embarcações de grande porte, com mais de 40 m de comprimento, que podem permanecer até três meses no mar (Travassos, 1999b). A pesca dirigida ao *X. gladius* (Cluster 2 e 4) é, no entanto, realizada por embarcações com menos de 32 m, e não permanecem mais de 20 dias no mar (Hazin *et al.*, 2000). Estas diferenças devem-se à forma como são comercializados. O *X. gladius* é comercializado ainda fresco, para atender ao mercado de *sashimi* e de peixe fresco, enquanto que o atum é comercializado congelado para *sashimi* e enlatados (Hazin *et al.*, 2004).

As estratégias adoptadas na captura de atuns e *X. gladius* apresentam algumas características distintas, nomeadamente em termos da hora inicial de lançamento, número de anzóis/cesto, tempo de imersão do palangre e turnos de pesca, devido aos seus habitats ecológicos específicos. A pesca de *X. gladius* apresenta ainda uma particularidade relativa ao uso de luminosos (*light-sticks*). No entanto, no presente trabalho, estas informações não constaram nos diários de bordo das embarcações. Contudo, numa experiência recente, Hazin *et al.* (2005) observaram que o número de luminosos/cesto ideal para a captura de *X. gladius* é 3 alternados com os anzóis.

A pesca dirigida ao *P. glauca* apresenta características semelhantes à pesca de *X. gladius*. De facto, esta espécie constitui uma parte importante da fauna acompanhante na pesca de *X. gladius*, de tal forma que, para não ocupar espaço no porão com uma espécie de menor valor comercial, muitas vezes são devolvidos ao mar, ainda vivos, depois de lhes terem sido cortadas as barbatanas. No presente Capítulo, observa-se que os lançamentos dirigidos à pesca de *P. glauca* intensificam nos meses e áreas em que a captura de *X. gladius* é baixa. No entanto, a espécie *P. glauca* apresenta hábitos semelhantes ao *X. gladius*, no que concerne a sazonalidade, alimentação e distribuição, o que implicaria que uma frota orientada para a captura de *X. gladius* tivesse uma elevada probabilidade de captura de *P. glauca* (Azevedo, 2003). Contudo, isto não acontece, especialmente com a frota arrendada. Rangel *et al.* (1998), ao analisarem a influência da pesca de *X. gladius*, por parte da frota arrendada, na captura de tubarões, concluíram que a proporção de tubarões capturados aumenta significativamente quando a captura de *X. gladius* desce abaixo de 50% do total. Isto indica que os tubarões são somente aproveitados quando as capturas de *X. gladius* são baixas. Este facto pode ser explicado pela grande diferença de preço de barbatana e de carne de tubarão. Nos mercados internacionais (principalmente do leste asiático) um quilo de barbatana pode custar entre US\$ 50 e US\$ 750, enquanto um quilo de carne de tubarão custa apenas

entre US\$ 1 a US\$ 12 (Clarke *et al.*, 2006). Os mesmos autores citam que a espécie *P. glauca* é a principal origem de barbatanas exportadas para o mercado internacional, contribuindo com cerca de 18,2% do total.

No Brasil, a prática de descarte por embarcações que pescam dentro da Zona Económica Exclusiva de 200 milhas no Brasil (ZEE), foi proibida, em 1998, através da Portaria Nº121/98, de 24 de Agosto de 1998 do IBAMA, que proíbe a rejeição ao mar de carcaças de tubarão aos quais tenham sido removidas as barbatanas e o desembarque de barbatanas que excedam 5% do peso total das carcaças. Contudo, apesar da Portaria, apenas se observaram resultados significativos a partir de 2001 quando se iniciou o acompanhamento de toda a frota arrendada brasileira, por observadores de bordo (Travassos, 2005).

O Cluster 6 apesar de ser caracterizado pela elevada proporção de outros teleósteos, revela também uma elevada captura de atuns. Este fenómeno pode ser consequência de uma avaliação inicial da concentração da espécie-alvo na área de pesca que resulta na captura acidental outras espécies. Por este motivo estes clusters devem ser analisados separadamente, de forma a evitar erros na estimativa da CPUE, em função das diferentes características operacionais e estratégicas adoptadas nas operações de pesca das frotas observadas.

É interessante notar que a frota nacional direcciona o esforço de pesca para o *X. gladius* em áreas mais próximas da costa, particularmente na Cadeia Norte do Brasil, nos meses de Inverno. Estudos recentes, realizados com marcadores por satélite “PSAT”, têm demonstrado que a espécie aparenta residir temporariamente em formações acidentadas, tais como bancos e canhões submarinos (Sedberry e Loefer, 2001), para alimentação (Mello, 1992), devido aos processos de enriquecimento primário neles observados (Travassos, 1999a; Travassos, 1999b).

As séries temporais obtidas para os atuns (*T. albacares*, *T. alalunga* e *T. obesus*) e o *X. gladius*, foram bastante satisfatórias, englobando mais de 80% das operações de pesca, em função da similaridade do padrão de estratégias utilizadas, operações e métodos de pesca, observados no geral e pelas frotas, comportando-se distintamente para cada espécie. Em relação ao *X. gladius*, devido à mudança do tipo de linha e à utilização de luminosos entre 1994 e 1997, o efeito do tipo de palangre é minimizado, devido a mais de 90% dos lançamentos ocorrerem com o palangre de monofilamento (Hazin, *et al.*, 2004). Além disso, as características da pesca em anos anteriores mantêm-se praticamente inalteradas, o que possibilita a sua utilização em futuras

análises. As séries temporais de CPUE obtidas para o Cluster 4, de acordo com os resultados apresentados, podem ser usadas para estimar a percentagem de captura de *P. glauca* na pesca de *X. gladius*. Isto é possível dado que as operações relacionadas com este cluster relatam a captura real de *P. glauca*, em especial da frota nacional, em que toda a fauna acompanhante é desembarcada (Hazin, 1993).

Podem ser aplicadas outras técnicas para melhorar os índices de captura (He *et al.*, 1997), tais como GLM (*General Linear Model*), GAM (*General Additive Model*) (Bigelow *et al.*, 1999; Wu e Yeh, 2001), Neural networks (Fréon *et al.*, 2003), entre outros, incorporando outras variáveis (ex. configuração do equipamento, área de pesca, sazonalidade, turnos de pesca, variáveis ambientais, etc).

A importância de categorizar o esforço de pesca tem sido frisada por vários autores, dado que as informações contidas nos diários de bordo, no que diz respeito às características operacionais, podem ser incompletas ou não expressarem a realidade. As análises de cluster baseadas na composição das capturas, provaram ser uma ferramenta robusta, assim como uma importante alternativa aos métodos tradicionais de classificação (ex: Principais Componentes), proporcionando uma melhor resolução dos dados. Este método tem apresentado excelentes resultados com a frota de palangre havaiana (He *et al.*, 1997) e taiwanesa (Wu e Yeh, 2001) podendo se estender a várias modalidades de pesca, como arrasto de pescada (Alemany e Álvarez, 2003), padrões na pesca (Fréon *et al.*, 2003), entre outros.

Tabela 2.1- Percentagem das capturas por clusters. (r^2 coeficiente de determinação)

Clusters	1	2	3	4	5	6	Total	r^2
----------	---	---	---	---	---	---	-------	-------

Lançamentos de pesca	7.899	8.392	7.555	2.551	8.285	5.331	40.013	0,72
Albacora (<i>Thunnus albacares</i>)	7,6	7,7	60,6	9,9	11,2	11,5	-	0,70
Voador (<i>Thunnus alalunga</i>)	72,7	6,3	10,0	5,9	6,3	11,9	-	0,80
Patudo (<i>Thunnus obesus</i>)	7,1	4,6	8,1	4,9	64,5	10,2	-	0,79
Espadarte (<i>Xiphias gladius</i>)	5,2	70,7	9,1	18,3	9,4	8,5	-	0,80
Tintureira (<i>Prionace glauca</i>)	1,6	6,9	2,6	55,0	2,4	0,7	-	0,71
Espadin Branco (<i>Tetrapturus albidus</i>)	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	6,2	-	0,09
Espadin Negro (<i>Makaira nigricans</i>)	0,3	0,2	0,5	0,3	0,6	1,0	-	0,00
Espadin Vela (<i>Makaira nigricans</i>)	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	2,2	-	0,02
Espadins não identificados (Istiophoridae)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	-	0,00
Outros peixes	4,1	2,0	5,2	1,7	4,5	41,3	-	0,57
Tubarões	0,8	0,8	2,5	2,5	0,5	5,8	-	0,31

Tabela 2.2- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- *T. alalunga*; Cluster 2-*X. gladius*; Cluster 3-*T. albacares*; Cluster 4-*X. gladius* e *P. glauca*; Cluster 5- *T. obesus*; Cluster 6- outros. (se= erro padrão)

	Total		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6	
	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se
Comprimento (m)	39,7	0,07	44,7	0,11	31,2	0,12	40,0	0,18	24,7	0,24	45,8	0,13	44,2	0,16
TAR (t)	323,2	1,05	372,6	1,91	229,6	1,81	322,6	2,54	116,8	3,03	420,5	2,38	360,9	2,45
Tempo de imersão (h)	19,0	0,02	21,0	0,03	16,7	0,02	18,6	0,04	17,9	0,07	19,0	0,03	20,0	0,04
Anzóis/Lançamento	2023	4,49	2794	9,75	1239	6,02	1874	8,57	1223	12,58	2498	6,29	1973	8,90
Anzóis/cestos	8	0,02	11	0,07	5	0,02	7	0,04	7	0,07	11	0,05	7	0,05
Profundidade do local de lançamento (m)	3248,9	9,19	3145,5	20,70	3833,2	14,94	2459,5	22,38	3507,8	26,49	4100,8	16,50	1919,7	26,08
Hora inicial do lançamento (h)	11,0	0,04	8,1	0,09	17,2	0,05	8,5	0,11	13,0	0,17	7,0	0,06	12,0	0,14
Temperatura da superfície da água do mar (°C)	24,4	0,02	22,5	0,05	25,7	0,04	27,0	0,05	25,7	0,06	26,4	0,03	22,7	0,06
Dia (%)	49,4	-	71,1	-	6,7	-	50,0	-	25,8	-	82,8	-	42,7	-
Noite (%)	49,4	-	27,8	-	92,5	-	49,2	-	74,0	-	15,6	-	54,8	-
Dia-noite (%)	1,2	-	1,1	-	0,8	-	0,8	-	0,3	-	1,6	-	2,5	-
Número de lançamentos	40.013	-	7.899	-	8.392	-	7.555	-	2.551	-	8.285	-	5.331	-

Tabela 2.3- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota nacional brasileira, com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1- *T. alalunga*; Cluster 2-*X. gladius*; Cluster 3-*T. albacares*; Cluster 4-*X. gladius* e *P. glauca*; Cluster 5- *T. obesus*; Cluster 6- outros. (se= erro padrão)

Frota-Nacional	Total		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6	
	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se
Comprimento (m)	21,3	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	66,2	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	16	0,03	17	0,22	16	0,04	16	0,08	17	0,09	18	0,12	17	0,08
Anzóis/Lançamento	1040	4,65	1154	26,76	944	9,04	1082	8,83	958	7,54	1179	27,76	1200	11,26
Anzóis/cestos	6	0,01	6	0,10	6	0,02	6	0,02	6	0,03	7	0,12	6	0,03
Profundidade do local de lançamento (m)	2902,9	17,79	2804,8	116,69	3215,7	30,39	2778,9	36,17	3327,9	31,59	3750,3	70,89	1886,2	41,13
Hora inicial do lançamento (h)	12,0	0,10	12,0	0,59	16,0	0,14	7,5	0,20	12,0	0,22	14,0	0,34	12,1	0,26
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	25,4	0,04	22,8	0,28	26,6	0,06	24,9	0,09	26,3	0,07	26,2	0,17	23,3	0,11
Dia (%)	30,0	-	37,6	-	10,2	-	52,3	-	25,4	-	21,4	-	39,6	-
Noite (%)	69,8	-	62,4	-	89,8	-	47,5	-	74,3	-	78,6	-	60,0	-
Dia-noite (%)	0,2	-	0,0	-	0,0	-	0,3	-	0,2	-	0,0	-	0,4	-
Número de lançamentos	7.727	-	181	-	2.284	-	1.915	-	1.702	-	374	-	1.271	-

Tabela 2.4- Características gerais das operações e estratégias pesqueiras da frota arrendada brasileira, com palangre, obtidas pela análise de cluster, no período

de 1978 a 2000. Cluster 1- *T. alalunga*; Cluster 2-*X. gladius*; Cluster 3-*T. albacares*; Cluster 4-*X. gladius* e *P. glauca*; Cluster 5- *T. obesus*; Cluster 6- outros. (se= erro padrão)

	Total		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6	
	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se	média	se
Frota- Arrendada														
Comprimento (m)	44,1	0,06	45,2	0,11	35,2	0,12	46,6	0,13	37,6	0,38	46,9	0,12	49,4	0,09
TAR (t)	384,7	0,97	378,8	1,87	283,8	1,94	415,8	2,08	277,3	6,14	436,8	2,29	440,0	1,58
Tempo de imersão (h)	19	0,02	21	0,02	17	0,03	19	0,04	20	0,08	19	0,03	20	0,04
Anzóis/Lançamento	2259	4,56	2833	9,53	1349	7,05	2142	8,51	1754	26,48	2561	5,55	2215	7,99
Anzóis/cestos	9	0,03	11	0,07	5	0,03	7	0,05	8	0,19	12	0,05	7	0,06
Profundidade do local de lançamento (m)	3341,9	10,58	3156,6	21,02	4058,3	16,17	2323,8	27,71	3815,9	45,60	4120,9	16,94	1935,1	33,05
Hora inicial do lançamento (h)	10,3	0,05	8,0	0,09	18,0	0,05	8,9	0,14	14,8	0,24	6,3	0,06	12,0	0,17
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	24,1	0,02	22,5	0,05	25,4	0,05	22,3	0,07	24,8	0,11	26,4	0,03	22,4	0,07
Dia (%)	54,0		71,9		5,5		49,3		26,4		85,7		43,6	
Noite (%)	44,5		27,0		93,5		49,7		73,3		12,6		53,2	
Dia-noite (%)	1,5		1,1		1,1		1,0		0,4		1,7		3,2	
Número de lançamentos	32.286		7.718		6.108		5.640		849		7.911		4.060	
Coréia														
Comprimento (m)	48,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	326,0	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	20	0,11	20	0,18	19	0,68	21	0,14	20	0,61	18	0,28	19	2,03
Anzóis/Lançamento	2266	14,22	2555	39,79	2137	36,35	2175	11,90	2151	67,31	2196	21,37	1500	250,00
Anzóis/cestos	6	0,09	7	0,15	5	0,10	5	0,05	6	0,30	9	0,37	5	0,00
Profundidade do local de lançamento (m)	3000,0	19,93	2998,0	71,56	2900,0	74,86	3045,0	63,50	3110,0	234,16	3100,0	50,63	4000,0	117,58
Hora inicial do lançamento (h)	6,0	0,11	8,0	0,05	17,0	0,55	10,0	0,20	18,0	0,05	6,0	0,00	12,0	3,01
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	24,0	0,04	23,0	0,14	26,0	0,19	27,4	0,18	27,4	0,14	26,0	0,04	27,7	0,13
Dia (%)	46,6		64,5		38,5		32,0		27,9		75,7		66,7	
Noite (%)	52,3		33,7		61,5		66,9		72,1		23,3		33,3	
Dia-noite (%)	1,1		1,7		0,0		1,1		0,0		1,0		0,0	
Número de lançamentos	700		172		26		353		43		103		3	
Japão														
Comprimento (m)	50,3	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	442,0	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	20	0,02	21	0,03	20	0,17	20	0,03	20	0,38	19	0,06	20	0,04
Anzóis/Lançamento	2159	2,98	2188	6,48	2045	22,20	2137	5,18	2298	44,46	2273	6,38	2103	5,55
Anzóis/cestos	6	0,03	6	0,05	6	0,10	6	0,03	7	0,57	9	0,09	6	0,04
Profundidade do local de lançamento (m)	1582,2	19,93	1103,5	27,97	1779,1	74,86	937,6	25,40	2913,3	189,65	3628,0	53,19	1061,6	28,33
Hora inicial do lançamento (h)	13,2	0,11	16,4	0,24	15,0	0,55	14,0	0,22	16,1	0,86	8,0	0,19	13,5	0,23
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	20,9	0,04	19,5	0,06	18,9	0,19	19,2	0,06	23,2	0,40	24,6	0,09	21,2	0,07
Dia (%)	36,2		26,7		19,5		27,1		22,7		69,5		32,9	
Noite (%)	61,6		71,3		77,8		72,1		75,0		28,4		63,5	
Dia-noite (%)	2,2		1,9		2,7		0,8		2,3		2,1		3,5	
Número de lançamentos	10.231		2.019		338		2.899		44		1.864		3.067	
Espanha														
Comprimento (m)	33,7	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	245,7	1,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	17	0,03	18	0,12	16	0,02	16	0,20	21	0,06	17	0,05	17	0,12
Anzóis/Lançamento	1150	3,70	1127	16,03	1160	4,51	1106	6,20	1198	15,68	1007	7,07	1131	28,43
Anzóis/cestos	4	0,00	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,02	4	0,03
Profundidade do local de lançamento (m)	4250,5	15,42	4063,7	71,56	4348,9	17,28	4028,8	41,90	4027,4	57,64	4194,1	128,7	3888,8	138,08
Hora inicial do lançamento (h)	17,5	0,07	19,0	0,05	19,0	0,02	8,4	0,38	18,3	0,03	18,2	0,07	18,5	0,06
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	25,9	0,03	24,8	0,14	26,0	0,04	27,0	0,07	25,4	0,13	26,8	0,20	24,8	0,22
Dia (%)	7,0		0,2		0,1		57,1		0,0		0,0		0,0	
Noite (%)	93,0		99,8		99,8		42,9		100,0		100,0		100,0	
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Número de lançamentos	5.125		430		3.497		618		368		103		109	
Taiwan														
Comprimento (m)	50,3	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	530,3	2,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	19	0,04	21	0,06	19	0,17	20	0,11	19	0,11	17	0,05	21	0,13
Anzóis/Lançamento	2875	6,59	3122	10,96	2274	24,11	2848	18,41	2947	54,14	2789	7,62	2819	21,76
Anzóis/cestos	11	0,04	11	0,06	7	0,10	11	0,13	10	0,38	12	0,06	11	0,14
Profundidade do local de lançamento (m)	3571,7	20,09	3611,0	31,67	2958,6	72,30	2923,2	63,50	2489,1	140,60	3986,5	30,93	3685,7	66,39
Hora inicial do lançamento (h)	6,4	0,06	5,0	0,07	15,0	0,25	5,0	0,20	15,4	0,86	6,0	0,05	6,0	0,21
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	23,8	0,06	22,6	0,11	19,8	0,27	22,8	0,18	20,8	0,37	26,5	0,06	24,5	0,19
Dia (%)	89,1		95,5		20,5		92,7		44,1		97,8		88,0	
Noite (%)	8,3		2,5		69,1		4,5		55,9		1,0		8,5	
Dia-noite (%)	2,6		2,1		10,4		2,8		0,0		1,1		3,5	
Número de lançamentos	5.793		2.036		463		684		34		2.092		484	

Continuação da tabela 2.4

Honduras	Total		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6	
Comprimento (m)	26,1	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	170,1	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	15	0,11	20	0,80	16	0,06	12	0,07	19	0,31	18	0,05	18	0,50
Anzóis/Lançamento	1163	8,16	1750	291,83	1167	8,40	1142	12,27	1200	60,92	1143	15,68	1143	36,89
Anzóis/cestos	4	0,02	5	0,33	4	0,03	4	0,04	4	0,10	4	0,04	4	0,00
Profundidade do local de lançamento (m)	4102,6	35,73	4794,0	274,08	3968,9	65,37	4214,9	35,45	3653,5	234,16	4311,4	42,67	3591,7	421,02
Hora inicial do lançamento (h)	13,0	0,38	17,5	0,22	19,4	0,03	0,1	0,11	18,0	0,05	18,0	0,10	19,2	0,16
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	27,5	0,03	25,9	0,47	27,5	0,06	27,4	0,05	27,4	0,14	27,6	0,06	27,4	0,17
Dia (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Noite (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Dia-noite (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Número de lançamentos	557		6		233		178		37		96		7	
Portugal														
Comprimento (m)	28,8	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	162,1	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	16	0,08	19	0,22	16	0,02	17	0,35	18	0,16	-	-	-	-
Anzóis/Lançamento	1175	13,74	1169	36,13	1197	19,34	1171	16,69	1053	27,87	-	-	-	-
Anzóis/cestos	5	0,03	6	0,09	4	0,00	5	0,10	5	0,11	-	-	-	-
Profundidade do local de lançamento (m)	3968,4	42,82	4175,0	152,54	4101,9	50,16	3496,6	69,36	4000,0	35,45	-	-	-	-
Hora inicial do lançamento (h)	17,0	0,26	18,1	0,01	19,5	0,04	0,0	0,00	0,1	0,11	-	-	-	-
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	26,6	0,10	25,2	0,34	27,1	0,07	28,3	0,07	27,4	0,05	-	-	-	-
Dia (%)	13,3		0,0		0,0		100,0		0,0		-	-	-	-
Noite (%)	86,7		100,0		100,0		0,0		100,0		-	-	-	-
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		-	-	-	-
Número de lançamentos	656		81		420		87		68					
Estados Unidos														
Comprimento (m)	21,7	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	131,0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	18	0,11	21	0,37	18	0,09	13	1,08	21	0,97	18	0,07	21	1,45
Anzóis/Lançamento	903	9,69	871	44,08	893	11,21	889	48,32	843	49,84	994	22,61	1005	45,00
Anzóis/cestos	4	0,04	4	0,12	4	0,05	4	0,02	3	0,14	4	0,00	4	0,08
Profundidade do local de lançamento (m)	4214,3	55,18	4647,7	117,66	4322,0	57,53	4217,4	77,77	2468,5	670,22	3691,8	183,75	3195,5	1038,01
Hora inicial do lançamento (h)	17,3	0,17	18,0	0,12	18,0	0,07	1,5	1,48	18,4	0,37	17,2	0,09	18,0	0,25
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	26,5	0,11	26,5	0,52	26,5	0,12	26,9	0,64	20,2	1,40	27,1	0,14	25,5	1,54
Dia (%)	3,6		0,0		0,9		88,9		0,0		0,0		0,0	
Noite (%)	96,4		100,0		99,1		11,1		100,0		100,0		100,0	
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Número de lançamentos	274		10		214		9		7		32		2	
Panamá														
Comprimento (m)	37,0	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	404,4	7,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	17	0,07	21	0,97	17	0,05	13	0,63	18	0,77	18	0,04	19	0,24
Anzóis/Lançamento	1093	7,28	1250	50,00	1062	7,83	1150	38,58	1260	97,98	1224	12,27	1116	54,98
Anzóis/cestos	4	0,00	4	0,17	4	0,00	4	0,00	4	0,07	4	0,01	4	0,00
Profundidade do local de lançamento (m)	4252,8	42,68	1985,0	1955,00	4376,7	44,52	3848,2	267,65	3694,4	252,78	3944,0	126,24	3666,5	209,30
Hora inicial do lançamento (h)	17,0	0,16	17,3	0,75	18,0	0,06	1,7	1,19	18,0	0,20	17,0	0,04	19,0	0,27
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	26,4	0,12	27,2	0,49	26,2	0,14	28,1	0,13	27,9	0,47	27,0	0,42	26,7	0,60
Dia (%)	4,8		0,0		1,0		91,3		0,0		0,0		0,0	
Noite (%)	95,2		100,0		99,0		8,7		100,0		100,0		100,0	
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Número de lançamentos	519		2		399		23		5		72		18	
Uruguai														
Comprimento (m)	23,7	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	156,6	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	17	0,10	17	0,00	16	0,00	12	0,00	21	0,00	18	0,00	18	0,00
Anzóis/Lançamento	1252	7,43	1200	0,00	1248	9,85	1268	31,14	1274	30,51	1243	14,44	1280	31,75
Anzóis/cestos	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00
Profundidade do local de lançamento (m)	3946,8	47,48	4201,0	0,00	3924,5	66,27	3693,3	208,6	3700,9	287,79	4195,9	54,32	3620,3	218,18
Hora inicial do lançamento (h)	18,0	0,25	18,0	0,00	20,0	0,00	0,0	0,00	18,1	0,00	17,0	0,00	18,3	0,00
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	27,6	0,04	27,3	0,00	27,7	0,06	27,6	0,18	27,6	0,12	27,5	0,06	27,5	0,07
Dia (%)	5,6		0,0		0,0		100,0		0,0		0,0		0,0	
Noite (%)	94,4		100,0		100,0		0,0		100,0		100,0		100,0	
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Número de lançamentos	322		1		174		18		17		85		27	
São Vicente														
Comprimento (m)	26,7	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	164,8	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	20	0,09	22	0,02	21	0,00	19	0,00	22	0,00	16	0,00	21	0,85
Anzóis/Lançamento	2990	16,61	3194	18,03	2038	168,96	2326	97,02	2450	50,00	2744	20,37	2940	167,39
Anzóis/cestos	11	0,05	11	0,05	10	0,81	11	0,19	8	0,16	10	0,10	10	0,64
Profundidade do local de lançamento (m)	4573,2	19,89	4693,2	15,30	4000,1	186,79	4197,3	89,89	4982,0	0,00	4426,4	50,63	4208,3	117,58
Hora inicial do lançamento (h)	4,5	0,07	4,0	0,01	19,0	0,00	0,0	0,00	18,0	0,00	6,0	0,00	12,0	3,01
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	27,6	0,02	27,5	0,02	27,8	0,14	27,3	0,06	28,4	0,00	27,7	0,04	27,7	0,13
Dia (%)	98,7		100,0		0,0		100,0		0,0		100,0		42,9	
Noite (%)	1,3		0,0		100,0		0,0		100,0		0,0		57,1	
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Número de lançamentos	1.046		644		8		65		2		320		7	

Continuação da tabela 2.4

Guiné equatorial	Total		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6	
Comprimento (m)	46,5	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	360,8	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	22	0,03	23	0,01	22	0,44	20	0,11	18	0,11	23	0,04	22	0,15
Anzóis/Lançamento	3206	10,10	3663	14,44	2766	42,00	2994	32,34	2779	39,61	2853	8,04	3130	43,52
Anzóis/cestos	14	0,09	18	0,15	13	0,44	12	0,20	15	0,48	12	0,08	14	0,38
Profundidade do local de lançamento (m)	4084,0	22,08	3911,5	36,07	3964,3	104,89	3911,0	76,34	4744,6	97,97	4288,8	32,49	3996,1	101,16
Hora inicial do lançamento (h)	3,0	0,03	2,5	0,02	5,0	0,54	0,9	0,08	6,1	0,88	4,0	0,02	3,0	0,05
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	25,0	0,07	22,6	0,12	25,1	0,34	25,3	0,20	26,2	0,32	27,2	0,03	25,0	0,33
Dia (%)	99,0		99,9		86,0		99,4		74,6		99,9		100,0	
Noite (%)	0,8		0,1		10,0		0,0		25,4		0,1		0,0	
Dia-noite (%)	0,2		0,0		4,0		0,6		0,0		0,1		0,0	
Número de lançamentos	3.618		1.475		100		357		63		1.461		162	
Belize														
Comprimento (m)	46,0	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	355,0	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	19	0,05	22	0,07	21	0,33	21	0,14	18	0,23	18	0,04	21	0,17
Anzóis/Lançamento	2778	7,29	3082	21,72	2882	33,98	2656	15,49	2658	15,06	2669	5,03	2634	23,41
Anzóis/cestos	17	0,07	17	0,20	16	0,47	15	0,19	17	0,18	17	0,07	16	0,22
Profundidade do local de lançamento (m)	4003,9	24,68	3002,5	55,80	4489,5	52,41	3432,5	95,62	4671,6	55,50	4552,6	22,05	3708,1	111,41
Hora inicial do lançamento (h)	5,1	0,06	5,0	0,09	12,0	0,66	5,0	0,15	5,4	0,40	5,0	0,05	5,2	0,21
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	25,3	0,06	22,5	0,16	27,1	0,20	24,3	0,25	26,7	0,11	26,7	0,04	24,5	0,27
Dia (%)	94,5		99,3		52,8		96,7		88,1		95,0		97,7	
Noite (%)	2,8		0,4		43,9		0,9		10,7		0,9		0,0	
Dia-noite (%)	2,7		0,4		3,3		2,4		1,3		4,1		2,3	
Número de lançamentos	3.292		838		123		335		159		1.665		172	
Canadá														
Comprimento (m)	33,2	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	114,0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	16	0,31	18	0,00	17	0,00	12	0,00	21	0,00	18	0,00	-	-
Anzóis/Lançamento	1169	24,06	1300	0,00	1146	38,87	1140	40,00	1200	0,00	1198	56,28	-	-
Anzóis/cestos	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	-	-
Profundidade do local de lançamento (m)	4169,6	200,33	4638,0	30,00	4306,0	293,24	4544,9	284,67	3112,0	468,00	3540,4	585,80	-	-
Hora inicial do lançamento (h)	15,0	1,02	18,0	0,00	19,0	0,00	0,0	0,00	18,1	0,00	17,0	0,00	-	-
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	27,4	0,16	26,7	0,03	27,4	0,28	27,8	0,25	27,7	0,19	27,2	0,31	-	-
Dia (%)	18,5		0,0		0,0		100,0		0,0		0,0		-	-
Noite (%)	81,5		100,0		100,0		0,0		100,0		100,0		-	-
Dia-noite (%)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		-	-
Número de lançamentos	54		4		27		10		2		11		0	
Barbados														
Comprimento (m)	28,0	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAR (t)	88,0	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de imersão (h)	17	0,21	-	-	17	0,02	12	0,00	-	-	23	1,00	19	2,65
Anzóis/Lançamento	1134	7,58	-	-	1138	8,16	1163	23,94	-	-	1071	21,43	1125	75,00
Anzóis/cestos	4	0,03	-	-	4	0,03	4	0,07	-	-	4	0,02	4	0,07
Profundidade do local de lançamento (m)	4035,0	35,73	-	-	3995,3	65,37	4200,0	35,45	-	-	4000,0	42,67	3500,0	421,02
Hora inicial do lançamento (h)	18,0	0,38	-	-	19,0	0,03	0,1	0,11	-	-	18,0	0,10	19,2	0,16
Temperatura da superfície da água do mar(°C)	25,0	0,03	-	-	25,6	0,06	27,0	0,05	-	-	27,6	0,06	27,4	0,17
Dia (%)	4,4		-	-	0,0		100,0		-	-	0,0		0,0	
Noite (%)	95,6		-	-	100,0		0,0		-	-	100,0		100,0	
Dia-noite (%)	0,0		-	-	0,0		0,0		-	-	0,0		0,0	
Número de lançamentos	99		-	-	86		4		-	-	7		2	

Tabela 2.5- Coeficiente de correlação (r) entre as séries temporais de CPUE para o *T. alalunga*, *T. albacares*, *T. obesus* e *X. gladius*, no período de 1978 a 2000. Sub-clusters 4a são as séries temporais para o *X. gladius*, amostradas no Cluster 4. Sub-Clusters 6a, b e c são as séries temporais para o *T. alalunga*, *T. albacares* e *T. obesus*, respectivamente, amostradas no Cluster 6.

Espécies	R1,6a	R3,6b	R5,6c	R2,4a
Voador (<i>T. alalunga</i>)	0,35**			
Albacora (<i>T. albacares</i>)		0,49**		
Patudo (<i>T. obesus</i>)			0,35**	
Espadarte (<i>X. gladius</i>)				0,49**

** (p < 0,01)

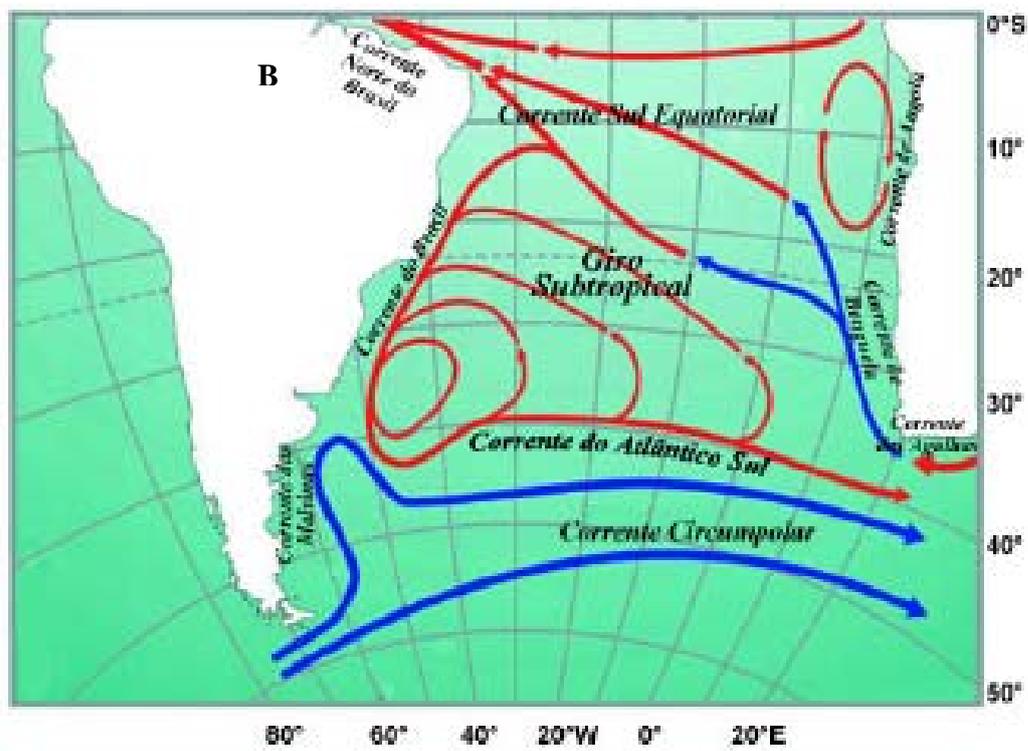
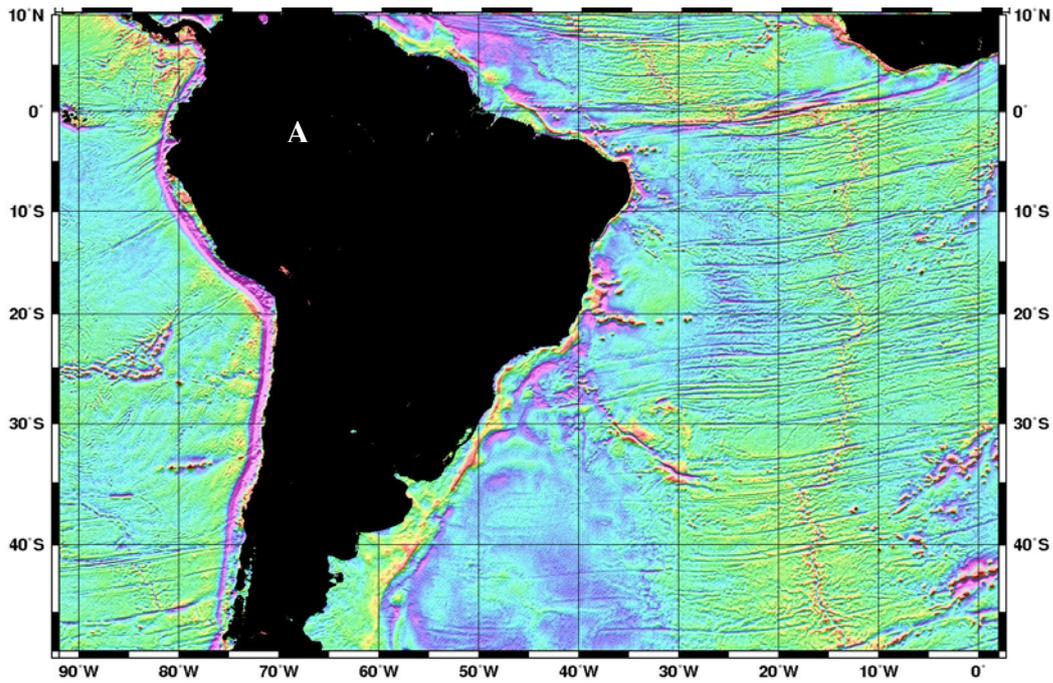


Figura 2.1- Carta batimétrica da área de estudo (A) (Fonte: Smith e Sandwell, 1997). Representação esquemática do Giro Subtropical e das correntes superficiais do Atlântico Sul (B). (Fonte: Adaptada de Peterson e Stramma, 1991).

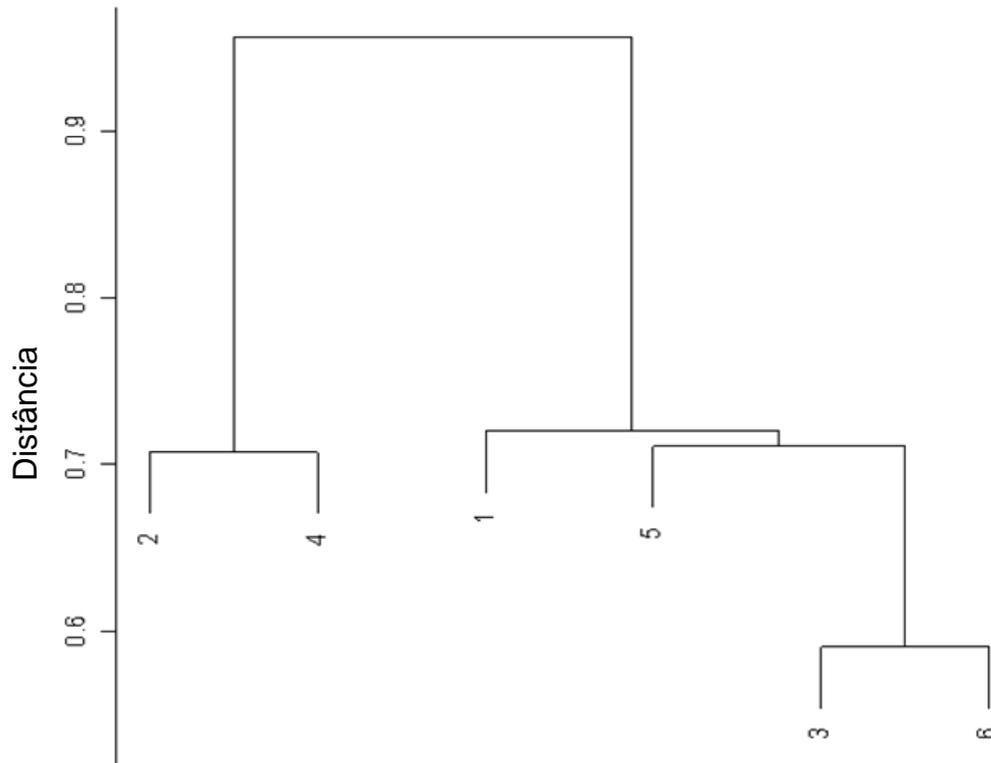


Figura 2.2- Dendrograma dos 6 clusters para os lançamentos de pesca da frota brasileira, com palangre, no período de 1978 a 2000. 1- *T. alalunga*; 2- *X. gladius*; 3- *T. albacares*; 4- *P. glauca-X. gladius*; 5- *T. obesus*; e 6- Outros. O coeficiente de similaridade usado foi a distância euclidiana.

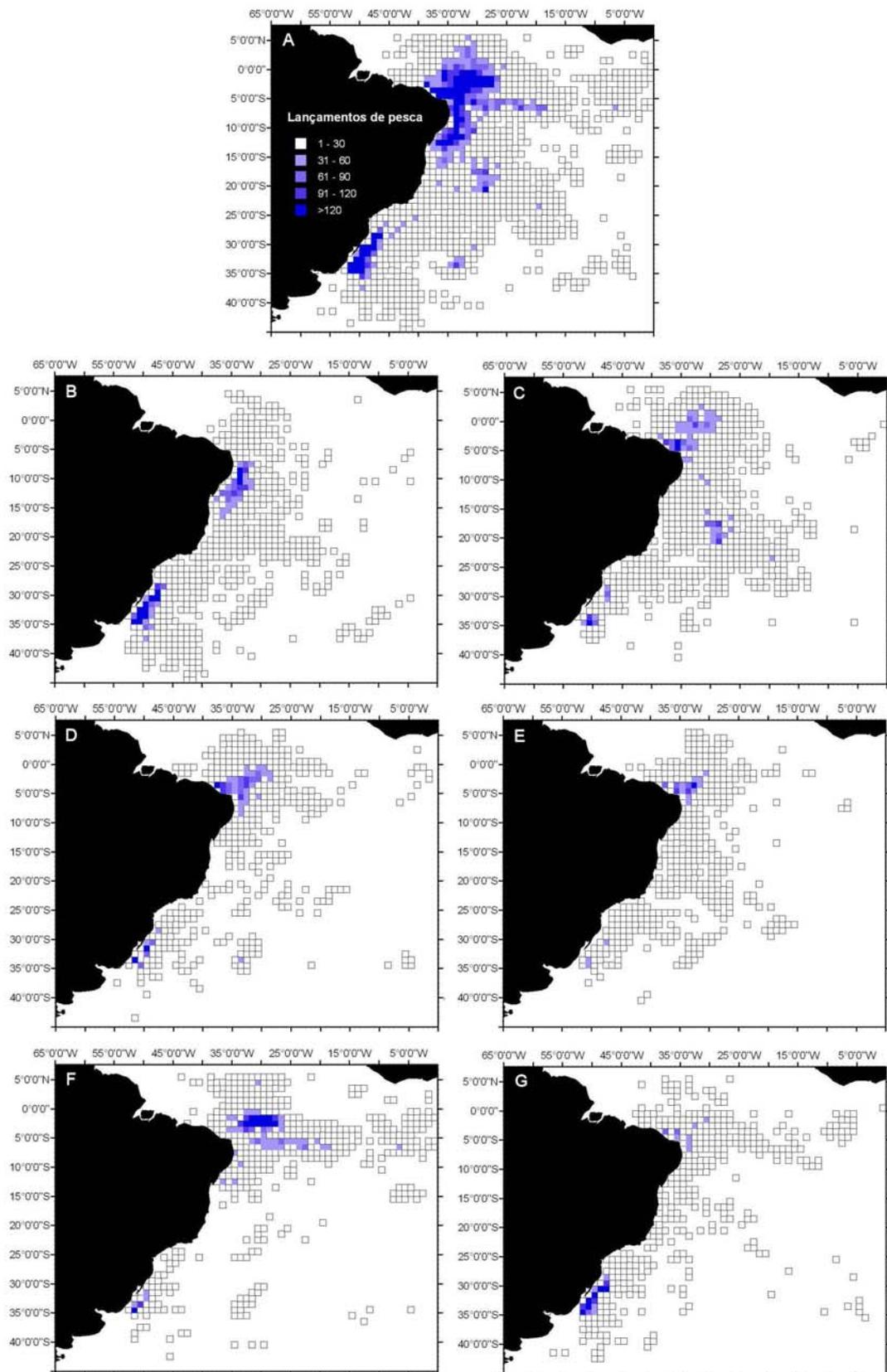


Figura 2.3- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1-*T. alalunga*; C) Cluster 2-*X. gladius*; D) Cluster 3-*T. albacares*; E) Cluster 4-*X. gladius-P. glauca*; F) Cluster 5- *T. obesus*; e G) Cluster 6-Outros.

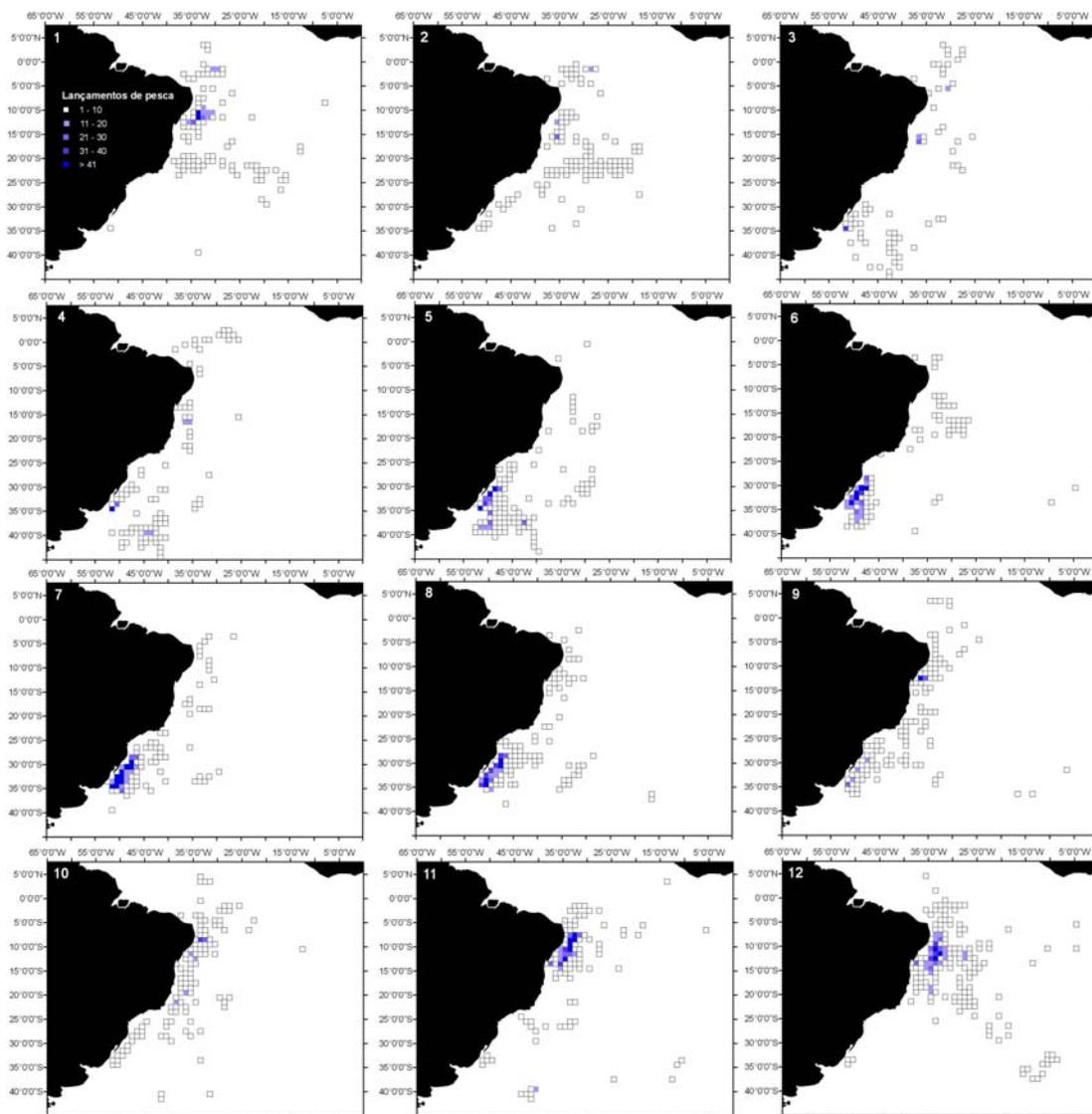


Figura 2.4- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota bralaiseira (nacional e arrendada), no Cluster 1 (*T. alalunga*), no período de 1978 a 2000.

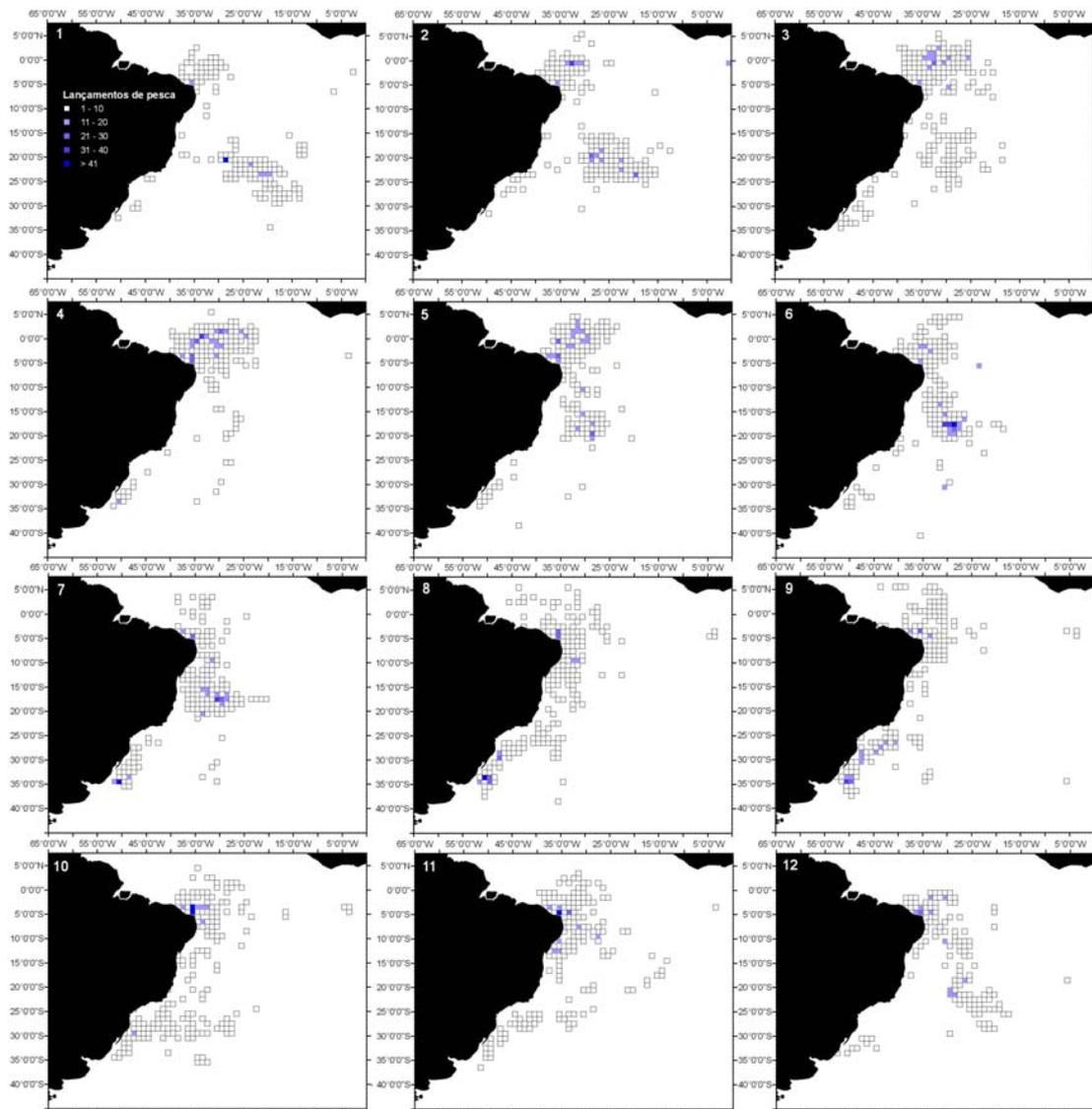


Figura 2.5- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota braliseira (nacional e arrendada), no Cluster 2 (*X. gladius*), no período de 1978 a 2000.

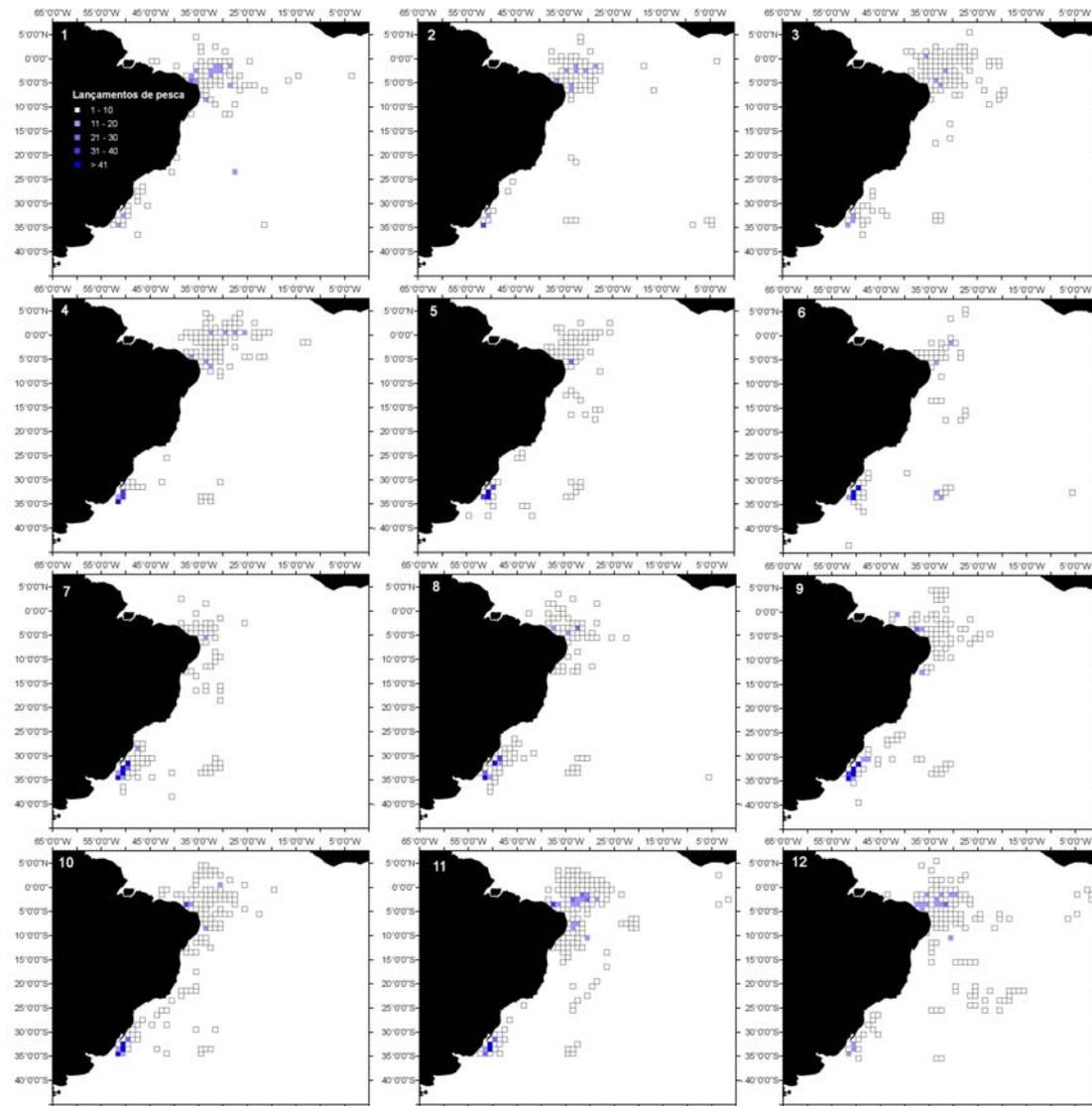


Figura 2.6- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 3 (*T. albacares*), no período de 1978 a 2000.

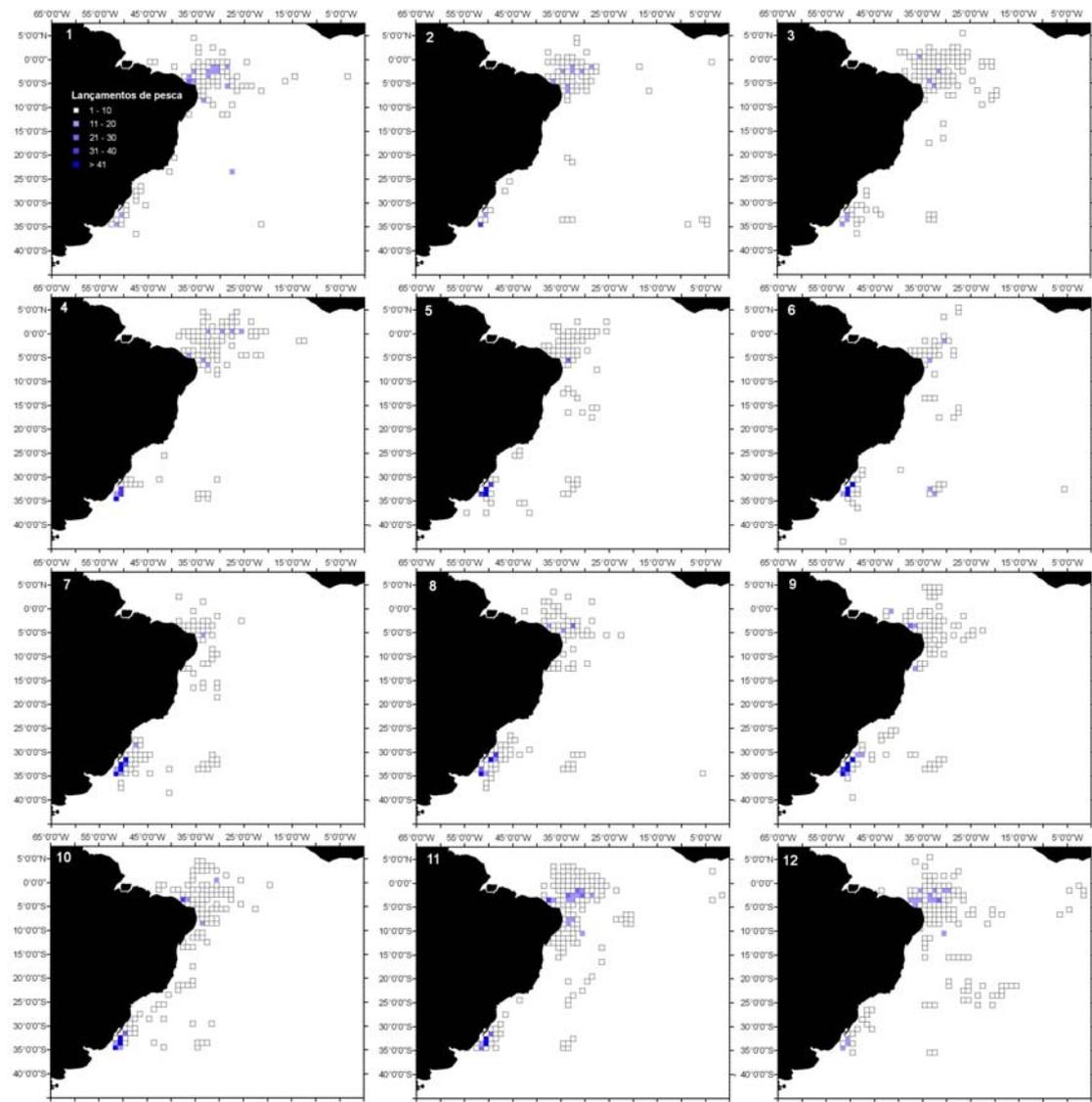


Figura 2.7- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota bralaiseira (nacional e arrendada), no Cluster 4 (*X. gladius*-*P. glauca*), no período de 1978 a 2000.

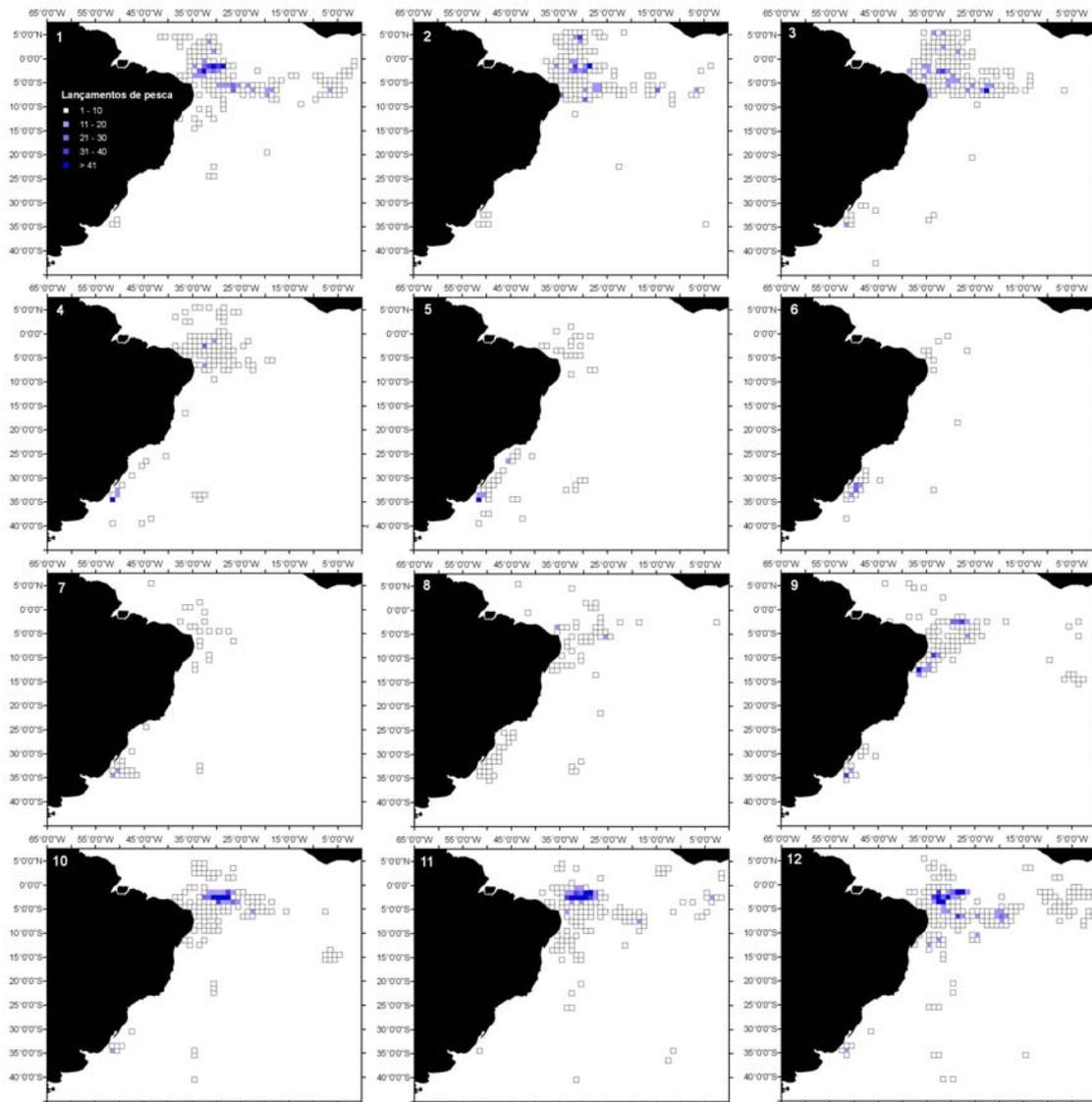


Figura 2.8- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 5 (*T. obesus*), no período de 1978 a 2000.

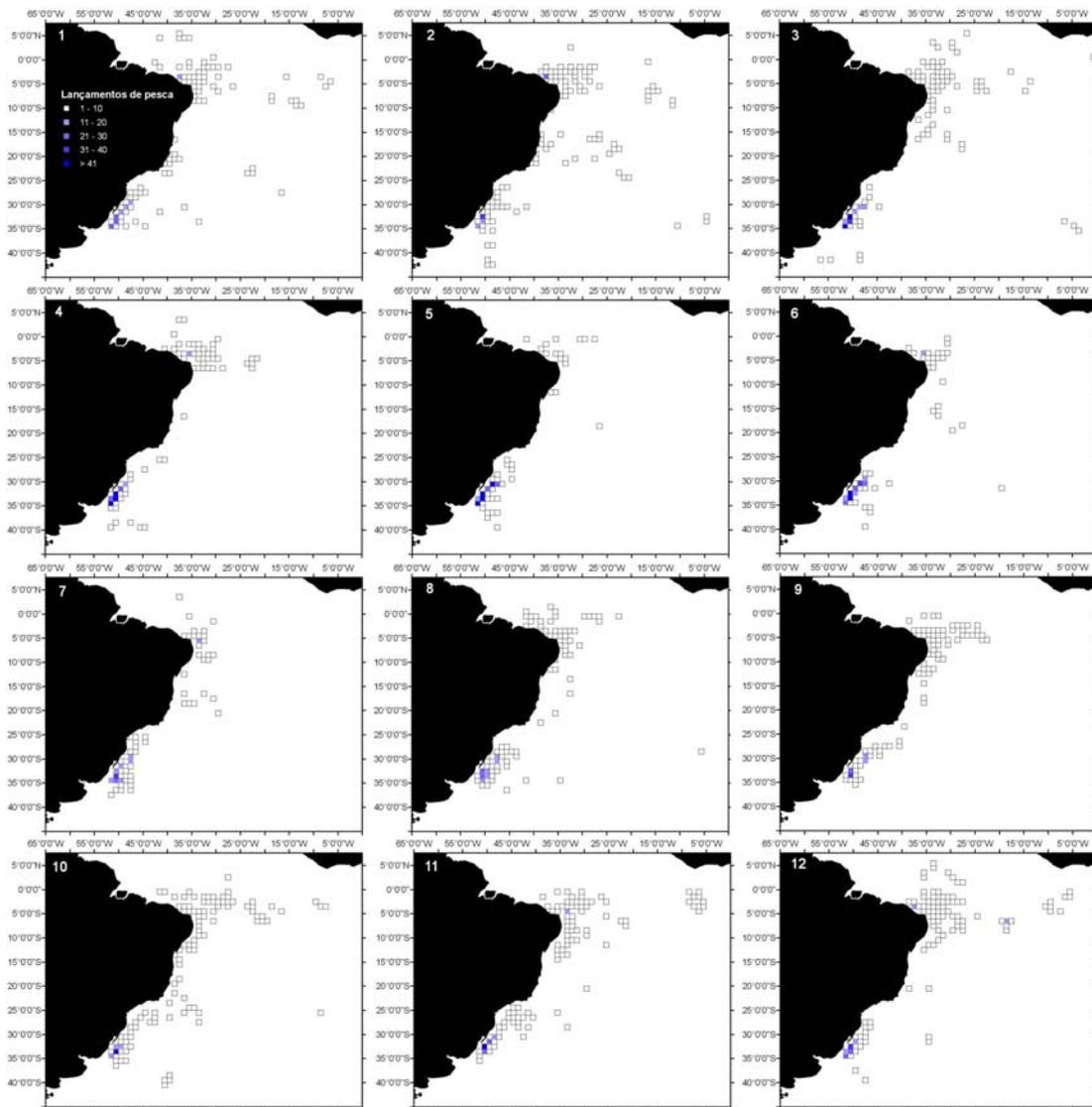


Figura 2.9- Distribuição sazonal dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira (nacional e arrendada), no Cluster 6 (outros), no período de 1978 a 2000.

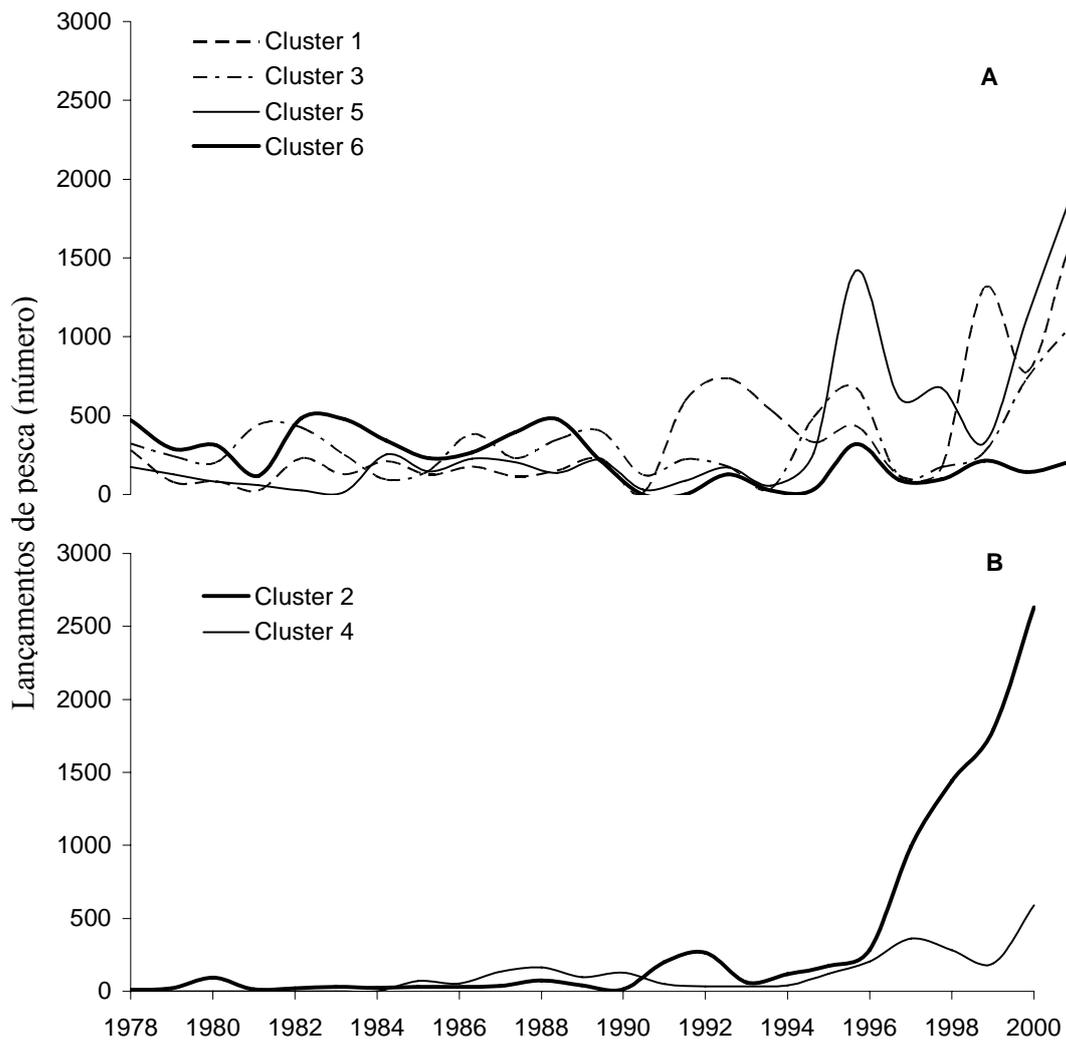


Figura 2.10- Distribuição anual dos lançamentos de pesca por cluster, pela frota brasileira (nacional e arrendada), com palangre, no período de 1978 a 2000. Cluster 1-*T. alalunga*; Cluster 2-*X. gladius*; Cluster 3-*T. albacares*; Cluster 4-*X. gladius*-*P. glauca*; Cluster 5- *T. obesus*; e Cluster 6-outros.

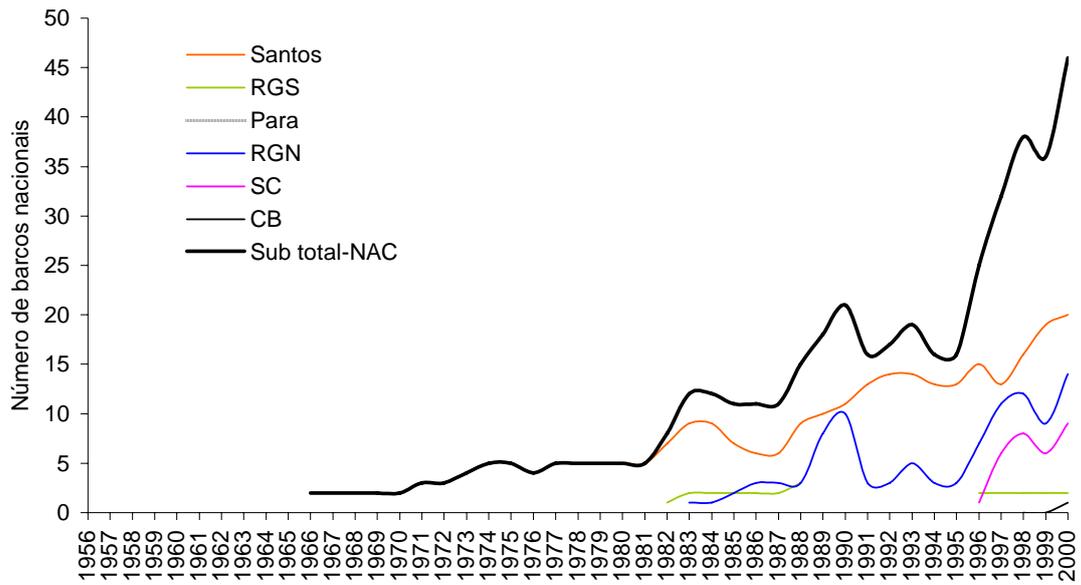


Figura 2.11- Evolução da frota palangrera nacional por porto de pesca, no período de 1971 a 2000. RGS- Rio Grande do Sul; SC- Santa Catarina; CB- Cabedelo; RGN-Rio Grande do Norte; e NAC- nacional.

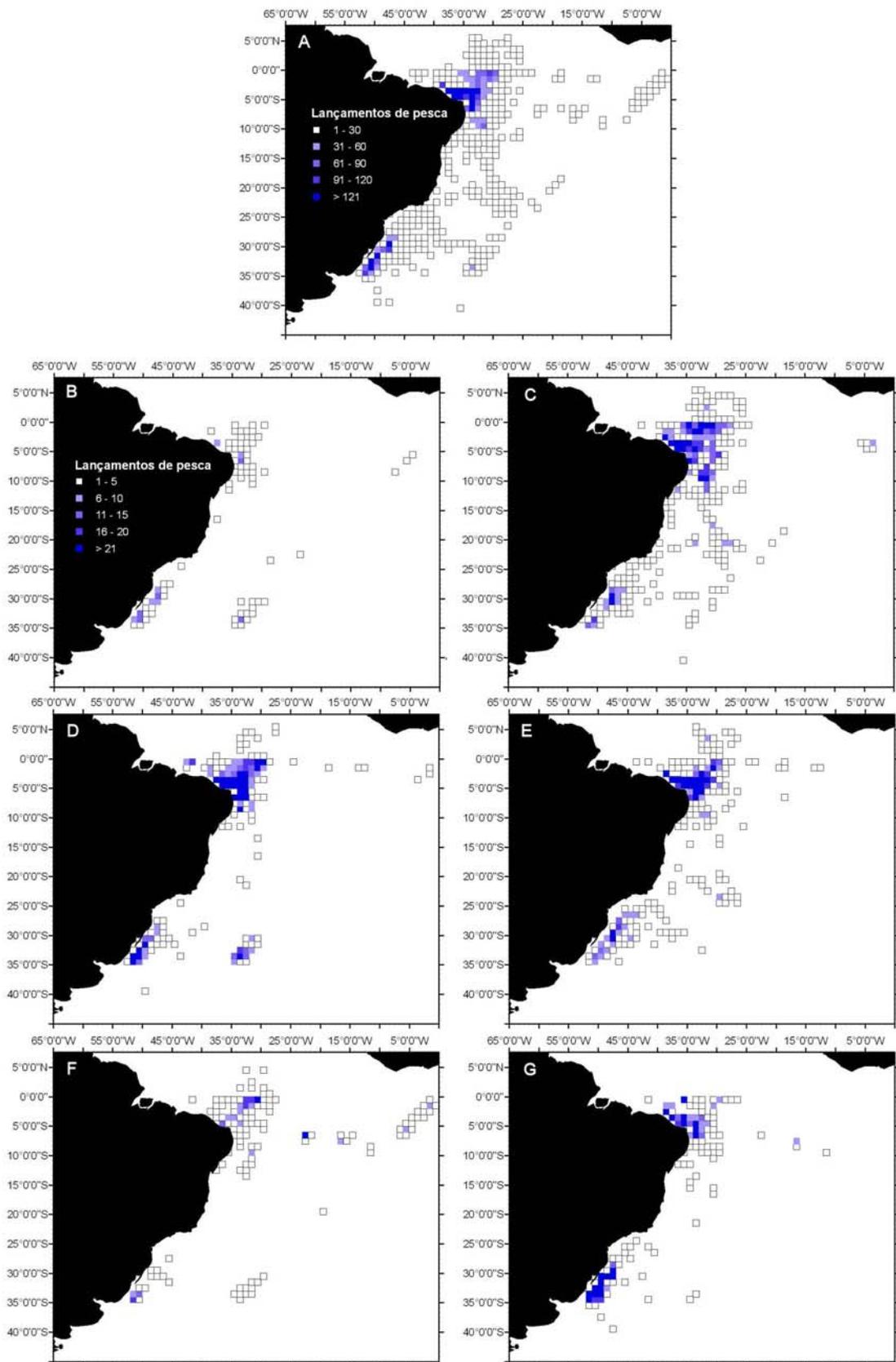


Figura 2.12- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira nacional, com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1-*T. alalunga*; C) Cluster 2-*X. gladius*; D) Cluster 3-*T. albacares*; E) Cluster 4-*X. gladius-P. glauca*; F) Cluster 5- *T. obesus*; e G) Cluster 6-outros.

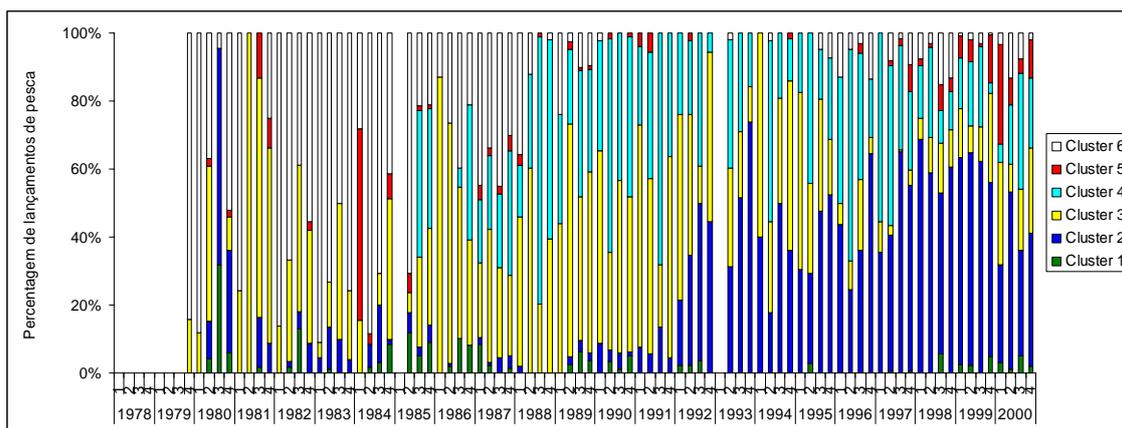


Figura 2.13- Percentagem dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira nacional por ano e cluster, no período de 1978 a 2000. Cluster 1, *T. alalunga*; Cluster 2, *X. gladius*; Cluster 3, *T. albacares*; Cluster 4, *P. glauca*; Cluster 5, *T. obesus*; e Cluster 6, outros.

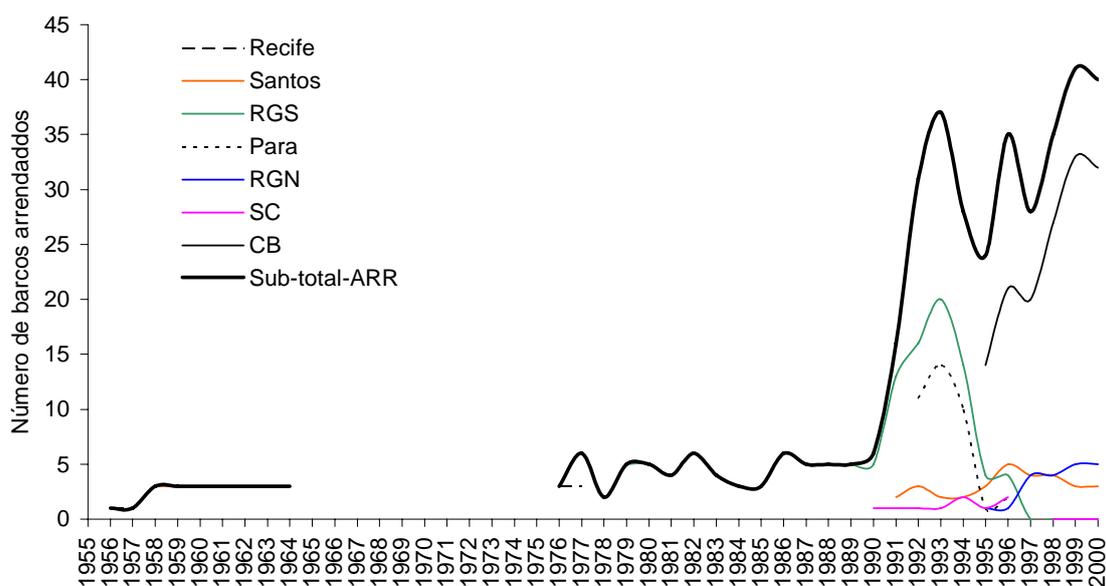


Figura 2.14- Evolução da frota palangreira arrendada por porto de pesca, no período de 1971 a 2000. RGS- Rio Grande do Sul; SC- Santa Catarina; CB- Cabedelo; RGN-Rio Grande do Norte; e ARR- Arrendado.

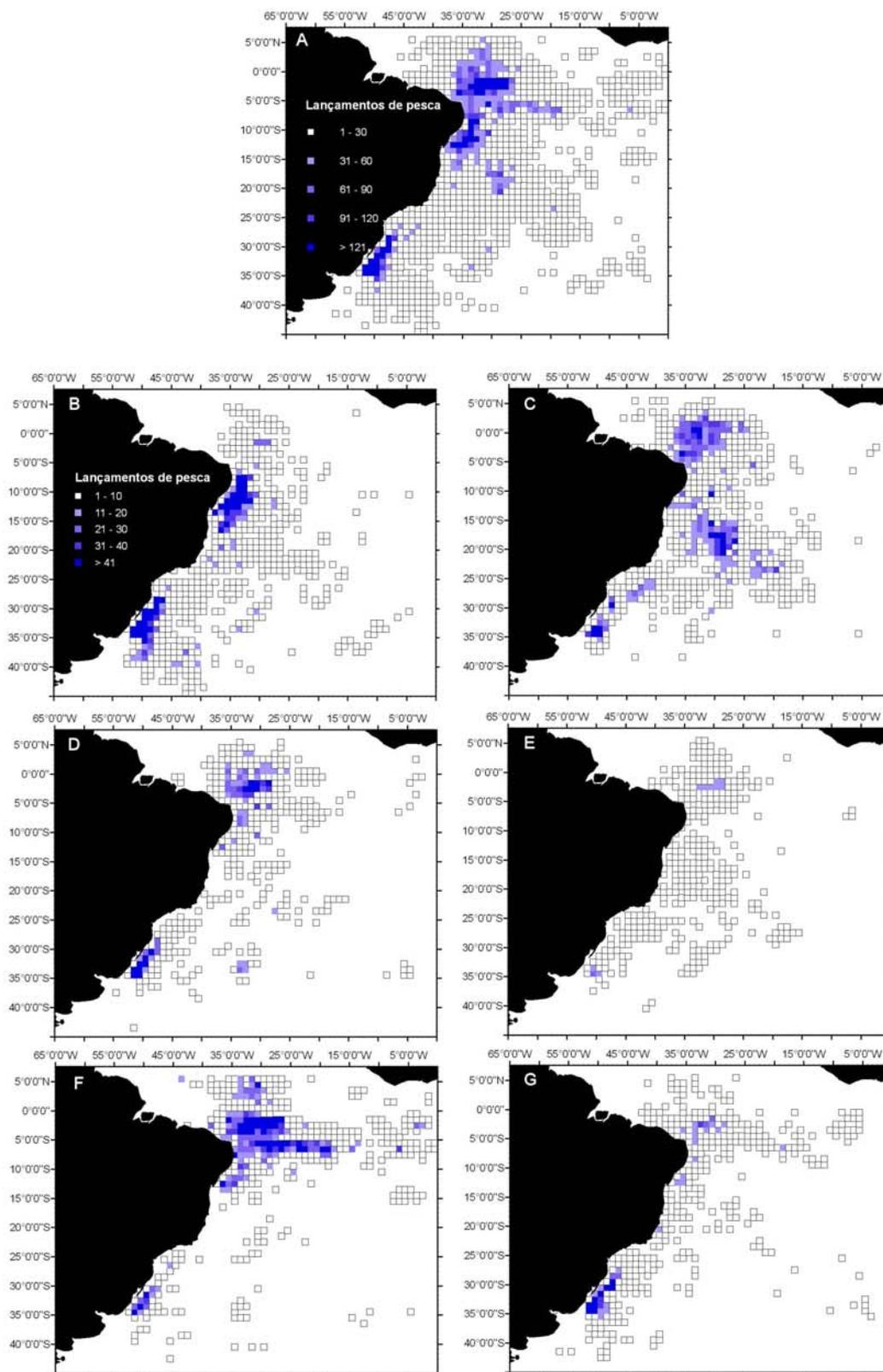


Figura 2.15- Distribuição dos lançamentos de pesca da frota brasileira arrendada, com palangre, no período de 1978 a 2000. A) Distribuição geral; B) Cluster 1, *T. alalunga*; C) Cluster 2, *X. gladius*; D) Cluster 3, *T. albacares*; E) Cluster 4, *T. X. gladius-P. glauca*; F) Cluster 5, *T. obesus*; e G) Cluster 6, outros.

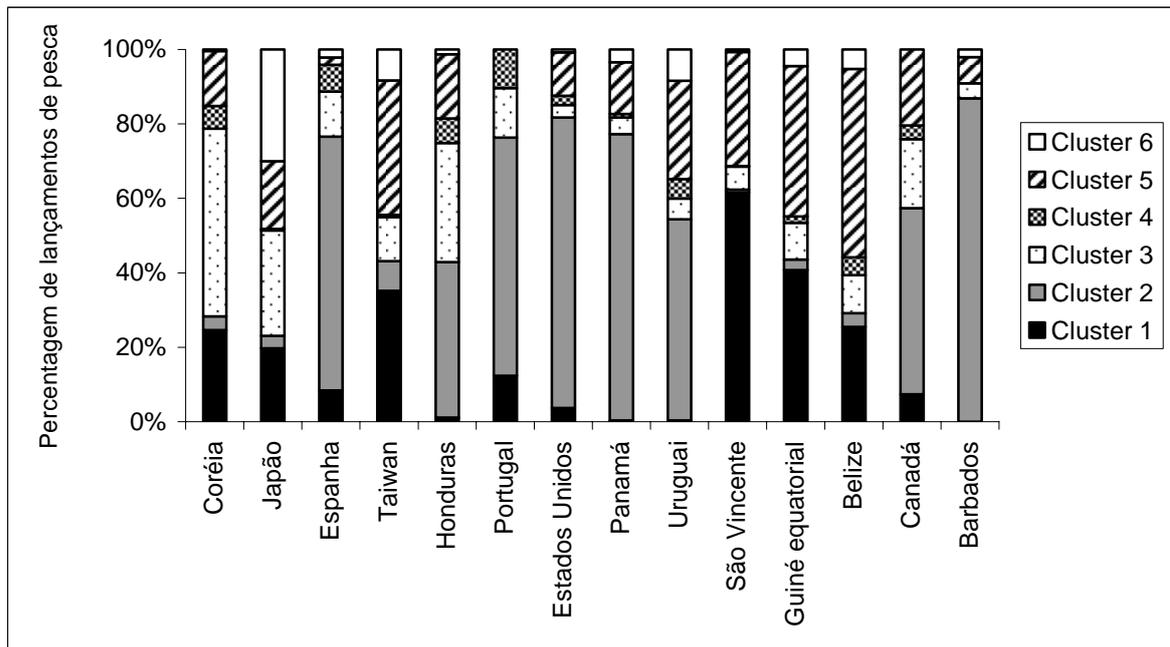


Figura 2.16- Percentagem dos lançamentos de pesca realizados pela frota brasileira arrendada no período de 1978 a 2000. Cluster 1, *T. alalunga*; Cluster 2, *X. gladius*; Cluster 3, *T. albacares*; Cluster 4, *P. glauca*; Cluster 5, *T. obesus*; e Cluster 6, outros.

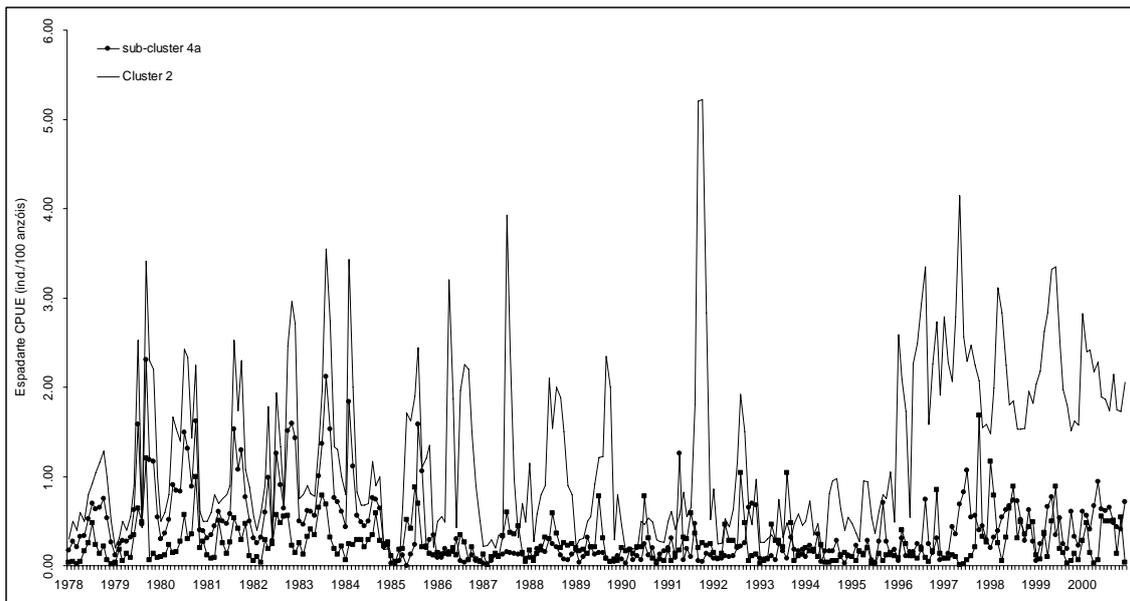


Figura 2.17- CPUE média por ano e mês para o *X. gladius* no período de 1978 a 2000. Sub-cluster 4a representa séries temporais para o *X. gladius* retiradas do Cluster 4 e Cluster 2 representam as séries temporais para o *X. gladius*.

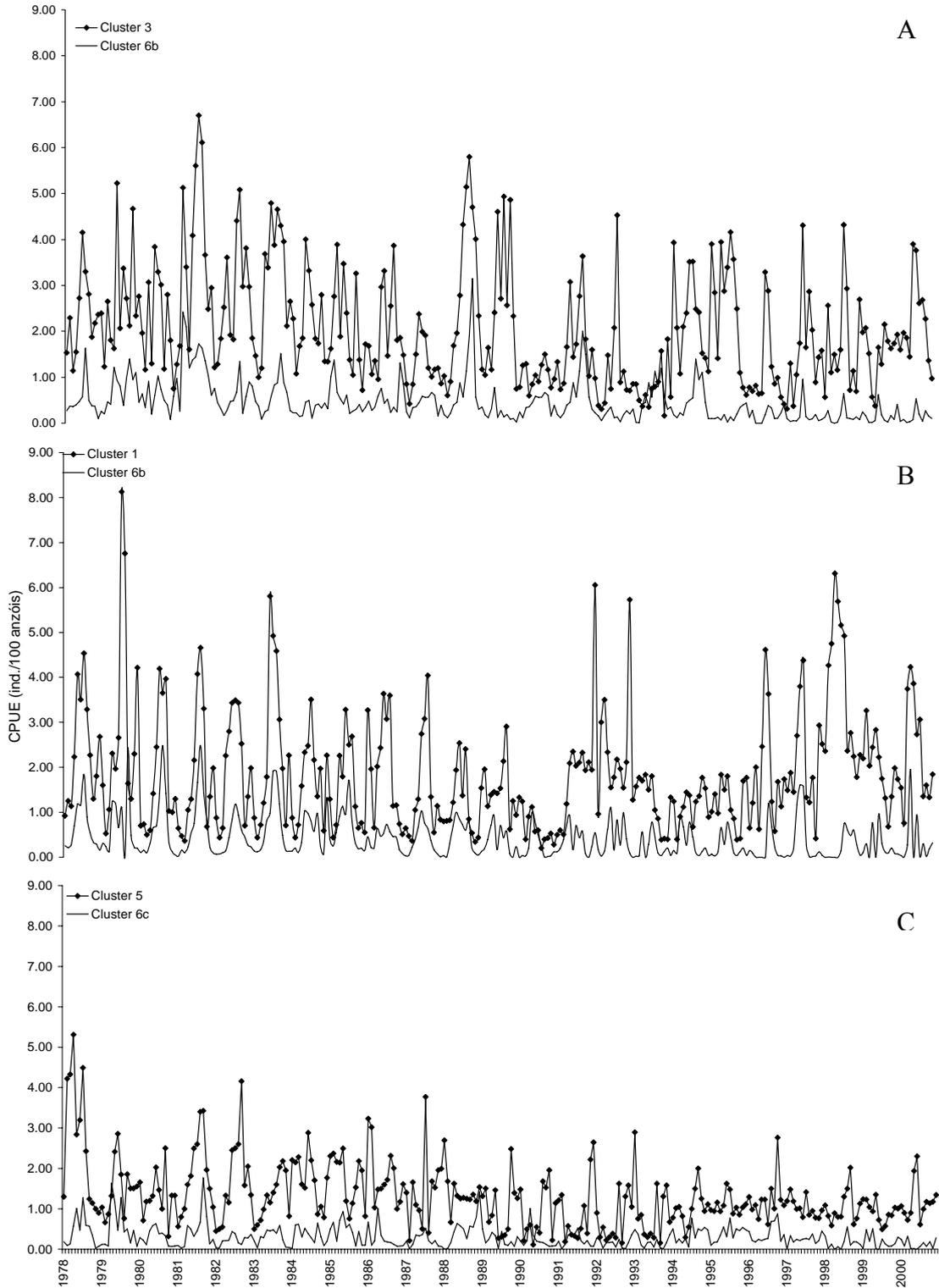


Figura 2.18- CPUE média por ano e mês para o *T. albacares* (A), *T. alalunga* (B) e *T. obesus* (C), no período de 1978 a 2000. Sub-cluster 6a,b,c representam séries temporais para o *T. alalunga*, *T. albacares* e *T. obesus* retiradas do Cluster 6, os Clusters 1, 3 e 5 representam as séries temporais para o *T. alalunga*, *T. albacares* e *T. obesus*, respectivamente.

Capítulo III

Influência dos factores operacionais e ambientais na pesca do espadarte, *Xiphias gladius*, capturados pela frota palangreira brasileira

3.1- Introdução

O padrão de distribuição e o comportamento dos peixes pelágicos é fortemente influenciado por diversos factores bióticos e abióticos do sistema em que vivem, que actuam em conjuntos para formar um complexo sistema interrelacionado (Nikolsky, 1963). Variações temporais marcadas de condições físicas e químicas do ambiente marinho acompanham a periodicidade dos movimentos gravitacionais da Terra, principalmente nos períodos do dia e da noite e das estações do ano (Hazin, 1993). A inclusão de variáveis espaciais e temporais nas análises de séries de CPUE possibilita inferir sobre a influência das mesmas nos movimentos migratórios regulares, bem como sobre o padrão de distribuição e abundância da espécie (Brill *et al.*, 1998).

Os factores físico-químicos e biológicos que afectam a distribuição de peixes são diversos. A temperatura da água do mar, por exemplo, determina a taxa dos processos metabólicos, influenciando decisivamente as migrações reprodutivas e tróficas. Esta influência é particularmente marcante para grandes peixes pelágicos, migradores de longa distância, como o *X. gladius* (Palko *et al.*, 1981; Bigelow *et al.*, 1999).

Vários estudos, baseadas no comportamento e/ou flutuações temporais, têm relacionado os parâmetros ambientais com a distribuição de espécies pelágicas (Carey e Robison, 1981; Sund *et al.*, 1981; Carey, 1990). No entanto, a análise dos parâmetros ambientais na pesca ou na dinâmica de populações dos recursos é rara (Bigelow *et al.*, 1999) ou inexistente para o *X. gladius*, particularmente no Atlântico sudoeste (Hazin *et al.*, 2004). De certa forma, esta carência observada por vários autores é resultado do difícil acesso a parâmetros ambientais. Em anos recentes, com o desenvolvimento de tecnologias de satélite de auxílio à oceanografia, a obtenção dos mesmos tornou-se mais fácil. A inclusão destes parâmetros nas análises de performance piscatória e na dinâmica de populações dos recursos é ainda complexa, no entanto (Backus, 1986). Além disso, as ferramentas de análise assumem frequentemente uma relação linear entre a performance de pesca e as variáveis ambientais.

Para ultrapassar estas dificuldades, vários pesquisadores têm aplicado os Modelos Aditivados Generalizados (GAM) para investigar as relações entre o ambiente e a pesca (Bigelow *et al.*, 1999; Zagaglia, 2003; Guyomard *et al.*, 2004; Hazin *et al.*, 2004; Da Mata, 2006). Os GAMs são extensões não-paramétricas dos modelos GLM (Hastie e Tibshirani, 1990a), apresentando-se mais flexíveis que este e outros métodos tradicionais. A única suposição dos GAMs consiste na afirmação de que a variável dependente é afectada, de alguma maneira, por cada variável independente considerada no modelo (Hastie e Tibshirani, 1990).

Com o intuito de contribuir para a superação desta dificuldade, neste Capítulo são aplicados os GAMs para analisar a influência relativa dos factores espaciais, operacionais, temporais e ambientais na CPUE de *X. gladius* capturados pela frota comercial palangreira do Brasil.

3.2- Material e métodos

No presente Capítulo foram analisados os dados de captura provenientes da frota palangreira brasileira, no período entre 1980 e 2000. Como índice de abundância relativa foi utilizada a CPUE, em número, por 100 anzóis.

Foi utilizado um total de 20 variáveis. As variáveis relacionadas com a pesca, como o tempo de imersão – TI, anzóis/cestos e hora inicial de lançamento – HIL, bem como as relacionadas com o espaço e o tempo, como a latitude – LAT, longitude – LON, ano e mês foram obtidas através dos diários de bordo das embarcações, em quadrados de 1°x1°, por dia, mês, trimestre e ano. A profundidade do local de lançamento do palangre/batimetria - Bath foi obtida através do “*National Geophysical Data Center*” (ETOPO5- *Earth Topography 5 min*), em quadrados de 1°x1° por latitude e longitude. As variáveis ambientais, como a anomalia e temperatura da superfície da água do mar – ATSM e TSM, componentes dos ventos e anomalias (meridional – ACMV e CMV; e zonal – ACZV e CZV), velocidade do vento – VV, anomalia e profundidade da camada de mistura – APCM e PCM, anomalia e altura da superfície da água do mar – AATSM e HTSM, foram obtidas através do “*Physical Oceanography Distributed Active Archive Center*” do “*Jet Propulsion Laboratory*”/NASA, “*Geophysical Fluid Dynamics Lab/ocean data from the IRI/ARCS/Ocean assimilation*” e “*Centre ERS d’Archivage et de Traitement (CERSAT)*” do (IFREMER). Estes dados, cuja resolução original é de 0,5° x 0,5°, foram agregados para constituir uma base com

resolução de $1^\circ \times 1^\circ$, por dia, ano, mês latitude e longitude, sendo seguidamente incorporados no banco de dados de pesca. O índice de iluminação da lua – ILL, foi calculado por dia, com base no percentual de iluminação das fases da lua, utilizando o algoritmo astronómico (Meeus, 1991). Em seguida foram combinadas as fases da lua e transformados para variáveis categóricas, com os valores de iluminação entre 0 (Lua nova), 0,5 (Lua crescente), 1 (Lua cheia) e 1,5 (Lua minguante).

A utilização de indicadores de processos relacionados com o enriquecimento da produtividade primária oceânica, como ressurgências, vórtices, entre outros, é também importante, uma vez que *X. gladius* parece concentrar-se tanto em áreas onde estes processos são mais intensos, apresentando elevada densidade de plâncton e presas, como em áreas propícias para a reprodução (Olson e Backus, 1985). Assim sendo as variáveis relacionadas com as ditas anomalias foram incluídas nas análises.

Foi realizada uma análise de cluster com o objectivo de categorizar o esforço de pesca, minimizando à partida o efeito dos factores operacionais da pesca, uma vez que estas informações são muitas vezes omitidas nos diários de bordo. Esta análise permitiu igualmente identificar os lances de pesca direccionados à espécie *X. gladius* (Ver Capítulo II). Sendo que, do total de lançamentos de pesca efectuados (37.625), cerca de 13.800 lances (37%, com 5% de zeros nas capturas) foram utilizados para investigar as relações entre a CPUE de *X. gladius* e os factores mencionados.

Análise estatística

Os Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) foram utilizados no presente Capítulo com o intuito de analisar a relação entre os factores ambientais e operacionais sobre a performance pesqueira (CPUE) de *X. gladius*. Estes modelos consistem em generalizações não-paramétricas de técnicas de regressão lineares múltiplas, sendo menos restritivos quanto à distribuição de probabilidades dos dados (Hastie e Tibshirani, 1990). A principal diferença entre os modelos lineares e os GAMs reside na substituição da função linear pela função suavizadora no modelo (Bigelow *et al.*, 1999).

Os efeitos não lineares do modelo foram ajustados por funções suavizadoras “Loess” (*Locally weighted polynomial scatter plot smoother*, Cleveland e Delvin, 1988), usando o pacote estatístico S-Plus (Venables e Ripley, 1999). Segundo Neter *et al.* (1989) a função “Loess” actua equivalente a uma regressão polinomial local, ou seja, a partir de um determinado nível da variável independente, define-se um conjunto de

pontos (vizinhança ou “spans”), o qual será utilizado para o ajuste da regressão local, e os pesos que serão fornecidos a cada um dos pontos deste conjunto, proporcionais ao cubo da distância ao ponto central..

A fórmula geral do GAM utilizada é expressa da seguinte forma:
 $\text{Ln}[\text{CPUE}+0,1]= a+\text{lo}_1(x_1) + \text{lo}(x_i,x_j)\dots + e.$

onde “a” é uma constante, lo_1 é o efeito da função suavizadora (*Loess*) para a variável independente x_1 , $\text{lo}(x_i,x_j)$ é o aditivo da função suavizadora para duas variáveis independentes e “e” é o erro aleatório da função.

A função GAMAIC (McCracken, 2004) foi utilizada para seleccionar o conjunto de variáveis a serem incluídas no modelo. Esta função consiste numa forma modificada do AIC convencional (*Akaike's information criterion*, Akaike, 1973), o qual incorpora o logaritmo de “Likelihood”, de forma que a magnitude dos seus efeitos não interfira na selecção das variáveis no modelo final (Burnham e Anderson, 1998; McCracken, 2004). O critério usado para incluir/excluir uma variável no modelo foi definido pelos menores valores de AIC. O ajuste final foi analisado com base no pseudo-coeficiente de determinação (*pseudo-r²*), definido como a fracção da variância total explicada pelo modelo e da variância residual (Maury *et al.*, 2001).

Segundo Bigelow *et al.* (1999), a adição de “spans” no modelo podem tornar os resultados mais reais, devido as rápidas variações nas CPUEs, serem provocadas em resposta ao ambiente. Desta forma, testou-se para cada uma das variáveis a adição de “spans” (0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30) e a ausência de “spans”, assim como se testou a ausência de suavizadores.

O melhor modelo conseguido resultou com a adição de suavizadores, acrescentando “spans” de 0,1, para as variáveis latitude, longitude e $\text{lo}(\text{mês,ano})$, e de 0,25, para as variáveis ambientais e operacionais. Dada a distribuição não normal dos dados de CPUE, estes foram logaritmizados adicionando a constante 0,1 peixes por 100 anzóis, passando a assumir a distribuição de Poisson, com o logaritmo como *link* da função (Campbell e Hobday, 2003). A adição desta constante permitiu isolar os valores de zero (5% do total analisado), não afectando, desta forma, a parte não nula da distribuição (Bigelow *et al.*, 1999).

Vários autores referem que a abundância de *X. gladius* varia sazonalmente ao longo da costa brasileira (Arfelli, 1996; Hazin, 2001), sendo, dessa forma, a área de pesca dividida em 4 áreas, de acordo com os resultados obtidos para o modelo geral A1

(5°N/5°S), A2 (5°/15°S), A3 (15°/25°S), A4 (25°/35°S) (Figura 3.1). Todas as variáveis foram testadas seguindo o mesmo procedimento previamente adotado para o modelo geral, exceptuando o caso da variável ano.

Embora o GAM consista numa ferramenta de análise de relações não-paramétricas, a sua estimativa de intervalo de confiança (IC) assume a hipótese de linearidade. Assim e conforme Figueiras *et al.* (2005), optou-se pela utilização da técnica de “bootstrap” para estimar o IC, uma vez que se baseia numa condição não-paramétrica. Desta forma é possível obter a distribuição dos resultados estimados e corrigir as tendências das estimativas, além de construir os intervalos de confiança pontuais.

Os gráficos dos resíduos parciais foram analisados de forma a encontrar a natureza da relação entre as variáveis independentes e dependentes, apresentando assim o efeito relativo das variáveis independentes (pescas e ambientais) sobre a variável de dependente (CPUE).

3.3- Resultados

3.3.1- Seleção das variáveis do modelo

De acordo com os resultados, o modelo final ficou reduzido a 15 variáveis, explicando mais de 45% do total da variância ($pseudo-r^2 = 0,51$), sendo a altura da superfície da água do mar, anomalia da profundidade do topo da termoclina, velocidade do vento e as anomalias das componentes meridionais e zonais dos ventos eliminadas das análises. A relação entre o número de variáveis significativas incluídas no modelo final e o $pseudo-r^2$, mostra uma tendência de estabilização do coeficiente de correlação (Figura 3.2), indicando que a adição de novas variáveis não contribuiria mais para o aumento do valor do pseudo-coeficiente nem para a redução da variância. O modelo final é descrito da seguinte forma:

$$\ln[CPUE+0,1] = a + \ln(LON) + \ln(LAT) + \ln(\text{ano,mês}) + \ln(IL) + \ln(\text{Bath}) + \ln(\text{HIL}) + \ln(TI) + \ln(\text{Anzol/cesto}) + \ln(\text{ATSM}) + \ln(\text{TSM}) + \ln(\text{AATSM}) + \ln(\text{PCM}) + \ln(\text{CZV}) + \ln(\text{CMV}) + e.$$

Os factores operacionais e espaço-temporais, como a hora de início de lançamento, anzol/cesto, (ano,mês) e latitude, foram os principais factores a influenciarem a pesca de *X. gladius*, contribuindo para 42%, 36%, 24% e 23%, respectivamente, da variância explicada do modelo (Figura 3.3). Entre as variáveis ambientais a componente zonal dos ventos e a temperatura da superfície da água do mar foram as que mais influenciaram a pesca (Figura 3.3). Entre as áreas, não houve redução das variáveis. Os resultados da relação entre o número de variáveis e o $pseudo-r^2$, para as áreas foram semelhantes ao do modelo geral.

Em termos da contribuição de cada factor nos modelos observa-se que, em todas as áreas, os factores operacionais foram os que mais contribuíram para a variância explicada do modelo, embora não na mesma ordem de importância.

3.3.2- Modelos Aditivos Generalizados (GAMs)

Modelo Geral

As análises com GAM, indicam que todas as variáveis testadas do modelo final foram altamente significativas ($p < 0,001$) sugerindo uma alta correlação entre a pesca de *X. gladius* e as mesmas.

A figura 3.4 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para os factores operacionais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(CPUE+0,1)$]. O efeito da variável latitude na CPUE de *X. gladius* apresenta uma tendência de crescimento em direcção a 20°S, diminuindo gradualmente a partir deste ponto. Ao longo das latitudes observam-se 4 áreas de maior abundância: entre 5°N-5°S, 5°S-15°S, 15°S-25°S e 25°S-35°S. O efeito da variável longitude na CPUE indica uma tendência crescente para leste, sugerindo que a espécie se encontra em águas mais afastadas da costa, registando-se valores mais elevados entre 25°W e 15°W. O efeito do índice de iluminação lunar sobre a CPUE do *X. gladius* apresenta uma tendência de crescente até o valor 0,8, aproximadamente, decrescendo gradualmente à medida que se aproxima da lua cheia (1,0). O efeito do número de anzóis/cesto mostrou-se linearmente decrescente até, aproximadamente, ao valor de 5 anzóis/cesto, apresentando um comportamento estável em palangres configurados com 7 a 14 anzóis/cesto, decrescendo a partir deste ponto. O efeito da hora inicial de lançamento do palangre na CPUE de *X. gladius* apresenta-se positivo quando iniciado entre 16 e 18 horas. Já o

efeito do tempo de imersão do palangre na CPUE do *X. gladius* apresenta um comportamento crescente até 17h, decrescendo de forma acentuada a partir desse ponto. A batimetria apresenta um efeito positivo na CPUE do *X. gladius* quando os lançamentos são efectuadas em zonas próximas de bancos submarinos e formações acidentadas (2.500-3.500 m) e em águas mais profundas (>4.000 m) (Ver Capítulo VI).

A figura 3.5 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para as variáveis ambientais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da temperatura da superfície da água do mar na CPUE de *X. gladius* apresenta-se uma tendência positiva entre 20° e 26°C, com os valores mais elevados a serem registados entre 23° e 26°C, decrescendo a partir desta temperatura. O efeito da anomalia da temperatura da superfície do mar apresenta-se uma tendência crescente tanto para valores positivos como negativos compreendidos entre 0,7° e 1,0°C e 0° e -1,0°C, respectivamente, sendo mais pronunciada em valores anómalos negativos. O efeito da profundidade do topo da termoclina na CPUE de *X. gladius* mostra que as maiores capturas ocorrem entre 30 e 50 m, com os maiores valores a serem registados nos primeiros 30 m. Os índices de abundância relativa de *X. gladius* são afectados pela componente meridional do vento, registando-se um aumento das capturas, de forma acentuada, em direcção a valores negativos (sul da área de pesca), assim como pela componente zonal dos ventos, registando-se um aumento em direcção a valores positivos para leste da área de pesca. O efeito da anomalia da altura da superfície da água do mar manifesta-se como um contributo para o aumento das capturas quando os seus valores são negativos.

Influência dos factores por área

A relação entre as variáveis do modelo com os índices de captura de *X. gladius* revelaram um alto nível de significância ($p < 0,001$), com algumas variáveis apresentando padrões semelhantes aos do modelo geral. A contribuição de cada variável no modelo é apresentada na Figura 3.3. Para todas as áreas, os factores operacionais foram os que mais contribuíram para explicar o modelo. Nas áreas 1, 3 e 4, o número de anzóis/cesto, a hora de início de lançamento do palangre e a latitude foram as que mais contribuíram para a variância explicada. Na área 2, estes factores foram ao hora de início de lançamento do palangre, o número de anzóis/cesto, o tempo de imersão e a latitude.

Entre os factores ambientais, na área 1, a componente meridional e zonal dos ventos e a temperatura da superfície da água do mar foram as que mais contribuíram para o modelo. Na área 2, foram a componente meridional e a anomalia da altura da superfície da água do mar. Na área 3, foram a componente meridional e a temperatura da superfície da água do mar. Finalmente, na área 4, os factores ambientais que mais contribuíram foram a profundidade do topo da termoclina e o índice de iluminação lunar.

Área 1

A figura 3.6 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para os factores operacionais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da latitude nos índices de captura manifesta-se como uma tendência positiva para valores entre 3°N e 2°S, com as maiores CPUEs a registarem-se na faixa entre 1°S e 1°N. O efeito da longitude apresenta-se como uma propensão para valores de abundância elevados na faixa entre 25° e 40°W, sendo os maiores valores de CPUE registados a aproximadamente 35°W. O efeito do mês nos índices de captura manifesta-se como uma tendência para uma maior abundância entre os meses de Março e Junho, observando-se valores máximos entre Abril e Maio. O índice de iluminação lunar apresentou uma tendência para o aumento da CPUE a partir do valor de 0,2 até um máximo em 0,6, e um decréscimo acentuado a partir deste ponto. O efeito da hora inicial de lançamento do palangre apresentou-se como uma tendência de aumento da abundância até às 17 horas, e uma diminuição abrupta nas horas subsequentes. O efeito do tempo de imersão na CPUE foi positivo até a 17 horas de imersão. O efeito da profundidade da zona de lançamento do palangre nos índices de captura manifestou-se positivo em dois momentos, a profundidades até 2.000 m, estabilizando em 4.000 m, e a profundidades maiores que 4.000 m. O efeito do número de anzóis/cesto mostrou-se como uma tendência linear decrescente até, aproximadamente, 6 anzóis/cesto, apresentando um comportamento estável a partir deste ponto.

A figura 3.7 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para as variáveis ambientais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. Os maiores valores de CPUE foram observados quando a temperatura da superfície da água do mar se apresentava em torno dos 26°C. O efeito da anomalia da temperatura da superfície da água do mar nos índices de captura apresenta-se, de modo geral, como três tipos de comportamento. A primeira tendência, decrescente, associa

maiores valores de captura a anomalias mais intensas (-0,8 a -1,0°C), estabilizando, em seguida, entre -0,1° e 0,6°C. A terceira tendência apresenta-se crescente, de forma que os índices de abundância mais elevados observam-se juntamente com as anomalias positivas, a partir de valores próximos a 0,6°C. O efeito da anomalia da altura da superfície da água do mar na CPUE expressa-se como um comportamento decrescente à medida que os valores se tornam positivos. O efeito da profundidade do topo da termoclina nos índices de captura mostra-se como decrescente com o aumento da profundidade. O efeito da componente zonal dos ventos na CPUE apresenta-se como uma tendência de aumento a partir do valor de -4 m/s até -2 m/s, tornando-se estável a partir deste ponto. O efeito da componente meridional dos ventos nos índices de captura apresenta-se como um comportamento crescente para os valores negativos, com os maiores valores registrados a aproximadamente em -2 m/s..

Área 2

A figura 3.8 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para os factores operacionais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da latitude nos índices de captura apresenta-se como uma tendência para valores elevados entre 9° e 11°S, sendo mais acentuada a partir de 14°S, quando cresce linearmente. A longitude tem um efeito crescente na CPUE até, aproximadamente, 30°W, quando ocorre uma inflexão da função, tornando-se o efeito decrescente à medida que se aproxima da costa. Devido aos amplos intervalos de confiança observados a partir da longitude de 20°W, as análises baseiam-se nas tendências da relação apresentada entre o valor referido. O efeito do mês nos índices de captura apresenta-se como uma época de maior abundância nos meses de Abril a Julho, com valores máximos em Junho, e um decréscimo acentuado da abundância nos meses seguintes. O efeito do índice de iluminação lunar nas taxas de captura manifesta-se como valores superiores de abundância com índices de 0,0 e 0,6. O efeito da hora inicial de lançamento do palangre na CPUE apresenta-se sob a forma de uma tendência crescente quando os lançamentos são iniciados ao final da tarde e início da noite entre as 18 e 20 horas. O efeito do tempo de imersão nos índices de captura de *X. gladius* apresenta-se máximo quando o equipamento actua entre 14 e 16 horas, decrescendo abruptamente a partir deste ponto. O efeito do número de anzóis/cesto na CPUE apresentou-se como linearmente decrescente até ao valor aproximado de 7 anzóis/cesto,

registando-se um máximo na proporção de 3 anzóis/cesto. O efeito da batimetria na CPUE apresenta-se como uma tendência suave de aumento nos primeiros 2.000 m, a partir deste ponto a CPUE mantém-se estável até 3.500 m, voltando a crescer de forma acentuada a partir dos 4.500 m.

A figura 3.9 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para as variáveis ambientais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+1)$]. O efeito da temperatura da superfície da água do mar nos índices de captura traduz-se em máxima eficiência para temperaturas entre 26 e 28°C. Como consequência de amplos intervalos de confiança a baixas temperaturas (<25°C), as análises baseiam-se nas tendências da relação acima deste valor. O efeito da anomalia da temperatura da superfície da água do mar nos índices de captura de *X. gladius* apresenta-se como uma tendência crescente quando se registam valores anómalos negativos. A anomalia da altura da superfície do mar apresenta um efeito de maximização da CPUE para valores entre -10 e 10 mm. O efeito da profundidade do topo da termoclina na CPUE manifesta-se como uma tendência para valores de maior abundância nos primeiros 30 m. O efeito da componente zonal dos ventos nos índices de captura de *X. gladius* apresenta-se como uma tendência decrescente à medida que os valores se aproximam de -4 m/s, momento este em que os índices de captura estabilizam. Por outro lado, a componente meridional do vento revela um efeito de aumento destes índices quando se atingem valores entre 2 e 4 m/s.

Área 3

A figura 3.10 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para os factores operacionais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da latitude nos índices de captura de *X. gladius* manifesta-se como duas áreas onde a pesca é mais abundante, uma entre 23° e 25°S e outra entre 18° e 21°S, os maiores valores de CPUE observam-se entre 19° e 20°S. O efeito da longitude na CPUE de *X. gladius* apresenta-se como uma tendência para valores mais elevados em longitudes compreendidas entre 30° e 20°W, e uma tendência acentuadamente decrescente com o aumento da proximidade da costa. O efeito do mês nos índices de captura surge como uma tendência para um período de maior abundância no meses de Abril a Julho, e uma tendência acentuada de diminuição nos meses subsequentes. O efeito do índice de iluminação lunar sobre as taxas de captura apresenta-se como uma

tendência crescente das capturas para taxas de iluminação próximas de 0,6, e decrescente com a proximidade da lua cheia (1,0). As taxas de captura mostram uma tendência de aumento com a profundidade da zona de lançamento, sendo mais elevadas em zonas com profundidades superiores a 3.000 m. Os rendimentos de pesca maiores observam-se quando o palangre é lançado entre as 15 e as 17 horas. Os índices de captura mostram-se superiores quando o tempo de imersão do palangre ocorre entre 15 a 17 horas. As maiores capturas de *X. gladius* registam-se quando o palangre está configurado com 3 a 6 anzóis/cesto, sendo máximas com 3 anzóis/cesto.

A figura 3.11 mostra as relações entre os resíduos parciais obtidos para as variáveis ambientais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da temperatura da superfície da água do mar apresenta-se como uma tendência de crescimento a temperaturas mais baixas. O efeito da anomalia da temperatura da superfície da água do mar na CPUE, considerando-se apenas o intervalo entre -1° e 1°C apresenta-se de duas formas. Uma tendência crescente quando as anomalias alcançam valores positivos e decrescente quando as anomalias são negativas, em especial em torno de $-0,5^\circ\text{C}$. A anomalia da altura da superfície da água do mar apresenta, de modo geral, duas tendências. No entanto, devido aos amplos intervalos de confiança observados para os trechos da função relativos aos valores abaixo de -80 mm e acima de 80 mm, as análises basearam-se nas tendências da relação apresentada entre os referidos valores. As capturas apresentam uma tendência decrescente associada a anomalias negativas mais intensas, e uma crescente associada às anomalias positivas. O efeito da profundidade do topo da termoclina na CPUE apresenta-se como uma tendência linear decrescente até, aproximadamente, aos 37 m. A CPUE apresenta-se estável para valores da componente zonal dos ventos entre $-1,5$ e -4 m/s. À medida que a componente zonal se intensifica negativamente, os valores de CPUE tendem a decrescer. Quando a componente zonal se aproxima de valores próximos de -1 m/s, observa-se uma subtil tendência crescente, passando a decrescente a partir deste valor. O efeito da componente meridional dos ventos nos índices de captura apresenta-se como um comportamento crescente da CPUE até, aproximadamente, $1,5$ m/s, valor em que se observa uma inflexão da função, tornando-se esta decrescente à medida que a componente meridional se torna mais positiva.

Área 4

A figura 3.12 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para os factores operacionais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. A CPUE apresenta uma tendência decrescente até 40°S, permanecendo estável até 45°S, passando a crescente a partir deste ponto. Os índices de captura apresentaram, de forma geral, três tendências relativamente à longitude. Decrescente em direcção a águas mais próximas da costa (>45°W), estável entre 45° e 30°W e abruptamente crescente em águas mais oceânicas (30° e 18°W). O efeito do mês na CPUE apresenta-se como um período de maior abundância nos meses de Agosto a Outubro, sendo os valores mais elevados observados em Setembro. As taxas de captura apresentam valores máximos quando o índice de iluminação lunar varia entre 0,9 e 1, e valores decrescentes quando a intensidade de luz diminui (lua minguante). O efeito da profundidade da zona de lançamento do palangre na CPUE manifesta-se como uma tendência para valores elevados a profundidades entre 2.500 e 3.000 m, sendo mais elevados a profundidades superiores a 4.000 m. Foram observados valores elevados de CPUE quando o lançamento do palangre se inicia à meia-noite (0 horas) e às 18 horas, sendo superiores neste último período. Os índices de captura apresentam-se máximo quando equipamento está imerso por 16 horas, decrescendo abruptamente com mais horas de imersão. O número de anzóis/cesto apresenta máxima eficiência de capturas quando o palangre é configurado com 3 anzóis/cesto. Porém, foram também observadas elevadas capturas quando foram utilizados entre 5 e 15 anzóis/cesto, decrescendo acentuadamente nas demais configurações.

A figura 3.13 apresenta as relações entre os resíduos parciais obtidos para as variáveis ambientais e os índices de captura transformados para o *X. gladius* [$\ln(\text{CPUE}+0,1)$]. O efeito da temperatura da superfície da água do mar apresenta-se como uma tendência crescente das CPUE para temperaturas baixas entre 15° e 20°C. Os índices de captura apresentam, de forma geral, duas tendências relacionadas com a anomalia da temperatura à superfície da água do mar. Os índices de abundância mais elevados estão associados a anomalias negativas mais intensas, e a anomalias positivas a partir de valores próximos de 0,5°C. A CPUE apresenta uma tendência decrescente à medida que se dirige a valores positivos de anomalia da altura da superfície da água do mar. Devido aos amplos intervalos de confiança observados para valores abaixo de -100 mm e acima de 100 mm, as análises baseiam-se nas tendências da relação entre os referidos valores. Relativamente à profundidade do topo da termoclina, a CPUE

apresenta uma tendência contrária ao que foi observado nas outras áreas, sendo crescente para maiores profundidades da camada de mistura. A relação entre a componente zonal dos ventos e os índices de captura mostra elevadas capturas de *X. gladius* para valores entre -1 e 1 m/s. A relação entre a componente meridional e os índices de captura apresenta uma tendência crescente até valores negativos de -2,5 m/s, seguida de uma forte inflexão da função, tornando esta tendência decrescente para valores da componente meridional mais próximos de zero. A CPUE apresenta valores máximos quando a componente meridional atinge 2 m/s.

3.4- Discussão

Actualmente, o uso de modelos aditivos generalizados (GAMs) encontra-se entre as técnicas estatísticas mais utilizadas no mundo. Esta técnica tem sido aplicada principalmente nas áreas da política (Beck e Jackman, 1998), economia (Linton e Hardle, 1996) e epidemias (Schwartz, 1994). A utilização de GAMs na pesca tornou-se mais evidente em meados dos anos 90, em função da necessidade de melhor compreender as relações entre os recursos pesqueiros e o ambiente, dado que as variáveis resposta (ex: CPUE) e explicativas (ex: ambientais e operacionais) apresentam, de modo geral, uma natureza não linear.

Entretanto, Arrizabalaga *et al.* (2001) colocam duas questões quanto à utilização de GAM. Uma é o problema da “maldição da dimensionalidade”, caracterizado por um aumento notável da variância dos valores estimados quando o modelo considera muitas variáveis explicativas, independentemente do tamanho da amostra; a outra questão está relacionada com a ordem das variáveis no modelo. Relativamente à primeira questão, o problema é superado na medida em que a relação entre a variável dependente e cada variável independente é estimada individualmente através de um suavizador univariado, ou que apresenta pequena dimensão quando multivariado (Stone, 1985). Além disso, o problema é também minimizado pelo cálculo do pseudo coeficiente de determinação (*pseudo-r²*), que leva em consideração o grau de liberdade do modelo e assim estabiliza a variação residual quando a inclusão de mais uma variável não acrescenta mais informações relevantes ao modelo. O segundo problema é minimizado pela pré-selecção das variáveis incluídas nas análises usando o AIC modificado incorporado na função GAMAIC (Burnham e Anderson, 1998; McCracken, 2004), como explicado no material e métodos.

No presente Capítulo, a utilização do GAM revelou ser uma ferramenta estatística útil para uma melhor compreensão dos factores que afectam a pesca de *X. gladius* por parte da frota palangreira do Brasil. Os resultados obtidos mostram claramente a importância dos factores operacionais e ambientais na pesca de *X. gladius*. Apesar de factores operacionais, como o número de anzóis/cesto, hora inicial de lançamento do palangre, tempo de imersão e a área de pesca (latitude e longitude), apresentarem maior influência na pesca de *X. gladius*, os factores ambientais mostraram-se altamente significativos. Estes resultados corroboram as observações de Guyomard *et al.* (2004), que indicam os factores operacionais como o principal responsável pela eficiência da pesca. Segundo Bigelow *et al.* (1999), estes resultados podem ser consequência de muitos dos factores ambientais utilizados estarem fortemente relacionados com os factores operacionais, de tal forma que esta evidência surge nos modelos apenas nos casos dêem que se verifiquem padrões anómalos marcados.

Contudo, a inclusão de variáveis ambientais com os factores operacionais no modelo, contribui de forma significativa para o melhor ajustamento dos modelos (Bigelow *et al.*, 1999; Guyomard *et al.*, 2004), dado que muitas espécies, em particular grandes migradores, possuem um ciclo de vida estritamente relacionado com as condições ambientais (Sharp, 1978; Laurs *et al.*, 1984; Maul *et al.*, 1984; Podestá *et al.*, 1993; Hinton e Deriso, 1998; Bigelow *et al.*, 1999) o que influencia a disponibilidade e vulnerabilidade dos recursos explorados. Bartoo e Coan (1989) referem a importância de incluir os processos ambientais nos modelos de dinâmica populacional, embora muitas vezes sejam ignorados ou tratados de forma estacionária (Guyomard *et al.*, 2004).

A captura por unidade de esforço (CPUE) pode ser afectada por muito factores relacionados com a abundância como a dispersão dos recursos em resposta às condições ambientais (Marr, 1951; Lange, 1991; Hazin *et al.*, 2004), e pelas diferentes estratégias de pesca adoptadas pelas frotas (He *et al.*, 1997; Ver Capítulo II). Por este motivo, a relação entre a CPUE comercial e a abundância das espécies é, de forma geral, não linear (Maury *et al.*, 2001). Estas observações coincidem com os resultados do presente trabalho, em que se observam evidências de comportamento não linear das relações entre os factores ambientais, e operacionais, e os índices de captura de *X. gladius* ao largo da costa do Brasil. Zagaglia (2003), ao analisar as relações entre as variáveis ambientais e a CPUE de *T. obesus*, *T. albacares* e *T. alalunga*, capturados no Atlântico

Sudoeste Equatorial, também observou relações não lineares. Hazin *et al.* (2004), num estudo preliminar, na mesma área de pesca, apresentam relações não lineares entre a CPUE de *X. gladius* e os factores ambientais e operacionais. No Pacífico norte, Bigelow *et al.* (1999) utilizando GAM, também observaram fortes relações não lineares entre as variáveis de pesca e oceanográficas e os índices de captura de *X. gladius* e *P. glauca*.

O *X. gladius* apresenta um complexo padrão de migração horizontal que envolve uma série de factores oceanográficos e biológicos responsáveis pela distribuição diferenciada da espécie, em função do tamanho e sexo do indivíduo (Markle, 1974; Beardsley, 1978; Mejuto e Hoey, 1991). Segundo Nakamura (1985) a topografia de fundo, também, influencia na distribuição diferenciada da espécie, quando localizados em áreas com condições da água propícias, são frequentemente cenários de importantes concentrações alimentares para a espécie e excepcionalmente produtivas. Os resultados mostram que a abundância de *X. gladius* varia consideravelmente com o espaço e o tempo. Em alguns locais e meses do ano, a actividade da pesca concentra-se em áreas onde ocorrem anomalias e fenómenos de enriquecimento (Zagaglia, 2003), tais como na proximidade da costa, na plataforma continental, bancos submarinos e zonas acidentadas (Ver Capítulo II); e em áreas mais oceânicas (>3.000 m), embora o efeito se mostre fraco. Experiências com “PSAT” têm revelado que a espécie reside temporariamente em zonas acidentadas (Seki *et al.*, 2002). Segundo Travassos *et al.* (1999), importantes interacções entre as correntes oceânicas locais e o relevo submarino, formado por acidentes topográficos, podem promover transportes verticais de nutrientes. Estes transportes são necessários para o aumento da produtividade primária em águas superficiais predominantemente oligotróficas, como é o caso das águas na área de estudo. Hazin (1993) refere que estas áreas representam os principais locais de captura de espécies pelágicas comercialmente exploradas na costa brasileira. Olson e Polovina (1999) referem que a batimetria pode ser de maior importância na pesca de *X. gladius*, mas que as frentes superficiais (temperatura da superfície da água do mar e a densidade) associadas a essas estruturas podem sobrepor-se ao efeito da batimetria.

O *X. gladius* 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 *X. gladius* 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. Estes autores sugerem 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 e 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.*, 2002a), 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, obtida no presente Capítulo. 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 *X. gladius* e concluíram que a região estudada não é uma área de reprodução da espécie mas sim de amadurecimento e pós-desova.

O tempo de imersão é uma componente importante na performance do palangre, podendo influenciar o sucesso da pescaria. Dependendo do comportamento da espécie-alvo, o tempo de imersão pode variar entre 5 e 20 horas (Ward *et al.*, 2004). Segundo estes autores, um tempo de imersão do palangre de aproximadamente 15 horas tem um efeito positivo nas capturas do *X. gladius*. Estes resultados concordam com os obtidos no presente Capítulo, dado que os valores mais elevados de CPUE foram obtidos quando o equipamento permaneceu até 16 horas na água, mostrando uma forte tendência de decréscimo a partir deste ponto. Guyomard *et al.* (2004) observaram que após 10 horas de imersão do palangre o equipamento tende a saturar. Poisson *et al.* (2001), em experiências com “hook-time”, observaram que as melhores capturas decorrem nas primeiras 6 horas, com 17% a decorrer nas primeiras horas após o lançamento do palangre.

Os melhores rendimentos de pesca foram observados quando o lançamento do palangre teve início ao final da tarde (17 horas), no entanto, as capturas decaem gradualmente à medida que a hora de início se aproxima das primeiras horas da manhã.

Este comportamento pode ser explicado pela migração vertical de *X. gladius*, como discutido anteriormente. Carey e Robison (1981) observaram que a migração para águas mais superficiais à noite ocorre por volta das 18 horas. O lançamento às 17 horas pode ser uma estratégia dos pescadores para, desta forma, dar tempo de parte do palangre se acomodar na água, uma vez que o lançamento demora em média 2 a 3 horas, dependendo da quantidade de anzóis (Hazin, 2001; Hazin *et al.*, 2004).

Ao longo dos anos, a influência das fases lunares sobre a captura de *X. gladius* vem sendo observada tanto sob o ponto de vista empírico, a exemplo das crenças difundidas entre pescadores de que há uma forte relação entre a lua e a captura do mesmo, como sobre a perspectiva científica através do fenômeno de fototactismo estudado por outros autores (Guitart-Manday, 1964; Carey e Robison, 1981).

O *X. gladius* é um predador noturno que apresenta uma série de adaptações (ex: visão apurada) e um ritmo circadiano que parecem estar relacionados com a intensidade luminosa (Carey e Robison, 1981). Por este motivo, acredita-se que as fases da lua podem causar mudanças na sua distribuição vertical afetando, assim, a sua proximidade da área de actuação do palangre e, portanto, a CPUE (Pallares e Garcia-Mamolar, 1985; Draganik e Cholyst, 1986; Moreno e Rodriguez, 1992; Bigelow *et al.*, 1999). Contudo, a relação entre as fases da lua e as capturas de *X. gladius* é ainda incerta. Alguns autores têm observado relações significativas entre os índices de captura de *X. gladius* e as fases da lua (Draganik e Cholyst, 1988; Di Natale e Mangano, 1995; Bigelow *et al.*, 1999; Hazin *et al.*, 2002b; Guyomard *et al.*, 2004), enquanto que outros não o observaram (Guitart-Manday, 1964; Nakamura e Rivas, 1974; Anónimo, 1989; Moreno e Muñoz, 1990).

Do ponto de vista empírico, os pescadores têm observado que os melhores rendimentos de pesca se observam na lua cheia (Draganik e Cholyst, 1986; Moreno e Muñoz, 1990; Podestá *et al.*, 1993; Olson e Polovina, 1999; Hazin *et al.*, 2002b). No entanto, Moreno e Rodriguez (1992) observaram que em algumas áreas e épocas do ano a concentração do esforço de pesca ocorre na lua nova e crescente. Segundo Hazin e Hazin (1999) e Hazin *et al.* (2002b), em entrevista com pescadores de uma empresa sedeadada no porto de Natal, todos os pescadores entrevistados partilhavam da opinião que a pesca de *X. gladius* rendia mais no período de lua cheia. Os resultados obtidos no presente Capítulo mostram que os melhores rendimentos se verificam a meio da fase crescente e início da lua cheia, em especial na fase crescente. Estes resultados

concordam com os de Gaertner *et al.* (2001), que referem que os melhores rendimentos se observam na fase crescente do ciclo lunar.

No presente Capítulo foram observadas algumas diferenças entre as fases da lua e a profundidade do topo da termoclina, indicando que a menor variação da intensidade de luz pode afectar a distribuição do *X. gladius* na coluna de água. Na área 4, este fenómeno é mais evidente em noites de final de lua crescente e de lua cheia em que são registados índices de captura de *X. gladius* mais elevados quando o topo da termoclina se encontra a uma maior profundidade (~60m) e o número de anzóis/cesto varia entre 3 e 8, fazendo com que o mesmo opere tanto em camadas mais rasas como nas profundas. Em noites de lua nova e lua crescente, nas áreas 1, 2 e 3, as melhores capturas são registadas quando o topo da termoclina se encontra menos profunda (com diferença de 8 m) e o número de anzóis/cesto varia entre 3 e 5.

Guitart-Manday (1964) observou que, na região ocidental de Cuba, os pescadores alteram a profundidade do equipamento de pesca em dependência da fase da lua. O mesmo autor relata que em noites claras (lua cheia) os anzóis eram colocados a profundidades maiores. Draganik e Cholyst (1986) observaram melhores capturas em períodos de lua cheia, particularmente quando a termoclina está a uma profundidade maior. Hazin *et al.* (2002b), com base em relatos de pescadores da região equatorial do Atlântico sudoeste, observaram que em períodos de lua cheia estes operam o equipamento a profundidades maiores para obterem melhores capturas.

A diferença no sucesso da pesca de *X. gladius*, observada tanto da perspectiva científica como pela experiência dos pescadores, pode estar relacionada com os seguintes factores: a) Durante o período de lua cheia o palangre pode se tornar mais visível sendo facilmente detectado pelo *X. gladius*; b) a diferença do ambiente de luz; c) o comportamento do *X. gladius* pode ser influenciado pelas mudanças na distribuição vertical das suas presa (ex. *Illex* spp.) durante a lua cheia. Carey e Robison (1981) e Carey (1990) apontam a alimentação como o principal factor. Draganik e Cholyst (1986) observaram que em noites de lua cheia a intensidade da actividade alimentar aumenta, devido ao facto da luz da lua penetrar a maiores profundidades o que favorece a detecção das presas por parte do *X. gladius*. Segundo O'Dor (1983), as espécies do género *Illex* apresentam deslocamentos verticais e comportamentos relacionados com a luz, semelhantes aos do *X. gladius*. De facto, durante a sua pesca, as lulas ficam

distribuídas no limite da zona de sombra entre o barco e a área iluminada, podendo, em noites de muita luz (lua cheia), deslocarem-se mais para o fundo que o habitual.

A fase lunar influencia, de forma directa, as artes de pesca que utilizam atracção luminosa (ex. “light-sticks”), como é o caso do palangre na captura de *X. gladius*, dado que em noites de lua cheia o seu poder de atracção pode ser reduzido. Hazin *et al.* (2005) citam que a utilização e o número de “light-sticks” no palangre apresentam a maior importância na captura de *X. gladius*. Guyomard *et al.* (2004) observaram fracas associações entre o número de “light-sticks” e a influência das fases lunares. No entanto, Poisson *et al.* (1998) observaram que pescadores do sudoeste do Índico têm adoptado algumas técnicas para diminuir esta influência, utilizando apenas 1 “light stick” a cada 3 anzóis em noites de lua cheia. Este comportamento não pode ser comprovado no presente trabalho devido à ausência de informações deste tipo, no entanto é possível que pescadores experientes utilizem este tipo de técnicas. De qualquer forma, os resultados mostram que a maioria dos pescadores sobrestima o efeito da lua e estima erradamente a influência da lua cheia na captura de *X. gladius*.

Entre os factores ambientais, a temperatura tem sido descrita, por vários autores ao longo dos anos, como o principal parâmetro oceanográfico que influencia directamente a distribuição da espécie (Palko *et al.*, 1981). No presente Capítulo, a temperatura da superfície da água do mar demonstrou influenciar a pesca de *X. gladius*, registando-se valores óptimos entre 20° e 26°C. Estes resultados concordam com os resultados de Nakamura (1985), que também observa maiores capturas nesta gama de temperaturas. Não obstante, Podesta *et al.* (1993) não observaram relações significativas entre a temperatura e as capturas de *X. gladius* no Atlântico Norte. Em águas australianas, Young (2000) sugere que as melhores capturas ocorrem em águas com temperaturas variando entre 26°C e 28°C, porém, não apresentaram significância com os índices de captura do *X. gladius*. Draganik e Cholyst (1986) referem que estes resultados, obtidos neste Capítulo, podem estar relacionados com a alimentação e a desova. No Atlântico, a desova parece ocorrer em águas com temperaturas próximas de 23°C (Nakamura, 1985). Temperaturas com este valor só foram observadas nas áreas 3 e 4, sugerindo que a migração para a região sudeste-sul, seja, também, para desova como relatado por Amorim e Arfelli (1988). Esta hipótese é sustentada por Hazin *et al.* (2001) que observaram ovários maduros apenas a sul de 16°S.

Estudos recentes sugerem que a detecção de habitats térmicos (ex. frentes oceânicas) pode ser um instrumento para melhorar a performance da pesca de *X. gladius*

e outras espécies altamente migratórias, como o *T. alalunga*., devido as mesmas apresentarem elevada acumulação de presas (Fiedler e Bernard, 1987; Olson *et al.*, 1994). Ovchinnikov (1971) foi o primeiro a notar que a concentração de adultos em determinadas zonas estava aparentemente associada às frentes oceânicas geradas por algumas correntes do Atlântico Norte, como a Contra Corrente Norte Equatorial. A concentração de *T. alalunga* e o *T. obesus* em zonas de frentes térmicas tem sido relatada no Atlântico Equatorial (Travassos, 1999b; Zagaglia, 2003). No presente Capítulo, também foram observadas associações entre as frentes de temperatura e as capturas de *X. gladius*. Em particular, observam-se índices de captura associados a divergência equatorial (Área 1) e na Zona de Convergência Subtropical (Área 4).

De maneira geral, a região oceânica da área 1 pode ser considerada oligotrófica, principalmente na parte oeste. Segundo Hazin (1993), o forte gradiente térmico constitui um obstáculo a movimentos verticais, porque dificulta a reposição de sais nutrientes na camada eufótica. Nos oceanos tropicais, a ressurgência é um dos processos físicos mais importantes, sendo responsável por grande parte do suprimento de nutrientes na camada superficial (Brown *et al.*, 1989.).

O padrão de distribuição de ventos associado ao transporte de Ekman (que acontece para a direita do vento no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul) induz divergência das águas superficiais ao longo da faixa equatorial e convergência próximo da latitude 4°N (Brown *et al.*, 1989). Esta zona de convergência a 4°N forma-se a partir do encontro das águas transportadas por influência dos alísios de sudeste com as águas da Zona de Convergência Inter Tropical (Brown *et al.*, 1989). Como consequência da divergência equatorial, as águas sub superficiais alcançam a superfície nesta região, constituindo assim o evento de ressurgência. Segundo Mitchell e Wallace (1992), o brusco desaparecimento da Zona de Convergência Inter Tropical em latitudes próximas ao equador e o seu reaparecimento em latitudes mais a norte no Hemisfério Norte, está associado à descida das temperaturas da superfície da água do mar por ressurgência equatorial que, por sua vez, resulta da intensificação dos ventos alísios em Abril e Maio. Estes meses correspondem ao período, na área 1, onde foram observadas as maiores concentrações de *X. gladius*.

Zavala-Camin (1987) e Santos e Haimovici (1997) afirmam que a aglomeração de *Illex* spp na região sudeste-sul (área 3 e 4) no Inverno está relacionada com a frente térmica gerada pelo encontro das águas quentes da Corrente do Brasil com as águas frias da Corrente das Malvinas (Zona de Convergência Subtropical). Olson *et al.* (1994)

referem que, durante o Inverno, o limite sul da Corrente do Brasil, devido à influência da Corrente das Malvinas, desloca-se para latitudes maiores, junto à área de estudo. Este fenómeno pode explicar a observação de capturas mais elevadas no terceiro trimestre nesta região e o maior número de lançamentos efectuadas pela frota estudada neste período (Ver Capítulo II).

Áreas onde ocorre encontro de massas de água costumam apresentar anomalias de temperatura. Segundo Bakun (1996), a anomalia da temperatura da superfície da água do mar pode ser um forte indicador de frentes oceânicas, podendo, também, denunciar o afundamento de massas de água superficiais ou o afloramento de massas de água mais frias, ou zonas de ressurgência, consoante o seu valor seja, respectivamente, positivo ou negativo. A anomalia da temperatura da água do mar está associado a um aumento das capturas de *X. gladius*, tanto para valores positivos como negativos. A anomalia da altura da superfície do mar, por sua vez, também pode indicar uma relação entre as capturas de *X. gladius* e áreas de convergência (anomalias positivas de temperatura e do nível da superfície do mar) e divergência (anomalias negativas) (Marsac *et al.*, 2004). Olson e Polovina (1999) mostram que o gradiente horizontal da anomalia da altura da superfície da água do mar está muitas vezes associado a meandros e vórtices que se formam nas margens das grandes correntes, constituindo uma forte influência na captura de *X. gladius* no Pacífico norte.

Nas regiões de afundamento ou afloramento de massas de água também se observam anomalias da altura da superfície do mar, que, desta forma, estão relacionadas com anomalias de temperatura. No presente trabalho, os valores mais elevados de CPUE foram registados quando a anomalia da altura da superfície da água do mar apresentava valores negativos, indicando que o *X. gladius* está mais associado a ressurgências, embora se observe o contrário em algumas áreas. Os resultados obtidos através das análises destas duas variáveis reforçam a possibilidade de que a concentração de espécimes de *X. gladius* junto a fenómenos de meso-escala na superfície do mar, tais como frentes oceânicas, vórtices, entre outros, pode estar relacionada com a estratégia alimentar tipicamente oportunista dos mesmos. Assim, a abundância de *X. gladius* parece ser mais dependente da concentração de presas do que dos próprios gradientes térmicos e de produtividade fitoplanctónica (Podestá *et al.*, 1993; Olson *et al.*, 1994; Bigelow *et al.*, 1999). Neste caso, as características térmicas da superfície da água do mar podem ser utilizadas como indicadores espaciais da distribuição das presas, e, por associação, da distribuição de *X. gladius* (Zagaglia, 2003).

No entanto, na prática, os mapas de anomalia da altura da superfície da água do mar não são uma ferramenta muito utilizada pelos pescadores, particularmente os da frota nacional brasileira, devido ao difícil acesso aos mesmos. Considerando a facilidade com que os dados podem ser obtidos, a temperatura da superfície da água do mar torna-se a ferramenta mais usada (Pereira, 1995). No presente trabalho, observa-se que os valores óptimos de anomalia da altura da superfície da água do mar para a captura de *X. gladius* situam-se entre -5 e -10 cm. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Guyomard *et al.* (2004), que observaram efeitos positivos nas capturas da espécie quando os valores de temperatura da superfície da água do mar se encontravam entre 24°-25°C, correspondendo a valores de -10 cm da anomalia da altura da superfície da água do mar.

Segundo Podesta *et al.*, (1993), Olson *et al.*, (1994) e Bigelow *et al.*, (1999), as migrações horizontais dos agulhões em curtos períodos de tempo podem ser fortemente influenciadas por correntes oceânicas. Segundo Nakamura (1985), é comum a ocorrência de *X. gladius* em correntes oceânicas superficiais com 0,5 a 2 nós de velocidade. as quais são impulsionadas principalmente pela fricção dos ventos, além de exercer forte influência no estado do mar. A velocidade do vento também pode afectar o comportamento e a vulnerabilidade do peixe na pesca de palangre, a profundidade de actuação, área varrida pelo aparelho e o seu tempo de alagem. Carey e Robison (1981) observaram que o *X. gladius* nada a maiores profundidades quando a velocidade do vento é alta, reduzindo a sua vulnerabilidade à captura por palangre, dado que a pesca é realizada de noite quando os aparelhos estão próximos da superfície. O efeito do vento na profundidade do equipamento pode reforçar este efeito sobre o comportamento dos peixes, na medida em que o palangre pode não alcançar a profundidade desejada em condições de ventos fortes. Além disto, a alagem do palangre pode ser prolongada devido ao estado do mar (fortes ventos – mar revolto), aumentando assim a captura de espécies acessórias, indesejáveis à pescaria. No presente trabalho, os maiores índices de captura foram registados quando a intensidade dos ventos era menor, corroborando os resultados obtidos por Bigelow *et al.* (1999). É de salientar que as análises conduzidas no presente Capítulo consideraram o número de peixes, não tendo em conta as variações de tamanho e idade da espécie. Desta forma, a influência dos factores ambientais pode estar mascarada, uma vez que as mesmas variações apresentam influência directa nos diferentes estágios ontogénicos da espécie, e conseqüentemente na pesca.

Em conclusão, GAM é uma ferramenta importante para um melhor entendimento das relações não lineares entre os factores, relacionados com o ambiente e

com a pesca, com as capturas de *X. gladius*. Esta utilidade é particularmente importante no Atlântico Sul, onde a carência actual de informações sobre a espécie não permite uma melhor avaliação de seu stock. Dado que, em 2006, a ICCAT realizará uma nova avaliação de stocks para a espécie, o presente estudo revela-se essencial, uma vez que as anteriores medidas para a parte sul, tomadas em 1997, foram baseadas apenas em informações de captura históricas (ICCAT, 2000). Este estudo representa igualmente uma mais valia para o desenvolvimento da frota nacional, possibilitando o aumento do rendimento económico da frota palangreira, para quem a obtenção destas informações representa custos elevados.

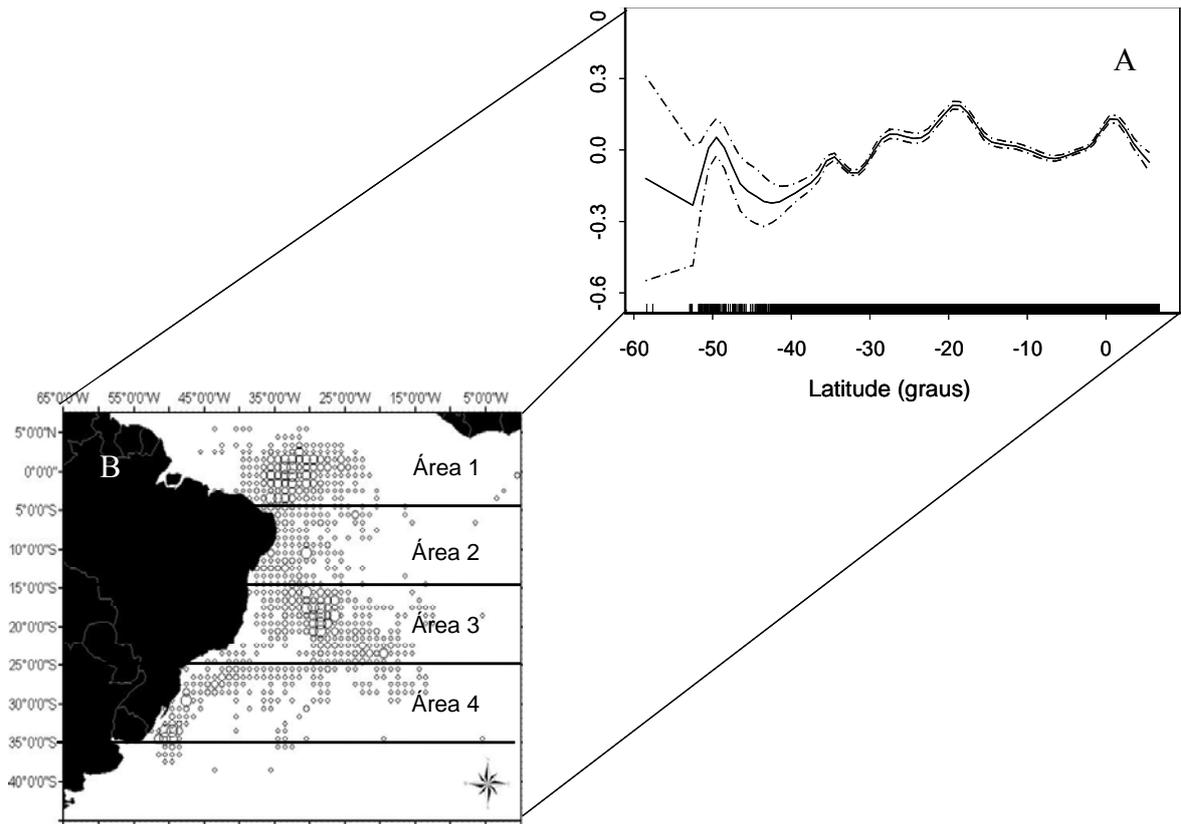


Figura 3.1- Divisão da área de pesca baseado nos resultados dos resíduos parciais da latitude (A). Os círculos indicam o esforço de pesca, em número de lançamentos de pesca, em cada divisão (B)

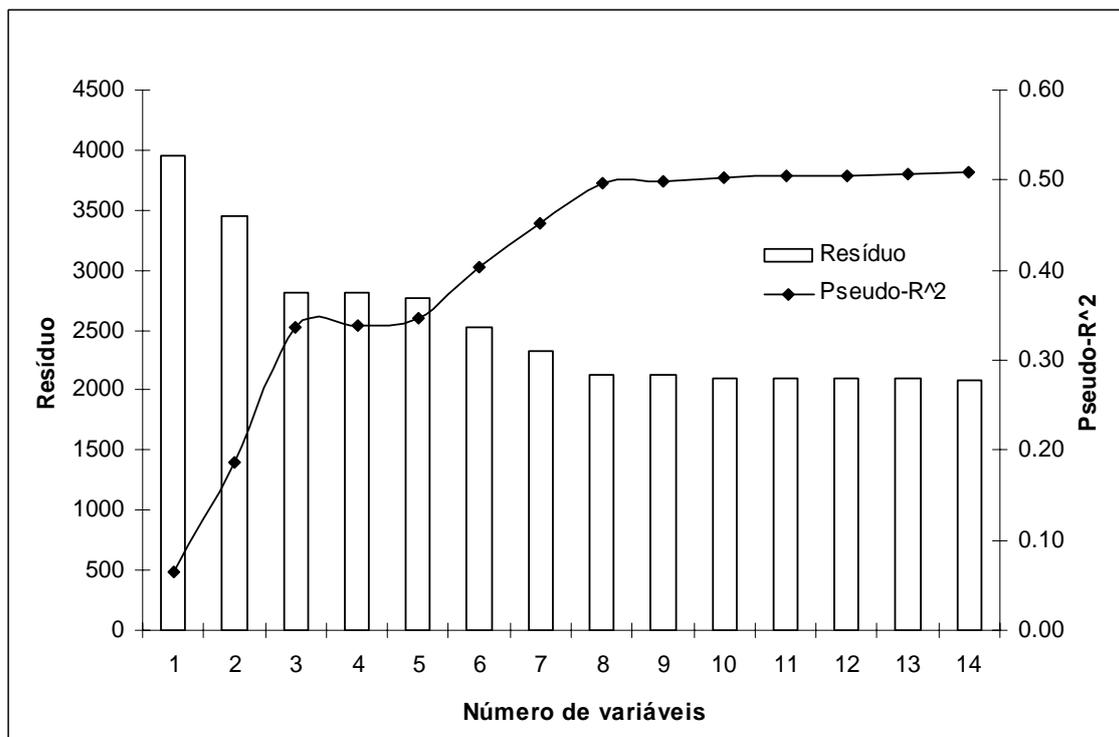


Figura 3.2- Relação entre o $pseudo-R^2$ e o número de variáveis utilizadas no modelo final.

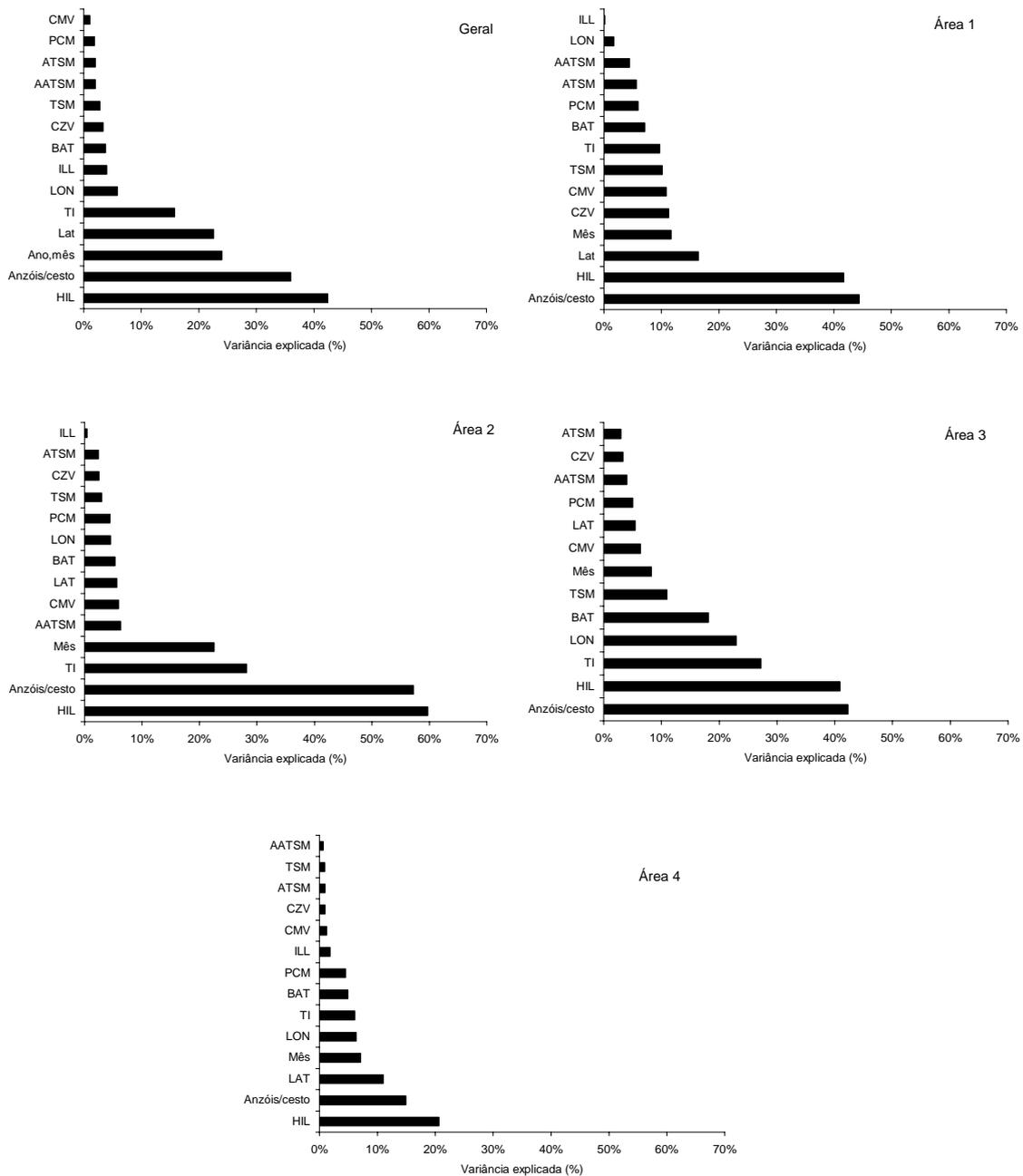


Figura 3.3- Contribuição de cada variável com os modelos. HIL= Hora inicial\de lançamento; LAT=Latitude; LON= Longitude; TI= Tempo de imersão; BAT= Batimetria; PCM= Profundidade do topo da termoclina; ILL= Índice de iluminação lunar; CMV= Componente meridional dos ventos; CZV= Componente zonal dos ventos; ATSM= Anomalia da temperatura da superfície da água do mar; TSM= Temperatura da superfície da água do mar; e AATSM= Anomalia da altura da superfície da água do mar.

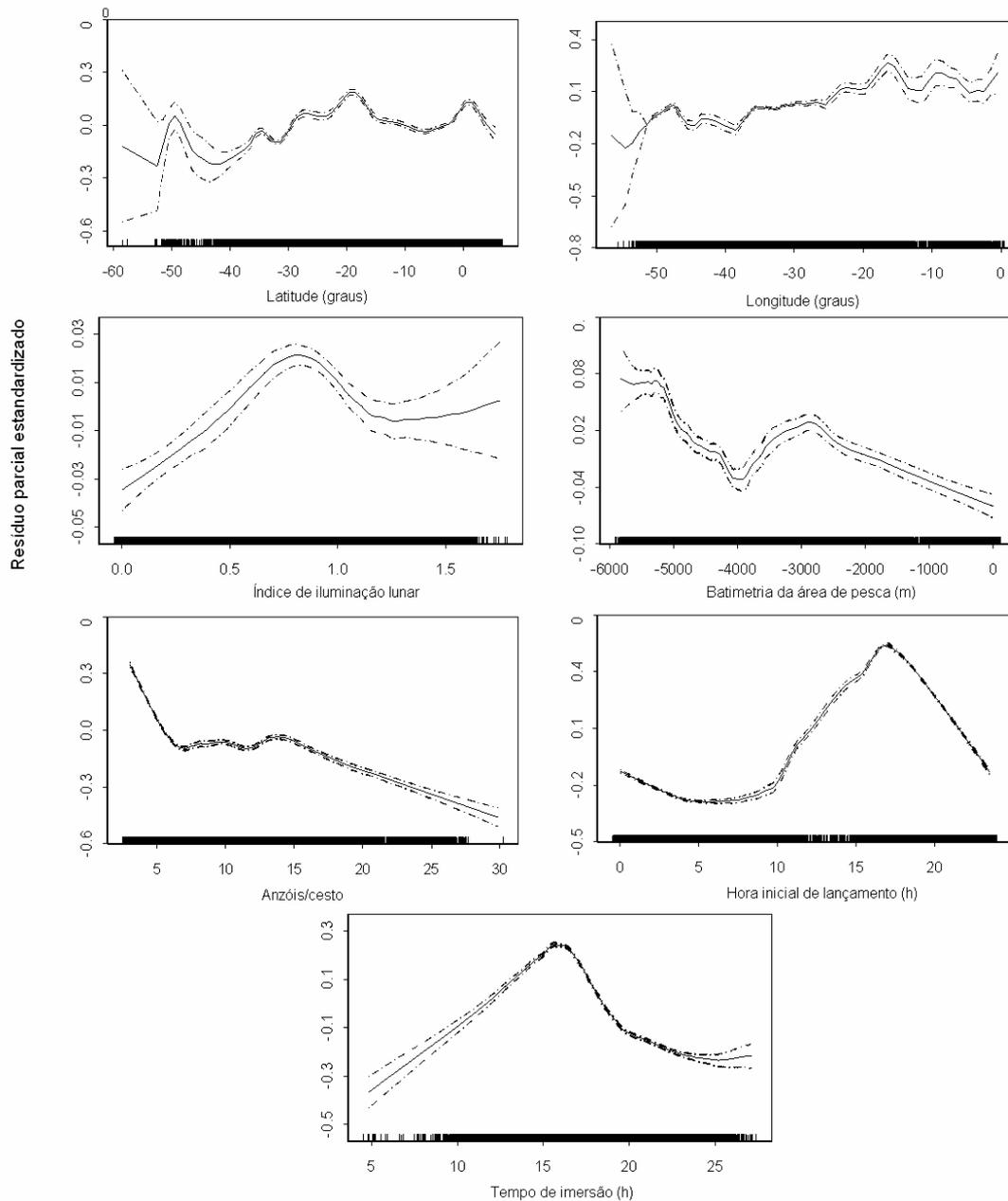


Figura 3.4- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

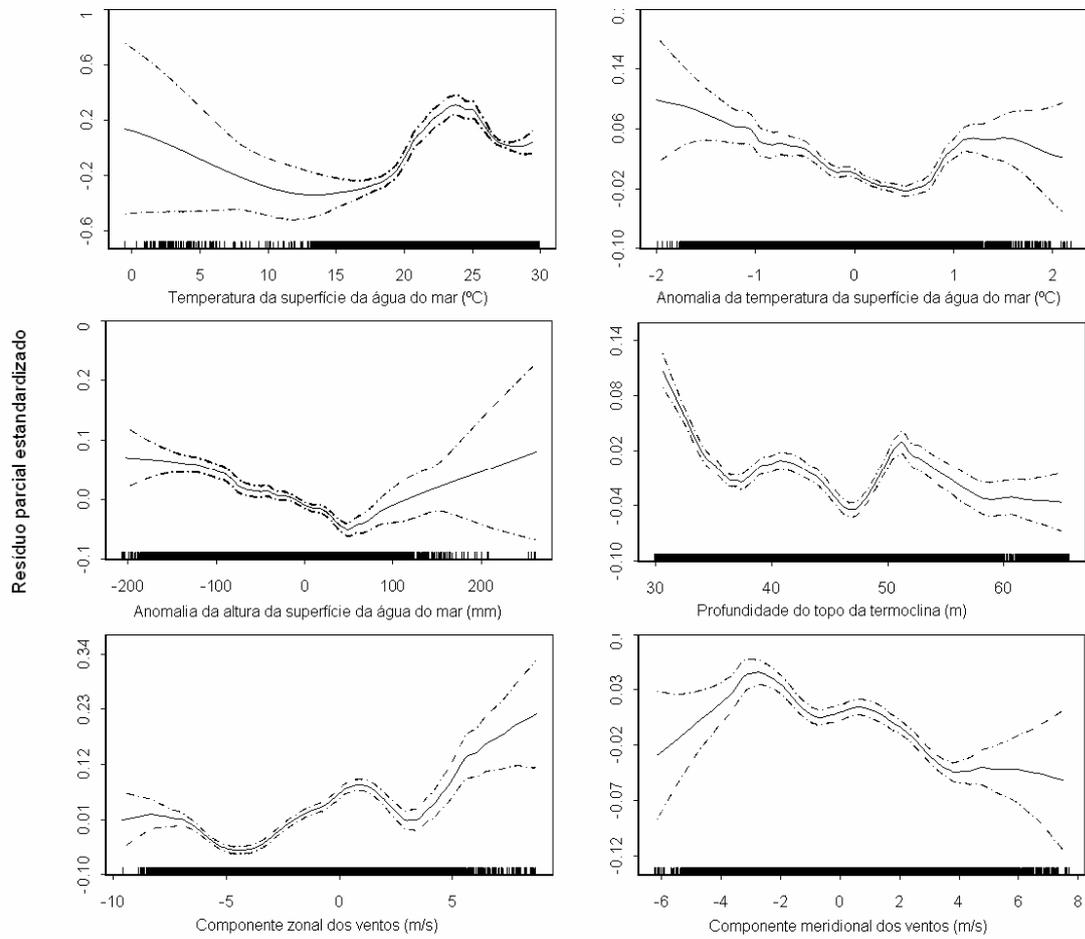


Figura 3.5- Efeito dos factores ambientais na CPUE do *X. gladius* capturado pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

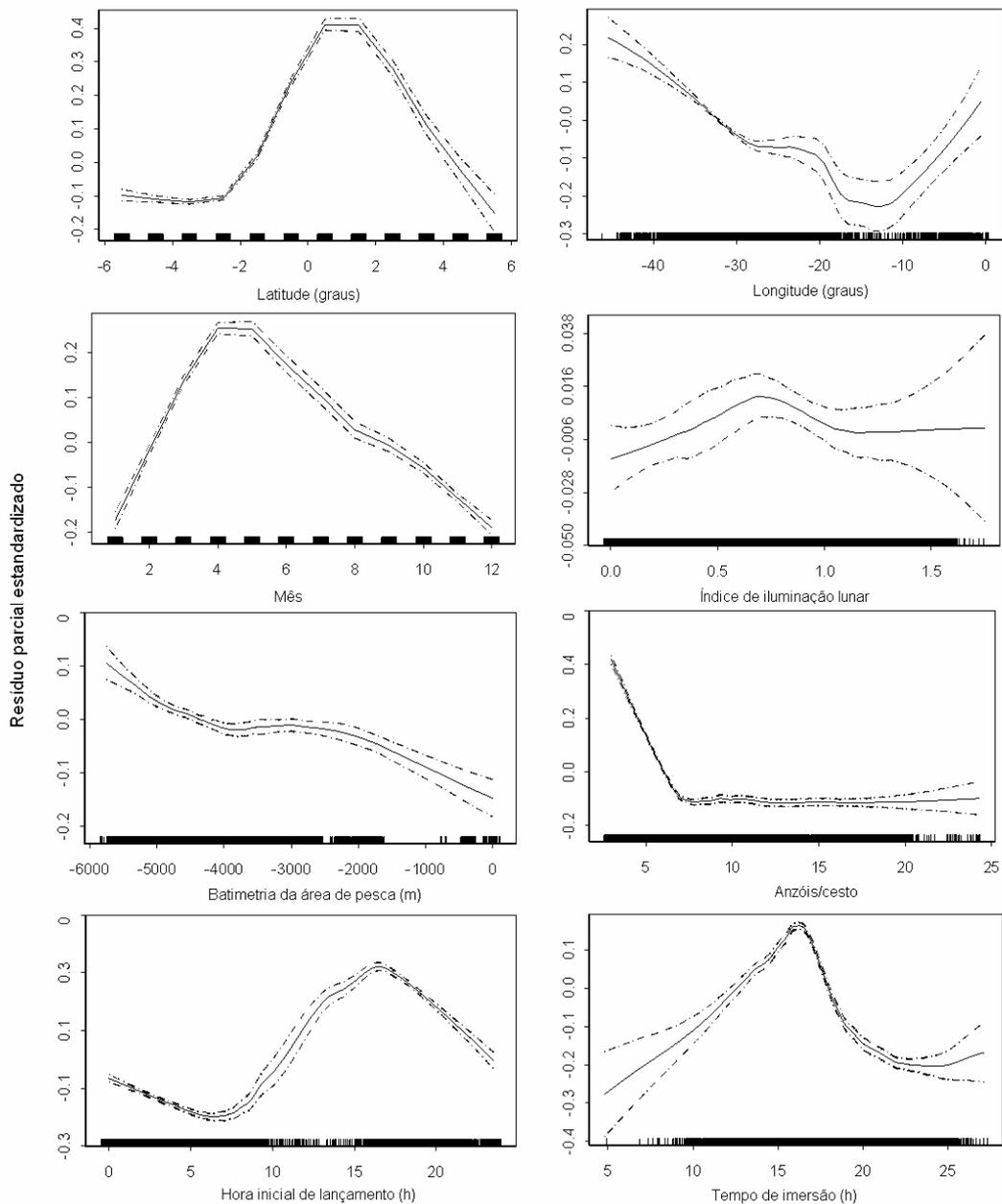


Figura 3.6- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 1, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

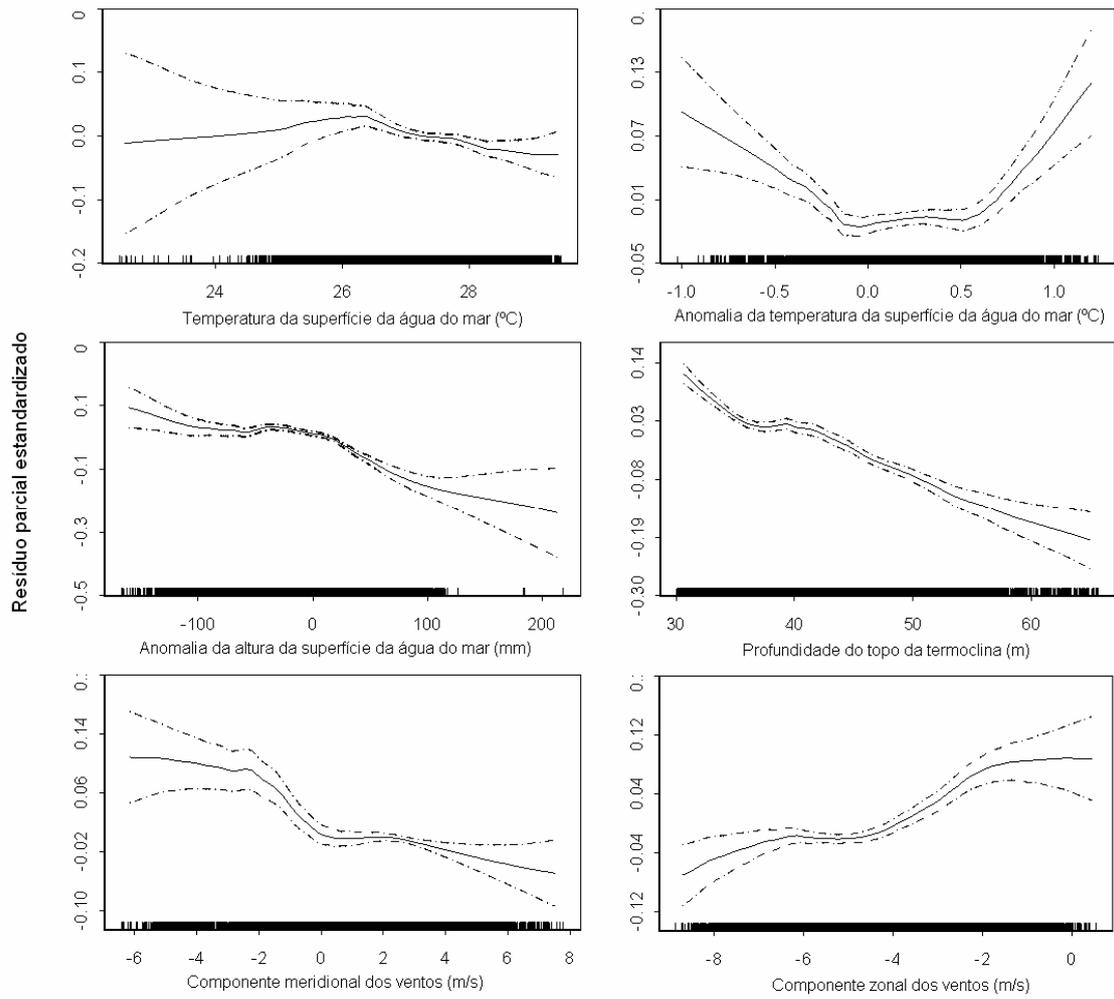


Figura 3.7- Efeito dos factores ambientais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 1, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

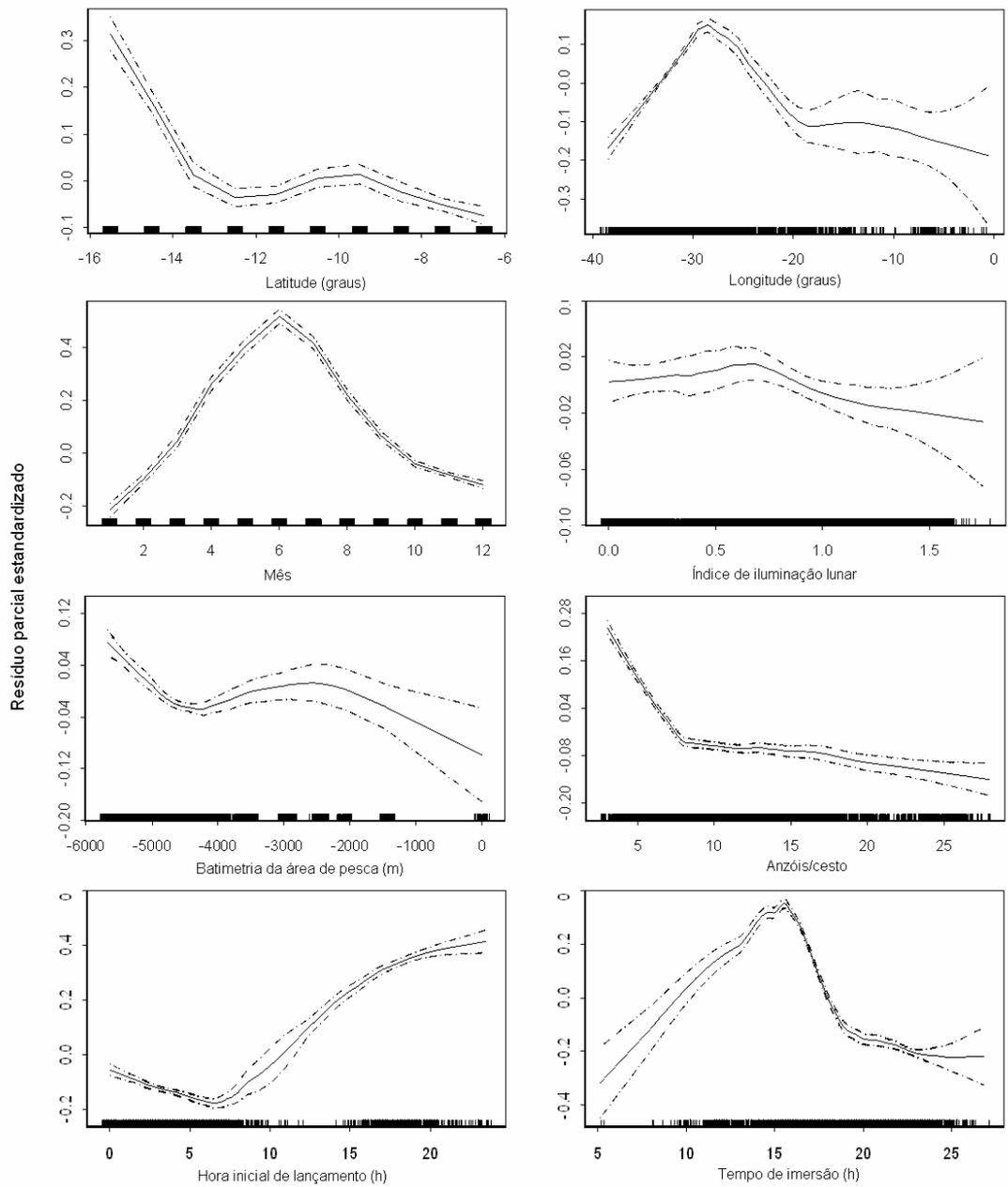


Figura 3.8- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 2, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

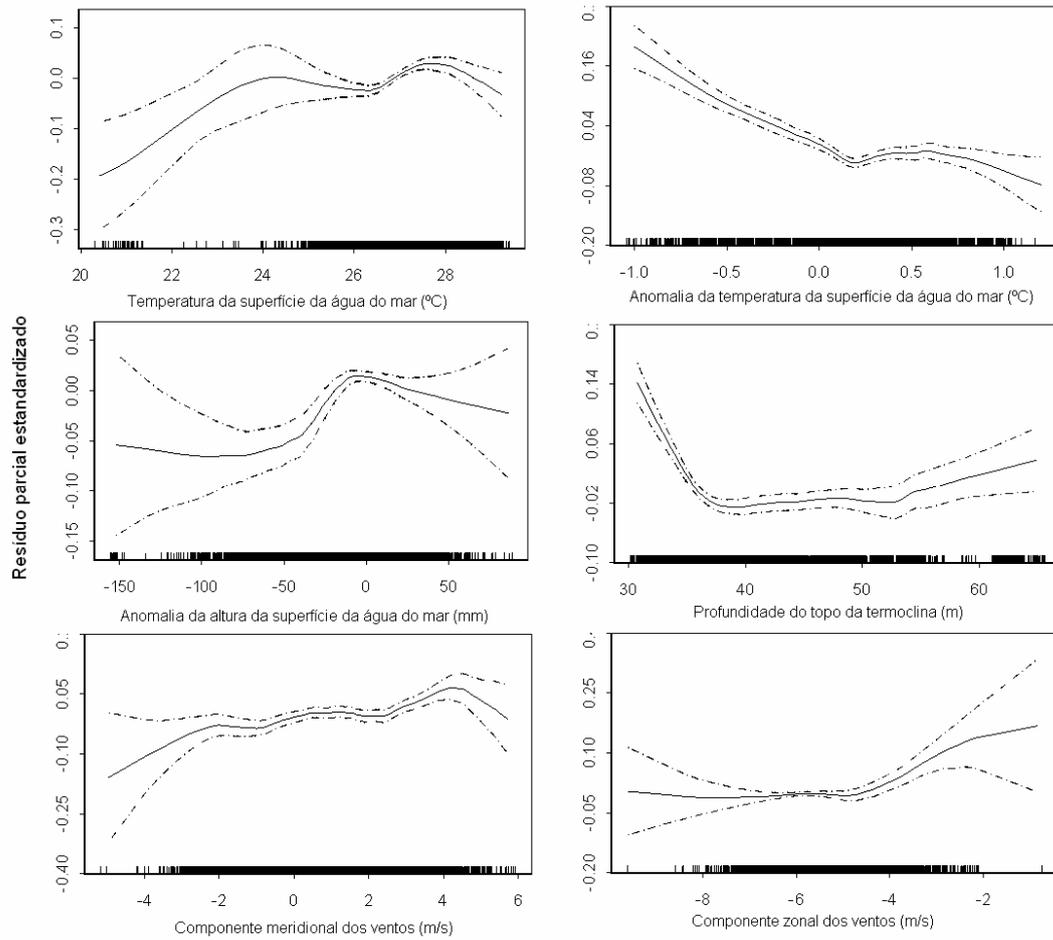


Figura 3.9- Efeito dos factores ambientais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 2, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

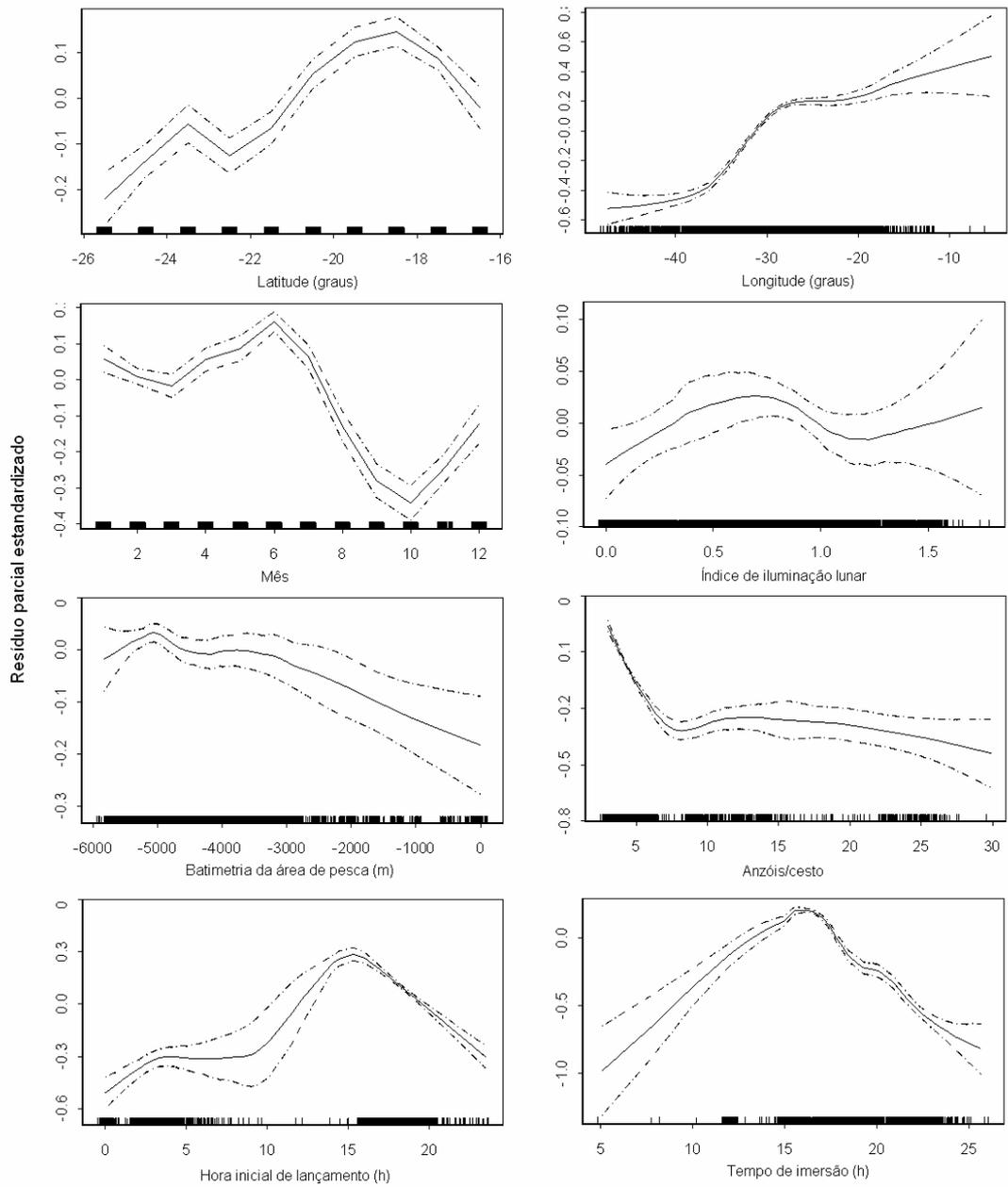


Figura 3.10- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 3, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

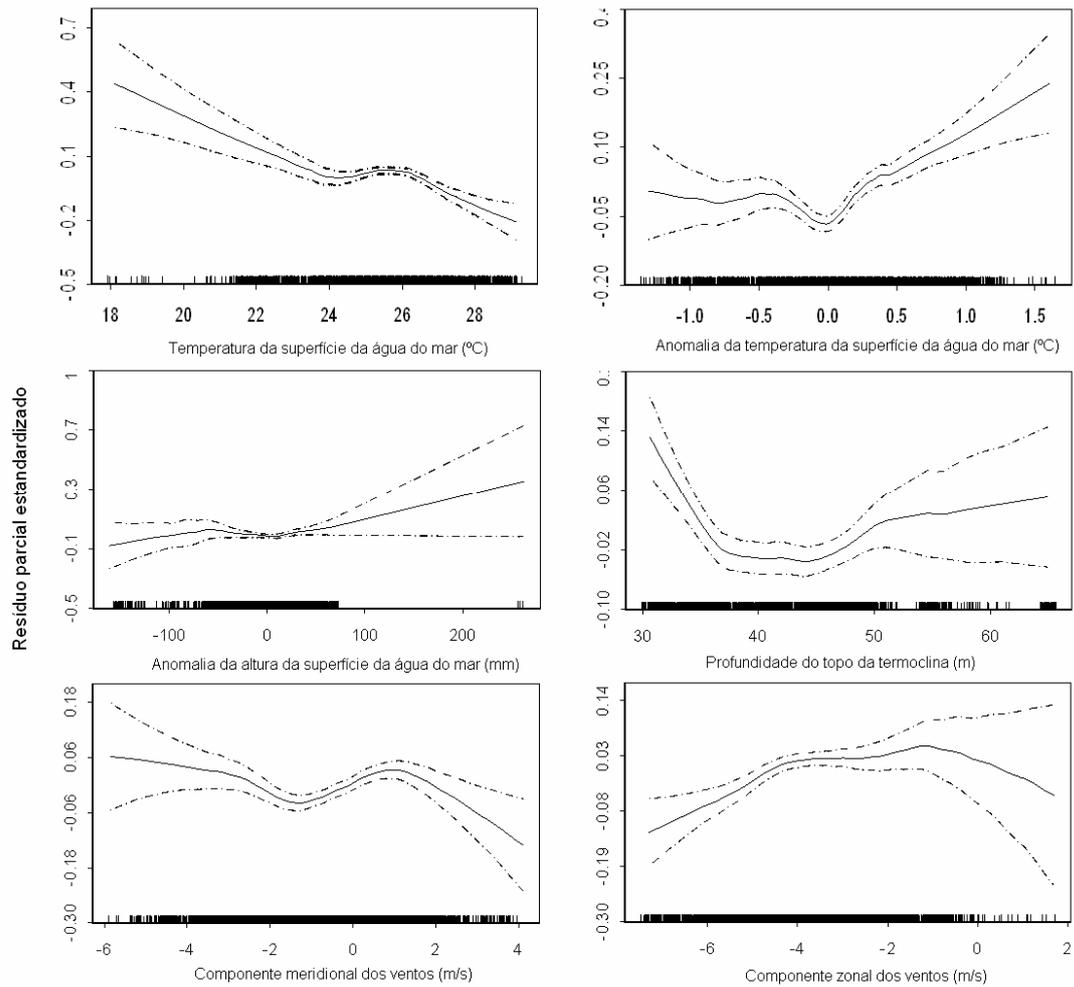


Figura 3.11- Efeito dos factores ambientais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 3, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

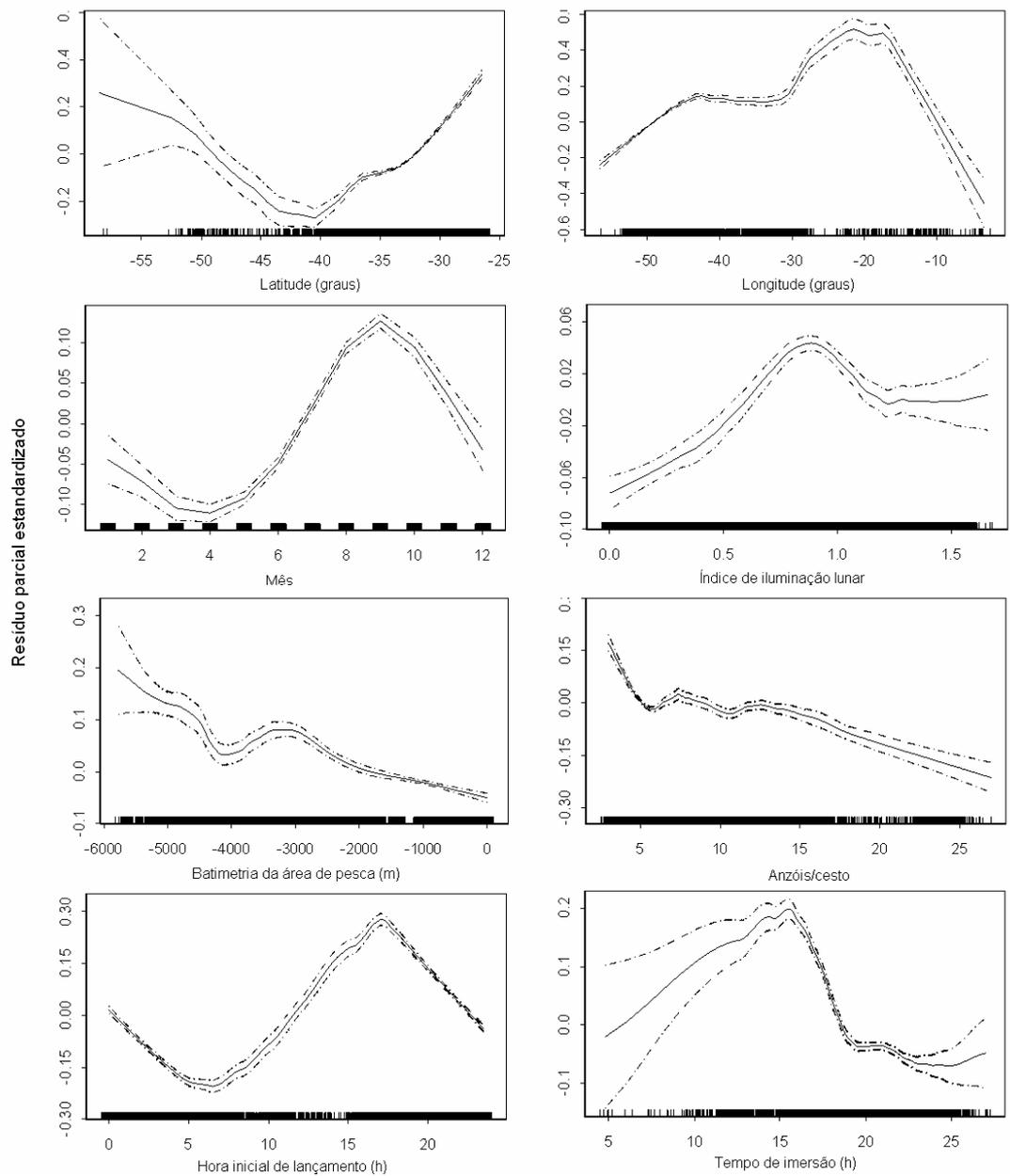


Figura 3.12- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 4, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

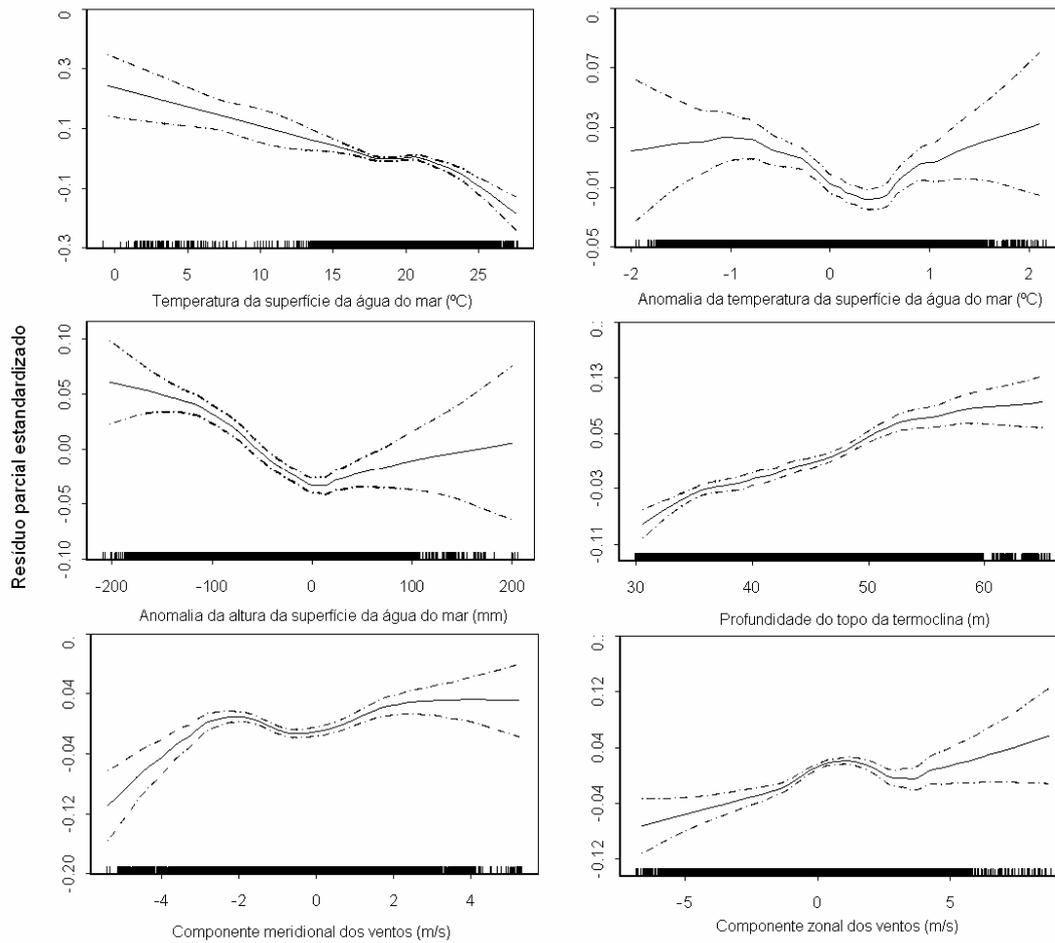


Figura 3.13- Efeito dos factores operacionais na CPUE do *X. gladius* capturado, na área 4, pela frota brasileira com palangre, no período de 1980 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

Capítulo IV

Habitat essencial e previsões espaciais das capturas de espadarte, *Xiphias gladius*, capturados pela frota palangreira brasileira

4.1- Introdução

A criação, em 1982, da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), ratificada pelo Brasil em 1988 e em vigor desde 1994, contribuiu para reforçar a necessidade de diversificação da actividade pesqueira nacional, a partir de uma exploração mais intensa dos recursos pelágicos oceânicos. De acordo com a CNUDM, os países signatários possuem exclusividade sobre o aproveitamento dos recursos naturais vivos e não-vivos das suas ZEE's. Para tal, torna-se necessária a avaliação dos potenciais de exploração, apresentando a capacidade de explorar os recursos nos níveis máximos sustentáveis.

Apesar da simplicidade do conceito de sustentabilidade consagrado na CNUDM, a sua aplicação prática mostra-se difícil e complexa, especialmente para espécies altamente migratórias. Considerando o aumento crescente do esforço de pesca, nos últimos 10 anos, para o *X. gladius* no Atlântico Sul, a ICCAT tem recomendado anualmente medidas de regulamentação para a actividade pesqueira no Atlântico, com base nos melhores dados científicos disponíveis. Estas recomendações visam manter as populações de atuns e afins em níveis que permitam uma exploração máxima sustentável (ICCAT, 2002). Incluem-se entre as medidas de conservação estabelecidas pela Comissão tamanhos mínimos de captura, definição de áreas e épocas de defeso (aplicadas apenas para o Atlântico Norte), assim como o estabelecimento de quotas anuais de captura, sendo esta última a que apresenta maior influência sobre as estratégias de desenvolvimento da actividade nos países membros. De forma a que cada país possa reivindicar os seus direitos, é essencial que se tomem medidas internas de ordenamento e conservação, aprovadas pela ICCAT. No entanto, o conhecimento científico sobre o stock do Atlântico Sul ainda é escasso, o que tem vindo a dificultar uma maior eficiência na tomada de medidas.

Uma das principais linhas de estudo dirigidas ao aperfeiçoamento dos processos de ordenamento e conservação dos recursos pesqueiros, tem recorrido recentemente a

modelos de habitat, utilizados com grande sucesso na identificação de habitats essenciais para espécies exploradas pela pesca comercial costeira (*Essential Fish Habitats*). Segundo SAFMC (1998) os habitats essenciais são definidos por “*águas e substratos necessários para a desova, criação, alimentação ou desenvolvimento dos peixes até à maturidade*”. Neste contexto:

"Águas" inclui as áreas aquáticas (vertical e/ou horizontal) bem como as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, utilizadas pelos peixes;

"Substratos" inclui os sedimentos, as feições geológicas do subsolo marinho e as comunidades biológicas associadas, e.g. recifes de coral ou vegetação aquática submersa;

"Necessários" refere-se às exigências ambientais dos habitats para que possam dar suporte a espécies ou agrupamentos de espécies manejadas, cujo nível de produção reflecta uma gestão consciente; bem como os critérios utilizados para identificar as espécies a serem manejadas. As principais presas devem ter os seus Habitats Essenciais protegidos, e a livre circulação nas rotas de migração deve ser garantida aos peixes durante todo seu ciclo de vida.

Após o estudo, no Capítulo anterior, da importância das variáveis ambientais na distribuição e abundância de *X. gladius*, o presente Capítulo tem por objectivo identificar o habitat essencial do *X. gladius*, para desta forma proporcionar melhores condições para uma elaboração eficiente de planos de gestão da espécie.

4.2- Materiais e métodos

No presente Capítulo, os dados referentes a área de pesca, esforço e captura foram obtidos através dos diários de bordo das embarcações palangreiras sedeadas no Brasil (nacionais e arrendadas) que operaram entre 10°N e 60°S. Os dados foram dispostos em quadrados de 1°x1°, por dia, mês, ano, latitude e longitude, no período de 1980 a 2000 totalizando 30.000 lançamentos de pesca.

Os dados de frequências de comprimentos (Mandíbula Inferior Furca- MIF) foram obtidos através da Coleção de Dados Estatísticos (*Data Record*) da ICCAT sobre as frotas palangreiras orientadas para a captura de *X. gladius* na área referida acima, no período de 1982 a 2000, em quadrantes de 5°x5°, por mês, ano, latitude e longitude, totalizando 5.000 lançamentos de pesca. De forma a criar a distribuição horizontal por faixa de comprimento, consideraram-se três classes de comprimento

(MIF) de acordo com Arocha (1997) e Hazin *et al.*, (2002a): a) <125 cm, imaturos; b) 125-170 cm, em maturação e/ou 50% tenha atingido o tamanho de primeira maturação (em maturação/maduros) e c) > 170 cm, com 100% dos indivíduos maduros. Ambos dados foram transformados em informação binária (presença e ausência - PA), assumindo assim uma distribuição binomial.

As variáveis predicatorias (ou explicativas) (Tabela 4.1) utilizadas para caracterizar o habitat essencial do *X. gladius* foram obtidas pelo “Physical Oceanography Distributed Active Archive Center” do “Jet Propulsion Laboratory”/NASA, “Geophysical Fluid Dynamics Lab/ocean data from the IRI/ARCS/Ocean assimilation” e “Centre ERS d’Archivage et de Traitement (CERSAT)” do (IFREMER). A profundidade do local de lançamento do palangre/batimetria - Bath foi obtida do *National Geophysical Data Center* (ETOPO5-*Earth Topography* 5min). Estes dados, cuja resolução original é de 0,5° x 0,5°, foram agregados em volume e acesso para constituir uma base com resolução de 1°x1°, por dia, ano, mês latitude e longitude.

O habitat essencial do *X. gladius* foi modelado utilizando o GRASP v3.2 (*Generalized Regression Analysis and Spatial Prediction*) (Lehmann *et al.*, 2002). O GRASP é um “script” desenvolvido para o S-plus 2000 (MathSoft, 1995; Lehmann *et al.*, 2002), que combina técnicas de GIS (*Geographic Information Systems*) e GAMs (*General Additive Models*). De forma simplificada, o GRASP funciona da seguinte forma (Figura 4.1):

- 1- Separam-se dois tipos de bancos de dados: a) banco de dados originais das variáveis explicativas (e.g. temperatura da superfície da água do mar) que abrange toda a área de estudo (10°N e 60°S); e b) Retira-se uma amostra do banco de dados original, sendo, neste caso, os lançamentos de pesca e as frequências de comprimento com as variáveis explicativas devidamente agrupadas;
- 2- Utiliza os GAMs para analisar a influência relativa de vários factores ambientais (Variáveis Predicatorias - VP) na CPUE e/ou dados de presença e ausência - PA (Variáveis Resposta - VR);
- 3- Estima o efeito da VR para cada quadrado (1°x1°, no presente Capítulo) baseado no padrão das VP do banco de dados original, utilizando a função *predict.gam* da livreria do GAM no S-plus;

- 4- Essa tendência é então convertida para o formato ArcGRID do Arcgis 3.x., elaborando assim, os mapas espaciais das VR em função das VP.

A formulação geral do GAM usado no presente Capítulo é expressa da seguinte forma:

$$PA = a + s_1(x_1) + s_j(x_j) \dots + e.$$

onde “a” é uma constante, s_1 é o efeito da função suavizadora (*Spline*) para a variável independente x_1 e “e” é o erro aleatório da função.

O suavizador “Spline” (*cubic smoothing splines*) foi escolhido para este estudo com base na sua capacidade de ajustar a curva a um conjunto pequeno de pontos (neste caso 2 conjuntos - 0 e 1). O suavizador “Loess”, em contrapartida, necessita de uma grande quantidade de pontos para ajustar correctamente a curva (Hastie e Tibshirani, 1990), pelo que os dados de PA não se adequam ao uso deste suavizador (Lehmann *et al.*, 2002). Ambos os modelos foram ajustados utilizando uma distribuição quasi-binomial. A função “stepwise” adaptada com “Likelihood” para o GAM, inclusa no GRASP, foi utilizada para seleccionar as variáveis significativas do modelo final, assim como aplicar a adição ou não de graus de liberdade para um melhor ajustamento da curva aos pontos. A validação para os modelos finais (captura e comprimento) foi realizada com base em 10.000 lançamentos de pesca para os dados de captura, e 1.000 amostras para os dados de frequência de comprimento, escolhidos aleatoriamente. As referidas amostras não foram consideradas para o processo de geração dos modelos, sendo reservadas apenas para a análise do poder de previsão dos mesmos. Esta análise conduziu-se de duas formas: a) a correlação entre os valores observados da variável resposta com as variáveis previstas pelo modelo (Validação simples) e b) a correlação entre 10 sub-grupos do previsto, seleccionados automaticamente pelo GRASP (Validação-cruzada). A significância das correlações foram testadas pelo “Receiver Operating Characteristic” (ROC) (Fielding e Bell, 1997; Lehmann *et al.*, 2002), equivalente a uma regressão linear para dados não binários (Fielding e Bell, 1997). A contribuição de cada variável adicionada ao modelo final (“Drop”) e a potencial contribuição individual sem a influência das outras variáveis (“Alone”) foram calculadas pela variação residual, expressa em percentagem (%).

4.3- Resultados

Modelos para os dados de captura

Apresentam-se somente os resultados referentes ao habitat essencial, gerado pelo modelo PA baseado nos valores das capturas, uma vez que as relações entre a variável resposta e as variáveis ambientais encontram-se analisadas no Capítulo anterior. Das 10 variáveis testadas apenas 6 completaram o modelo final (Tabela 4.2).

Ambas as validações, simples e cruzada, apresentaram valores elevados de ROC (0,73), não diferenciando entre si. Estes resultados indicam que o poder de previsão das capturas foi satisfatoriamente bem ajustado (Tabela 4.2), ou seja, para os quadrantes onde os valores previstos da VR foram extrapolados, mostram-se com 73% de certeza.

A figura 4.2 apresenta a contribuição (“Drop”) das variáveis escolhidas para o modelo final e a potencial contribuição (“Alone”) das variáveis na distribuição do *X. gladius*. As CZV, PCM e AHTSM apresentam um elevado potencial de contribuição (“Alone”) para explicar a distribuição do *X. gladius*. No modelo final (“Drop”) os factores que mais contribuíram foram a CZV (60%), TSM (38%), AHTSM (22%) e CMV (18%).

A Figura 4.3 apresenta as densidades de captura do *X. gladius* distribuídas espacialmente. Os resultados mostram 3 áreas onde a densidade de captura da espécie é elevada, localizando-se uma ao norte de 5°S, outra entre 20°-25°S/15°-35°W e a última próxima da costa, entre 17°S e 27,5°S.

Modelos de frequência de comprimento

A Tabela 4.2 apresenta os resultados da selecção das variáveis significativas escolhidas para o modelo final. Observa-se uma diferença entre as variáveis seleccionadas nos três modelos finais, apresentando mais factores ambientais no modelo final dos indivíduos jovens e maduros (Figura 4.2), o que sugere que ambos sofrem maior influência destes factores. Para o modelo dos jovens, a Bath, TSM, PCM e CZV foram os factores que mais influenciaram a sua distribuição, contribuindo com 48%, 19%, 15% e 12%, respectivamente, da variância explicada no modelo (Figura 4.2). No modelo dos indivíduos em maturação/maduros, a TSM e PCM contribuíram com mais de 60%, enquanto que para o modelo dos maduros, os factores que mais contribuíram foram a TSM, Bath, CMV e a AHTSM.

A validação e a validação-cruzada dos modelos são apresentadas na Tabela 4.2. Os resultados mostram que os ajustamentos foram bastante satisfatórios, com elevados valores de ROC. Apesar das diferenças verificadas entre o observado e o previsto, as mesmas foram diminutas, variando entre 0,3 para os modelos dos indivíduos em maturação/maduros e 0,4 para os modelos dos jovens e maduros, indicando um bom ajuste na estabilidade do modelo (Tabela 4.2).

As figuras 4.4 a 4.6 apresentam os resultados das relações entre as variáveis ambientais significativas e as classes de frequência de comprimento para o *X. gladius*. Observa-se uma distribuição vertical, baseada na PCM, diferenciada para as classes de comprimento, sendo que os indivíduos jovens são mais abundantes quando a PCM se encontra localizada nos primeiros 20m, enquanto que os indivíduos em maturação/maduros foram mais abundantes a partir dos 30m. Já para os indivíduos maduros a sua abundância é máxima quando a profundidade da camada de mistura se encontra localizada em profundidades menores que 20m e acima de 60m. Os períodos de maior incidência de jovens foram observados entre Janeiro e Fevereiro e entre Setembro e Novembro. No caso dos em maturação/maduros as maiores abundâncias foram observadas entre os meses de Junho e Agosto, enquanto que para os maduros ocorreu entre Janeiro e Maio e Outubro e Dezembro. A influência da temperatura da superfície da água do mar para os jovens, devido aos amplos intervalos de confiança observados para os valores abaixo de 20°C, baseou-se na tendência da relação observada acima do valor referido. Observa-se que a faixa ótima de temperatura ocorre acima dos 25°C. Para os indivíduos em maturação/maduros observa-se um aumento linear a partir de 20°C, enquanto que para os maduros a faixa ótima se encontra entre os 16° e 23°C, sendo máxima aos 20°C. A batimetria, para os indivíduos jovens, apresentou o seu maior efeito a 3.000m; entre 3.100 e 4.500m para os indivíduos em maturação/maduros e uma tendência linear a partir do 3.000 para os maduros. Tanto para os jovens como para os maduros as maiores abundâncias foram observadas quando a intensidade dos ventos é menor, apresentando-se zonal para os indivíduos jovens e maduros e meridional apenas para os maduros.

A anomalia da temperatura da superfície da água do mar apenas apresentou relação com os indivíduos jovens, sendo que as maiores abundâncias ocorreram quando os valores rondaram entre -0,5° e 0,5°C. A anomalia da altura da superfície da água do mar apresenta uma tendência linear crescente entre os -50 e -100mm, para os indivíduos maduros.

As Figuras 4.7 a 4.9 apresentam as densidades por faixa de comprimento do *X. gladius*, distribuídas espacialmente. Observa-se uma distribuição horizontal diferenciada, sendo que os indivíduos jovens se localizam em áreas mais próximas da costa, os indivíduos em maturação/maduros se encontram na Zona de Convergência Inter-tropical e os maduros se distribuem mais ao sul, particularmente abaixo do 20°S, próximo das Zonas de Convergência Subtropical.

4.4- Discussão

A construção do habitat essencial para espécies pelágicas é complexa, devido tanto aos inúmeros factores externos envolventes como à variação climática e às estratégias de pesca adoptadas pelas frotas que se modificam consoante as necessidades do mercado. Além disso, os métodos estatísticos existentes são de difícil compreensão e exigem grandes conhecimentos matemáticos. Recentemente foi desenvolvido o conceito do GRASP, sendo aplicável, principalmente, na previsão de áreas para o controlo e gestão de espécies de animais terrestres (Fraser *et al.*, 2005), plantas (Lehmann *et al.*, 2002) e recifes de coral (Garza-Pérez *et al.*, 2004).

As principais vantagens da utilização do GRASP são a facilidade de interpretação dos resultados, a actualização dos dados e pouco conhecimento matemático exigido, existindo igualmente a possibilidade de prever cenários futuros (Lehmann *et al.*, 2002). Segundo os mesmos autores, outra vantagem reside na combinação com os GAMs, permitindo um maior conhecimento dos factores envolvidos nas variáveis resposta.

O nível de precisão obtido pelo GRASP foi bastante satisfatório, com mais de 70% de exactidão para os mapas de identificação de áreas mais produtivas para a pesca do *X. gladius*, estando este directamente relacionado com as informações usadas para definir as relações entre as componentes (variáveis ambientais) nos modelos.

Os resultados mostram uma distribuição horizontal diferenciada por faixa de comprimento, assim como a preferência da espécie por áreas onde os processos de enriquecimento fornecem condições essenciais para a alimentação, reprodução e crescimento da espécie. García-Cortés e Mejuto (2003) analisando a distribuição de frequência de comprimento para o *X. gladius*, capturado pela frota espanhola no Atlântico Norte, observaram que a distribuição horizontal diferenciada se deve à migração para áreas onde as condições oceanográficas favorecem a alimentação e

desova (altas latitudes), estando os indivíduos imaturos localizados na região equatorial. Este padrão parece ser confirmado no presente Capítulo, uma vez que os resultados indicam 3 áreas de concentração da espécie, localizadas próximo à costa (jovens), na Zona de Convergência Inter-tropical (maturação/maduros) e Subtropical (maduros). A região equatorial, em particular o lado oeste, é geralmente considerada como oligotrófica (Hazin, 1993; Travassos, 1999b). Existem algumas hipóteses como divergência e convergência de correntes e interações entre essas correntes e o relevo submarino (Travassos *et al.*, 1999). As interações entre correntes oceânicas e feições topográficas, como ilhas e bancos submersos, podem originar um complexo sistema de circulação, resultando na elevação das isotérmicas (ressurgência), na formação de colunas de Taylor e na amplificação das correntes de maré (Roden, 1987). Segundo Oxenford *et al.* (1983), em zonas de ilhas e bancos oceânicos ocorrem geralmente vórtices e turbulências que impulsionam os nutrientes de águas profundas para a superfície. Este fenómeno promove o aumento da produção primária (fitoplâncton) e, conseqüentemente, do zooplâncton que fica retido e concentrado nesses locais. Kinkel *et al.* (2000) afirmam que ao longo da corrente Sul-Equatorial forma-se uma divergência que provoca o soerguimento de águas frias e uma conseqüente elevação da termoclina, estando directamente ligado com a força dos ventos.

Becker (2001) observou a formação de um vórtice de maior temperatura no banco de Aracati e a norte do mesmo, assim como vários vórtices de menor temperatura na região dos bancos de Fernando de Noronha. Igualmente Travassos *et al.* (1999) encontraram uma forte ressurgência num dos bancos da cadeia Norte do Brasil. Nessa mesma área, Zagaglia (1998) indicou a ausência de afloramentos de águas frias na superfície, descrevendo, no entanto, a presença de termoclinas transitórias e elevação de isotérmicas. Os trabalhos destes autores demonstram a ocorrência de pequenos fenómenos isolados de enriquecimento no lado oeste da região equatorial do Atlântico, sempre relacionados com acidentes topográficos, bancos e ilhas oceânicas (como os bancos da Cadeia Norte do Brasil e cadeia de Fernando de Noronha), e relacionados com eventos sazonais. Estes trabalhos corroboram com o presente Capítulo, uma vez que se observou o forte efeito da batimetria do local de lançamento do palangre em áreas próximas a acidentes topográficos, particularmente para os jovens de *X. gladius* (<125 cm). Segundo Coimbra (1995), esta região favorece o desenvolvimento dos juvenis, tendo em vista a sua maior produtividade biológica (Coimbra, 1995).

Menezes (2001), analisando a concentração de clorofila e relacionando-a com os ventos (CZV-CMV), TSM e AHTSM, encontrou fortes relações no processo de enriquecimento da produtividade primária, seja por afloramento ou afundamento de massas de água, particularmente na região equatorial do Atlântico. O mesmo autor observou que a parte oeste (0° e $5^{\circ}\text{N}/20^{\circ}\text{W}$) se caracteriza por fortes zonas de afundamento de massas de água, com poucas ressurgências, enquanto que a leste de 20°W se caracteriza por zonas de ressurgência (Fonteneau, 1998). Mello (1992) cita que exemplares menores de 125,0 cm MIF apresentam intensa actividade alimentar, sugerindo que seja uma consequência directa da fase de desenvolvimento em que se encontram, com atribuição de grande quantidade de energia para o crescimento somático. Nos oceanos tropicais, a ressurgência constitui um dos processos físicos mais importantes, responsável por grande parte do suprimento de nutrientes na camada superficial (Brown *et al.*, 1989.).

Mejuto e Hoey (1991) mencionam que os exemplares menores são menos activos e mais termicamente dependentes, sendo que, possivelmente, os indivíduos menores se localizem mais próximos a formações acidentadas (talude continental, bancos oceânicos, entre outros) e não variem muito com a profundidade e com os turnos do dia, ocorrendo entre os 10 e os 60 m (Poisson *et al.*, 2001). Esta informação coincide com a apresentada no presente Capítulo, sendo que as maiores abundâncias ocorreram quando a profundidade da camada de mistura se encontrava nos primeiros 10m.

A concentração na Zona de Convergência Inter-tropical (ZCIT) de espadartes em maturação/maduros, (125-170 cm MIB), pode representar uma estratégia reprodutiva. Esta estratégia manifesta-se em função das características oceanográficas da área, particularmente com relação as elevadas temperaturas, acelerando o processo de desenvolvimento ou amadurecimento gonadal. No período e área de maior abundância verificado (Junho a Agosto), a ZCIT encontra-se deslocada mais a norte e coincide com a Contra Corrente Norte Equatorial, produzindo ressurgências através de vórtices anticiclónicos entre latitudes de 3°N e 8°N (Zagaglia 2003). Desta forma pode considerar-se que a maior abundância nesta área se deve também a uma estratégia alimentar. Estes resultados foram observados igualmente para o stock de *X. gladius* do Atlântico Norte por Arocha (1997). A presença de indivíduos maduros ao largo da região sudeste-sul do Brasil, tanto na costa como em áreas mais oceânicas, pode estar relacionada com a concentração de alimento (Zavala-Camim, 1982; Mello, 1992; Arffeli, 1996) resultante do aumento da produtividade primária em função da

Convergência Subtropical (formada pelo encontro da Corrente das Malvinas com a Corrente do Brasil) e da ressurgência costeira em Cabo Frio. Existem também evidências de afloramento de água de fundo ao longo da costa do Espírito Santo, Cabo de Santa Marta Grande, Tramandaí e ao longo da costa sudeste (Azevedo, 2003). Neste último caso, a Água Central do Atlântico Sul sobe a plataforma continental devido ao movimento induzido por vórtices associados à Corrente do Brasil ao longo da quebra de plataforma (Azevedo, 2003).

Os resultados obtidos no presente Capítulo são relevantes por dois motivos. Do ponto de vista comercial, a pesca de espécies pelágicas apresenta um elevado custo operacional, principalmente devido ao consumo de gásóleo durante a procura dos recursos nas extensas áreas de maior potencial pesqueiro. De facto, a experiência e os conhecimentos adquiridos ao longo das gerações pelos mestres das embarcações são importantes. No entanto, estes tendem a cometer erros, não por falta de experiência, mas por falta de conhecimento sobre o comportamento dos recursos face ao ambiente, às mudanças climáticas, entre outros, influenciando, assim, os factores operacionais como demonstrado nos Capítulos II e III. Os resultados do presente Capítulo são também relevantes para a conservação e gestão do stock de *X. gladius*, além de contribuir para um melhor entendimento da espécie e desta forma para a elaboração de planos de gestão mais eficientes e precisos. De facto, nas últimas décadas tem se debatido exaustivamente a eficiência dos planos de gestão dos stocks. Além da dificuldade em obter informações fiáveis sobre a cadeia produtiva da pesca, sobre a biologia e outros, existe ainda a complexa relação dos seus limites fisiológicos e as suas respostas às variações climáticas. As ferramentas estatísticas de regressão logística como os GAMs têm ajudado a resolver grande parte deste problema. No entanto, o nível actual dos stocks e a crescente descontinuidade do clima, exige uma previsão do que pode ocorrer futuramente para determinadas situações. Neste Capítulo, o habitat essencial foi modelado e previsto com base em observações e erros passados, como explicado anteriormente. Novas pesquisas estão já a ser delineadas de forma a verificar possíveis cenários, como por exemplo se a temperatura da superfície da água do mar se elevasse em 1°C? O que ocorreria com os stocks desovantes, com os jovens e outros se o esforço de pesca aumentasse em 10%? Como conclusão, esta técnica tem demonstrado ser de grande utilidade na previsão de possíveis áreas de concentração, o que possibilita ser utilizada futuramente para outras espécies em previsões de áreas de concentração, reprodução, crescimento, entre outros.

Tabela 4.1- Sumário das variáveis usadas.

Variáveis exploratórias	Código
Temperatura da superfície da água do mar	TSM
Anomalia da temperatura da superfície da água do mar	ATSM
Anomalia da altura da superfície da água do mar	AHTSM
Componente meridional dos ventos	CMV
Componente zonal dos ventos	CZV
Anomalia da componente meridional dos ventos	ACMV
Anomalia da componente zonal dos ventos	ACZV
Velocidade do vento	VV
Profundidade da camada de mistura/topo da termoclina	PCM
Anomalia da profundidade da camada de mistura/topo da termoclina	APCM

Tabela 4.2- Modelo inicial e final seleccionados pelo GAM para previsão especial da pesca do *X. gladius*. s= função suavizadora spline; 4 é o grau de liberdade, escolhido pelo GRASP, usado para ajustar as curvas suavizadoras.

Variável	Modelo inicial	Modelo final	Validação	Validação-cruzada
<i>Modelo para os dados de captura</i>				
P/A (Captura)	s(ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4) + s(ACMV,4) + s(ACZV,4) + s(VV,4)+ s(APCM,4)	s(ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4)	0,73	0,73
<i>Modelo para os dados de classes de frequência de comprimento</i>				
P/A (jovens)	s(ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(Mes,4)+ s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4)+ s(ACMV,4) + s(ACZV,4) + s(VV,4)+ s(APCM,4)+ s(Bath,4)	s(Bath,4) + (ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(PCM, 4) + s(Mês,4) + s(CZV,4)	0,77	0,85
P/A (em maturação/maduros)	s(ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(Mes,4)+ s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4)+ s(ACMV,4) + s(ACZV,4) + s(VV,4)+ s(APCM,4)+ s(Bath,4)	s(Bath,4) + s(TSM, 4) + s(PCM, 4) + s(Mês,4)	0,69	0,72
P/A (maduros)	s(ATSM, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(Mes,4)+ s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4)+ s(ACMV,4) + s(ACZV,4) + s(VV,4)+ s(APCM,4)+ s(Bath,4)	s(Mes, 4) + s(Bath, 4) + s(TSM, 4) + s(AHTSM, 4) + s(PCM, 4) + s(CZV, 4) + s(CMV, 4)	0,73	0,77

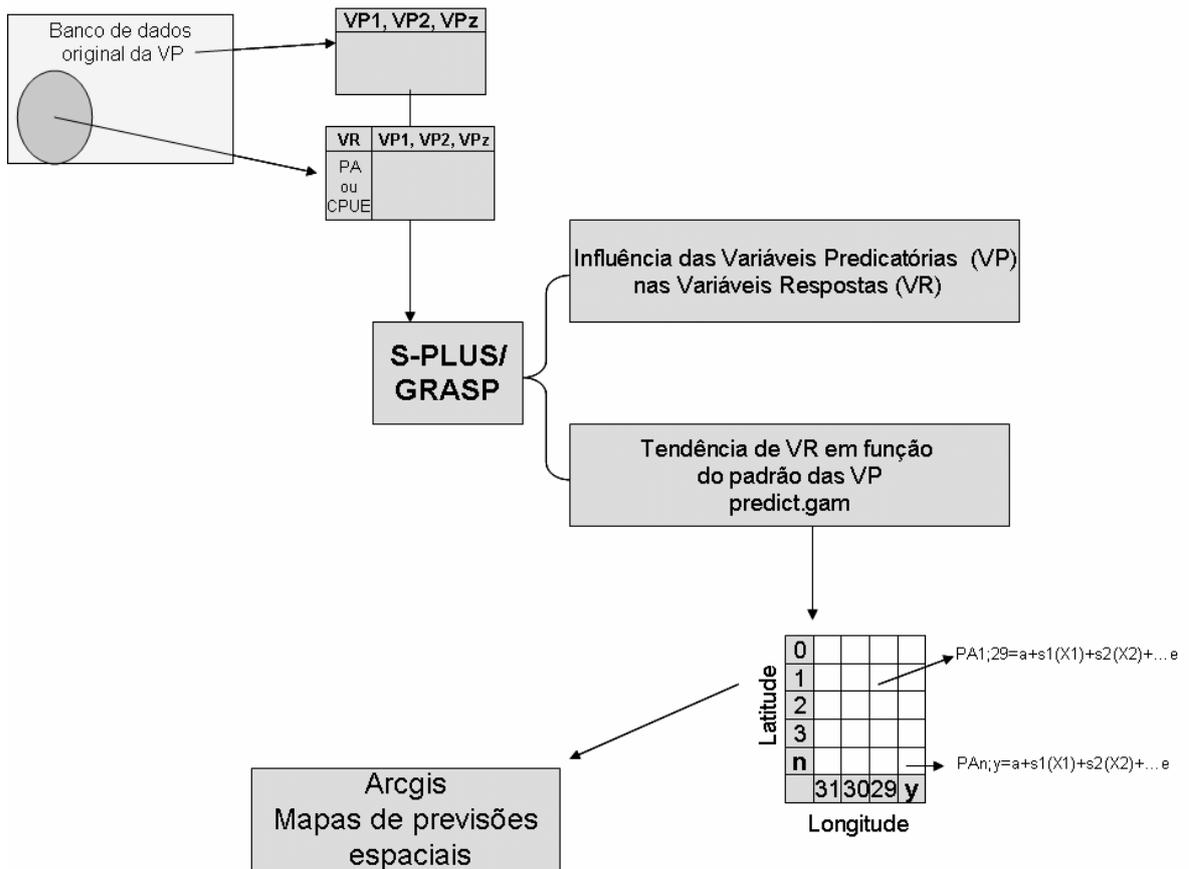


Figura 4.1- Desenho esquemático do funcionamento do GRASP.

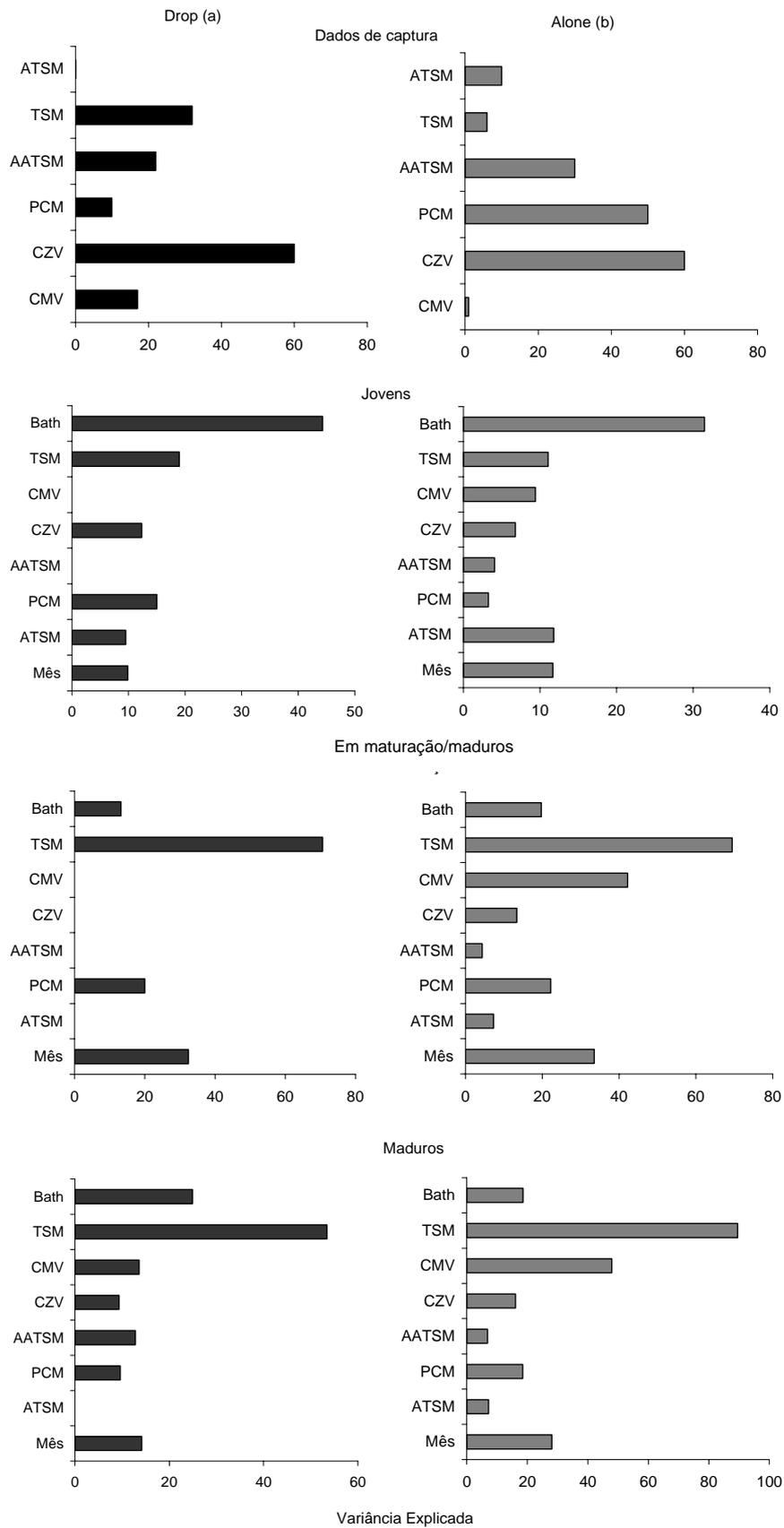


Figura 4.2- Contribuição das variáveis seleccionadas para previsão espacial. a) Contribuição das variáveis no modelo final. b) Potencial de cada variável.

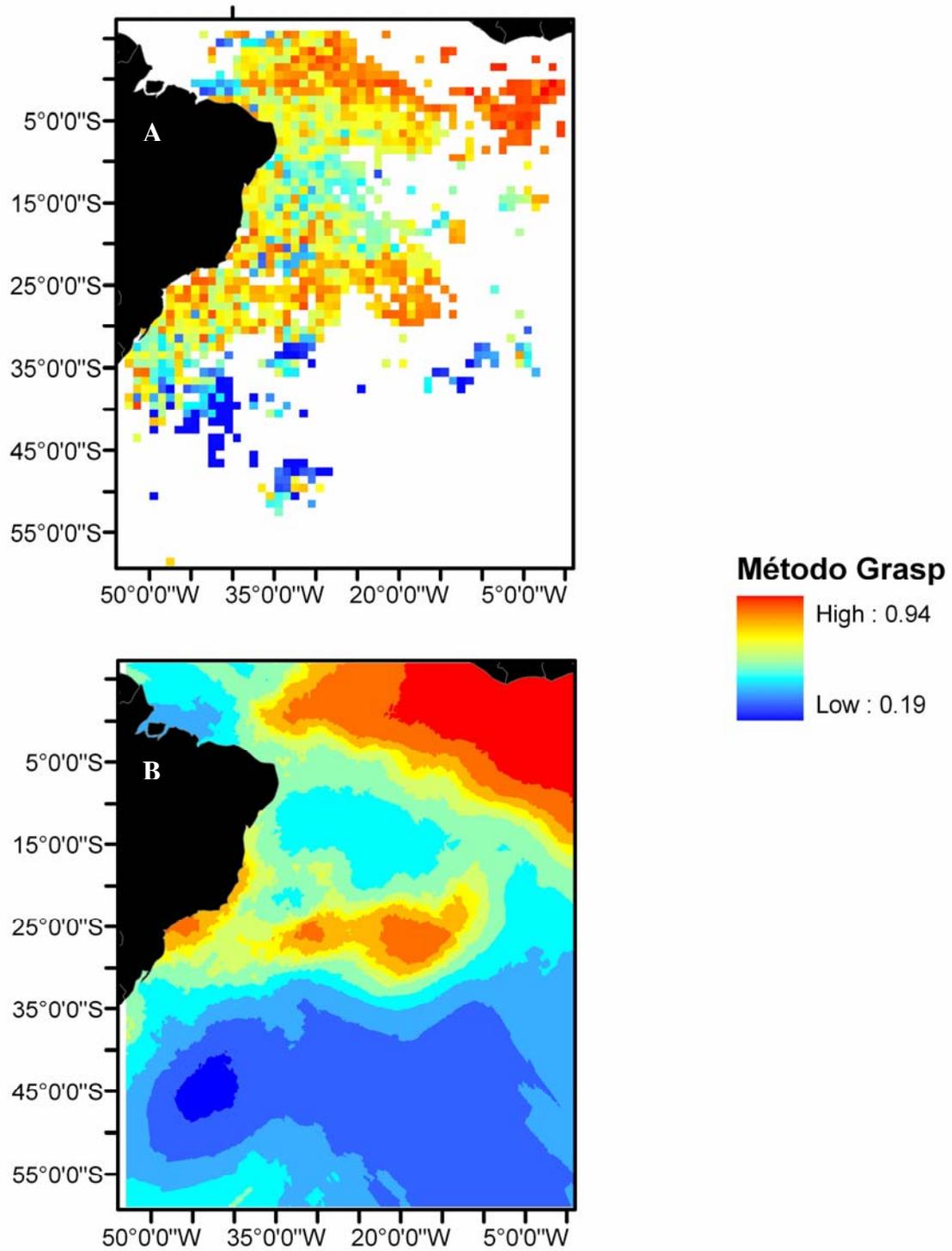


Figura 4.3- Previsão das capturas de *X. gladius* obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada

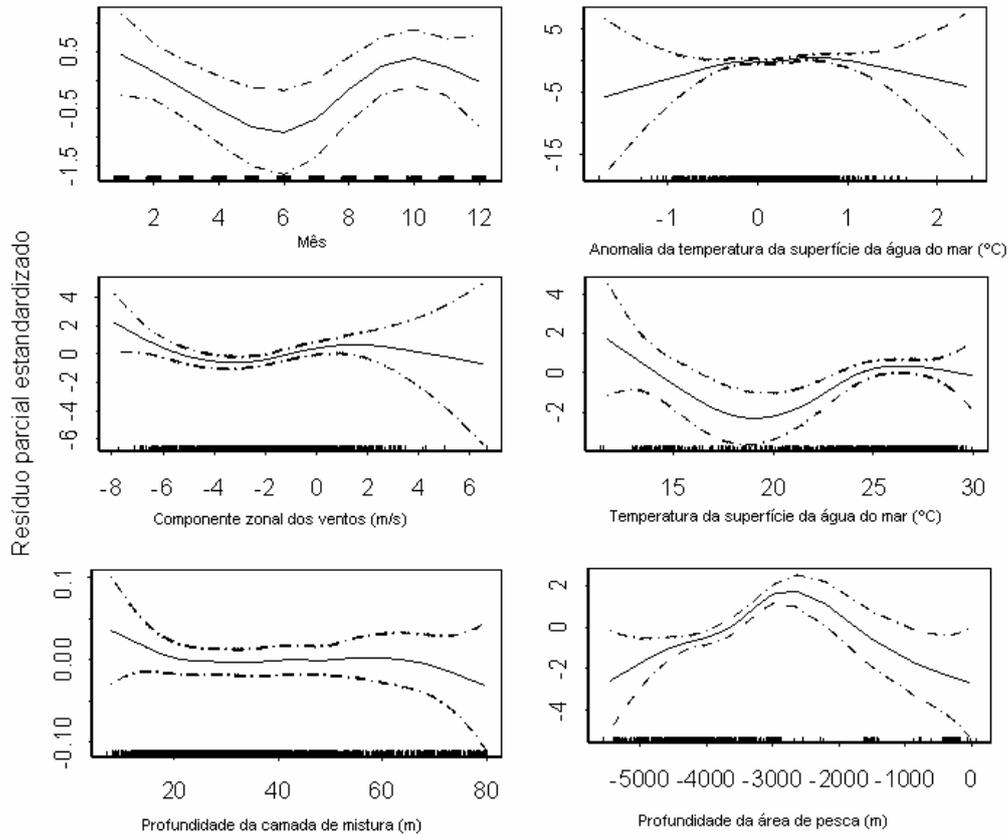


Figura 4.4-. Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos jovens de *X. gladius*, no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

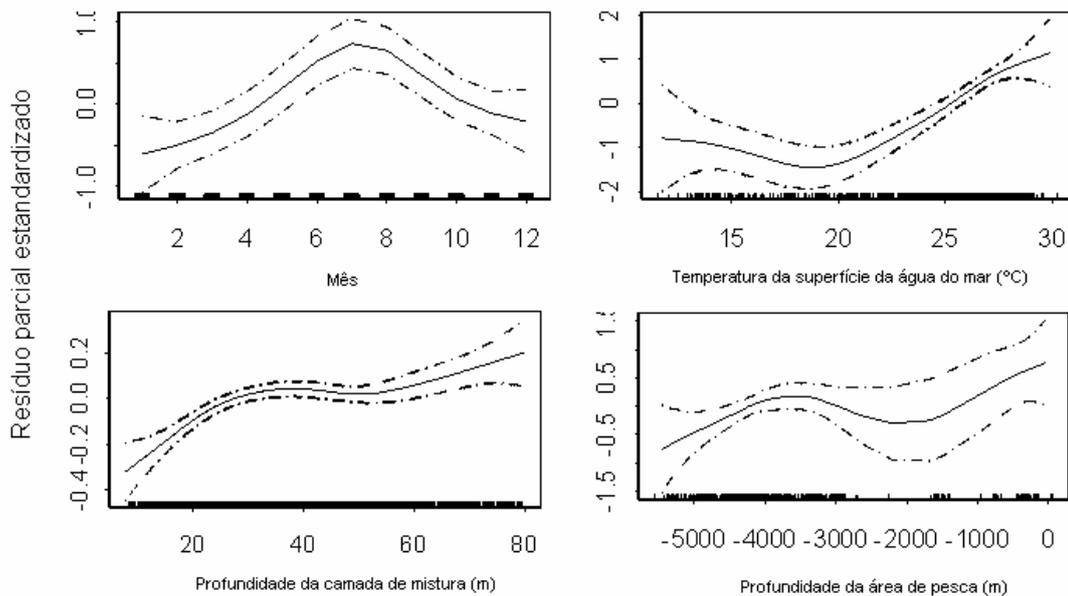


Figura 4.5-. Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos em maturação/maduros de *X. gladius*, no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

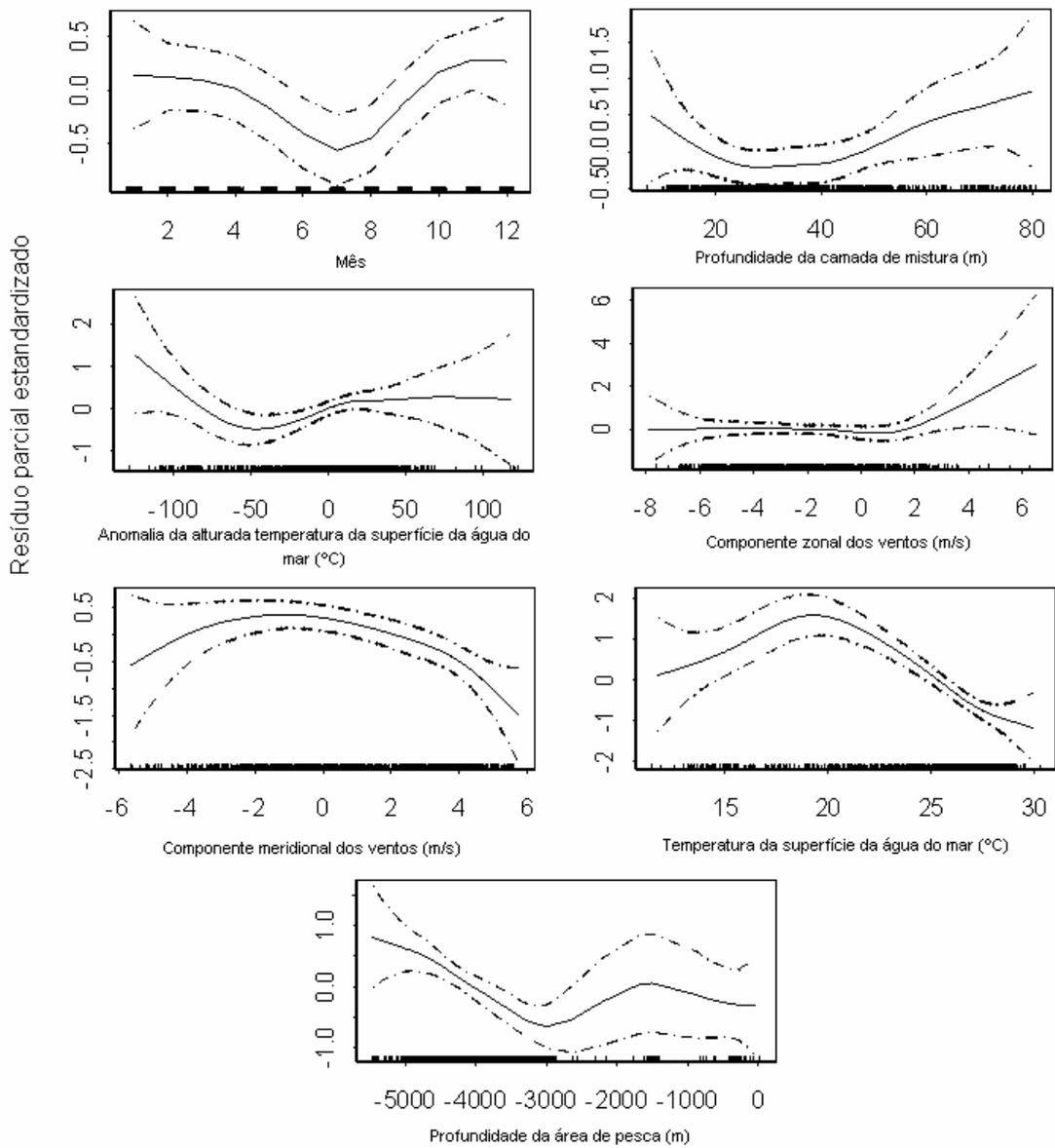


Figura 4.6- Efeito dos factores ambientais na abundância de indivíduos maduros de *X. gladius*, no Atlântico Sul no período de 1982 a 2000. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança a 95%.

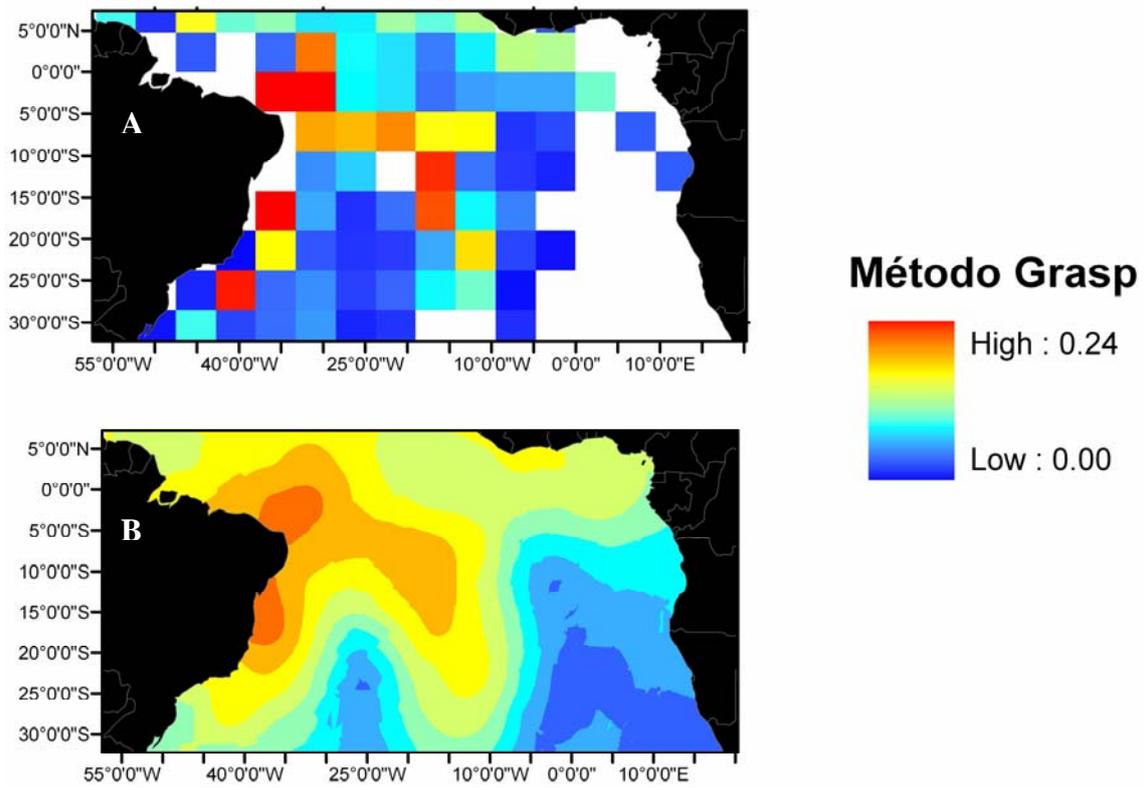


Figura 4.7-. Previsão das capturas para indivíduos jovens obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada

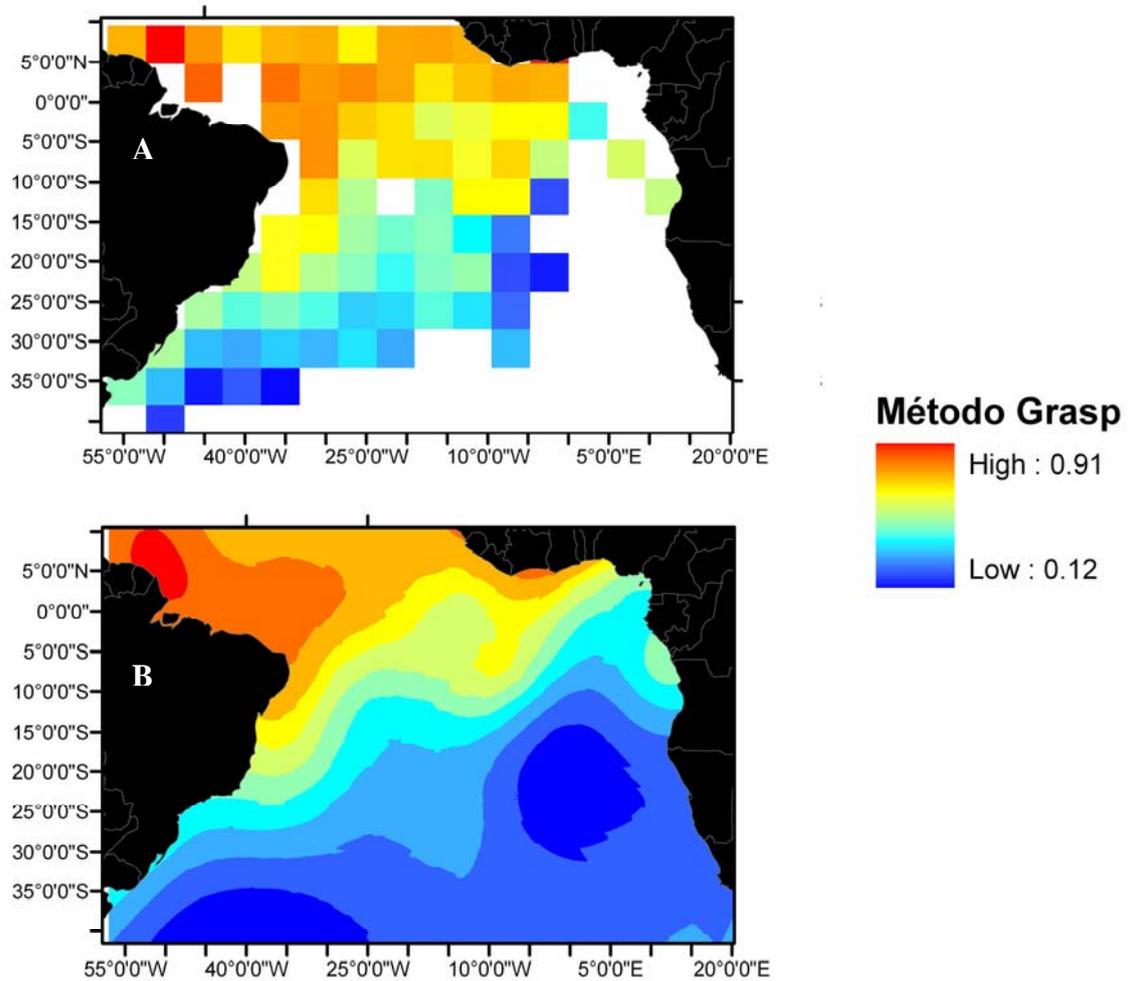


Figura 4.8- Previsão das capturas para indivíduos em maturação/maduros obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada

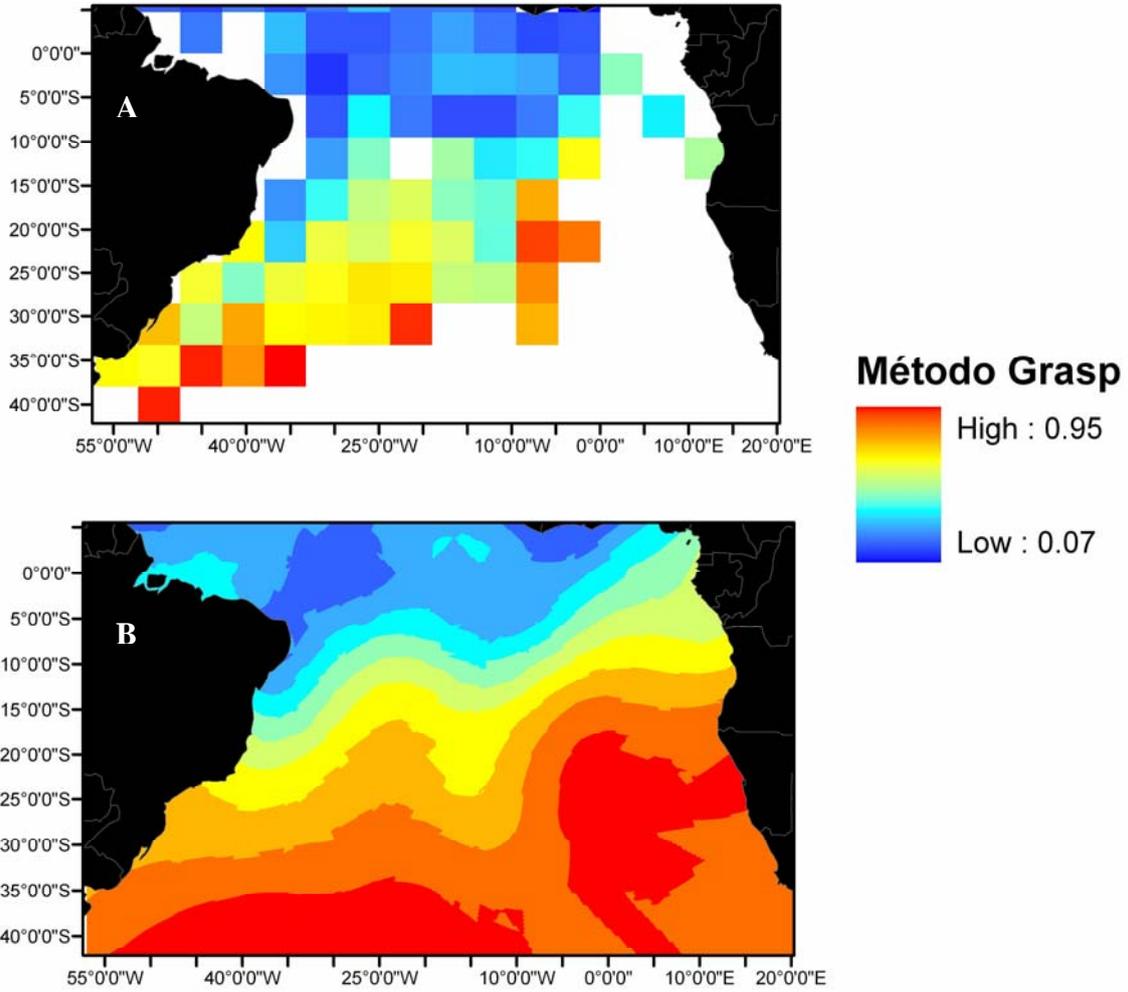


Figura 4.9-. Previsão das capturas para indivíduos maduros obtidas pelo GRASP. a) previsão inicial e b) previsão final modelada

Capítulo V

Influência dos luminosos (electralume e “light sticks”) na pesca palangreira do espadarte, *Xiphias gladius*, no Atlântico sudoeste equatorial

5.1- Introdução

Desde a introdução do palangre no Oceano Atlântico, em meados de 1956, que capturas significantes de *X. gladius*, têm sido observadas. No início de 1960, movidos pelas excelentes capturas incidentais reportadas pela frota japonesa e russa na captura de atuns e tubarões, respectivamente, o arpão foi rapidamente substituído pelo palangre (Beckett, 1974). No final da década de 70, porém, a espécie passou a ganhar uma importância económica crescente, em função dos elevados preços alcançados no mercado externo.

Em meados da década de 90, embarcações arrendadas de bandeira americana, por uma empresa baseada em Natal-RN, iniciaram suas operações no Atlântico Sudoeste empregando uma nova tecnologia de pesca: o palangre de monofilamento, luminosos químicos descartáveis (“light-stick”) e lula como isca, direccionando a pesca para a captura do *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2000). Estimulados pelos excelentes resultados observados, a empresa adoptou essa nova tecnologia em Agosto de 1997, duas embarcações artesanais, menores que 13 m comprimento, com casco de madeira e motores de 4 cilindros (Hazin *et al.*, 2000). As análises preliminares indicaram ser viáveis, com uma substancial elevação nos índices de produtividade, particularmente do *X. gladius* (Hazin *et al.*, 2000).

Recentemente, um novo tipo de luminoso, utilizando baterias ao invés de substâncias químicas e com maior intensidade de luz, chamado electralume, foi introduzido. Devido ao seu preço muito mais elevado, ainda não se sabe se a relação custo-benefício é favorável. Embora haja indicações de que o emprego do electralume e “light-sticks” resultem em um aumento de produtividade pouco se conhece sobre suas características de actuação, em sua selectividade, assim como são arrançados ao longo do palangre. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objectivo analisar a influência do número de “light-sticks” por cesto, assim como a sua eficiência nos índices de

captura do *X. gladius*, em comparação com os electralumes, verificando, também, a relação dos mesmos com o tamanho dos indivíduos capturados.

5.2- Materiais e métodos

As experiências de pesca foram realizadas em áreas oceânica próxima ao talude continental, aproximadamente 6 milhas do Porto de Pernambuco, em profundidades variando entre 1000 e 2000m. Ambas as experiências foram conduzidas utilizando o palangre de monofilamento, com 26km de comprimento e seis anzóis em cada cesto. Como isca foi utilizada a lula *Illex* sp. todas uniformizadas quanto ao tamanho. Os luminosos foram colocados a 3 m acima do anzol, como ocorre na frota comercial.

Foram realizados 6 cruzeiros de pesquisa (3 para cada experiência), com 5 dias de duração no mar. As operações de lançamento do palangre, iniciaram-se por volta das 18:00h, com a embarcação navegando a 4 nós, encerrando-se em torno das 21:00h, sendo recolhido por volta das 06:00 h. Como índice de abundância relativa foi utilizado a Captura por Unidade de Esforço (CPUE), definida pelo número de peixes por 100 anzóis.

A primeira experiência consiste em avaliar o efeito o número de “light-sticks” por cesto nos índices de captura do *X. gladius*, assim como em outros grupos como os tubarões e outros teleósteos. Para tal, os luminosos foram dispostos da seguinte forma ao longo do palangre: o primeiro cesto contendo 6 luminosos (L6), o segundo sem a utilização dos luminosos (N), o terceiro cesto contendo 3 luminosos (L3), o quarto cesto sem luminosos (N) e assim consecutivamente.

A segunda experiência foi conduzida visando avaliar a eficiência dos “light-sticks” e electralumes na pesca do *X. gladius*, assim como seus efeitos na selectividade de captura. A distribuição de frequência de comprimento foi distribuída em três classes de MIF de acordo com Arocha (1997) e Hazin *et al.*, (2002a): a) <125 cm, imaturos; b) 125-170 cm, em maturação e c) > 170 cm, maduros.

A configuração do equipamento usada foi similar à primeira experiência, com o primeiro cesto com 3 “light-sticks”, o segundo cesto sem luminosos (N), o terceiro cesto com 3 electralume (E), o quarto sem luminosos (N) e assim consecutivamente, sendo dispostos alternadamente entre os anzóis, de acordo com os métodos usados pela pesca comercial.

Em ambas as experiências, a inclusão de cestos sem luminosos foi utilizado para minimizar o efeito das luzes nos seguimentos adjacentes do palangre. A cor utilizada tanto para os “light-sticks” como os electralumes foi a verde, como na pesca comercial.

Análise estatística

Em ambas as experiências, a homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste de Cochran ($p = 0,05$) e os dados transformados quando necessário. A análise de variância ortogonal (ANOVA) com um factor foi usada na primeira experiência e com dois factores na segunda experiência (Underwood, 1981). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para comparar a distribuição de frequência de comprimentos para a captura total e para os indivíduos menores que 125 cm MIF capturados com os luminosos na segunda experiência. Devido ao pequeno número amostrados na primeira experiência, não foi possível verificar diferenças nas distribuições de comprimento para os indivíduos menores que 125 cm MIF assim como a CPUE por tamanho. O teste t foi usado para comparar o número de *X. gladius* capturados entre os anzóis para cestos sem e com 3 “light-sticks”, colocados alternadamente, como acima explicado.

5.3- Resultados

Experiência I

Do total de 90 peixes (Tabela 5.1), o *X. gladius* foi a principal espécie capturada representando 26% do total. Os demais foram representados pelo *Thunnus atlanticus* (17,8%); *T. albacares*, e *P. glauca* (15,6%); e varias outras espécies comercialmente importantes (24,4%).

Os resultados da comparação do número de luminosos/cesto na pesca do palangre, são apresentados na Figura 5.1. Os maiores índices de abundância ocorrem quando o palangre é configurado com 3 “light-sticks”/cesto, sendo observadas diferenças altamente significantes ($p= 0,004$). Nenhuma diferença significativa foi observada entre os cestos com 6 e sem luminosos. A Figura 5.2 apresenta os resultados da comparação entre cestos com luminosos químicos e sem, assim como entre os anzóis para o palangre configurado com apenas 3 luminosos químicos/cesto. Observa-se que as

capturas de *X. gladius* foram significativamente maiores nos anzóis com luminosos ($t=6,2$; $p=0,002$).

A comparação entre os índices de captura para os grupos de outros teleósteos e tubarões não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p=0,763$ e $p=0,731$), para os cestos com e sem luminosos. Entretanto para ambos os grupos os maiores valores de CPUE foram observados nos cestos que continham 6 luminosos (Figura 5.3).

Experiência 2

Foram capturados 219 peixes, com 37,4% ocorrendo nos cestos sem luminosos, 33,8% com electralume e 28,7% com “light-sticks”. Assim como na primeira experiência, o *X. gladius* foi a principal espécie capturada representando cerca de 27% do total desembarcado (Tabela 5.1), com 48% ocorrendo com electralume, 32% com 3 “light-sticks” e 20% sem luminosos. Entretanto, a análise de variância não apresentou diferenças significantes entre a CPUE média dos cestos com electralume e “light-sticks” (Figura 5.4a). Diferenças significantes foram observadas apenas entre os cestos com electralumes e sem luminosos ($p=0,04$) (Figura 5.4a).

Diferenças significantes, também, foram observadas entre a CPUE por classe de tamanho, com as maiores capturas ocorrendo na classe b (125-170 cm MIF) e as mais baixas foram registradas para a classe c (>170 cm MIF e $p=0,001$). Entre as classes de tamanho a e b, assim como na interação entre os dois factores (luminosos e classe de tamanho) não foram observadas diferenças significativas ($p=0,82$).

A distribuição de frequência de comprimento para o *X. gladius* capturado com electralume e “light-sticks” não apresentaram diferenças significativas. Contudo, comparando a distribuição de frequência de comprimento menores que 125 cm de MIF, observa-se que os electralumes são significativamente mais susceptíveis à captura de indivíduos menores (média= 112,6 cm MIF, $\pm 6,0$ (S.E.)), que os “light-sticks” (média= 122,1 cm MIF, $\pm 4,1$ (S.E.)).

5.4- Discussão

A eficiência na pesca de espécies pelágicas, particularmente de grandes migradores, como é o caso do *X. gladius*, depende, em parte, das condições ambientais influenciando na vulnerabilidade e disponibilidade do recurso (Marr, 1953; Ricker,

1975; Sharp, 1978). Factores técnicos assumem, também, uma função importante no aumento das capturas na pesca do *X. gladius*, como o palangre de monofilamento, lula como isca e os luminosos. Em ambas as experiências, os maiores valores de CPUE foram observados nos cestos com luminosos, sugerindo que os mesmos sejam um importante factor contribuindo para o aumento das capturas (~80%, em cada experiência). Entretanto, seus efeitos, na captura do *X. gladius*, ainda são pouco conhecidos, como por exemplo, se o efeito da luz dos luminosos, atraem pequenos peixes e/ou lulas para a proximidade do anzol ou atraem o *X. gladius*. Estudos recentes têm demonstrado que o *X. gladius* pode identificar as presas a uma longa distância e em águas onde a penetração de luz é mínima. Dessa forma, com a utilização dos luminosos, a presa pode ser mais facilmente localizada, sugerindo que a luz produzida pelos luminosos pode ser mais importante que o estímulo da isca em termos de atrair o *X. gladius* para próximo do anzol (LØkkeborg, 1990; LØkkeborg, 1991; LØkkeborg e Bjordal, 1992; LØkkeborg e Johannessen, 1992; Johannessen *et al.*, 1993; LØkkeborg e Bjordal, 1995; Broadhurst e Hazin, 2000).

Com relação a eficiência dos luminosos dois pontos devem ser considerados: a) a primeira em relação ao comportamento da lula (principal item alimentar do *X. gladius*) perante a luz emitida pelos luminosos. Tal como ocorre em sua pesca, na qual ficam distribuídas no limite da zona sombreada entre o barco e a área iluminada. Está hipótese também poderá explicar o porquê de os luminosos serem colocados aproximadamente 3 m acima da isca, o qual seria um local estratégico para tal acontecimento, a medida em que a cor verde dos luminosos apresenta um comprimento de ondas médio, não se prolongando em demasiado na água; b) em relação a cor do luminoso usada, porém o tipo de influencia que elas causam têm que ser investigados. Sua influência na captura do *X. gladius* vem sendo observada apenas sob o ponto de vista empírico, reflectido no relato de pescadores experientes de que parece haver uma forte relação entre as cores dos luminosos e a captura do *X. gladius*. Estudos recentes têm demonstrado que os agulhões podem diferenciar dois tipos de comprimento de ondas azul-verde (Fritches e Warrant, 2001).

No presente trabalho, a melhor configuração do palangre para o *X. gladius* foi observada com 3 “light-sticks”/cesto. Esses resultados estão de acordo com os reportados por Bigelow *et al.* (1999). Actualmente, as embarcações que dirigem a pesca ao *X. gladius* utilizam ente 1 e 3 “light-sticks”/cesto. Segundo Ito e Coan (1999) em tempos passados, a pesca do *X. gladius* era realizada com apenas 1 “light-stick” a cada 2

anzóis e quando queriam capturar outras espécies, além do *X. gladius*, utilizavam 5 “light-sticks”/cesto. Esses resultados corroboram com o presente Capítulo, onde os maiores valores de CPUE para os grupos de outros teleósteos e tubarões foram observados com o palangre configurado com 6 “light-sticks”/cesto. Na pesca comercial do *X. gladius*, um grande número de espécies não alvo são capturadas podendo ser devido à re-utilização dos “light-sticks” nos lançamentos de pesca subsequentes (Hazin, 2001), mesmo com a intensidade de luz reduzida, podem influenciar na captura de outras espécies não alvo, como atuns, tubarões e outros agulhões.

Desde a introdução dos electralumes na pesca do *X. gladius*, uma grande expectativa foi criada tanto em termos de eficiência da pesca como na redução dos custos operacionais. A maior eficiência dos electralumes na captura do *X. gladius*, pode estar relacionado com os indivíduos menores que 125 cm MIF, como visto no presente trabalho, facto este importante, na medida em que actualmente existem cotas (15%) de captura para tal comprimento. Entretanto, no presente trabalho não foram observadas diferenças significativas devido a grande variabilidade dos dados. Esse aumento pode estar relacionado pelo facto da intensidade de luz produzida pelos electralumes permanecer praticamente constante durante a pesca, enquanto esse facto não ocorre com os “light-sticks”. (Poisson e Guyomard, 2001) observaram que as maiores capturas no palangre com os “light-sticks” ocorrem nas primeiras 4h para todas as classes de comprimento do presente trabalho (a, b e c), período que os mesmos atingem a intensidade máxima de luz produzida.

Visto que o palangre para o *X. gladius*, usualmente, pesca em profundidades entre 40 e 150 m, entre 18 e 6h (Podesta *et al.*, 1993; Hazin *et al.*, 2000), e os jovens da espécie apresentam uma distribuição vertical bem definida não variando muito com a profundidade e os turnos do dia, ocorrendo entre 20 e 60 m (Poisson *et al.*, 2001), ficam mais vulneráveis ao palangre com electralume que os adultos que migram para profundidades maiores que 400m durante o dia (Carey e Robison, 1981).

O presente trabalho, mostra a importância dos luminosos (electralume e “light-sticks”) na pesca do *X. gladius*, assim como a influência directa nos stocks do mesmo. Existe uma grande discussão em torno dos prejuízos gerados aos stocks pelos avanços tecnológicos, como a utilização dos luminosos. Por exemplo, no Oceano Atlântico, cerca de 40 mil indivíduos/ano (<125 cm de MIF) são descartados, mortos, apenas pela frota comercial americana (National Coalition for Marine Conservation, 1997-<http://swfsc.ucsd.edu/billfish/bnl98/bnl98.html#completing>). A mortalidade de juvenis é

a principal causa do declínio dos stocks, ofuscando a possibilidade de rápida recuperação por parte dos mesmos. Além disso, visa contribuir para melhor compreender a relação da fauna acompanhante e espécie-alvo. Facto esse, importante na medida em que, a nível mundial, grandes esforços tem sido realizados para a redução da fauna acompanhante. Em termos económicos, um dos objectivos da pesca comercial consiste em melhor aproveitar esforço pesqueiro, de forma que o melhor conhecimento entre o comportamento dos recursos aquáticos e os luminosos torna-se importante, à medida em que, podem ajudar a minimizar os custos operacionais.

Tabela 5.1- Total em número e percentagem das espécies capturadas durante os experiências

Espécie	Nome científico	Experiência 1		Experiência 2	
		n	%	n	%
Espadarte	<i>Xiphias gladius</i>	24	26,7	86	39,3
Titureira	<i>Prionace glauca</i>	14	15,6	29	13,2
Albacora	<i>Thunnus albacares</i>	14	15,6	17	7,8
Albacorinha	<i>Thunnus atlanticus</i>	16	17,8	-	-
Outros teleósteos	-	16	17,8	63	28,8
Outros tubarões	-	6	6,7	24	11,0
Total	-	90		219	

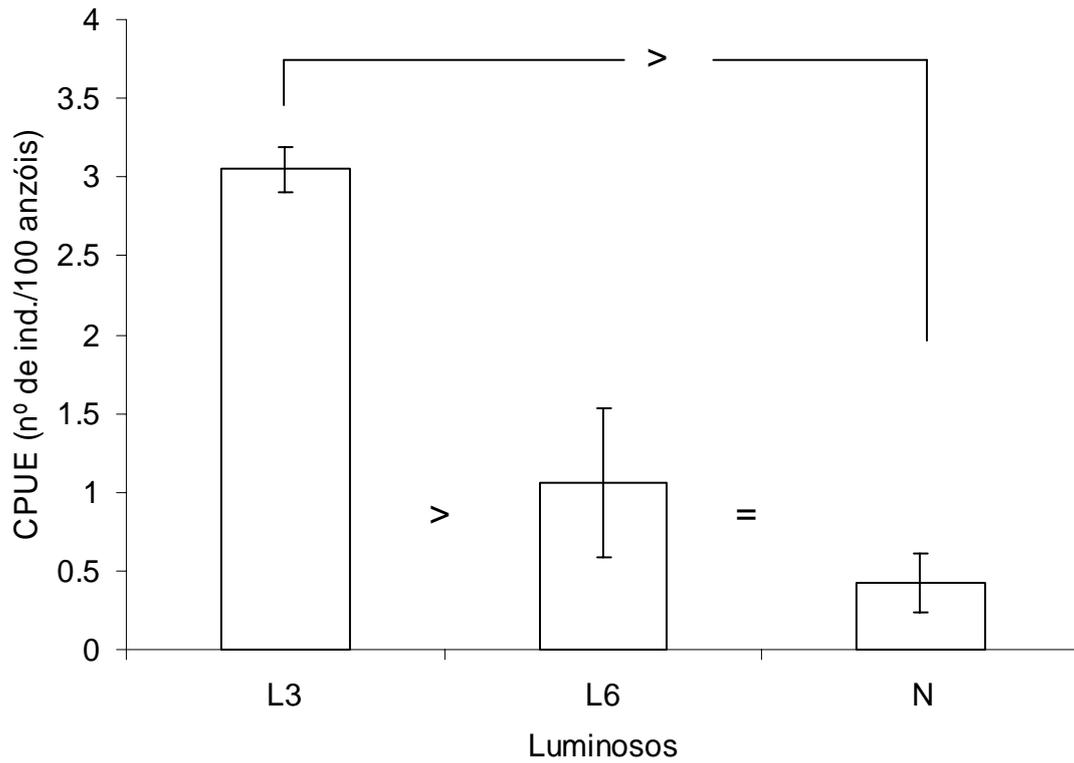


Figura 5.1- CPUE média do *X. gladius* para as diferentes configurações de “light-sticks”/cesto: L3, cestos com 3 “light-sticks”; L6, cestos com 6 “light-sticks”; N cestos sem “light-sticks”.

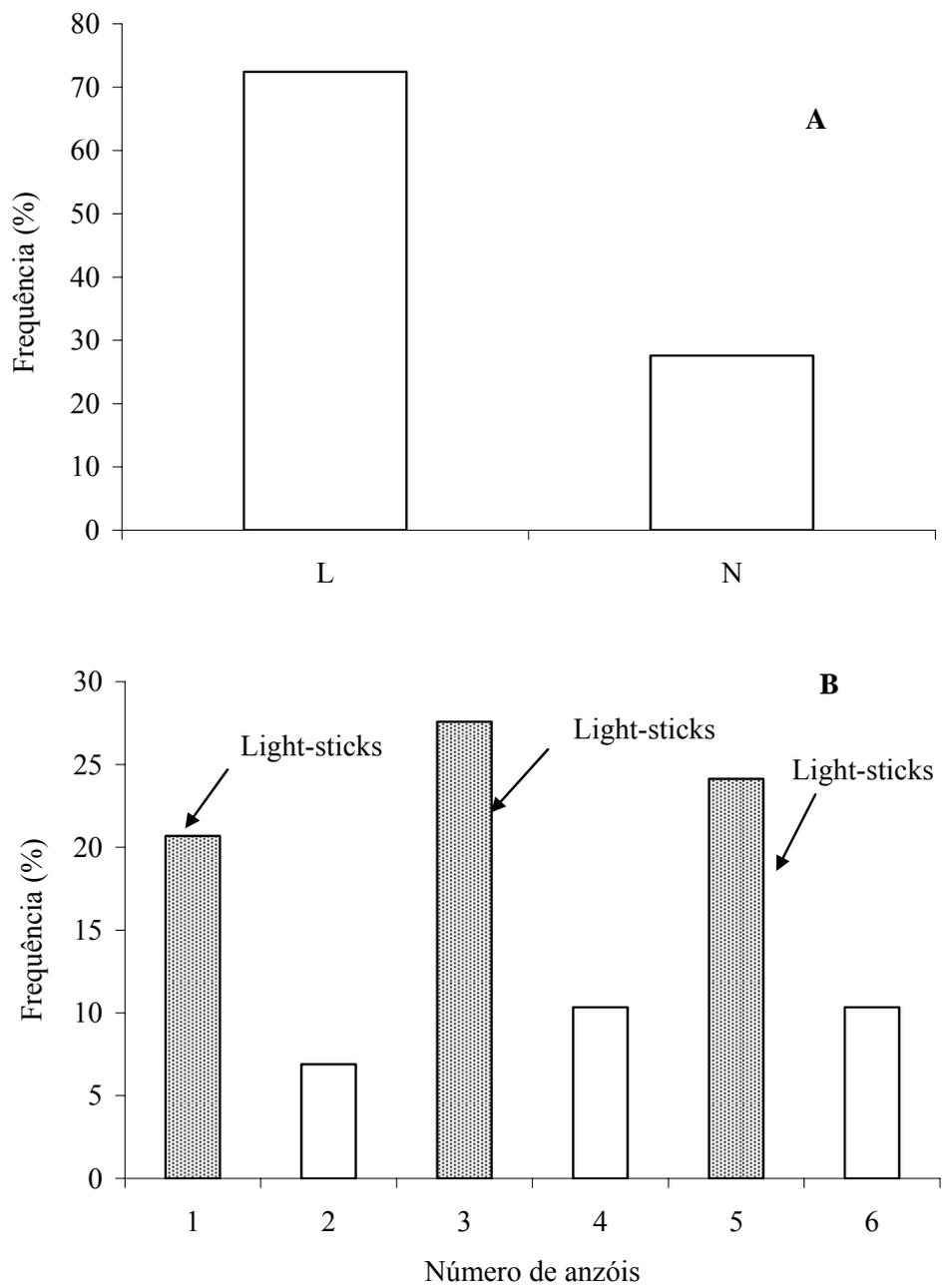


Figura 5.2 – Frequência total de *X. gladius* capturado nos cestos com 3 “light-sticks” (A) e entre os anzóis (B). L, anzóis com “light-sticks” e N anzóis sem “light-sticks”.

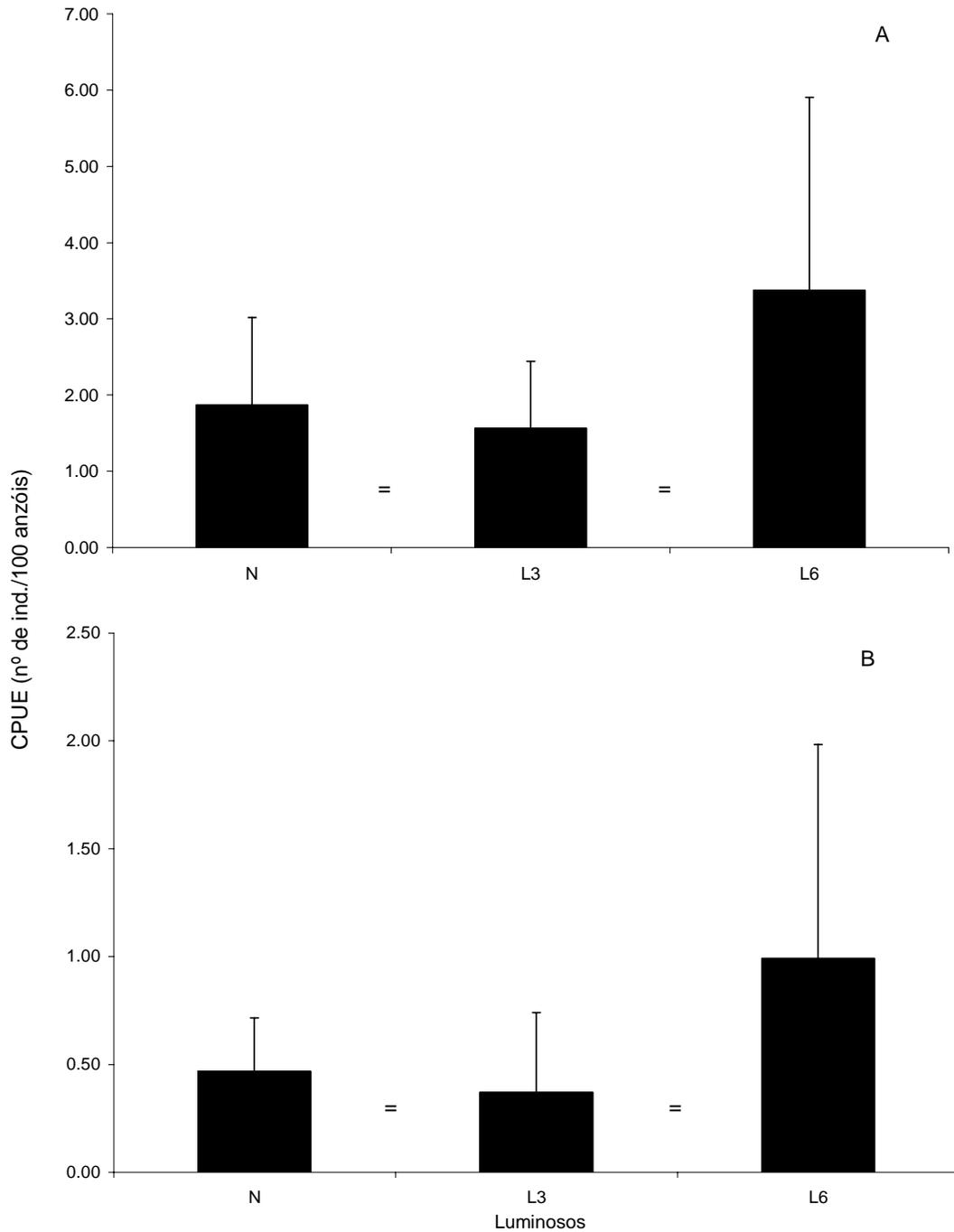


Figura 5.3- CPUE média para o grupo de outros teleósteos (A) e para o grupo dos tubarões (B) para as diferentes configurações de “light-sticks”/cesto: L3, cestos com 3 “light-sticks”; L6, cestos com 6 “light-sticks”; N cestos sem “light-sticks”.

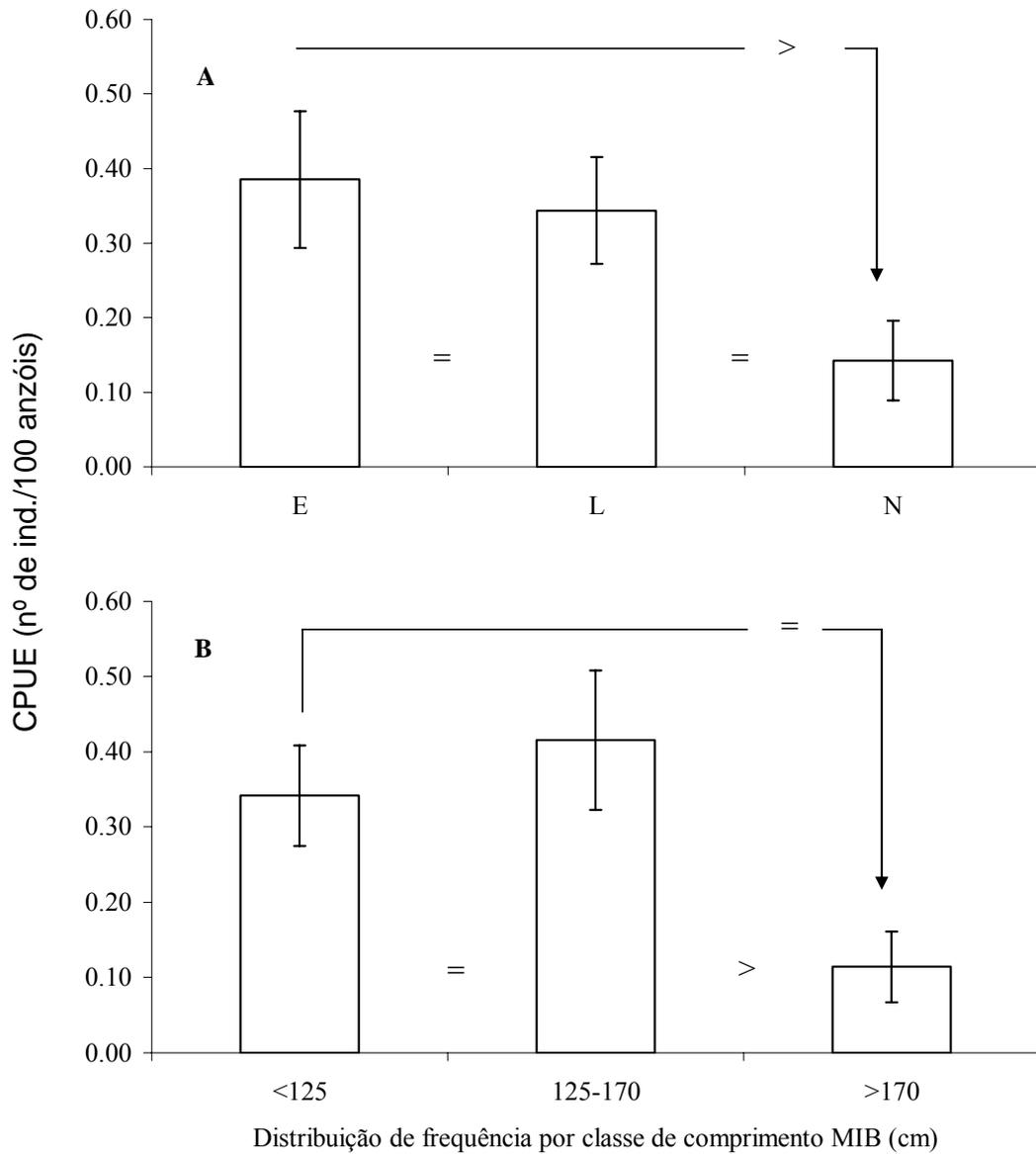


Figura 5.4- CPUE média para o *X. gladius* por tipo de luminoso (electralume- E; “light-sticks”- L) e sem luminosos (N) (A), e por classe de comprimento (B).

Capítulo VI

Estandarização dos índices de captura do espadarte, *Xiphias gladius*, capturados pela frota palangreira do Brasil

6.1- Introdução

Em anos recentes, o espadarte (*Xiphias gladius*) tem sido um dos peixes mais comercializados no mundo, particularmente a partir dos anos 90 quando sofreu um grande salto na comercialização de produtos importados e exportados (FAO, 2002). A pesca do espadarte, em 2001, movimentou cerca de 400 milhões de dólares, dos quais 243 milhões resultam de importações e 157 milhões de dólares de exportações, o que corresponde a um aumento de 44% e 88%, respectivamente, em relação a 1991.

Em muitos países em desenvolvimento a pesca de *X. gladius* representa uma fonte significativa de divisas, rendas e empregos. Em 2001, a balança comercial apresentou um superavit de 83 milhões de dólares. Cerca de 95% da produção foi exportada e apenas 5% importada para comercialização no mercado interno. No contexto mundial, as frotas de grandes países pesqueiros deslocaram-se para o Atlântico Sul, principalmente para portos do Brasil, devido ao declínio dos mananciais noutras zonas e oceanos, assim como pela proximidade da zona de pesca para os principais recursos explorados.

O *X. gladius* é uma espécie altamente migratória que atravessa constantemente águas nacionais e internacionais. A *International Commission for Conservation of Atlantic Tunas* (ICCAT) tem vindo a recomendar, com base em informação científica, medidas de regulamentação da actividade pesqueira no Atlântico, de forma a manter as populações de atuns e espécies afins a níveis que permitam uma exploração máxima sustentável (ICCAT, 2002). No entanto, informações sobre esta espécie são ainda escassas ao ponto de não permitirem ainda uma avaliação mais precisa dos mananciais, particularmente no Atlântico Sul.

A avaliação dos mananciais baseia-se nos dados de CPUE (captura por unidade de esforço), devido à sua maior disponibilidade. Em pesquisas de prospecção, a CPUE (em número e/ou em peso) é utilizada, classicamente, como índice de abundância relativa local. No entanto, a utilização da CPUE como índice de abundância relativa é

bastante discutida por diversos autores. A sua utilização é bastante complexa por causa dos erros de interpretação que podem ocorrer devido à não linearidade das várias relações CPUE/abundância e CPUE/esforço de pesca (Maury *et al.*, 2001). Segundo Fonteneau (1998), este índice é pouco representativo da abundância local dos recursos explorados, pelos seguintes motivos:

- 1- Uma taxa de exploração elevada localmente pode provocar a obtenção de fracos rendimentos quando a abundância dos recursos é ainda elevada;
- 2- e níveis de esforço reduzidos num curto período de tempo podem gerar rendimentos consideráveis quando a abundância é reduzida.

Estes factores provocam oscilações no índice de capturabilidade podendo introduzir sérios erros na estimação dos índices de abundância (Fréon e Misund, 1999). A eliminação destes factores é importante para avaliar correctamente os mananciais. Tradicionalmente, os Modelos Lineares Generalizados (GLM) têm sido aplicados ao longo dos anos para remover os efeitos das variáveis operacionais. No entanto, outros factores externos, como o ambiente, podem influenciar a CPUE. A integração destes factores na dinâmica de populações dos recursos é ainda complexa (Backus, 1986). Além disto, as ferramentas de análise assumem frequentemente uma relação linear entre a performance pesqueira e as variáveis ambientais.

Segundo Forney (2000), em estudos de dinâmica populacional de espécies altamente migratórias, variabilidades naturais podem causar distorções na detecção e interpretação das tendências da abundância destas espécies. Isto significa que as variabilidades ambientais podem interferir na distribuição destas espécies de forma que as estimativas de abundância realizadas numa determinada região baseiem-se em diferentes proporções da população a cada período de tempo estudado. Portanto, tendências aparentes podem representar verdadeiras mudanças no tamanho populacional ou reflectir meramente mudanças naturais na distribuição.

Desta forma, torna-se crucial a integração de factores ambientais nos modelos de dinâmica populacional, especialmente para melhorar os modelos de avaliação de mananciais (Bigelow *et al.*, 1999; Fréon e Misund, 1999; Maury *et al.*, 2001; Guisan *et al.*, 2002; Zagaglia, 2003).

Por estes motivos GAM (Modelos Generalizados Aditivos) tem sido utilizado recentemente para estandardizar as CPUEs. Estas ferramentas são extensões semi paramétricas dos modelos GLM (Hastie e Tibshirani, 1990), que são mais flexíveis que

os métodos tradicionais, permitindo ajustes das relações não lineares no modelo através de algoritmos suavizadores (Cleveland e Delvin, 1988; Hastie e Tibshirani, 1990). Bigelow *et al.* (1999) obtiveram resultados excelentes quando utilizaram GAM com as variáveis ambientais para standardizar a CPUE do espadarte no Pacífico.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objectivo standardizar a CPUE do espadarte através dois métodos diferentes: a) com modelos baseados em variáveis ambientais (GAM) e; b) modelos baseados no método tradicional (GLM), utilizando factores relacionados com o espaço-tempo, comparando-os em seguida, pela variância explicada produzida pelos modelos finais.

6.2- Material e métodos

No presente trabalho foram analisados os dados de captura provenientes da frota palangreira brasileira (nacional e arrendada), que opera entre 5°N e 35°S, no período compreendido entre 1980 e 2000 (20 anos). Como índice de abundância relativa foi utilizada a CPUE (captura por unidade de esforço), definido pelo número de indivíduos capturados por 100 anzóis.

As análises de standardização da CPUE de *X. gladius* foram realizadas através de dois tipos de modelos: Modelo Linear Generalizado (GLM) utilizando apenas as variáveis área, mês, ano e interações (factores espaço-temporais) e o Modelo Aditivo Generalizado (GAM) adicionando os factores ambientais e operacionais. Os modelos finais standardizados obtidos através destes métodos (GLM e GAM) foram comparados pela análise do pseudo- r^2 e Erro Padrão (Bigelow *et al.*, 1999).

O modelo final gerado com GAM, no Capítulo III, foi utilizado para estimar a CPUE standardizada. O processo de standardização da CPUE, pelo método GLM, foi simples, em função da pequena quantidade de zeros nas capturas (5%), utilizando o $\text{Ln}(\text{CPUE}+0.1)$ assumindo a distribuição de Poisson, com o logaritmo como *link* da função, assim como no GAM. O método “stepwise” foi aplicado para identificar o conjunto de variáveis e interações significativas do modelo, sendo o modelo final seleccionado com base nos menores valores de AIC. O modelo geral do GLM usado no presente trabalho é expresso da seguinte forma:

$$\text{Ln}(\text{CPUE} + 0,1) = a + b(\text{mês}) + c(\text{área}) + d(\text{área, mês}) + f[\text{lo}(\text{ano, mês})] + e$$

em que a, b e c são as constantes, $\text{lo}(\text{ano, mês})$ o efeito gerado pelo GAM e “e” o erro aleatório.

As séries temporais dos modelos foram estimados através da função `predict.gam` e `predict.glm` do pacote estatístico S-PLUS (Venables e Ripley, 1999) para obtenção dos valores médios previstos, sendo estes transformados, em seguida, para os valores originais de CPUE pela expressão “`exp (efeito previsto pela função predict.gam e glm)`”.

6.3- Resultados

A Figura 6.1 apresenta os desvios dos resíduos relativamente aos valores ajustados aos modelos. Os resultados indicam que a variância se mantém quase constante com a média, ou seja, que os resíduos estão dispersos em torno do zero de maneira praticamente igual em todos os valores ajustados dos modelos. A figura 6.1 mostra a probabilidade normal dos resíduos e a distribuição dos resíduos dos modelos, demonstrando uma distribuição bem próxima à normal. Estes resultados indicam que os modelos foram bem ajustados e que o erro assumido é bastante satisfatório para ambos os modelos.

Os resultados da CPUE estandardizada através de GAM e GLM (Figura 6.2) diferem moderadamente das séries temporais da CPUE nominal. Os limites de confiança não apresentados são pequenos e raramente amplos, com o erro padrão da CPUE estandardizada variando entre 0.03-0.12 para o GLM e 0.02-0.09 para o GAM. As CPUE estandardizadas pelo GAM explicaram 51% da variância contra 31% das CPUEs estandardizadas pelo GLM. Ambos modelos apresentaram um forte declínio nos valores de CPUE no período de 1980 a 1994, subindo abruptamente a partir desse ano, atingindo valores máximos no segundo trimestre de 1999. Assim como na CPUE nominal, as CPUE estandardizadas demonstraram um forte ciclo sazonal, com maiores capturas no segundo semestre entre os anos de 1980 e 1994 e no primeiro a partir desse ano, sendo mais evidente com a CPUE estandardizada pelo GAM do que pelo GLM.

6.4- Discussão

A estandardização com GAMs passou a ser mais utilizada em meados dos anos 90, devido à necessidade de incluir os factores ambientais nos modelos de dinâmica de população de forma a melhorar a avaliação dos recursos explorados. Normalmente, a CPUE é assumida como linearmente proporcional à abundância do recurso (Hilborn e

Walters, 1992). No entanto, outros factores como o ambiente, métodos de pesca, tipo de equipamento, comportamento da espécie, medidas de conservação (e.g. cotas de captura) e factores económicos podem influenciar a CPUE.

As CPUEs estandardizadas pelo GAM e GLM foram bastante similares. Este facto, sugere que a integração das variáveis ambientais nas análises conduzidas pelo GAM não tenham influenciado as estimativas da CPUE pelo método GLM. Segundo Bigelow *et al.* (1999), esta similaridade resulta do facto de muitos factores estarem fortemente relacionados com a sazonalidade e área de pesca (latitude, longitude e batimetria). Os factores ambientais podem estar correlacionados com a sazonalidade e a área quando não existem fortes padrões anómalos.

No presente trabalho, o modelo obtido a partir dos índices estandardizados pelo GAM apresentaram melhor ajuste que o mesmo pelo GLM. A possibilidade de integração de variáveis de diversas ordens que afectam a pesca de *X. gladius* (Ver Capítulo III) pode explicar, em parte, os bons resultados da utilização do GAM. Estes resultados também podem ser explicados pelo facto de algumas variáveis exploratórias serem independentes da sazonalidade e área de pesca, em especial a taxa de iluminação da lua, tempo de imersão e hora inicial de lançamento, assim como pelo efeito de eventos climáticos que podem provocar fortes modificações no regime do clima (e.g. anos de El Niño), como observado no Capítulo III e VII.

Os resultados obtidos mostraram a importância da integração dos factores analisados. A regressão não-paramétrica relaxa a hipótese de linearidade, o que alimenta a possibilidade de uma estrutura de relações não-lineares entre as variáveis dependente e independentes (e.g. variáveis espaciais, temporais e ambientais) no mesmo modelo. Assim, o GAM torna-se uma ferramenta importante no estudo de relações funcionais entre o peixe e o ambiente, dado que tal processo acomoda uma ampla variedade de formas funcionais e não requer formulação de hipóteses (SAS Institute Inc, 2001).

Segundo Hinton e Maunder (2004), o GAM proporciona uma grande flexibilidade na expressão de relações entre variáveis exploratórias e CPUE, expandindo significativamente a possibilidade de relações, as quais podem ser consideradas durante o processo de padronização.

GLM é um processo estatisticamente mais robusto que GAM, que produz baixa complexidade nas expressões matemáticas e uma resolução preditiva mais uniforme, mas requer análises preliminares das relações funcionais (Agenbag *et al.*, 2003). Além disto, GLM enfatiza estimativa e inferência para os parâmetros do modelo, enquanto

que GAM focaliza a exploração dos dados de forma não-paramétrica. A distribuição normal pode não ser adequada para modelar interações discretas. GAM supera esta dificuldade, estendendo os modelos aditivos para muitas outras distribuições, além da normal, podendo ser aplicado a uma variedade muito maior de análises. Logo, GAM parece ser mais adequado para analisar dados que apresentem associações não paramétricas, permitindo uma melhor visualização das relações entre a variável dependente e as variáveis independentes (SAS Institute Inc, 2001), aspecto este amplamente descrito na forma de relações não-lineares entre o ambiente e o peixe (Ex. Bigelow *et al.*, 1999; Agenbag. *et al.*, 2003; Zagaglia, 2003; Hazin *et al.*, 2004).

Em Setembro de 2006, o Comité Permanente de Pesquisa e Estatística da ICCAT deverá realizar uma nova avaliação dos mananciais de *X. gladius* no Oceano Atlântico. A expectativa é de que os dados aqui analisados, com as séries estandardizadas de CPUE resultantes dos mesmos, possam contribuir para uma avaliação mais precisa dos mananciais, sendo este um aspecto de grande relevância política para o Brasil, dado que é responsável por uma das maiores parcelas da captura total de *X. gladius* no Oceano Atlântico Sul.

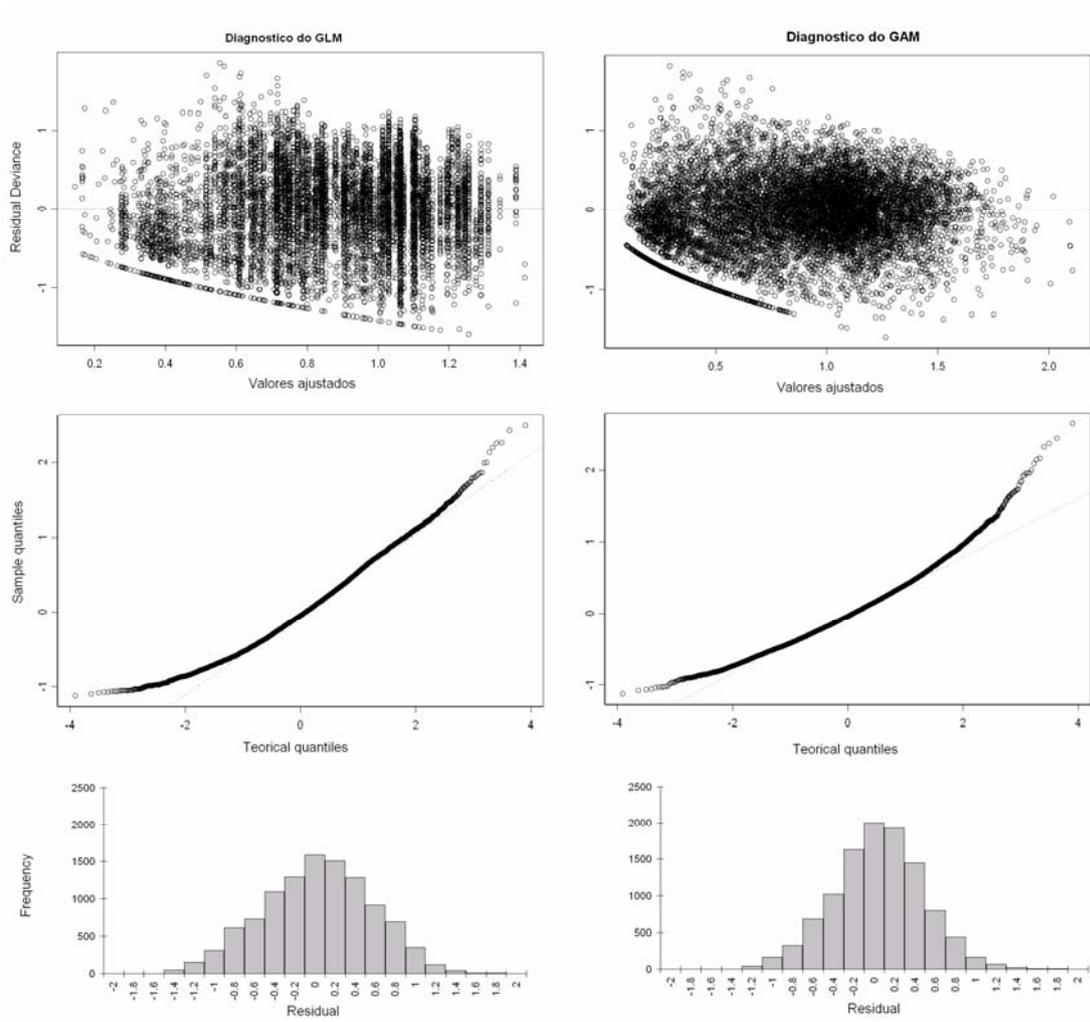


Figura 6.1- Diagnostico dos modelos para o GLM (direita) e GAM (esquerda).

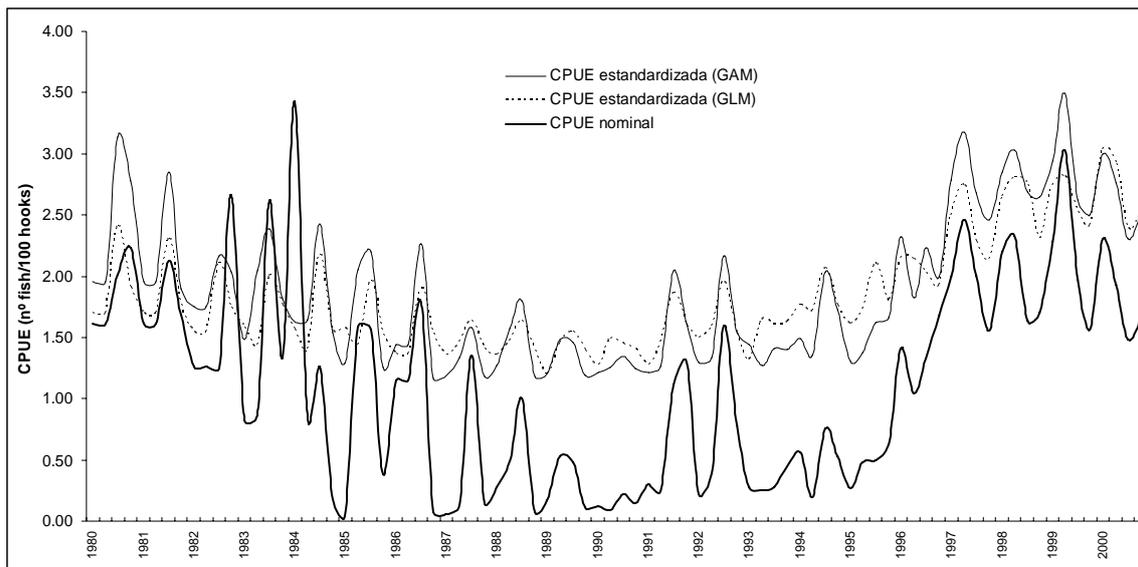


Figura 6.2- CPUE nominal e estandarizada pelo GAM e GLM para o *X. gladius* capturado no período de 1980 a 2000.

Capítulo VII

Influência dos índices climáticos e geofísicos na pesca das principais espécies capturadas pela frota palangreira brasileira.

7.1- Introdução

No oceano Atlântico os atuns e espécies afins constituem um importante recurso pesqueiro. Ao longo dos anos observam-se flutuações do volume de capturas que muitas vezes são associadas a medidas de regulamentação, mudanças de estratégias pesqueiras e ao fenómeno do El Niño.

Baumgartner *et al.* (1989) demonstraram que os oceanos sofrem modificações acentuadas dos seus padrões, em dependência das variações climáticas, numa escala cíclica de poucos anos ou décadas. É cada vez mais aceite que a pesca está relacionada com os processos dinâmicos e forças remotas de escala mais ampla como a Anomalia da Temperatura do Ar (ATA), Índice de Circulação Atmosférica (ICA- Zonal e Meridional) e “Length of the Day” (LOD) (Klyashtorin e Sidorenkov, 1996; Klyashtorin, 1998; Sharp, 2003). Jurado-Molina e Livingston (2002) referem que as mudanças no regime climático têm uma capacidade de influenciar os mananciais pesqueiros comparável aos factores de pesca, interferindo, inclusive, nas interações predador-presa, de tal forma que flutuações climáticas a médio e longo prazo podem retardar ou acelerar significativamente a recuperação de um determinado manancial pesqueiro. Klyashtorin e Sidorenkov (1996) mostraram sincronismo significativo de 15 espécies de importância comercial no Pacífico com a dinâmica global da ATA, ICA e LOD. A FAO (1997) demonstra a importância dos regimes climáticos na pesca da sardinha e outras espécies pelágicas do Pacífico, encontrando uma forte relação.

Os índices climáticos e geofísicos podem ser utilizados como indicadores futuros de variação climática a curto, médio e longo prazo e conseqüentemente da sua influência na pesca (Sharp, 2003). Klyashtorin (1998) utilizou o conceito de variações climáticas cíclicas com a produção de peixes para prever capturas de salmão no Pacífico, obtendo resultados muito satisfatórios, confirmados por estatísticas recentes (Sharp, 2003).

Determinar as possíveis causas destas flutuações, assim como indicadores das variações climáticas através das espécies, torna-se interessante na medida em que causam grande impacto na pesca, tanto no âmbito económico como social. Além disto, o conhecimento dos seus efeitos na pesca oceânica, contribuem para melhorar a gestão dos principais mananciais explorados com a pesca do palangre, uma vez que parte destes mananciais se encontram sobre regulamentações impostas pela ICCAT, como é o caso do *X. gladius*. No Atlântico Sul foram desenvolvidos apenas dois trabalhos de forma a explicar as variações naturais da abundância a curto prazo do *Thunnus alalunga* através do aquecimento anómalo da temperatura da superfície da água do mar associadas ao El Niño, (Travassos, 1999a; Travassos, 1999b; Zagaglia, 2003).

O presente Capítulo tem por objectivo investigar a influência das variações climáticas de curto, médio e longo prazo nas séries temporais de CPUE das 4 principais espécies capturadas com palangre pela frota brasileira (*Thunnus albacares*, *Thunnus alalunga*, *Thunnus obesus* e *X. gladius*).

7.2- Materiais e métodos

Variável resposta

No presente Capítulo as séries temporais de CPUE (captura por unidade de esforço em número por cada 100 anzóis) das principais espécies capturadas com o palangre pela frota brasileira (*T. obesus*, *T. alalunga*, *T. albacares* e o *X. gladius*), no período de 1978 a 2000, foram obtidas através da análise de cluster extraídas do Capítulo III.

Devido à variabilidade sazonal da pesca e das diferentes características oceanográficas ao longo da área de pesca, esta foi dividida em 3 partes, de acordo com a distribuição do esforço de pesca, separadas pela longitude de 20°W, sendo: A1 (5°N-15°S), A2 (15°S-25°S), A3 (25°S-40°S) (Figura 7.1).

Variáveis explicativas

Foram utilizadas 5 variáveis, sendo 4 climáticas (Índice de Circulação Atmosférica – meridional e zonal, Anomalia da Temperatura da água do mar – ATSM e Anomalia da Temperatura do Ar – ATA) e 1 geofísica (Length of Day – LOD).

Índice de Circulação Atmosférica – ICA:

O índice de circulação atmosférica foi proposto por Vangeneim (1940) e Girs (1971) para caracterizar os processos atmosféricos numa escala global. Caracteriza-se pela transferência (hemisférica) de massas de ar em grande escala, podendo se classificar em dois grupos em função da direcção predominante em que são transportadas: meridional (C), que se refere ao transporte predominante de massas de ar de norte para sul e vice versa; e a combinação entre oeste (W) e leste (E) referem-se ao transporte predominante de massas de ar no sentido oeste-leste e leste-oeste. Para cada uma das componentes, a direcção predominante das massas de ar transportadas depende do regime de pressão atmosférica que prevalece numa extensa área.

Em determinados períodos, cada uma destas formas de circulação predomina sobre a outra, sendo por isso denominadas Épocas de Circulação e dividem-se em duas categorias: Épocas meridionais (C) e Épocas zonais, que são a combinação de este e oeste. As séries anuais das formas dominantes meridionais e zonais combinadas para o período de 1978 a 2000, foram compiladas a partir de Sharp (2003) e Chavez *et al.* (2003).

Length of Day – LOD

Length of Day – LOD é um índice geofísico de escala global que está relacionado com a velocidade de rotação da terra. O LOD, é uma função da soma de todas as dinâmicas internas da Terra (ventos, correntes, entre outros) sendo por este motivo sujeito a flutuações periódicas (décadas, anuais e mensais). LOD é um índice anual mensurado através da diferença entre o actual comprimento do dia (LOD) (astronómico) e o comprimento padrão do dia sobre 8.6400 SI por segundo. As séries cronológicas para o período de 1978 a 2000 foram obtidas através do endereço electrónico: <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/downloads/lod.txt>, sendo em seguida transformados em velocidade de rotação da terra negativa (-LOD) (tendência oposta ao LOD), pelo algoritmo de Stephenson e Morrison (1984) para uma melhor comparação visual com os outros índices estudados (Sharp, 2003).

Anomalia da Temperatura do Ar (ATA) e a Anomalia da Temperatura da água do mar (ATSM)

A Anomalia da Temperatura do Ar refere-se à diferença anual entre a temperatura actual e a de décadas passadas. As séries cronológicas para o período de 1978 a 2000 foram obtidas a partir do “National Aeronautics and Space Administration (NASA)” através do “Goddard Institute for Space Studies (GISS)”. A série cronológica de ATSM para o período estudado foi obtida através do JISAO (*Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean*) e correspondente aos valores anuais médios globais.

Análise estatística

De forma a investigar a influência dos factores climáticos e geofísicos nas séries temporais de CPUE das principais espécies capturadas pela frota palangreira brasileira foram utilizadas duas técnicas alternativas de análise multivariada – o MAFA (“min/max autocorrelation factor analysis”) e o DFA (“Dynamic Factor Analysis”) – implementadas no pacote estatístico Brodgar (www.brodgar.com).

A escolha destes métodos baseou-se na sua capacidade para extrair e identificar tendências comuns de curtas séries temporais (15-25 anos) (Zuur *et al.*, 2003a; Zuur *et al.*, 2003b). Além disso, estes métodos não consideram as séries temporais de CPUE um padrão estacionário, como acontece com outras técnicas tradicionais como ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) e a análise espectral (Zuur *et al.* 2003b). Outra vantagem é que permitem analisar os anos com séries temporais incompletas, assim como, observar os efeitos das variáveis exploratórias em anos anteriores (Zuur *et al.*, 2003a; Zuur e Pierce, 2004; Erzini, 2005; Erzini *et al.*, 2005). Também foram realizadas correlações ($p=0.05$) entre as series temporais das variáveis exploratórias com o objectivo de verificar possíveis relações entre as mesmas.

Min/max autocorrelation factor analysis (MAFA)

O MAFA é um tipo de análise de componentes principais (PCA) que tem como objectivo extrair tendências comuns de várias séries temporais através de autocorrelações. As tendências extraídas, denominadas MAFs, são modeladas por curvas suavizadoras “Loess” (*Locally weighted polynomial scatter plot smoother*,

Cleveland e Devlin, 1988) e representam o comportamento comum das séries temporais originais. A formulação matemática do primeiro MAF é representada por:

$$y_1(t) = \mathbf{a}'\mathbf{X}(t) \quad \text{equação 1}$$

em que \mathbf{X} é a matriz $\mathbf{n} \times \mathbf{p}$ da série temporal original e \mathbf{a} é o modulo do vector . A matriz de covariância da série temporal original é representada por:

$$\mathbf{C} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})/n \quad \text{equação 2}$$

A diferença entre o primeiro MAF e a covariância da matriz é representada pela fórmula:

$$\mathbf{V} = (\mathbf{D}'\mathbf{D})/(n-1) \quad \text{equação 3}$$

em que \mathbf{D} é a matriz $(n-1) \times p$. Para maximizar a autocorrelação, o módulo do vector \mathbf{a} (equação 1) é proporcional ao autovector da matriz de atraso (lag-one) $\mathbf{C}^{-1}\mathbf{V}$ correspondendo aos menores autovalores² do mesmo ($2(1-r_1)$). Fazendo as substituições na equação 1, esta passa a ser representada por:

$$(\mathbf{a}'\mathbf{V}\mathbf{a})/(\mathbf{a}'\mathbf{C}\mathbf{a}) = 2(1-r_1) \quad \text{equação 4}$$

em que r_1 é o primeiro intervalo da autocorrelação de $Y_1(t)$.

Dependendo do comportamento das séries temporais originais, podem ser extraídas duas ou mais MAFs. A ordem de importância entre os MAFs é determinada pela autocorrelação com as tendências originais, de forma que o primeiro eixo do MAFA (MAF 1) representa a tendência principal. As tendências seguintes (e.g. MAF 2) apresentam menor importância e assim sucessivamente.

Para determinar a importância das variáveis respostas e explicativas entre os eixos MAFs foi calculada a relação canónica com os valores significativos de sinal

² Os autovalores representam o comprimento dos eixos, medidos em unidade de variância. Associado a cada autovalor existe um vector de módulo unitário denominado autovector. Os autovectores representam as direcções dos eixos. São factores de ponderação que definem a contribuição de cada banda original para uma componente principal, numa combinação aditiva e linear.

positivo indicando uma forte correlação com o eixo relacionado, e o valores significativos de sinal negativo indicando o oposto aos resultados apresentados pelos MAFs. Por exemplo, o MAF_1 apresenta uma tendência crescente para uma determinada espécie, caso a correlação possua um sinal positivo a espécie em questão está relacionada com a tendência crescente e, caso seja negativa, significa que para essa espécie a tendência é contrária, ou seja, decrescente.

Dynamic factor analysis (DFA)

O DFA é uma técnica de redução de dimensões especialmente desenhada para séries temporais curtas e não estacionárias, podendo conter séries incompletas, como já explicado acima. Este método avalia simultaneamente os efeitos das variáveis exploratórias, identificando as tendências comuns e as interações entre as variáveis resposta. O DFA pode assumir distribuições diferentes da gaussiana, tais como binomial e *ward* podendo assumir outras distribuições através de modificações nos algoritmos (“Kalman filtering” e suavizadores) (Fahrmeir e Tutz, 1994; Zuur *et al.*, 2003a). No DFA cada tendência comum é modelada por “random walk trend” (Chartfield, 1989; Harvey, 1989), evitando, dessa forma, a correlação em série dos resíduos do modelo na especificação da tendência comum e variáveis exploratórias (Zuur *et al.*, 2003a).

No presente Capítulo as N séries temporais foram modeladas em função de uma combinação linear de tendências comuns, uma constante, variáveis exploratórias (1, 2, 3...) e o erro. Segundo Zuur *et al* (2003a) a formulação matemática com M tendências comuns é:

$$y_{ij} = Z_{i1}\alpha_{1t} + Z_{i2}\alpha_{2t} + \dots\dots\dots Z_{iM}\alpha_{Mt} + \epsilon_{it}, \quad \text{equação 1}$$

Onde y_{ij} representa os valores das séries temporais i no tempo t , α representa as tendências comuns (“random walk trend”, Harvey, 1989), Z são os “factor loadings” e ϵ é o erro da matriz. Logo a matriz pode ser descrita por:

$$y_i = Z\alpha_t + \epsilon_t \quad \text{equação 2}$$

em que Y_t é um vector $N \times 1$ contendo os valores das N séries temporais no tempo t , α_t representa os valores das M tendências comuns no tempo t e ϵ_t é a componente do erro de $N \times 1$, que assume uma distribuição normal com expectativa zero e a matriz de covariância R , e Z é uma matriz $N \times M$ contendo os “factor loadings”. As tendências são modeladas em função do tempo ($t-1$) mais um erro:

$$\alpha_t = \alpha_{t-1} + f_t \quad \text{equação 3}$$

em que $f_t \sim N(0, Q)$ é a distribuição normal, com média zero, da matriz de covariância diagonal Q , sendo f_t independente de ϵ_t . Uma constante c , de dimensão $N \times 1$, é incluída no modelo para permitir um melhor ajuste da combinação linear das tendências comuns:

$$y_t = c + Z\alpha_t + \epsilon_t \quad \text{equação 4}$$

Adicionando ao modelo as variáveis exploratórias o modelo fica:

$$y_t = c + Z\alpha_t + Dx_t + \epsilon_t \quad \text{equação 5}$$

Onde x_t é o vector que contém os valores das L variáveis exploratórias no tempo t e D é a matriz $N \times L$, que contém os coeficientes da regressão. Mais detalhes sobre a fundamentação estatística do DFA foram descritos por Zuur *et al.* (2003a).

Foi testado um total de 6 modelos, 1 sem as variáveis exploratórias e 5 com as variáveis exploratórias combinadas entre si, totalizando, assim, 33 sub-modelos. Cada um dos modelos foi ajustado usando uma matriz diagonal e a matriz simétrica não diagonal. Ao contrário do MAFA, no DFA o número de tendências extraídas é testado manualmente. No presente Capítulo os sub-modelos foram testados com até 3 tendências cada. Face à elevada quantidade de modelos testado foi utilizado “Akaike’s information criterion” (AIC, Akaike, 1973) para escolher o melhor modelo, com os menores valores indicando o melhor ajustamento. As relações entre cada série de CPUE e as tendências comuns foram determinadas através do “factor loadings” e as correlações canónicas.

Transformação dos dados

Foi realizado um processo de normalização das variáveis repostas e exploratória, a fim de compensar as diferentes unidades de medida, bem como as suas ordens de grandeza, facilitando, assim, a interpretação dos resultados. O processo de normalização foi calculado utilizando a fórmula:

$$X_i = (Y_i - \hat{Y}) / \sigma_y$$

onde \hat{Y} é a média da série, Y_i é o valor da i ésima observação da amostra e σ_y é o desvio padrão da série. O novo valor é representado por X_i que passa a estar centrado em torno do zero.

Maiores detalhes sobre a fundamentação matemática do MAFA e DFA são respectivamente apresentadas por Solow (1994) e Zuur *et al.* (2003a).

7.3- Resultados

7.3.1- MAFA

A figura 7.2 apresenta as duas tendências significativas extraídas (MAF_1 e MAF_2) que melhor explicam o comportamento das séries temporais de CPUE originais. O primeiro MAFA, com uma autocorrelação de 0,938 ($p= 0,004$) apresenta-se relacionado com o decréscimo da CPUE, sendo particularmente claro a partir de 1993. O segundo eixo do MAFA (autocorrelação= 0,865, $p= 0,020$) é caracterizado por duas tendências ao longo dos anos, a primeira de forte declínio até ao final de 1990 e a segunda associada a um aumento abrupto dos valores de CPUE a partir de 1995.

A relação entre as espécies e os eixos do MAFA são apresentadas na Tabela 7.1. O primeiro eixo do MAFA (MAF_1) apresenta-se mais importante para o *T. alalunga* (área 2 e 3), *T. obesus* (todas as áreas), *T. albacares* (áreas 2 e 3) e *X. gladius* (área 1). As três primeiras espécies estão correlacionadas positivamente com a tendência de decréscimo, enquanto que o *X. gladius* está mais relacionado com uma tendência crescente indicada pela correlação negativa com o MAF_1 (Tabela 7.1).

O segundo eixo do MAFA (MAF_2) apresenta uma correlação significativa com o *X. gladius* e *T. alalunga* apenas para a área 1, estando todos relacionados

positivamente. As demais espécies e áreas não apresentaram correlações significativas com o segundo eixo do MAFA (Tabela 7.1).

A correlação entre as variáveis exploratórias e os dois eixos do MAFA são apresentadas na tabela 7.2 e Figura 7.3. As variáveis ATSM, -LOD e ATA não se mostraram significativamente correlacionadas com o segundo eixo do MAFA. O ICAm foi a única variável que apresentou uma correlação significativa de sinal positivo com os dois eixos do MAFA. As correlações entre a ATA, ATSM, -LOD e ICAz mostram-se positivas e negativa com o ICAm, ou seja apresentam as mesmas tendências entre si e opostas ao ICAm (Tabela 7.3; Figura 7.4).

Estes resultados indicam que os eventos podem ser classificados em frios e quentes, e que todas as espécies estudadas sofrem uma influência de negativa nos eventos quentes (Figura 7.5). Indicam, também, que os eventos quentes podem interferir no -LOD diminuindo a velocidade de rotação da terra.

7.3.2- DFA

Os resultados dos ajustes dos modelos do DFA são apresentados na Tabela 7.4. No primeiro modelo testado, que não contem as variáveis exploratórias, os menores valores de AIC foram obtidos com uma matriz simétrica diagonal, com 2 tendências comuns (AIC= 745,7). No segundo modelo, com uma variável exploratória, observam-se valores menores de AIC com o ICAm e a matriz simétrica diagonal, com uma tendência comum (AIC= 721,3). No terceiro modelo, com duas variáveis exploratórias combinadas entre si, observa-se o menor valor de AIC com uma matriz simétrica diagonal, com uma tendência comum e com a combinação de ICAm e ATA (AIC=728,2). O quarto modelo testado, com três variáveis exploratórias combinadas entre si, apresentaram-se melhores, com 1 tendência comum e a combinação de ICAm, ATA e -LOD (AIC= 714,1). O quinto modelo testado, com a combinação de quatro variáveis exploratórias, foi melhor ajustado a uma matriz simétrica diagonal, com 1 tendência comum e à combinação de ATA, ICAm, ATSM e -LOD (AIC= 717,8). O sexto modelo testado, com cinco variáveis exploratórias, foi melhor ajustado a uma matriz simétrica diagonal, com 1 tendência comum e à combinação de ICAz, ICAm, -LOD, ATSM e ATA (AIC= 720,9). Depois de examinar as tendências comuns, os “factor loadings”, as correlações canônicas e os resíduos, considerando também os

factores biológicos e tecnológicos da pesca oceânica brasileira, optou-se pelo quarto modelo (1 tendência comum + 3 variáveis exploratórias).

Os resultados mostram uma leve tendência de decréscimo das séries estandardizadas de CPUE até 1984. A partir desse ano observa-se uma certa estabilidade com pequenas oscilações até 1990, momento em que decresce abruptamente (Figura 7.6). As tendências associadas as variáveis significativas do modelo final apresentam resultados semelhantes aos observados do MAFA, decrescendo com os eventos quentes (Figura 7.7)

As estimativas dos parâmetros da regressão para as variáveis exploratórias do modelo escolhido são apresentadas na Tabela 7.5. O valor relativamente elevado de t ($t > 2,0$) indica uma forte relação entre as variáveis explicativas e as séries de CPUE. Os resultados obtidos para as espécies capturadas na área 1, demonstram fortes relações entre as variáveis exploratórias e a CPUE ($t > 2$), sendo mais claro entre a CPUE de *X. gladius* e a ATA, ICAM e -LOD, a CPUE de *T. alalunga* e ATA e -LOD, a CPUE de *T. albacares* e ATA e a CPUE de *T. obesus* com ICAM. Na área 2, registaram-se valores elevados de t entre a CPUE de *X. gladius* e a ATA e -LOD, a CPUE de *T. alalunga* e o ICAM, a CPUE de *T. albacares* e o ICAM, e a CPUE de *T. obesus* e a ATA e ICAM. Na área 3, observaram-se fortes relações entre a CPUE de *X. gladius* e a ATA, a CPUE de *T. alalunga* e *T. obesus* e o ICAM e a CPUE de *T. albacares* e -LOD.

A Tabela 7.6 apresenta os resultados do “factor loadings” e as correlações canônicas obtidas para a tendência do modelo. Os resultados foram semelhantes, tendo sido observadas correlações positivas para o *X. gladius* (área 2 e 3), *T. alalunga* (área 2), *T. albacares* (área 1, 2, 3) e *T. obesus* (área 1 e 2).

As séries temporais de CPUE por espécie por área observadas e as ajustadas do modelo final são apresentadas na Figura 7.8. Para o *X. gladius* capturado na área 1, as séries temporais de CPUE apresentaram-se praticamente constantes até meados de 1994 aumentando abruptamente a partir daí até ao seu valor máximo em 1998, estabilizando nos anos seguintes. Na área 2, as CPUEs de *X. gladius* apresentaram um padrão contrário ao observado na área 1, diminuindo de forma acentuada a partir de 1990 e voltando a aumentar a partir de 1995. Relativamente ao *T. alalunga*, as tendências comuns para três áreas revelaram-se bastante distintas sendo caracterizadas por oscilações ao longo dos anos. Na área 1, a CPUE apresenta-se estável até ao final de 1987, decrescendo então de forma abrupta até 1989. No início de 1990 observa-se um rápido aumento da CPUE sofrendo poucas variações desde então. Na área 2, nota-se

uma forte tendência de decréscimo de CPUE até 1994, com um leve aumento em 1998 quando tende a diminuir e estabilizar. Na área 3, as tendências são semelhantes às observadas na área 2, embora se um aumento de CPUE bem mais acentuado a partir de 1994.

Relativamente a *T. albacares* capturado na área 1, as tendências oscilam bastante com o mínimo em 1986 e o máximo em 1989. A partir de 1992 observa-se uma tendência de estabilização. Na área 2 o padrão apresentado é bem diferente, observando-se uma tendência de decréscimo dos valores de CPUE até 1994, com uma ligeira recuperação a partir de 1995, voltando a diminuir em 1996. Na área 3, a CPUE mantém-se praticamente constante entre os anos de 1978 e 1987, atingindo o máximo em 1988, e decrescendo abruptamente deste ano até 1993. Nos anos seguintes a CPUE apresenta um leve crescimento.

A tendência observada nas séries de CPUE para o *T. obesus*, na área 1, apresenta um forte declínio até 1990, mantendo-se estável ao longo do período analisado. Na área 2, observa-se que o declínio dos valores de CPUE ocorre em dois períodos. O primeiro ocorre entre 1978 e 1986 e o segundo entre 1990 e 1994, estando registados a partir desse ano um aumento dos índices de captura, com o máximo em 1997. Na área 3, a tendência da CPUE do *T. obesus* comporta-se de forma semelhante ao encontrado para a área 2, com o decréscimo da CPUE no período de 1978 a 1995, seguido de um aumento intenso.

O erro da covariância da matriz R do modelo indica que 3 das 12 CPUEs por área e espécie não foram bem ajustadas, em consequência da grande variação da CPUE nalguns dos anos avaliados. Especificamente, estas variações ocorreram para a *T. albacares* da área 2 nos anos de 1979, 1984 e 1996; para a *T. albacares* da área 3 no ano de 1999 e para *T. obesus* da área 2 ocorreram em 1982 e 2000.

7.3.3- DFAxMAFA

Comparando as tendências comuns obtidas pelos dois eixos do MAFA com a do DFA, observa-se um padrão comum entre o primeiro eixo do MAFA e a única tendência comum do DFA. Ambas tendências estão relacionadas com o decréscimo dos valores de CPUE ao longo dos anos. Estes resultados sugerem a importância da tendência obtida com o DFA na explicação dos comportamentos observados dos valores de CPUE por espécie por área.

7.4- Discussão

A relação entre os processos oceano-atmosfera e as flutuações anuais das capturas de espécies altamente migratórias é bastante complexa e pouco conhecida, particularmente para a região Atlântico Sul. Em 1993 foi sugerido que as capturas de peixes pelágicos um pouco por todo o mundo flutuam em sincronia (Kawasaki, 1983). Mais tarde foi proposto que tal sincronia é consequência das modificações climáticas que alteram a produtividade global dos oceanos (Lluch-Belda *et al.*, 1992) e que são transferidas globalmente pela atmosfera por meio de teleconecções. Recentemente, tem sido documentado que as variações climáticas de médio e longo prazo influenciam directamente algumas espécies, alterando o seu comportamento (Lluch-Belda *et al.* 1992) ou indirectamente, modificando o ecossistema e destabilizando a cadeia trófica (Polovina *et al.*, 1994), modificando os padrões da circulação oceânica e afectando a dispersão e retenção de larvas, modificando a intensidade do afloramento de massas de água ricas em nutrientes ou variando o habitat de desova (Bakun, 1996).

Existem apenas dois trabalhos desenvolvidos, na região sudoeste equatorial no Atlântico Sul, para o *T. alalunga* (Travassos, 1999a; Travassos, 1999b; Zagaglia, 2003), os quais fazem referência aos eventos de curta duração (ex. El Niño). Leroux (1998) refere que a influência do transporte de massas de ar dos pólos para o equador é o principal mecanismo causador do ENSO. Klyashtorin (1998) analisou a dinâmica dos índices ATA, ICAz, ICAm e LOD e as suas possíveis implicações na pesca das principais espécies comerciais do Atlântico e Pacífico. Estes autores observaram tendências semelhantes entre a ATA, ICAz e o -LOD, que se apresentam fortemente correlacionados, e tendências opostas ao ICAm, o que confirma o observado no presente Capítulo. Estes resultados corroboram igualmente as observações de Girs (1971), que sugere que as épocas zonais (ICAz) estão relacionadas aos períodos quentes e a época meridional (ICAm) com períodos mais frios.

As correlações entre o ICAz, ATA e o -LOD existem, provavelmente, devido aos processos de aquecimento global da água e à não uniformidade da distribuição da precipitação atmosférica entre o continente e os oceanos (Klyashtorin, 1998). Parte da água evaporada da superfície do oceano é levada às regiões polares e depositada nos glaciares da Gronelândia e da Antártida. A quantidade de gelo que flui para o oceano não varia muito ao longo do tempo e o aumento na massa de gelo é semelhante à dinâmica da precipitação atmosférica e deposição de neve. A deposição de neve é determinada pela direcção do vento dominante e depende da direcção do transporte de

ar, durante as diferentes épocas climáticas (mudanças a longo prazo no ACI). A transferência da massa de água do oceano às regiões polares causa mudanças no momento inercial e na velocidade de rotação da Terra (Sidorenkov e Svirenko, 1988; Sidorenkov e Svirenko, 1991).

Segundo Lamb (1972), a circulação zonal está caracterizada por um aumento da intensidade desta em todas as latitudes e por um desvio das máximas intensidades de ventos em direcção aos pólos. Ou seja, ocorre uma diminuição do alcance da temperatura do ar no equador e um aumento da temperatura do ar nos pólos, aumentando a temperatura da superfície da água do mar em latitudes elevadas. O oposto é observado quando a circulação meridional é dominante. Tanto os ventos de leste como os ventos de oeste aumentam de intensidade durante a circulação zonal e ambos diminuem nos períodos de circulação meridional (Lambeck, 1980).

A atmosfera é a componente mais instável do sistema geofísico global, trocando relativamente grandes proporções do seu momento angular com a terra sólida (Stephenson e Morrison, 1984). Uma vasta quantidade de publicações sugere que as variações interanuais do LOD são directamente proporcionais ao aumento angular relativo na atmosfera, que depende principalmente da velocidade dos ventos zonais (Rosen e Salstein, 1983; Langley *et al.*, 1991; Robertson, 1991; Chao, 1994; Marcus *et al.*, 1998).

Através de uma derivação formal da relação dinâmica entre a atmosfera e a terra sólida é possível calcular as variações no LOD, a partir da distribuição a grande escala da pressão atmosférica e da dinâmica dos campos de vento (Barnes *et al.*, 1983). O planeta Terra conserva o seu momento angular excepto quando ocorre o conhecido efeito do par (Torque) externo associado com a maré lunar-solar, que induz uma desaceleração da velocidade de rotação da terra. Um profundo efeito no clima também pode ser sentido ao longo dos anos, já que um maior momento angular causa a concentração da água dos oceanos nas regiões tropicais e subtropicais e torna os oceanos mais rasos nas regiões polares (Lambeck, 1980). Desta maneira, os efeitos são também detectados na dinâmica da atmosfera, na formação de ventos globais e na evaporação. É assim possível que as flutuações no LOD resultem da redistribuição do momento angular entre a atmosfera e a terra sólida, devido a uma alternância das épocas de circulação zonais e meridionais.

Segundo Sharp (2003) a velocidade de rotação da Terra (LOD) tem vindo a diminuir lentamente desde que surgiu, causando um aumento na duração do dia. O

princípio da conservação do momento angular requer uma compensação para a perda de momento angular de rotação da Terra, através de um ganho de momento angular orbital da Lua. Assim, a sua velocidade angular e distância em relação à Terra alteram-se com a desaceleração do planeta. Este facto torna-se interessante, particularmente para o *X. gladius*, uma vez que as suas capturas estão relacionadas com as fases lunares (Capítulo III). Desta forma, a taxa de iluminação da lua poderá não influir ou apresentar um efeito menor nas capturas da espécie nos anos em que a LOD se encontra negativa. Este fenómeno poderá reflectir-se na sua distribuição vertical, passando a encontrar-se em águas mais superficiais do que as habitualmente observadas (Capítulo III).

Os índices estudados incidem directamente sobre a circulação atmosférica, podendo ser classificados como eventos frios ou quentes (Sharp, 2003), e influenciam nas correntes oceânicas, nas áreas de frentes térmicas, TSM, entre outras. No Capítulo IV observou-se que a CZV e a TSM são variáveis importantes, que ajudam a explicar a distribuição do *X. gladius*. Travassos (1999b) menciona a importância da TSM na pescaria das três espécies analisadas neste Capítulo e a influência de eventos quentes na pesca do *T. alalunga* (Travassos, 1999a; Travassos, 1999b; Zagaglia, 2003). Segundo Hazin (1993) e Hazin *et al.* (1997), a abundância de algumas espécies relaciona-se directamente com a temperatura da superfície da água do mar, ainda que outras apresentem uma relação negativa com esta variável. No presente Capítulo observou-se que todas as áreas são fortemente influenciadas durante as épocas correspondentes aos eventos quentes, com a diminuição das suas capturas.

As espécies pelágicas em estudo são caracterizadas por efectuarem grandes migrações em busca de condições favoráveis à alimentação e reprodução. Muitas das espécies pelágicas utilizam as correntes oceânicas para se deslocarem, assim como para o transporte de ovos e larvas para locais com condições favoráveis ao seu desenvolvimento (Hazin, 1993; Zagaglia, 2003).

As áreas 1 e 2-3, no presente trabalho, são utilizadas pelas espécies como zonas de reprodução, alimentação e crescimento. O *T. alalunga* e o *T. obesus* migram para a área 1 para fins reprodutivos. Estas espécies são dependentes da temperatura da superfície do mar, a qual deve reunir condições para um desenvolvimento adequado dos ovos e larvas desta espécie (Travassos, 1999a; Travassos, 1999b). Com base nesta dependência, a ocorrência de fenómenos extremos pode gerar avanços ou atrasos na sua migração. Os resultados obtidos poderiam ser justificados pela necessidade do *T. alalunga* e *T. obesus* de se deslocar a águas mais profundas e frias de modo a eliminar o

calor adquirido na área de reprodução, uma vez que são espécies tipicamente de águas temperadas. Desta forma, o palangre tradicional normalmente utilizado pelas embarcações direccionadas a esta espécie, cuja profundidade de actuação se encontra entre os 50 e 150m, estaria a atingir uma menor porção do stock localizada a maiores profundidades (Travassos, 1999b). No caso do *X. gladius*, esse decréscimo pode ser um reflexo no recrutamento, uma vez que jovens da espécie encontram-se distribuídos na região. Visto que os jovens (< 125 cm MIF) de *X. gladius* apresentam um limite estreito às variações da TSM (Capítulo IV), o aumento da mesma pode provocar a deslocação para outras áreas, tornando-os expostos a predadores. Observou-se também que indivíduos entre 130 e 170 cm de MIF utilizam esta região para amadurecimento gonadal, antes de migrar para latitudes elevadas para se alimentar. Assim, o aumento da TSM, provocado por eventos quentes, pode acelerar a migração destes para áreas de alimentação.

Ressurgências, correntes, frentes oceânicas e outros processos oceanográficos possibilitam uma riqueza faunística que atrai os grandes predadores que procuram essas regiões exclusivamente para alimentação. Um caso destes verifica-se na área 2-3, em consequência da Convergência Subtropical do Atlântico. Como descrito acima, uma modificação na circulação atmosférica, forçada pelos eventos quentes, pode provocar variações significativas na produtividade primária. Esta pode provocar uma migração das presas para outras regiões geográficas com melhores condições necessárias ao seu desenvolvimento e, conseqüentemente, dos grandes predadores, uma vez que estes se adaptam facilmente ao ambiente (Nakamura, 1985).

Como conclusão, o MAFA e o DFA apresentaram-se bastante eficientes na elucidação dos efeitos dos índices climáticos e geofísicos nas capturas das principais espécies capturadas com palangre pela frota brasileira. Os mecanismos que estão na origem destas flutuações anuais, para as espécies estudadas, não são ainda claros e devem ser estudados em maior detalhe.

Tabela 7.1 Correlações entre as espécies e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). S= *X. gladius*, A= *T. alalunga*, Y= *T. albacares* e B= *T. obesus*. 1= área1; 2= área2 e 3=área3.

Variáveis resposta	MAF_1	MAF_2
S1	-0,73	0,59
S2	0,34	-0,29
S3	0,18	-0,39
A1	-0,31	0,47
A2	0,88	0,10
A3	0,70	0,19
Y1	0,24	0,29
Y2	0,64	0,18
Y3	0,65	-0,32
B1	0,83	0,33
B2	0,54	0,07
B3	0,82	-0,02

Tabela 7.2 Correlações entre as variáveis exploratórias e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar

Variáveis exploratórias	MAF_1	MAF_2
ATA	-0,87	-0,23
-LOD	0,77	-0,18
ICAz	-0,19	-0,88
ICAm	0,57	0,75
ATSM	-0,75	-0,02

Tabela 7.3- Correlações entre as variáveis exploratórias e os dois eixos do MAFA. Em negrito são as correlações significativas (nível de significância: 0,42). ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar

Variáveis exploratórias	Correlação				
	ATA	LOD	ICA z	ICA m	ATMS
ATA	1	0,57	0,43	-0,70	0,63
-LOD	0,57	1	0,44	-0,70	0,50
ICAz	0,43	0,44	1	-0,90	0,52
ICAm	-0,70	-0,70	-0,90	1	-0,50
ATSM	0,63	0,50	0,52	-0,50	1

Tabela 7.4 – Sumário dos resultados dos modelos obtidos pelo DFA. Em negrito, os menores valores de Akaike’s Information Criterion (AIC) para cada modelo testado. Em cinza o Modelo escolhido. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar.

Variáveis Exploratórias/Tendências	Matriz simétrica não diagonal			Matriz simétrica diagonal		
	1	2	3	1	2	3
M tendência comum+erro	795,6	786,7	802,9	781,0	745,7	757,7
M tendência comum +1 Variável Exploratória + erro						
ATA	780,5	792,8	807,7	754,9	745,2	758,5
-LOD	809,5	799,6	816,1	787,4	755,3	767,4
ATSM	801,8	792,1	806,0	792,0	753,2	764,8
ICAz	768,9	784,4	801,0	739,6	747,5	754,2
ICAm	760,7	773,6	792,4	721,3	731,8	746,1
M tendência comum +2 Variável Exploratória + erro						
ATAxICAz	774,1	787,9	803,6	740,5	744,7	753,3
ATAxICAm	766,0	779,2	793,4	727,9	732,5	745,4
ATAx-LOD	788,0	800,7	816,3	756,9	743,3	753,0
ATAxATSM	785,4	797,6	810,7	763,7	751,7	764,6
ICAzx-LOD	782,9	798,0	819,2	752,5	757,6	777,7
ICAmx-LOD	767,0	777,3	798,9	731,5	744,1	766,3
ICAzxATSM	773,8	789,4	806,6	751,2	761,3	767,6
ICAmxATSM	764,6	775,1	792,6	735,7	746,9	760,5
-LODxATSM	813,7	801,9	814,8	779,5	766,8	775,2
ICAzxICAm	766,0	783,5	801,1	734,5	742,8	755,3
M tendência comum +3 Variável Exploratória + erro						
ATAxICAzx-LOD	785,0	801,4	821,2	735,0	736,4	750,5
ATAxICAmx-LOD	762,0	775,7	795,1	714,1	728,1	736,5
ATAxICAzxATSM	778,0	791,4	805,7	743,1	750,7	763,1
ATAxICAmxATSM	769,7	780,2	794,2	740,9	744,6	755,7
ATAx-LODxATSM	786,6	799,4	811,4	765,9	753,2	761,1
ICAzx-LODxATSM	782,7	795,8	810,1	758,9	769,1	773,0
ICAmx-LODxATSM	770,1	779,1	795,3	742,7	752,9	765,5
ICAzxICAmx-LOD	766,2	785,0	800,4	741,0	749,1	759,5
ICAzxICAmxATSM	749,7	767,3	784,1	747,2	755,5	767,6
ICAzxICAmxATA	770,8	784,1	803,4	736,5	738,9	752,2
M tendência comum +4 Variável Exploratória + erro						
ATAx-LODxATSMxICAm	761,7	770,9	793,2	717,8	728,4	735,3
ATAx-LODxATSMxICAz	779,1	790,9	812,2	741,3	742,9	749,3
ATAxATSMxICAzxICAm	754,3	767,2	788,3	736,5	747,1	757,9
-LODxATSMxICAmxICAz	750,8	766,1	787,1	751,3	757,9	768,9
-LODxICAzxICAmxATA	753,7	772,7	792,4	718,6	728,4	741,9
M tendência comum +5 Variável Exploratória + erro						
ATAx-LODxATSMxICAzxICAm	738,3	758,7	779,2	720,9	729,0	740,0

Tabela 7.5- Parâmetros estimados da regressão, erro padrão (se) e valores de *t* para as variáveis exploratórias do melhor modelo escolhido baseado no AIC. Em negrito valores de *t* com alta significância ($t > 2$). S= *X. gladius*, A= *T. alalunga*, Y= *T. albacares* e B= *T. obesus*. 1= área1; 2= área2 e 3=área3. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; -LOD= “Length of the Day Index”. (se= erro padrão)

Variáveis resposta	ATA			-LOD			ICAm		
	Valor estimado	se	t	Valor estimado	se	t	Valor estimado	se	t
S1	0,5	0,14	3,4	0,3	0,15	2,2	0,6	0,20	3,1
S2	0,8	0,27	2,9	0,5	0,27	2,1	0,4	0,31	1,2
S3	0,7	0,29	2,4	0,1	0,29	0,4	0,1	0,34	0,4
A1	-0,8	0,35	-2,4	-1,1	0,38	-2,8	-0,6	0,50	-1,2
A2	-0,2	0,19	-1,2	0,0	0,19	0,2	0,7	0,21	3,1
A3	0,3	0,22	1,2	0,3	0,22	1,5	0,9	0,25	3,7
Y1	0,6	0,28	2,2	0,2	0,28	0,8	0,6	0,33	1,8
Y2	0,3	0,24	1,2	0,0	0,24	0,0	0,6	0,27	2,3
Y3	0,6	0,31	1,8	0,7	0,31	2,3	0,5	0,38	1,2
B1	0,0	0,14	0,3	0,1	0,14	0,8	0,8	0,17	4,5
B2	1,0	0,25	3,9	0,5	0,26	1,7	1,0	0,30	3,4
B3	-0,2	0,25	-1,0	0,4	0,25	1,6	0,7	0,29	2,2

Tabela 7.6- Sumário da correlação canônica e factor loadings para o melhor modelo do DFA. S= *X. gladius*, A= *T. alalunga*, Y= *T. albacares* e B= *T. obesus*. 1= área1; 2= área2 e 3=área3.

Variáveis resposta	Correlação canônica	Factor Loading
	Tendência 1	Tendência 1
S1	-0,913	-0,265
S2	0,272	0,208
S3	0,011	0,231
A1	-0,627	-0,685
A2	0,403	0,036
A3	-0,336	-0,152
Y1	0,193	0,221
Y2	0,388	0,126
Y3	0,191	0,364
B1	0,692	0,167
B2	0,045	0,252
B3	-0,36	-0,245

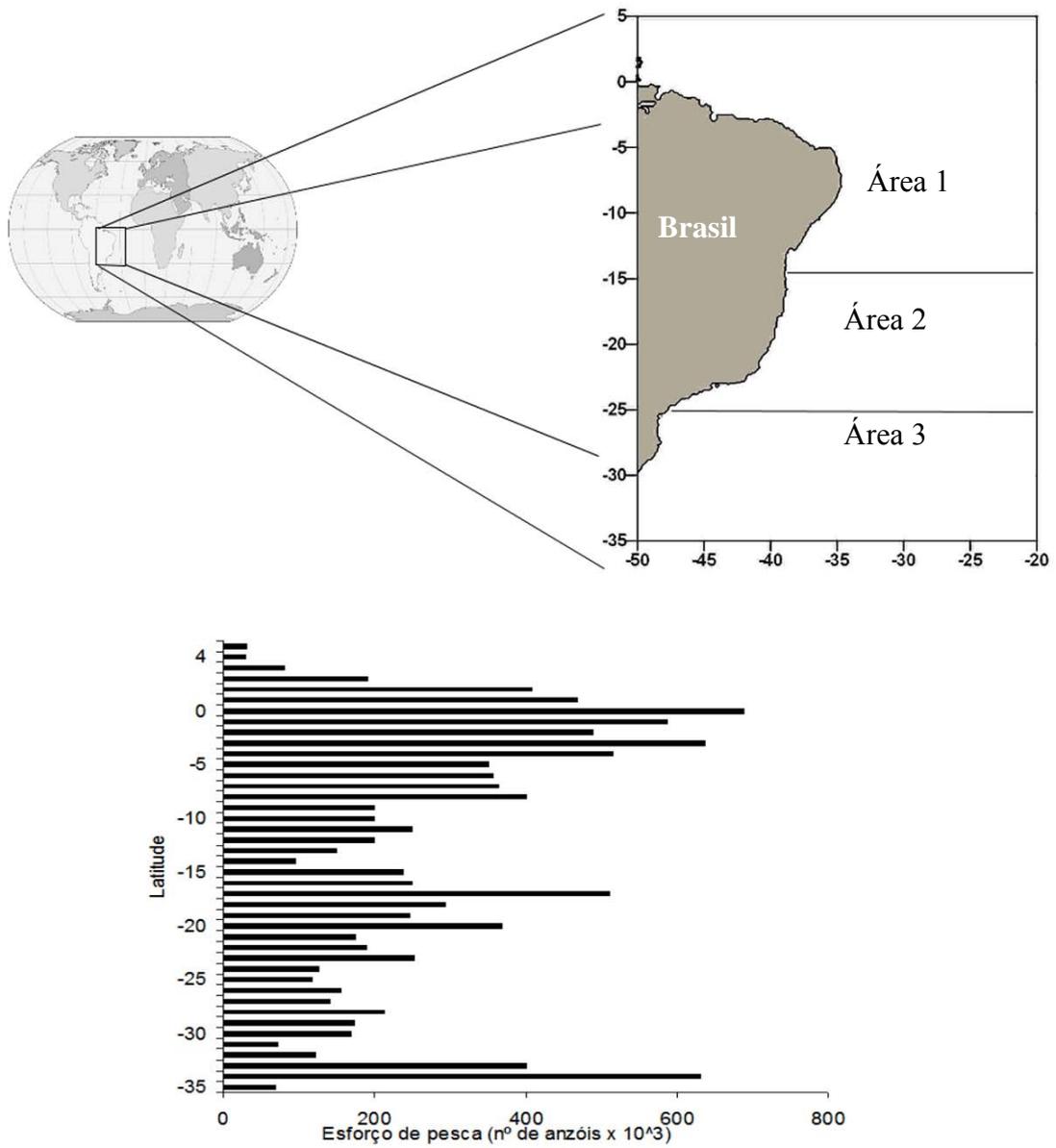


Figura 7.1 – Área de pesca dividida em função da distribuição do esforço de pesca total dos dados utilizados para o presente estudo, no o período de 1978 a 2000.

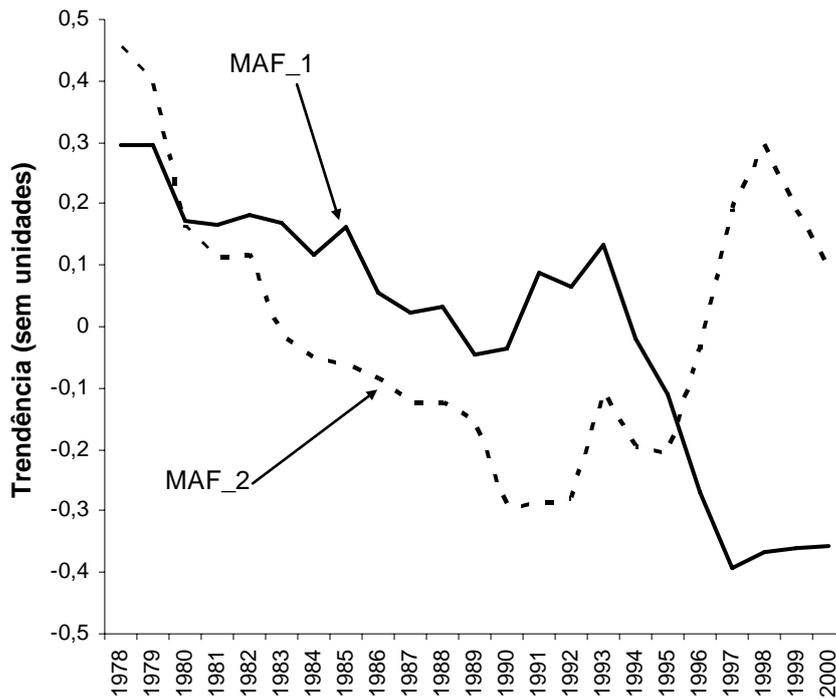


Figura 7.2 – Dois eixos significativos extraídos do MAFA que melhor explicaram o comportamento das series temporais de CPUE originais por área e por espécie .

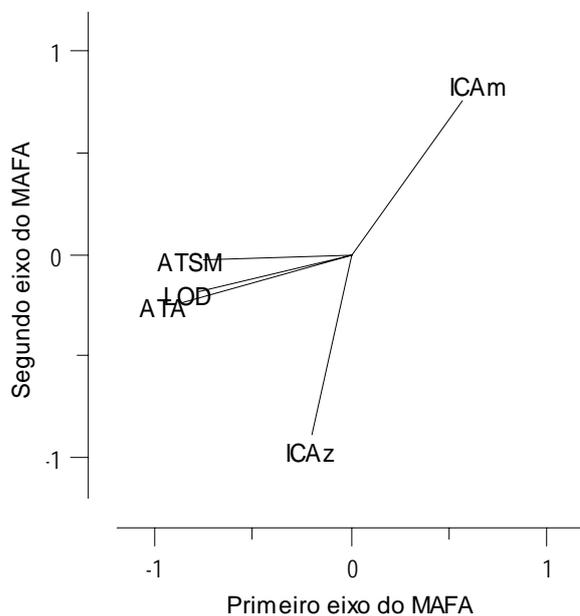


Figura 7.3- Relação canônica para as variáveis exploratórias no primeiro e segundo eixo do MAFA. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”; ATSM=Anomalia da Temperatura da Superfície da Água do Mar

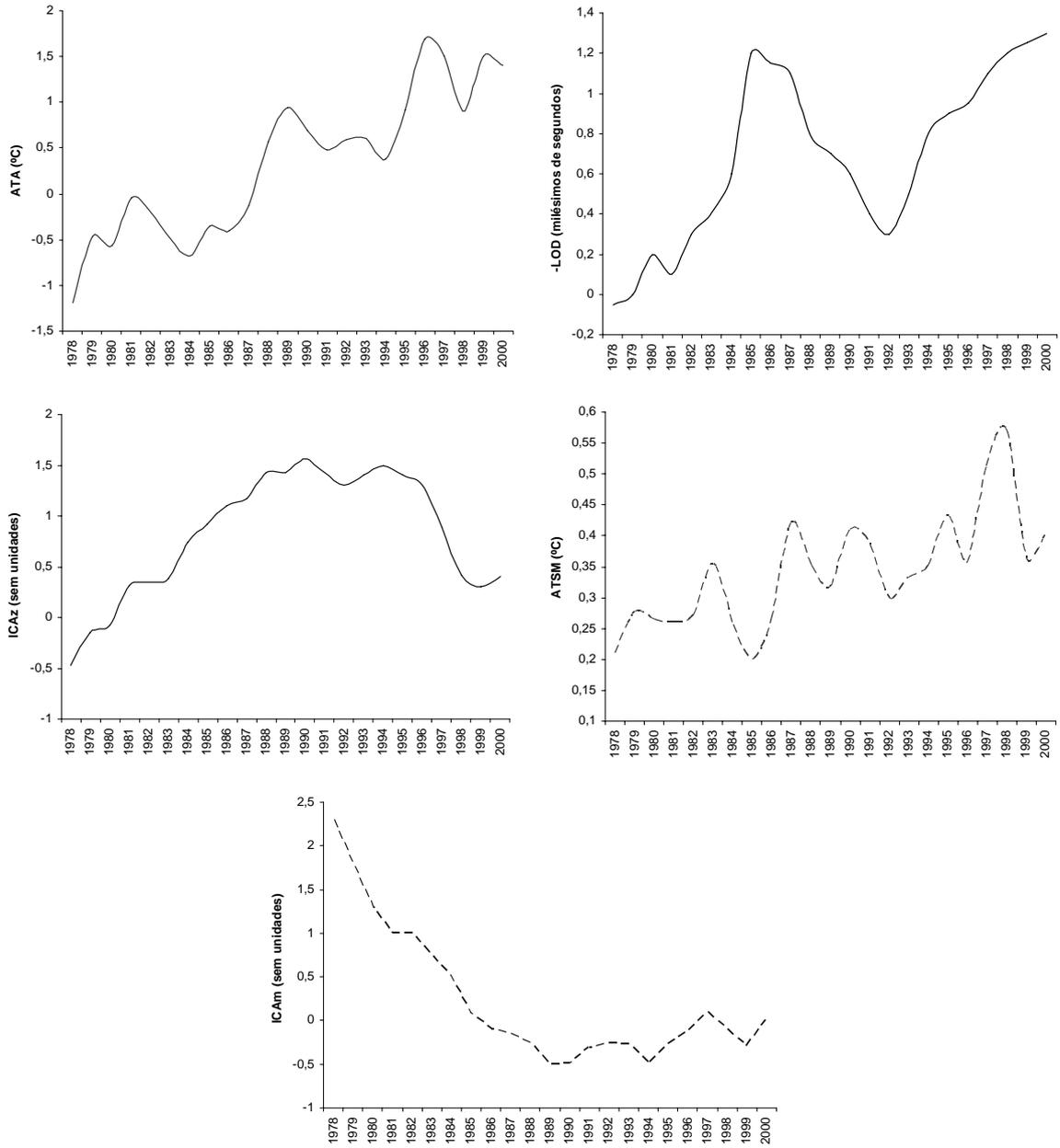


Figura 7.4 - Variáveis exploratórias utilizadas no período de 1978 a 2000.

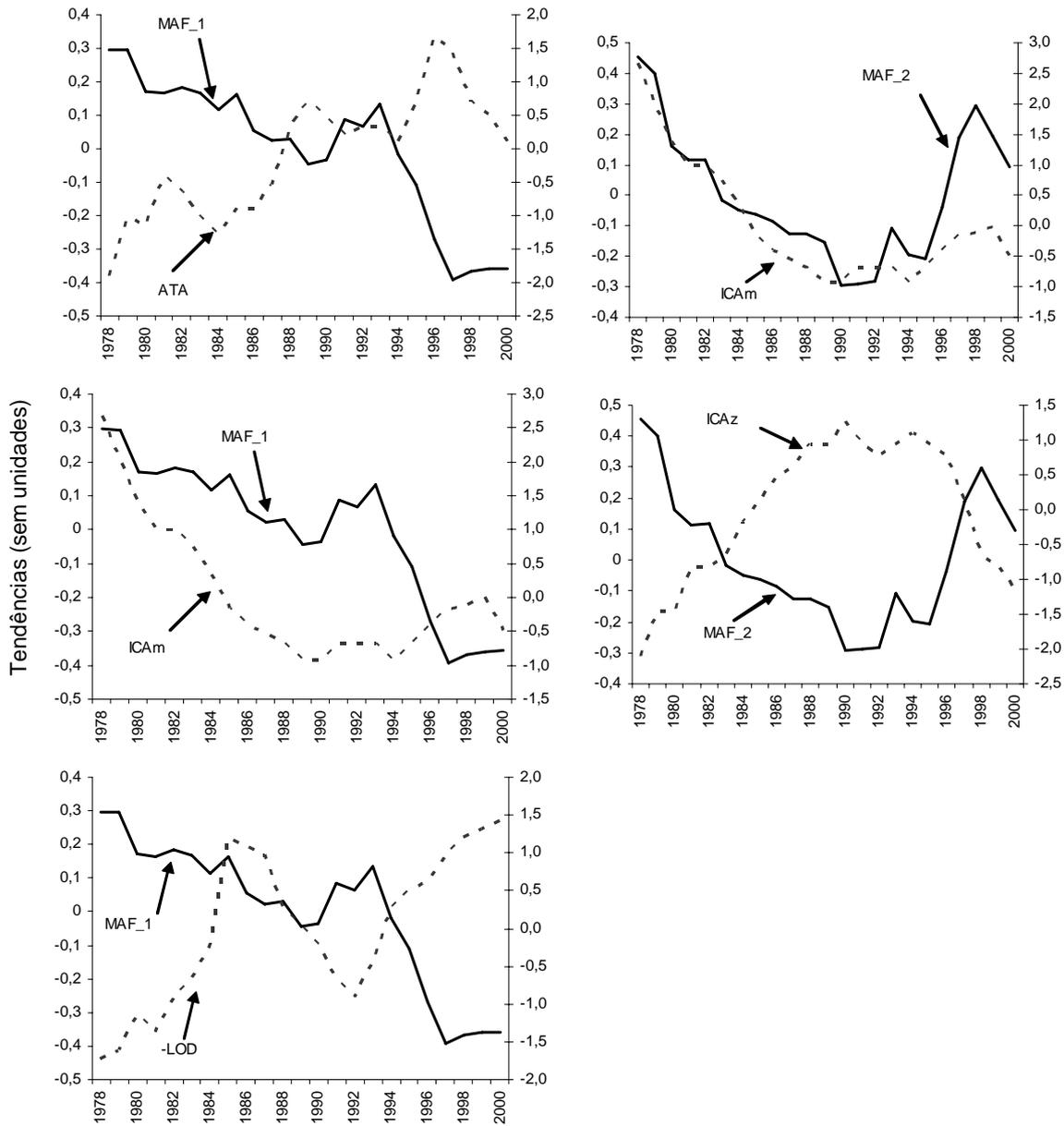


Figura 7.5- Relação entre os MAFs com as variáveis exploratórias significantes. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAm= Índice de Circulação Atmosférica meridional; ICAz= Índice de Circulação Atmosférica zonal; -LOD= “Length of the Day Index”.

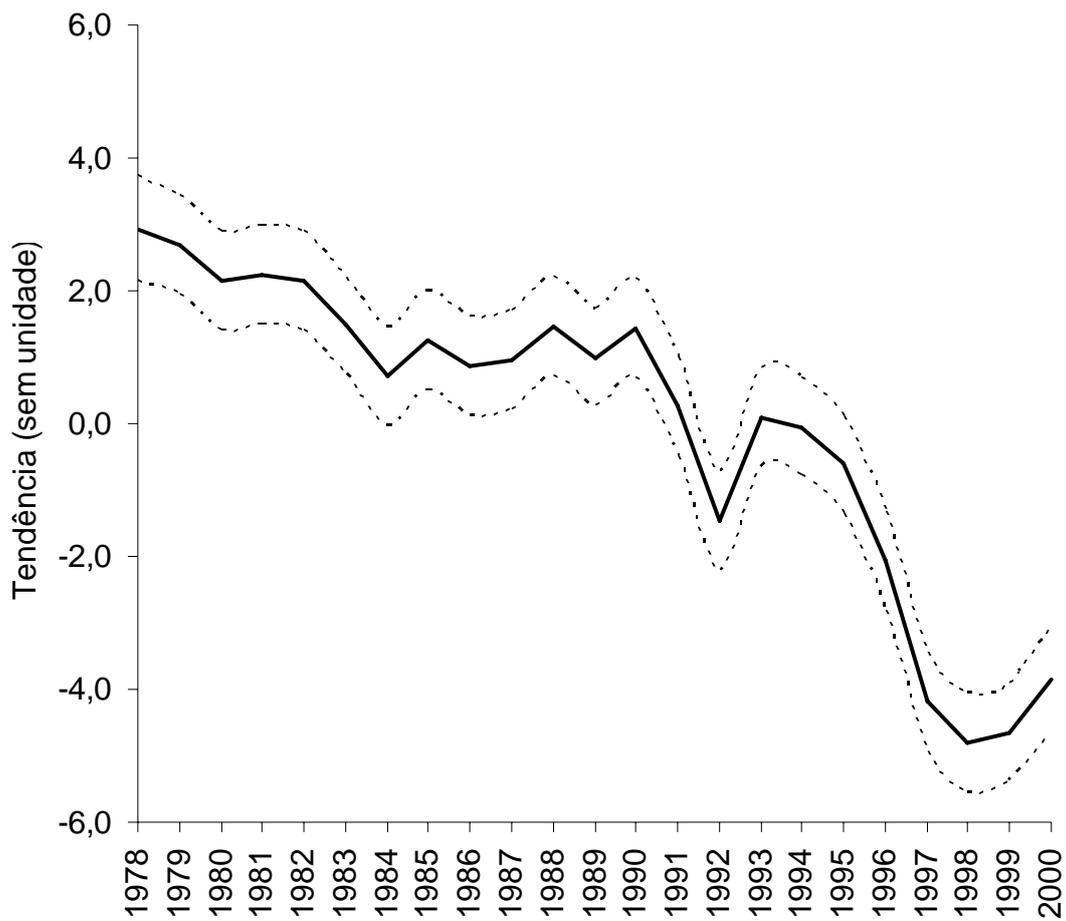


Figura 7.6- Tendência comum (linha contínua) e intervalo de confiança a 95% (linha tracejada) obtida pelo DFA para o modelo escolhido, com 3 variáveis exploratória (ATA, ICAM e -LOD) e matriz simétrica diagonal. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica Meridional; -LOD= “Length of the Day Índice”.

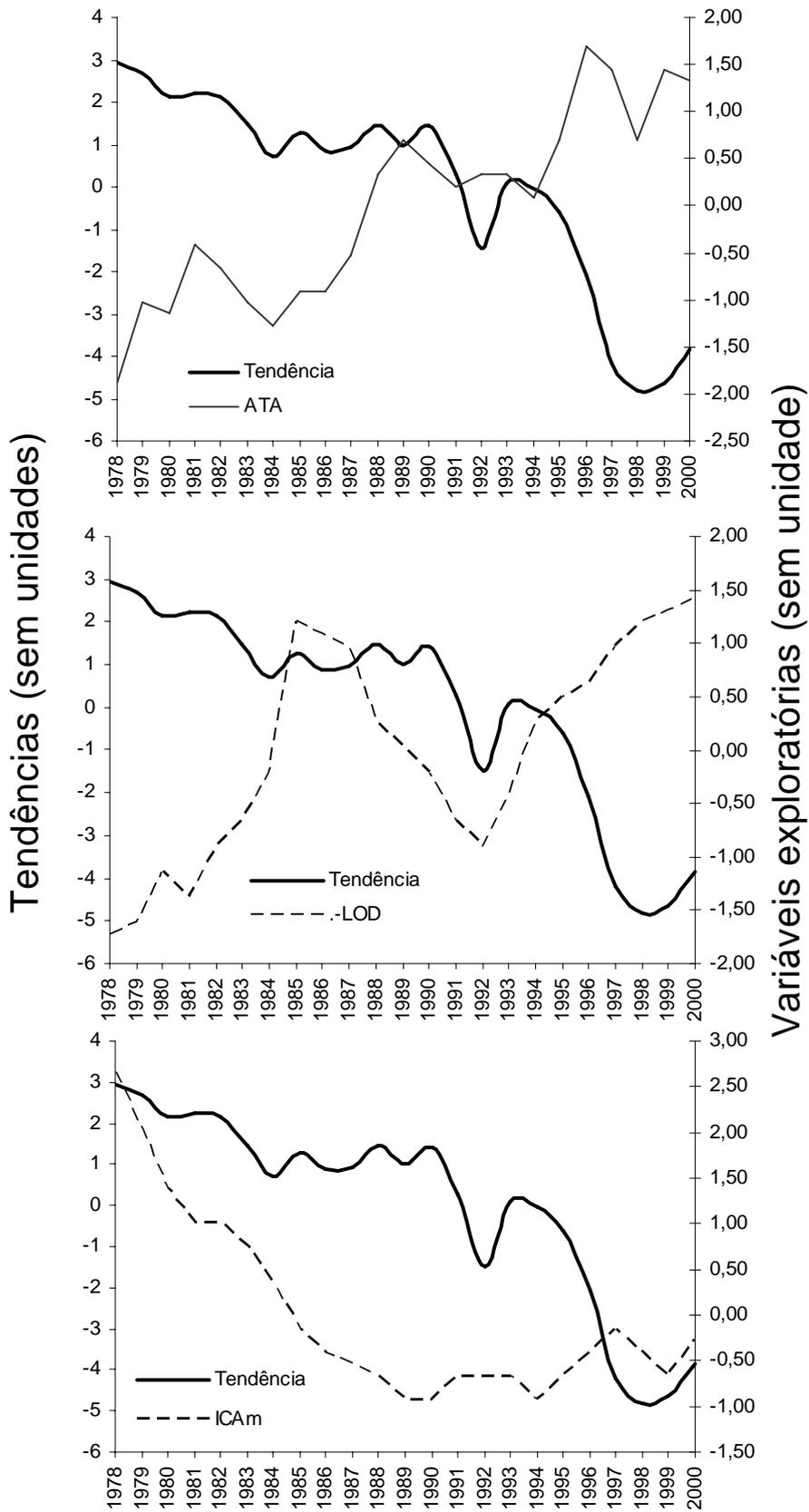


Figura 7.7 – Relação entre a tendência comum e as variáveis exploratórias escolhidas pelo DFA. ATA= Anomalia da Temperatura do Ar; ICAM= Índice de Circulação Atmosférica Meridional; -LOD= “Length of the Day Índice”.

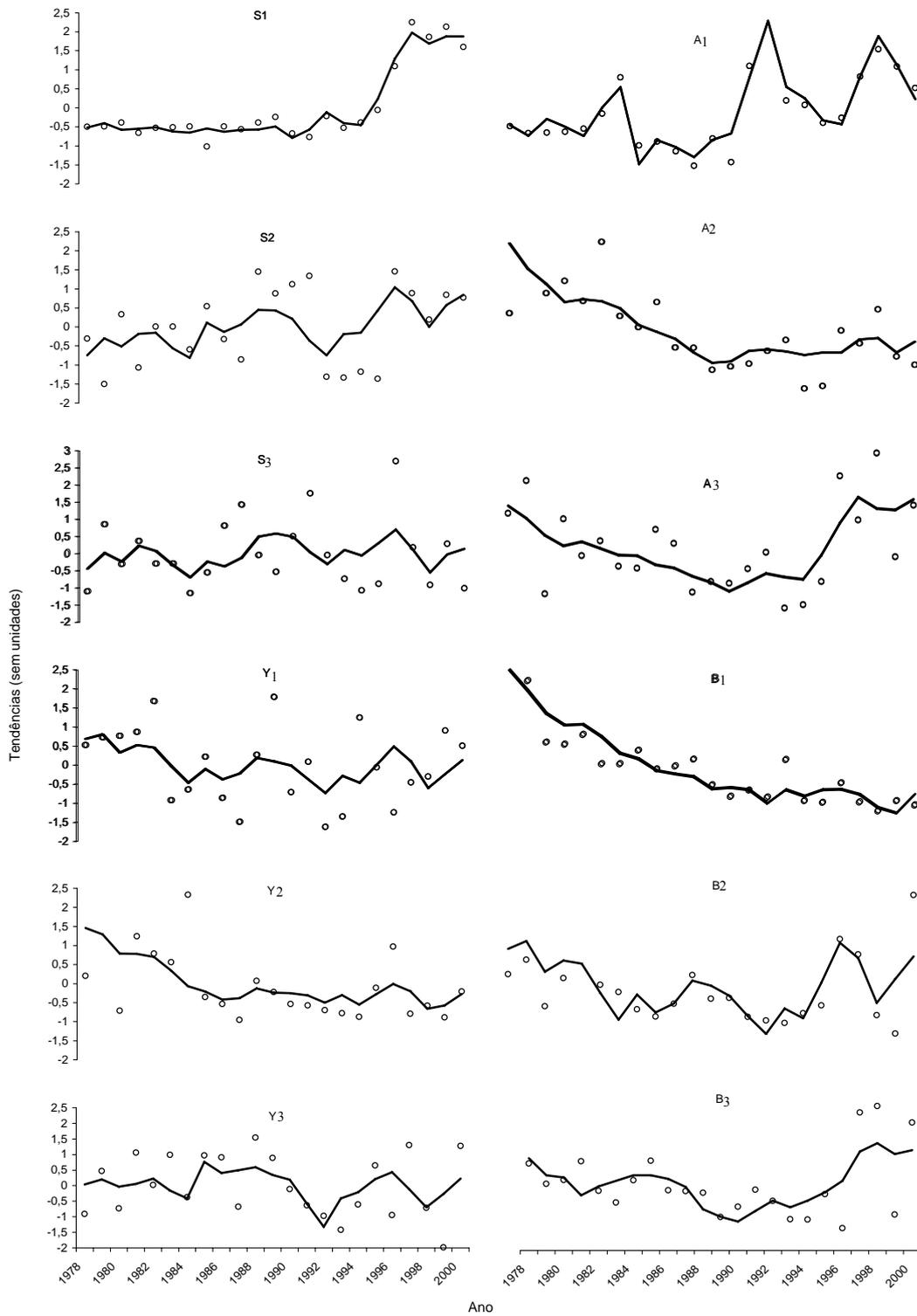


Figura 7.8 – Tendências observadas (circulo) e ajustadas (linha continua) das espécies por área ajustadas pelo modelo do DFA, com 1 tendência comum e três variáveis exploratórias. S= *X. gladius*, A= *T. alalunga*, Y= *T. albacares* e B= *T. obesus*. 1= área1; 2= área2 e 3=área3.

Capítulo VIII

Discussão final

8.1- Principais resultados

O *X. gladius* constitui um dos mais importantes recursos pesqueiros no Oceano Atlântico. Sua pesca passou a ganhar força no início dos anos 80, devido ao desenvolvimento do mercado voltado para a espécie. No final dessa década, várias frotas se descolaram do Atlântico Norte para o Sul, em função das limitações impostas pela ICCAT e da baixa abundância dos mesmos neste oceano (Capítulo II). Entretanto, o desenvolvimento da pesca oceânica brasileira, com palangre, voltada para o *X. gladius*, só ocorreu em meados de 1994 com o arrendamento de algumas embarcações, as quais utilizavam novas tecnologias e conhecimentos necessários para maximizar a captura da espécie (Capítulo II).

Entre as tecnologias inovadoras destaca-se os luminosos. Introduzidos, na frota brasileira, em meados de 1994, dos “light-sticks”, e dos electralumes em 2000, aumentaram significativamente as capturas de *X. gladius*. Contudo, os luminosos, além dos efeitos positivos nas capturas do *X. gladius*, podem, também, provocar aumentos da fauna acompanhante, dependendo do número de luminosos (“light-sticks”) colocados nos cestos do palangre e na captura de indivíduos menores, no caso dos electralumes (Capítulo V).

Apesar de todos esforços da indústria pesqueira em obter os melhores rendimentos na pesca da espécie, das 8 frotas identificadas, americana, panamiana, espanhola, portuguesa, canadiana, uruguaia e hondurenha, observa-se que dentro das mesmas ocorrem variações significativas na composição das capturas, com as percentagens variando entre 29,6% e 78,1% dos lançamentos voltados para a espécie (Capítulo II). O restante das frotas, a percentagem variou entre 0,8% e 8,0% de lançamentos dirigidos ao *X. gladius*. Esse resultado pode ser uma consequência de uma varredura inicial da área, capturas incidentais ou mudanças de estratégias movidas pela necessidade do mercado, podendo provocar erros na estimação da CPUE. A análise de cluster, utilizada no presente trabalho, previne esses possíveis erros, uma vez que agrupa os lançamentos de pesca, cuja a espécie está mais relacionada, de forma que,

mesmo uma frota direcione o esforço de pesca para uma espécie e suas capturas forem baixas, serão agrupadas em outro cluster.

Ao longo dos anos a CPUE tem sido utilizada como índice de abundância local, entretanto, existem limitações quanto a sua utilização, visto que são envolvidas em pré-suposições relativas a três situações dificilmente encontradas nas séries temporais: (a) igual vulnerabilidade dos indivíduos aos aparelhos de pesca; (b) distribuição aleatória do esforço de pesca e (c) distribuição aleatória do indivíduo. Dessa forma, as variações na CPUE podem não estar associadas a mudanças na abundância, mas sim a mudanças na disponibilidade dos recursos ou vulnerabilidade aos aparelhos de pesca devido às variações ambientais e à resposta do peixe à mesma, como observado no presente trabalho. A categorização do esforço de pesca, particularmente em dados comerciais da frota palangreira, inicialmente, é importante para atenuar os efeitos das características operacionais e das estratégias de pesca utilizadas pelas diversas frotas actantes, uma vez que as informações contidas nos diários de bordo podem não expressar a realidade. Em consequência, as séries temporais serão elaboradas com mais refinamento, como mostrado no presente trabalho (Capítulo II).

Diferenças significativas foram observadas quanto às operações e estratégias adoptadas pelas diversas frotas para a captura do *X. gladius*, sendo identificadas dois tipos de pesca bastante similares pela frota nacional e arrendada; uma para a captura do *X. gladius* e outra para os atuns. A primeira envolve embarcações de menor porte, com média de 31,2m e 229,6 de TAR, com o palangre sendo lançado às 17h, actuando em profundidade média de 3.833,2m, sendo, em média, composto por 1.239 anzóis/lançamento e 5 anzóis/cestos, com tempo de imersão em torno das 16 h. Cerca de 92% dos lançamentos de pesca foram realizados no turno da noite, contra apenas 6,7% durante o dia e 0,8% em ambos os turnos (Capítulo II). A hora inicial de lançamento do palangre, o número de anzóis/cesto, tempo de imersão e a área de pesca (latitude e longitude) foram os factores que mais influenciaram na pesca (Capítulo III).

A pesca do *X. gladius* apresenta uma característica sazonal bem definida, devido ao carácter altamente migratório da espécie, com o esforço de pesca concentrando em 4 áreas ao longo da costa brasileira, sendo a primeira compreendida entre 2°N-25°S/36°W-25°W, em águas mais afastadas da costa, nos meses Março a Maio; a segunda na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, nos meses de Agosto a Novembro, a terceira entre 16°S-22°S/31°W-27°W, nos meses de Junho e Julho; e a quarta entre 25°S-35°S/47°W-49°W, nos meses de Agosto a Outubro (Capítulo III e IV). Ou seja,

migrando de águas mais quentes para águas mais frias, ao sul da costa brasileira. De acordo com os resultados obtidos estes facto pode ser uma consequência da migração de indivíduos maiores (>170 cm MIF) rumo à região sudeste-sul do Brasil, o que explicaria, também, a forte redução dos índices de captura entre os meses de Agosto a Outubro observados em áreas mais Equatoriais, e a maior probabilidade de captura destes indivíduos ocorrerem neste período e área, próximas as Zonas de Convergência Subtropicais (Capítulo IV). Para as outras classes de comprimento, os indivíduos mais jovens não parecem realizar grandes deslocamentos se localizando próximos a zonas de plataforma continental e bancos oceânicos, sendo mais abundantes nos meses de Janeiro e de Setembro a Novembro (Capítulo IV). Enquanto que, os indivíduos em maturação encontra-se mais associados a Zona de Convergência Intertropical, com as maiores abundância ocorrendo nos meses de Junho a Outubro, com possível deslocamento ao sul da costa brasileira após a primeira desova, como já relatado acima (Capítulo IV).

Os resultados mostram a importância das variáveis ambientais e climáticas traduzidos pela forte influência no padrão espacial e temporal na abundância e produtividade do *X. gladius*. Como citado acima, a espécie se concentra em áreas, cuja probabilidade de encontrar o alimento e de sobrevivência seja maior, comumente em torno de zonas de frentes oceânicas, onde as divergências e convergências são elevadas (Capítulo II a IV). Esse hipótese é fortalecida quando se observa que em todos os modelos testados a inclusão das variáveis relacionadas à formação destas zonas, como a TSM, AATSM, CZV e CMV, particularmente essas duas últimas.

As variáveis mais importantes para os indivíduos jovens foram a Bath, TSM, PCM e CZV. Para os em maturação a TSM, Mês e PCM, enquanto para os maduros foram TSM, Bath, CMV e AATSM (Capítulo IV). Para os indivíduos jovens a faixa ótima de temperatura encontrada ocorreu acima dos 25°C , enquanto que para os em maturação/maduros ocorre um aumento linear a partir dos 20°C . Já os maduros a faixa ótima ocorre entre 16° e 23°C . Estes resultados estão de acordo com os obtidos no Capítulo III, onde a faixa ótima de temperatura observada ocorreu entre 22° e 26°C . As anomalias da TSM mostraram ser um factor importante na pesca do espadarte com as maiores capturas ocorrendo entre -1° e 1°C (Capítulo III). Em termos de distribuição, como visto acima, as anomalias parecem influenciar apenas os jovens, em função de serem mais termo dependentes do ambiente, não suportando amplas variações de temperatura, como os em maturação e adultos (Capítulo III e IV). A anomalia da altura da TSM contribui para o aumento nas capturas quando seus valores se apresentam

negativos, estando, os mesmos, mais relacionados aos indivíduos maduros. Em relação a profundidade do topo da camada de mistura os maiores valores de captura foram observados nos primeiros 35 metros, estando, estes, actuando nas três classes de comprimento, sendo, porém, mais relacionados aos jovens e maduros, como visto no presente trabalho (Capítulo III e IV).

As variações anuais (Capítulo VII), observadas, dos valores de CPUE foram fortemente associadas aos índices climáticos. Os resultados mostram que os eventos climáticos podem ser divididos em frios e quentes, com todas as espécies estudadas apresentando uma vulnerabilidade aos eventos quentes. Como foi discutido no Capítulo VII a velocidade de rotação da terra sólida está diminuindo, trazendo como consequência, o afastamento da lua em relação a terra. Este facto torna-se interessante, particularmente para o *X. gladius*, uma vez que as suas capturas estão relacionadas com as fases lunares (Capítulo III). Desta forma, a taxa de iluminação da lua poderá não influir ou apresentar um efeito menor nas capturas da espécie nos anos em que a LOD se encontra negativa. Este fenómeno poderá reflectir-se na sua distribuição vertical, passando a encontrar-se em águas mais superficiais do que as habitualmente observadas (Capítulo III).

Relativamente às fases da lua observou-se a influência da mesma na distribuição do *X. gladius* na coluna de água, baseado na profundidade da camada de mistura. Em noites onde a taxa de iluminação é maior (lua cheia) encontram-se em profundidades maiores do habitual (30 e 40 m de PCM) (Capítulo III).

A estandardização da CPUE para o *X. gladius* pelo método convencional (GLM) e GAM foram bastante similares, sugerindo que a inclusão das variáveis ambientais não tenham influenciado nas estimativas de CPUE pelo método GLM (Capítulo VI). Observa-se, também, que a CPUE gerada pelo GAM explica mais variações (~20%) que as produzidas pelo GLM, devido, a algumas serem independentes da sazonalidade e da área de pesca (Capítulo VI). É interessante notar que nos modelos testados (MAFA, DFA, GLM e GAM) as tendências são semelhantes, com todos indicando declínio moderado dos valores de CPUE.

8.2- Considerações finais

As várias técnicas estatísticas utilizadas, no presente trabalho, podem representar uma ferramenta de análise de redução das incertezas causadas pelas variabilidades ambientais, climáticas e operacionais na detecção e interpretação das tendências na abundância do *X. gladius*.

Alguns cuidados devem ser tomados quando se analisam dados de frotas palangreras, visto que frequentemente se assume a constância da capturabilidade do equipamento de pesca. Diferenças importantes foram observadas na composição da espécie-alvo, no tipo de estratégia e de operações pesqueiras, podendo causar erros na estimativa da CPUE. A categorização do esforço de pesca por lançamento, baseada na análise de cluster, pode ser uma alternativa de forma a remover os efeitos operacionais das frotas, criando séries temporais mais refinadas, podendo ser utilizadas futuramente para outras análises como o GLM, GAM e GRASP, para verificação das flutuações anuais das capturas (MAFA e DFA) como apresentado no presente trabalho, entre outras.

As relações entre os índices de abundância relativa de espécies pelágicas e os factores ambientais devem ser levados em consideração na standardização, como foi apresentado no presente trabalho, de forma a melhorar a estimação dos valores de CPUE. Além disso as investigações devem ser conduzidas levando em consideração, também, as variações de tamanho e idade da espécie. Dessa forma, a influência dos factores ambientais pode ser mascarada, uma vez que, as mesmas apresentam influência directa nos diferentes estágios ontogénicos da espécie e consequentemente na pesca.

Existe a expectativa que as informações geradas a partir do presente trabalho constituam subsídios importantes à indústria pesqueira nacional, dando à mesma condições de obter, tal como ocorre com as frotas atuneiras internacionais, índices de produtividade substancialmente superiores. Espera-se também que os conhecimentos biológicos fundamentais sobre as espécies ocorrentes na costa brasileira contribuam para uma avaliação mais adequada dos stocks disponíveis, permitindo, consequentemente, uma melhor administração dos mesmos. Visto que, de acordo com o presente trabalho, a pressão pesqueira incide, particularmente sobre os indivíduos jovens e em maturação.

9- Referencias bibliográficas

- Agenbag, J.J., Richardson, A.J., Demarcq, H., Freon, P., Weeks, S., Shillington, F.A., 2003. Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size- and remote sensing data. *Progress in Oceanography* 59, 275–300.
- Akaike, H., 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle Theory In: Petran, B.N., Csaki, F.s (Eds.), *International Symposium on Information*. Akademia Kiado, Budapest, Hungary, pp. 267-281.
- Aleman, F., Álvarez, F., 2003. Determination of effective fishing effort on hake, *Merluccius merluccius*, in mediterranean trawl fishery. *Sci. Mar* 67, 491-499.
- Alvarado-Bremer, J., Baker, A., Mejuto, J., 1995. Mitochondrial DNA control region sequences indicate extensive mixing of swordfish (*Xiphias gladius*) populations in the Atlantic Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 52, 17-32
- Alvarado-Bremer, J., Mejuto, J., Greig, T.W., Ely, B., 1996. Global population structure of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) as revealed by analysis of the mitochondrial DNA control region. *J. Exp. Mar. Biol Ecol* 197, 295-310.
- Alvarado-Bremer, J., Sterquet, B., Robertson, N.W., Ely, B., 1998. Genetic evidence for inter-oceanic subdivision of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) populations. *Mar. Biol.* 132, 547-557.
- Amorim, A.F., 1976. O que teria acontecido às pescarias de atuns? e A pesca de atum no sul-sudeste do Brasil. *Pesca em Revista* 7, 18-25.
- Amorim, A.F., Arfelli, C.A., 1984. Estudo biológico-pesqueiro do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, no sudeste e sul do Brasil (1971 a 1981). *Bol. Inst. Pesca* 11, 35-62.
- Amorim, A.F., Arfelli, C.A., 1988. Description of the Brazilian swordfish fishery, in Santos. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 27, 315-317.
- Anónimo, 1989. Quarterly report of the Inter-American Tropical Tuna Commission. IATC, p. 52p.
- Anónimo, 1996. Relatório da VII Reunião do Grupo Permanente de Estudos sobre Atuns e Afins. IBAMA/CEPENE, Tamandaré, Recife, Brasil, p. 60p.
- Anónimo, 2001. Report of the Fourteenth Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish. Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, p. 134p.

- Aragão, J.A.N., Menezes de Lima, J.H., 1985. Análise comparativa entre a atuação das frotas atuneiras arrendadas na costa brasileira. IBAMA. Ser. Doc. Téc. 35, 185-293.
- Arata, G.F., 1954. A contribution to the life history of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, from the south Atlantic coast of the United States and the Gulf of Mexico Bull. Mar. Sci. 4, 183-243.
- Arfelli, C.A., 1996. 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, p. 175p.
- Arocha, F., 1997. The Reproductive dynamics of swordfish *Xiphias gladius* L. and management implications in the northwestern Atlantic. Ph.D dissertation, UMI, University of Michigan., Ann Arbor, Michigan., p. 383p.
- Arrizabalaga, H.I., Sankristobal, X., Moreno-Ventas, G., Moreno, E., Rodríguez-Marín, H., Kell, L.T., Rodríguez-Cabello, C. and Ortiz, M., 2001. Preliminary study on the environmental effects on bluefin tuna catch rates in the Spanish baitboat fishery of the Bay of Biscay. ICCAT. Col. Vol. Sci. Pap. 1, 620-640.
- Azevedo, G.V., 2003. Aspectos biológicos e dinâmica das capturas do tubarão azul (*prionace glauca*) realizadas pela frota espinheleira de Itajaí-SC, Brasil. Tese de Mestrado, IOUSP, São Paulo, p. 160p.
- Azevedo, V.G., Kotas, J.E., Santos, S., 1999. Dinâmica da frota espinheleira de superfície atuante na região sudeste sul do Brasil. Programa REVIZEE, 1, Itajaí-SC, Brasil, p. 45p.
- Backus, R.H., 1986. Biogeographic boundaries in the open ocean. In: Pelagic Biogeography. Tech. Mar. Sci. 49, 9-13.
- Bakun, A., 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics, Univ. Calif., La Jolla.
- Barnes, R.T.H., Hide, R., White, A.A., Wilson, C.A., 1983. Atmospheric angular momentum fluctuations, length-of-day changes and polar motion. Proc. Roy. Soc. London, Ser. A. 387, 31-73.
- Barros, A.C., 1985. Justificativa técnico-econômica do projecto de ampliação da Norte Pesca S.A. SUDENE.
- Bartoo, N.W., Coan, A.L.J., 1989. An assessment of the Pacific swordfish resource. In: Stroud, R.H.s (Ed.), Planning the future of billfishes: research and management in the 90's and beyond. Natl. Coalition Mar. Conserv. Savannah, GA, Part I, Fishery and stocks synopses, data needs and management, pp. 137-151.

- Baumgartner, T.R., Michaelsen, J., Thompson, L.G., Shen, G.T., Soutar, A., Casey, R.E., 1989. The recording of interannual climatic change by high-resolution natural systems: tree-rings, coral bands, glacial ice layers, and marine varves. *AGU Geophysical Monog* 55, 1-15.
- Beardsley, G.L., 1978. Report of the swordfish workshop held at the Miami Laboratory, Southeast Fisheries Center. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 7, 149-158.
- Beck, N., Jackman, S., 1998. Beyond Linearity by Default: Generalized Additive Models. *Ame. J. Pol. Sci.* 42, 596–627.
- Becker, H., 2001. Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao programa REVIZEE., Departamento de Oceanografia Física. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, p. 158.
- Beckett, J.S., 1974. 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. 1972, pp. 103-106.
- Berkeley, S.A., Houde, E.D., 1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the Straits of Florida, using anal fin spine sections. NOAA Tech. Rept NMFS-SSRF-8, pp. 137-143.
- Bigelow, A.K., Boggs, C.H., He, X., 1999. Environmental effects on swordfish and blue sharks catch rates in the US. North Pacific longline fishery. *Fish. Oceanogr.* 8, 178-198
- Bigelow, H.B., Schroeder, S.S., 1953. New and little known sharks from the Atlantic and from the Gulf of Mexico. *Bull. Mus. Comp. Zool* 3, 213-236.
- Block, B.A., Finnerty, J.R., Stewart, A.F.R., Kidd, J., 1993. Evolution of endothermy in fish: mapping physiological traits on a molecular phylogeny. *Sci. Mar.* 260, 210 - 214.
- Brill, R.W., Lowe, T.E., Cousins, K.L., 1998. 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, p. 4.
- Broadhurst, G.M., Hazin, H.V.F., 2000. Influences of type and orientation of bait on catches of swordfish (*Xiphias gladius*) and other species in an artisanal sub-surface longline fishery off northeastern Brazil *Fish. Res.* 1159, 1-11.
- Brown, J., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J., 1989. *Ocean chemistry and deep-sea sediments.* Oxford (Pergamon Press).

- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 1998. Model selection and inference: A practical information-theoretic approach. Springer, New York, NY.
- Campbell, R.A., Hobday, A.J., 2003. Swordfish-environment-seamount-fishery interactions off eastern Australia. CSIRO Marine Research, Hobart.
- Caravajal, J.M.G., Madueño, J.J.M., Gómez, B.B., Paniagua, J.M.R., 2002. Swordfish attack: an unusual cause of penetrating thoracic wound. *Eur. J. Card. Surg.* 21, 926.
- Carey, F.G., 1990. Further Acoustic Telemetry Observations of Swordfish. . In: Stroud, R.H.s (Ed.), Proceedings of the 2nd International Billfish Symposium, Planning the Future of Billfishes, Research and Management in the 90s and Beyond. National Coalition for Marine Conservation, Inc. Marine Recreational Fisheries Kalia-Kona, Hawaii, USA, , pp. 103-122
- Carey, F.G., Robison, B.H., 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fish. Bull.* 79, 277-292.
- Castro-Longoria, R., Sosa-Nishizaki, O., 1998. Age determination of swordfish, *Xiphias gladius* L., from waters off Baja California, Mexico, using anal fin rays and otoliths. NOAA, Tech. Rept NMFS-SSRF 142, 231-257.
- Castro, B.M., Miranda, L.B., 1998. Physical oceanography of the western Atlântic Continental Shelf located between 4°N and 3°S coastal segmente (4°W). In: Robinson, A.R., Brink, K.H.s (Eds.), *The Sea*, pp. 209-251.
- Cavaliere, A., 1962 Studi sulla biologia e pesca di *Xiphias gladius* L. *Bol. di Pesca, Pisc. e Idrobio.* 17, 123-143
- Chao, B.F., 1994. The geoid and earth's rotation. In: Vanicek, P., Christou, N.T.s (Eds.), *Geophysical interpretations of Geoid*. CRC Press, Ann Arbor., pp. 285-298.
- Chartfield, C., 1989. *The analysis of time series. An introduction*. Chapman and Hall, London.
- Chavez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E., Niquen, M., 2003. From the anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Sci.* 299, 217-221.
- Chow, S., Okamoto, H., Miyabe, N., Hiramatsu, K., Barut, N., 2000. Genetic divergence between Atlantic and Indo-Pacific stocks of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and admixture around South Africa. *Mol. Ecol.* 9, 221-227.
- Chow, S.H., Okamoto, Y.U., Takeuchi, Y., Takeyama, H., 1997. Genetic stock structure of the swordfish (*Xiphias gladius*) inferred by PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA control region. *Mar. Biol.* 127, 359-367.

- Church, R., 1969. Abyssal photography from Deep-star 4000. (English abstract). J. Mar. Techn. Soc. 3, 55.
- Ciotti, A.M., Odebrecht, C., Fillmann, G., Moller Jr, O.O., 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. Cont. Shelf. Res. 15, 1737-1756.
- Clarke, S.C., Magnussen, J.E., Abercrombie, D.L., McAllister, M.K., Shivji, M.S., 2006. Identification of Shark Species Composition and Proportion in the Hong Kong Shark Fin Market Based on Molecular Genetics and Trade Records. Conservation Biology 20, 201-211.
- Cleveland, W.S., Delvin, S.J., 1988. Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. J. Am. Stat. Ass. 83, 596-610.
- Coimbra, M.R.M., 1995. Proposed movements of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, in the South Atlantic Ocean. Tese de Doutorado, Universidade de Pesca de Tóquio, Tóquio, Japão, p. 110.
- Collete, B.B.T., Potthoff, W.J., Richards, S., Ueyanagi, J.L.R., Nishikawa, Y., 1984. Ontogeny and systematic of fishes. Scombroidei: development and relationships. In: Moser, H.G.s (Ed.), American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Copeia, pp. 591-620
- Collette, B.B., Nauen, C.E., 1983. FAO species catalogue: Scombrids of the world. FAO Fish. Synop, Roma.
- Collette, B.B., Reeb, C., Block, B. A., 2001. Systematics of the tunas. In: Block, B.A., Stevens, E.D.s (Eds.), Tuna Physiology, Ecology, and Evolution, Fish. Physiol. Academic Press, New York, pp. 5 -30.
- Da Mata, I.O., 2006. Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco, *tetrapturus albidus*, (Poey, 1986) capturado pela frota espinheira brasileira. Tese de Mestrado, Departamento de pesca. UFRPE, Recife-Pernambuco, p. 118.
- De La Serna, J.M., Ortiz, J.M., Macias, D., 1996. Observations on sex-ratio, maturity and fecundity by length-class for swordfish (*Xiphias gladius*) captured with surface longline in the western Mediterranean. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 45, 115-140.
- De Metrio, G., Ditrich, H., Palmieri, G., 1997. Heat-producing organ of the swordfish (*Xiphias gladius*): A modified eye muscle. J. Morph. 234, 89-96.
- De Metrio, G., P. Megalofonou, T., Selas, S., Tsimenides, N., 1989. Fishery and biology of the swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758 in Greek waters. FAO Fish. Rep. 412, 135-145.

- Di Natale, A., Mangano, A., 1995. Moon phase influence on CPUE: a first analysis of swordfish driftnet catch data from the Italian fleet between 1990 and 1991. . ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 44, 264-267.
- Draganik, B., Cholyst, J., 1986. Temperature and moonlight as stimulators for feeding activity by swordfish. Sea Fisheries Institute. 2, pp. 73-84.
- Draganik, B., Cholyst, J., 1988. Temperature and moonlight as stimulators for feeding activity by swordfish. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 80, 305-314
- Enfield, D.B., Mayer, D.A., 1997. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. J. Geophys. Res. 102, 929-945. .
- Erzini, K., 2005. Trends in NE Atlantic landings (southern Portugal): identifying the relative importance of fisheries and environmental variables. Fish. Oceanogr. 14, 195-219.
- Erzini, K., Inejih, C.A.O., Stobberup, K., 2005. An application of two techniques for the analysis of short, multivariate non-stationary time-series of Mauritanian trawl survey data. ICES J. Mar. Sci. 62, 1-7.
- Fahrmeir, L., Tutz, G., 1994. Multivariate statistical modelling based on generalized linear models. Springer-Verlag, New York.
- FAO, 1997. Empirical Investigation on the Relationship between climate and small pelagic Global Regimes and El Niño- Southern oscillation (ENSO). In: Lluch-Cota, D., Hernandez-Vazquez, S., Lluch-Cota, S.s (Eds.). Food and Agriculture Organization of the United Nations., Fisheries Circular 934. Rome p. 48.
- FAO, 2002. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Roma.
- FAO, 2004a. Fish data from Statfish. UN FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.
- FAO, 2004b. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Roma.
- Fiedler, P.C., Bernard, H.J., 1987. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. Cont. Shelf Res. 7, 871-881.
- Fielding, A.H., Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation 24, 38-49.
- Figueiras, A., Roca-Pardiñas, J., Cadarso-Suárez, C., 2005. A bootstrap method to avoid the effect of concavity in generalised additive models in time series studies of air pollution. J. Epidemiol. Community Health. 59, 881-884.

- Finnerty, J.R., Block, B.A., 1995. Evolution of cytochrome b in the Scombroidei (Teleostei): molecular insights into billfish (Istiophoridae and Xiphiidae) relationships. *Fish. Bull.* 93, 78-96.
- Folsom, W.B., Weidner, D.W., Wildman, M.R., 1997. World swordfish fisheries: An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns Past-Present-Future. NOAA Tech. Memo. NMFS.
- Fonteneau, A., 1986. Eléments relatifs à effort de pêche exercé sur le Listao de l'Atlantique (*Katsuwonus pelamis*) et calcul d'indices d'effort spécifiques. In: Symons, P.E.K., Miyake, P.M., Sakagawa, G.T.E.s (Eds.), *Proceeding of the ICCAT conference on the international skipjack year program*. ICCAT. ICCAT, Madrid, pp. 127-139.
- Fonteneau, A., 1998. Atlas des pêcheries thonières tropicales: captures mondiales et environnement. ORSTOM, Paris.
- Fonteneau, A., Roy, C., 1987. Pêche thonière et anomalies climatiques de l'environnement dans l'Atlantique tropical centre est en 1984. ICCAT, Col. Vol. *Sci. Pap.* 56, 228-236.
- Forney, K.A., 2000. Environmental models of cetacean abundance: reducing uncertainty in population trends. *Cons. Biol.* 14, 1271-1286.
- Fraser, K.W., Overton, J.M., Warburton, B., Rutledge, D.T., 2005. Predicting spatial patterns of animal pest abundance. *Sci. Cons. Ser.* 236, 1-57.
- Fréon, P., Misund, O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. In: Science, B.s (Ed.), *Fishing News Books*. Oxford, London, p. 348p.
- Fréon, P., Mullon, C., Voisin, B., 2003. Investigating remote synchronous pattern in fisheries. *Fish. Oceanogr.* 12, 443-457.
- Fritsches, K.A., Warrant, E.J., 2001. New discoveries in visual performance of pelagic fishes., *PFRP Newsletter*, pp. 1-3.
- Gaertner, J.-C., Poisson, F., Taquet, M., 2001. 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, pp. 106-127.
- García-Cortés, B., Mejuto, J., 2003. Sex ratio patterns and gonadal indices of the swordfish (*Xiphias gladius*) caught by the Spanish surface longline fleet in the Indian Ocean. *IOTC Proceedings* 6, 287-299.

- Garfield, N., 1990. The Brazil Current at Subtropical Latitudes. University of Rhode Island.
- Garza-Pérez, J.R., Lehmann, A., Arias-González, J.E., 2004. Spatial prediction of coral reef habitats: integrating ecology with spatial modeling and remote sensing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 269, 141-152.
- Girs, A.A., 1971. Macrocirculation method for long-term meteorological prognosis. In: Publ, H.s (Ed.), Leningrad, p. 480p.
- Gorbunova, N.N., 1969. Breeding grounds and food of the larvae of the swordfish [*Xiphias gladius* Linné (Pisces, Xiphilidae)]. *Probl. Ichthyol.* 9, 375-385.
- Gregory, W.K., Conrad, G.M., 1937. The comparative osteology of the swordfish (*Xiphias*) and the sailfish (*Istiophorus*). *Am. Mus. Novitates* 952, 1.
- Greig, T.W., 2000. Partitioning genetic variation in swordfish (*Xiphias gladius* L.); Analysis of sample variance and population structure. University of South Carolina, Columbia, South Carolina, USA, p. 200p.
- Guisan, A., T. C., Edwards, J., Hastie, T., 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Eco. Model.* 157, 89-100.
- Guitart-Manday, G., 1964. Biology pesquera del imperador o pez espada, *Xiphias gladius* Linnaeus (Teleostomi: Xiphiidae) en las aguas de Cuba. *Poeyana* 1, 1-37.
- Gulland, J.A., 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods, New York.
- Guyomard, D., Desruisseaux, M., Poisson, F., Taquet, M., Petit, M., 2004. GAM analysis of operational and environmental factors affecting swordfish (*Xiphias gladius*) catch and CPUE of the Reunion Island longline fishery, in the South Western Indian Ocean. IOTC-WPB-08, p. 38.
- Harvey, A.C., 1989. Forecasting structural time series models and the Kalman filter. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hastie, T., Tibshirani, R., 1990. Generalized additive models. UK: Chapman and Hall, London.
- Hazin, F.H., Zagaglia, J.R., Travassos, P.E.P., 1997. Manual de Pesca: Introdução a oceanografia pesqueira. Livro Manual de Pesca.
- Hazin, F.H.V., 1993. Fisheries oceanographical study of tunas, billfisher and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. Ph.D Dissertation, University of Fisheries, Tokyo.

- Hazin, F.H.V., Broadhurst, M.K., Hazin, H.G., 2000. Preliminary analysis of the feasibility of transferring new longline technology to small artisanal vessels off northeastern Brazil. *Mar. Fish. Rev.* 62, 27-34.
- Hazin, F.H.V., Hazin, H.G., 1999. Análise da viabilidade do emprego do espinhel monofilamento em pequenas embarcações da frota artesanal nordestina. *Anais XV Premio Jovem cientista/CNPq*. CNPq, Brasilia, p. 212p.
- Hazin, F.H.V., Hazin, H.G., Boeckmann, E.C., Travassos, P., 2001. La reproduction de l'espadon (*Xiphias gladius*) dans l'atlantique sud-ouest equatorial: la ponte et la fecondite. *ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap* 52, 1233-1240.
- Hazin, H.G., 2001. Distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do espadarte, *Xiphias gladius* (linnaeus 1758), capturado no atlântico sudoeste equatorial. Monografia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 63p.
- Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., 2002a. 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.* 54, 1579-1585.
- Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Erzini, K., 2005. Effect of light-sticks and electrolume attractors on surface-longline catches of swordfish (*Xiphias gladius*, Linnaeus, 1959) in the southwest equatorial Atlantic. *Fish. Res.* 72, 271-277.
- Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Hamilton, S., Ribeiro, F.P., 2002b. Influencia de las fases lunares en la abundancia relativa del pez espada, *Xiphias gladius* (linnaeus, 1758), capturado en el océano atlántico ecuatorial. *ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap* 54, 1586-1589.
- Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., 2004. Relatório final do Programa Revizee., p. 250p.
- He, X., Bigelow, K.A., Boggs, C.H., 1997. Cluster analysis of longline sets and fishing strategies within the Hawaii-based fishery. *Fish. Res.* 31, 147-158.
- Hernández-García, V., 1995. The diet of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. *Fish. Bull.* 93, 403-411.
- Hilborn, R., Walters, C.J., 1992. Fisheries stock assessment. Chapman & Hall, Inc.
- Hinton, M.G., Deriso, R.B., 1998. Distribution and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. In: Barrett, I., Sosa-Nishizaki, O., Bartoo, N.s (Eds.), *Biology and fisheries of swordfish, Xiphias gladius*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical Report NMFS (National Marine Fisheries Service), p. 142p.

- Hinton, M.G., Maunder, M.N., 2004. Methods for standardising CPUE and how to select among them. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 56, 169-177.
- Hurley, P.C.F., Iles, T.D., 1980. A review of the Canadian swordfish fishery. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 15, 348-360.
- ICCAT, 2000. Tropical tunas, small tunas. Report 2000-2001. In: ICCATs (Ed.), Col. Vol. Sci. Pap, Madrid, pp. 1-253.
- ICCAT, 2002. Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS). In: ICCATs (Ed.), Col. Vol. Sci. Pap., Madrid, pp. 1-194.
- Ito, R.Y., Coan, A.L.J., 1999. U.S. swordfish fisheries of the North Pacific Ocean In: Dinardo, G.T.s (Ed.), Proceedings of the Second International Pacific Swordfish Symposium. NOAA-TMNMFS-SWFSC, pp. 19-38.
- Johannessen, T., Fernoè, A., LØkkeborg, S., 1993. Behaviour of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in relation to various sizes of long-line bait. ICES Mar. Sci. Symp. 196, 47-50.
- Johnson, R.A., Wichern, D.W., 1988. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall. .
- Jurado-Molina, J., Livingston, P.A., 2002. Climate forcing effects on trophically-linked groundfish populations: Implications for fisheries management. Canadian Journal of Aquatic and Fishery Sciences 59, 1941-1951.
- Kailola, P.J., Williams, M.J., Stewart, P.C., Reichelt, R.E., McNee, A., Grieve, C., 1993. Royal Red Prawn. Australian Fisheries Resources, Bureau of Resource Sciences, Department of Primary Industries and Energy and the Fisheries Research and Development Corporation, Canberra.
- Kawasaki, T., 1983. Why do some fishes have wide fluctuations in their number? - A biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. In: Sharp, G.D., Csirke, J.s (Eds.), En Actas de la Consulta de Expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. FAO Informes de Pesca, San José, Costa Rica.
- Kinkel, H., Baumann, K.H., Ceppek, M., 2000. Coccolithophores in the equatorial Atlantic Ocean: response and late quaternary surface water variability. Marine Micropaleontology 39, 87-112.
- Klyashtorin, L., Sidorenkov, N., 1996. Long-term climatic change and pelagic fish stocks fluctuations in the Pacific. Reports of Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography Vladivostok, pp. 33-54.

- Klyashtorin, L.B., 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.* 37, 115–125.
- Kume, S., Joseph, J., 1969. Size composition and sexual maturity of Billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130° W. *Bull. Far. Seas Fish. Res.* 2, 115-162.
- Lambeck, K., 1980. *The Earth Variable Rotation*. Cambridge Univ. Press., London.
- Lange, A.M., 1991. Alternative survey indices for predicting availability of longfin squid to seasonal northwest Atlantic fisheries. *North American J. Fish. Manag.* 11, 443– 450.
- Langley, R.B., King, R.W., Shapiro, I.I., Rosen, R.D., Salstein, D.A., 1991. Atmospheric angular momentum and the length of day: A common fluctuation with a period near 50 days. , *Nature*, 294, 730-732.
- Laurs, M.R., Fiedler, P.C., Montgomery, D.R., 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep-Sea Res.* 31, 1085-1099.
- Lehmann, A., Overton, J.M., Leathwick, J.R., 2002. GRASP: Generalized regression analysis and spatial predictions. *Eco. Model.* 157, 189-207.
- Leroux, M., 1998. *Dynamic Analysis of Weather and Climate*. Atmospheric Physics. John Wiley & Sons, p. 365.
- Linton, O.B., Hardle, W., 1996. Estimation of additive regression models with known links. . *Biometrika* 86, 529-540.
- Lluch-Belda, D., Hernández-Vázquez, S., Lluch-Cota, D.B., Salinas-Zavala, C.A., Schwartzlose, R.A., 1992. The recovery of the California sardine as related to global change. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.* 33, 50-59.
- LØkkeborg, S., 1990. Reduced catch of under-sized cod (*Gadus morhua*) in longlining by using artificial bait. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 1112-1115.
- LØkkeborg, S., 1991. Fishing experiments with an alternative longline bait using surplus fish products. *Fish. Res.* 12, 43-56.
- LØkkeborg, S., Bjordal, A.E., 1992. Species and size selectivity in longline fishing: a review. *Fish. Res.* 13, 311-322.
- LØkkeborg, S., Bjordal, A.E., 1995. Size-selective effects of increasing bait size by using an inedible body on longline hooks. *Fish. Res.* 24, 273-279.

- LØkkeborg, S., Johannessen, T., 1992. The importance of chemical stimuli in bait fishing trials with presoaked bait. *Fish. Res.* 14, 21-29.
- Marcus, S.L., Chao, B.F., Dickey, J.O., Gegout, P., 1998. Detection and modelling of nontidal oceanic effects on Earth's rotation rate. *Sci.* 281, 1656-1659.
- Mark, R.W., 1997. World swordfish fisheries: An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns past -present-future. U.S. Department of Commerce. NOAA. NMFS, Silver Spring, Maryland.
- Markle, G., 1974. 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, pp. 252–260.
- Marr, J.C., 1951. On the use of terms abundance, availability and apparent abundance in fishery biology. *Copeia* 2, 163– 169.
- Marr, J.C., 1953. On the use of the terms abundance, availability, and apparent abundance in fishery biology. *Copeia* 2, 163–169.
- Marsac, F., White, W.B., Tourre, Y.M., 2004. Coupling of tuna catch and planetary waves on interannual timescales in the Indian Ocean. *Fish. Oceanogr.* 60, 531-541.
- MathSoft, I., 1995. *S-Plus guide to statistics.*, Seattle, USA.
- Maul, G.A., Williams, F., Roffer, M., Sousa, F., 1984. Variability in Gulf of Mexico longline bluefin tuna catches, 1979–1980, in relation to environmental conditions studied using ships and satellites. *Oceanol.* 7, 469–479.
- Maury, O., Gascuel, D., Marsac, F., Fonteneau, A., De Rosa, A.L., 2001. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* 58, 458-469.
- McCracken, M.L., 2004. Modeling a Very Rare Event to Estimate Sea Turtle Bycatch: Lessons Learned. NOAA Technical Memorandum, NMFS-PIFSC-3. NOAA, Honolulu, Hawaii, p. 30.
- Meeus, J., 1991. *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell
- Mejuto, J., Garcia, B., 1997. A preliminary analysis of gonadal indices of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Atlantic Ocean. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 46, 336-344.
- Mejuto, J., Hoey, J.J., 1991. An approach to a stock hypothesis for the swordfish, *Xiphias gladius*, of the Atlantic Ocean. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 35, 482-501.

- Mello, R.M., 1992. Análise de conteúdo estomacais, intensidade de alimentação, idade e crescimento do espadarte, *Xiphias gladius* (Xiphioidei: Xiphiidae), no sul do Brasil. Rio Grande. FURG, p. 223p.
- Menezes de Lima, J.H., Kotas, J.E., Lin, C.F., 2000. A historical review of the brazilian longline fishery and catch of swordfish. . ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 51, 1329-1358.
- Menezes, V.V., 2001. Relação entre processos físicos e a cor do oceano Atlântico tropical. INPE, São Jose dos Campos, São Paulo, p. 177.
- Merle, J., 1980. Seasonal heat budget in the equatorial Atlantic Ocean. Journal of Physical Oceanography 10, 464-469.
- Mitchell, T.P., Wallace, J.M., 1992. On the annual cycle in equatorial convection and sea-surface temperature. J. Climate. 5, 1140-1156.
- Miyake, M.P., Miyabe, N., Nakano, H., 2004. Historical trends of tuna catches in the world. FAO Fish. Tech. Pap., Roma.
- Monteiro, L.R., Lopes, H.D., 1990. Mercury content of swordfish, *Xiphias gladius*, in relation to length, weight, age, and sex. Mar. Poll. Bull. 21, 293-296.
- Moreno, S., Muñoz, L., 1990. Influencia de la luna en la abundancia del emperador. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 35, 508 -510.
- Moreno, S., Rodriguez, A., 1992. Nota sobre los rendimientos de los palangres de deriva empleados al norte de la habana., III Foro Cient. Acad, Cienc., Cuba. La Habana., p. 20.
- Moura, A.D., Shukla, J., 1981. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. Journal of the Atmospheric Sciences 38, 2653-2675.
- Nakamura, E., Rivas, L.R., 1974. An analysis of the sportfishery for billfishes in the northeastern Gulf of Mexico during 1971., Proceedings billfish symp. NOAA Tech. Rept. NMFS, Kailua-Kona, Hawaii, pp. 269-289.
- Nakamura, I., 1985. 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, pp. 1-65.
- National Marine Fisheries Service, 1982. Report H. In: Southwest Fisheries Center Administrative Centers (Ed.), p. 82.
- Neter, J., Wasserman, W., Kutnr, M.H., 1989. Applied linear regression models. IRWIN, USA, p. 667.

- Nicholson, S.E., 1997. An analysis of the ENSO signal in the tropical Atlantic and western Indian oceans. *Inter. J. Clim.* 17, 345-375.
- Nikolsky, G.V., 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, London.
- O'Dor, R.K., 1983. *Illex illecebrosus*. In: Boyle, P.R.s (Ed.), *Cephalopod Life Cycles. Species. Accounts.* Academic Press, London, pp. 175-199.
- Olson, D.B., Backus, R.H., 1985. The concentrating of organisms at fronts: a cold-water and a warm-core ring. *J. Mar. Res.* 43, 113:137.
- Olson, D.B., Hitchcock, G.L., Mariano, A.J., Ashjian, C.J., Peng, G., Nero, R.W., Podesta, G.P., 1994. Life on the edge: Marine life and fronts. *Oceanog.* 7, 52-60.
- Olson, D.B., Polovina, J.J., 1999. Proceedings of the Second International Pacific Swordfish Symposium., Local-scale swordfish fisheries oceanography. NOAA Tech. Memo. NMFS-SWFSC., USA, pp. 173–178.
- Ovchinnikov, V.V., 1971. Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean. In: Transl, P.F.S.s (Ed.), Jerusalém, Israel, p. 77.
- Oxenford, H.A., Mahon, R., Hunte, W., 1983. The eastern Caribbean Flyingfish Project., Fishery Report. Organization of Eastern Caribbean States (OECS), St. Vincent, p. 133.
- Palko, B.J., Beardsley, G.L., Richard, W.J.1981. Synopsis of the biology of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. NOAA Tech. Rep., Seattle, NMFS/S., USA.
- Pallares, P., Garcia-Mamolar, J.M., 1985. Efectos de las fases de la luna sobre los rendimientos de la flota atunera-tropical española. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 25, 228-236.
- Pereira, J.A.G., 1995. A pesca do atum nos Açores e o atum patudo (*Thunnus obesus*, Lowe 1839) do Atlântico. Universidade dos Açores., Horta, Portugal, p. 256.
- Peterson, R.G., Stramma, L., Kortum, G., 1996. Early concepts in charts and circulation. *Progress in Oceanography* 37, 1-115.
- Peterson, R. G.; Stramma, L. Upper level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, v.26, p.1-73, 1991.
- Podestá, G.P., Browder, J.A., Hoey, J.J., 1993. Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on U.S. longline grounds in the western North Atlantic. *Cont. Shelf Res.* 13, 253-277.

- Poisson, F., Bargain, R.M., Taquet, M., 2001. Premiers essais de marquages d'espadon (*Xiphias gladius*) à l'aide de marques intelligentes archives de type «pop up». IOTC Proceedings., pp. 245 -254.
- Poisson, F., Guyomard, D., 2001. 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 pp. 61-78.
- Poisson, F., Tessier, E., Roos, D., René, F., Conand, F., 1998. Recent development of Swordfish, *Xiphias gladius*, Longline Fisheries near Reunion Island, Soutwestern Indian Ocean. In: Barret, I., Sosa-Nishizaki, O., Bartoo, N.s (Eds.), Biology and Fisheries of Swordfish, *Xiphias gladius*. Proceedings of the International Pacific Swordfish Symposium. NOAA, NOAA Technical Report NMFS, Ensenada, Mexico.
- Polovina, J.J., Mitchum, G.T., Graham, N.E., Craig, M.P., Demartini, E.E., Flint, E.E., 1994. Physical and biological consequences of a climateevent in the central North Pacific. fisheries Oceanography 3, 15-21.
- Rangel, E., Lessa, R., Marcante, F., 1998. Análise dos desembarques da frota arrendada brasileira., SBEEL., p. 32.
- Raven, H.C., LaMonte, F., 1937. Notes on the alimentary tract of the swordfish (*Xiphias gladius*). Am. Mus. Novitales. 902, 13.
- Richards, W.J., Potthoff, T., 1974. Analysis of the taxonomic characters of young scombrid fishes, genus Thunnus. In: Blaxter, J.H.S.s (Ed.), The early life history of fish. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 623–648.
- Richards, W.J., Potthoff, T., 1980. Larval distributions of scombrids (other than bluefin tuna) and swordfish in the Gulf of Mexico in the spring of 1977 and 1978. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 9, 680-694.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd Can. 191, 1-382.
- Robertson, D.S., 1991. Geophysical applications of very-long- baseline interferometry. Rev. Mod. Phys. 63, 899-918.
- Roden, G.L., 1987. Effects of seamounts and seamounts chains on ocean circulation and thermocline structure. Geophys. Monogr. 43, 335-354.
- Rogers, J.B., Pikitch, E.K., 1992. Numerical definition of ground fish assemblages caught off the coast of Oregon and Washington using commercial fishing strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49, 2648-2656.

- Rosen, R.D., Salstein, D.A., 1983. Variations in atmospheric angular momentum on global and regional scales and the length of day. *J. Geophys. Res.* 88, 5451-5470.
- Sahrhage, D., Lundbeck, J., 1992. *A history of fishing*. Springer-Verlag., Berlin.
- Santos, R., Haimovici, M., 1997. Reproductive biology of winter-spring spawners of *Illex argentinus* (Cephalopoda:Ommastrephidae) off Southern Brazil. *Scientia Marina* 61, 53-64.
- SAS Institute Inc, 1989. *SAS/STAT® User's Guide*, version 6. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- SAS Institute Inc, 2001. The GAM procedure. In: *SAS/STAT software: changes and enhancements*, Release 8.2., Cary, North Carolina, USA.
- Schwartz, J., 1994. Nonparametric smoothing in the analysis of air pollution and respiratory illness. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 22, 471-487.
- Scott, W.B., Tibbo, S.N., 1968. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the western north Atlantic. *J. Fish. Res. Board Can.* 25, 903-919.
- Sedberry, G.R., Loefer, J.K., 2001. Satellite telemetry tracking of swordfish, *Xiphias gladius*, off the eastern United States. *Mar. Biol.* 1, 355-360.
- Seki, M.P., Polovina, J.J., Kobayashi, D.R., Bidigare, R.R., Mitchum, G.T., 2002. An oceanographic characterization of swordfish (*Xiphias gladius*) longline fishing grounds in the springtime subtropical North Pacific. *Fisheries Oceanography* 11, 251-266.
- Sella, M., 1911. Contributo alla conoscenza della riproduzione e dello sviluppo del pesce-spada (*Xiphias gladius* L.). *Cominato Talassografico Italiano*, Venezia, pp. 1-16.
- Sharp, G.D., 1978. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. In: Sharp, G.D., Dizon, A.E.s (Eds.), *The physiological ecology of tunas*. Academic Press, New York, pp. 397-440.
- Sharp, G.D., 2003. *Future climate change and regional fisheries: a collaborative analysis*. FAO Fisheries Technical Paper.No 452., Rome.
- Sidorenkov, N., Svirenko, P., 1988. Diagnosis of some parameters of global water change based on the data of irregularity of the Earth Rotation Velocity. *Proc. Acad. Sci. Geog.* 1, 16-23.
- Sidorenkov, N., Svirenko, P., 1991. Multiannual atmospheric circulation change and climate oscillation in first synoptical region. *Proc. Hydromet.* 316, 93-105.

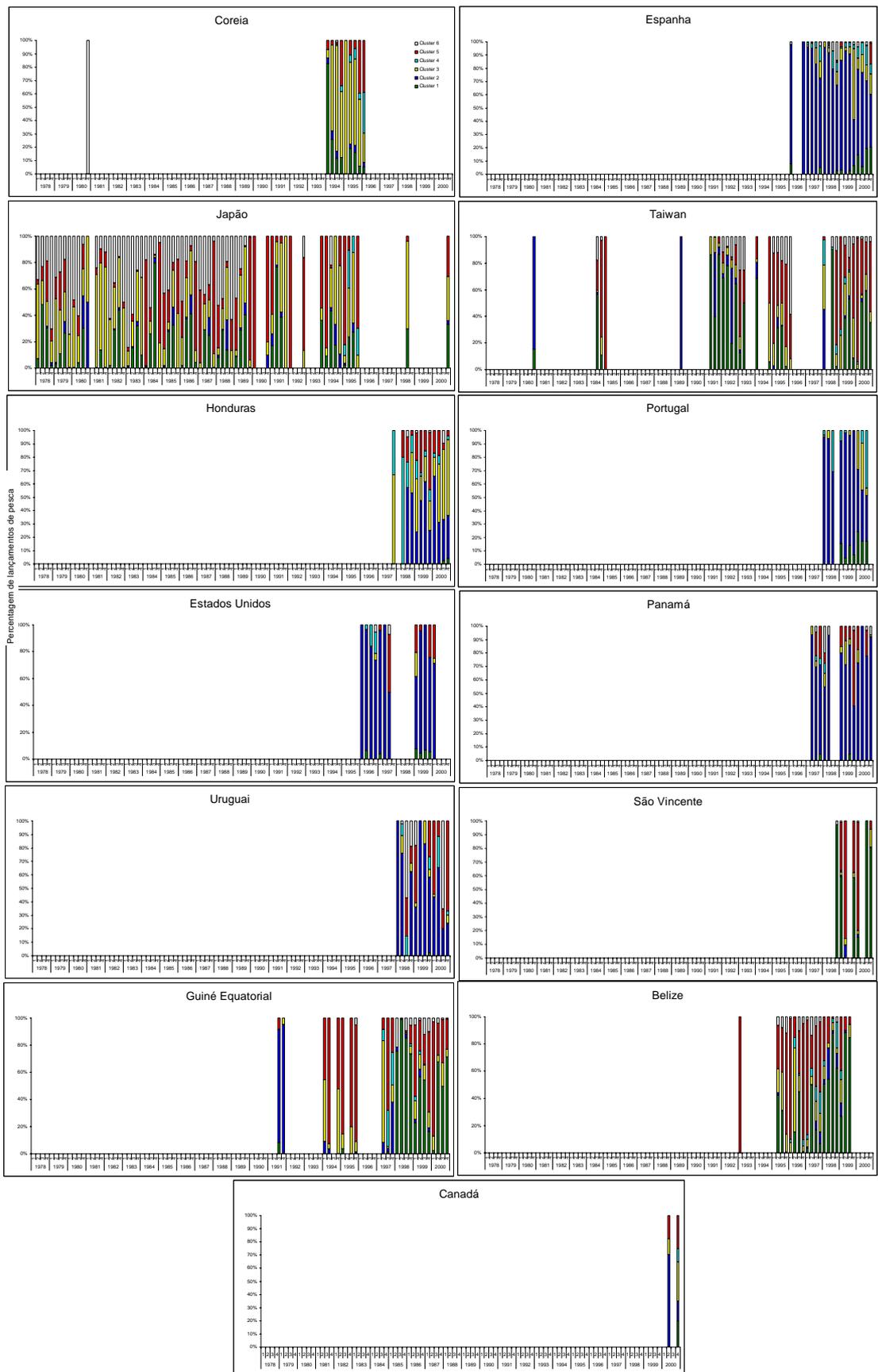
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G., 1980. Statistical Methods. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Solow, A.R., 1994. Detecting changes in the composition of a multispecies community. *Biom.* 50, 556-565.
- South Atlantic Fishery Management Council (SAFMC). 1998. Final Habitat Plan for the South Atlantic Region: Essential Fish Habitat Requirements for Fishery management plans of the South Atlantic Fishery Management Council. South Atlantic Fishery Management Council. 1 Southpark Circle, Charleston, SC. October 1998.
- Stech, J.L., Rao, V.B., 2000. Características do campo de temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Atlântico. *Geociências* 19, 303-312.
- Stephenson, F.R., Morrison, L.V., 1984. Long-Term changes in the rotation of the Earth. *Phil. Trans. Royal Soc.* 313, 47.
- Smith, Walter H.F., e David T. Sandwell, 1997. Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings", *Science*, 277, 1956-1962.
- Stillwell, C.E., Kohler, N.E., 1985. Food and feeding ecology of the swordfish (*Xiphias gladius*) in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22, 239-247.
- Stone, C.J., 1985. Additive regression and other nonparametric models. *Ann. Statist.* 13, 689-705.
- Stramma, L., England, M., 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research* 104, 20863-20883.
- Suisan Sha, 1963. Katsuo-Maguro: Tuna and skipjack in Japanese. In: Tokyo, J.s (Ed.), p. 884.
- Suisan Sha, 1997. Japanese daily fishery. In: Tokyo.Japan.s (Ed.), p. 44.
- Sund, P.N., Blackburn, M., Williams, F., 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review. *Oceanog. Mar. Biol.* 19, 443-512.
- Taning, A., 1955. On the breeding areas of the swordfish (*Xiphias*). *Deep-Sea Res.* 3, 438-450.
- Tavares, F., 2003. Programa de observado de bordo. Recife.
- Taylor, R.G., Murphy, M.D., 1992. Reproductive biology of the swordfish *Xiphias gladius* in the Straits of Florida and adjacent waters. *Fish. Bull.* 90, 809-816.

- Tchernia, P., 1980. Descriptive Regional Oceanography. Pergamon Press.
- Tibbo, S., Day, L.R., Doucet, W.F., 1961. The swordfish (*Xiphias gladius* L.), its life history and economic importance in the Northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Board Can. 130, 1-47.
- Tibbo, S.N., Lauzier, L.M., 1969. Larval swordfish (*Xiphias gladius*) from three localities in the western Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 26, 3248-3251.
- Travassos, P., 1999a. Anomalies thermiques et pêche du germon (*Thunnus alalunga*) dans l'Atlantique tropical sud-ouest. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 51, 224-238.
- Travassos, P., 1999b. L'étude des relations thons-environnements dans l'océan Atlantique intertropical ouest : cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, Lowe 1839). Ph.D Dissertation, l'Université Paris 6., Paris, p. 240.
- Travassos, P., 2005. Programa de observador de bordo. Congresso brasileiro de engenharia de pesca, Fortaleza, Ceará, p. Resumo.
- Travassos, P., Hazin, F.H.V., Zagaglia, J.R., Advíncula, R., Schober, J., 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. Arch. Fish. Mar. Res. 47, 211-222.
- Uchiyama, J.H., Shomura, R.S., 1974. Maturation and Fecundity of Swordfish, *Xiphias gladius*, from Hawaiian Water. In: Shomura, R.S., Williams, F.s (Eds.), Proceedings of the International Symposium NOAA Technical Report NMFS SSRF, Kailua-Kona, Hawaii, pp. 142-148.
- Ueyanagi, S., 1974. A review of the world commercial fisheries for billfishes. In: Shomura, R.S., Williams, F.s (Eds.), Proceedings of the International Symposium. NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF, Kailua-Kona, Hawaii, pp. 1-11.
- Ueyanagi, S., Kikawa, S., Uto, M., Nishikawa, Y., 1970. Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the of Atlantic Ocean. Bull. Far. Seas. Fish. Res. 3, 15-55.
- Underwood, A.J., 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 19, 513-605.
- Vangeneim, G.Y., 1940. Long-term prediction of air temperature river debacle. National Hydrological Institute 10, 207-236.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 1999. Modern Applied Statistics with S-Plus. Springer-Verlag, NY,USA.

- Vyalov, Y.A., Ovchinnikov, V.V., 1980. Main result of the tuna, swordfish and sailfish studies in the Atlantic Research Institute for the fisheries and oceanography (AtlantNIRO) for the 20 years period (1957–77). ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 96, 62–74.
- Ward, P., Elscot, S., 2000. Broadbill swordfish : status of world fisheries. Bureau of Rural Sciences, Canberra.
- Ward, P., Myers, R.A., Blanchard, W., 2004. Fish lost at sea: the effect of soak time on pelagic longline catches. Fish. Bull. 102, 179–195.
- Ward, P.J., Ramirez, C.M., Caton, A.E., 1996. The type of longlining activities of Japanese vessels in the eastern Australian fishing zone during the 1980s. In: Ward, P.J.s (Ed.), Japanese Longlining in Eastern Australian Waters 1962-1990. Bureau of Resouce Sci, Canberra, p. 264.
- WPRFMC, 2001. Pelagic Fisheries of the Western Pacific Region: 1999 Annual Report. In: Council, W.P.R.F.M.s (Ed.), pp. Honolulu, Hawaii.150.
- Wu, C.L., Yeh, S.Y., 2001. Demarcation of operating areas and fishing strategies for Taiwanese longline fisheries in South Atlantic Ocean. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap 52, 1933-1947.
- Yabe, H., Ueyanagi, S., Kikawa, S., Watanabe, H., 1959. Study on the life-history of the sword-fish, *Xiphias gladius* Linnaeus. Fish. Res. 10, 107-150.
- Yaizu Fishries Cooperatives, 1964. History of Yaizu fisheries., p. 891.
- Young, J.W., 2000. A two boat study of the relationship between swordfish and tuna catch rates and fine- and broad-scale physical and environmental variables off eastern Australia. CSIRO Marine Research, Hobart, Tas.
- Zagaglia, C.R., 2003. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à pesca de atuns no Atlântico Oeste Equatorial. Tese de Mestrado. INPE, SJC., São Paulo, p. 183.
- Zagaglia, J.R., 1998. Caracterização da estrutura termohalina da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil., Departamento de Pesca. Monografia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco p. 134.
- Zavala-Camin, L.A., 1982. Distribucion vertical y estacional de tunideos y otras espécies pelágicas en el suoste y sur del Brasil, obtenida por médio de analysis de contenido estomacal. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap. 17, 439-443.
- Zavala-Camin, L.A., 1987. Ocorrência de peixes, cefalópodes e crustáceos em estômagos de atuns e espécies afins, capturados com espinhel no Brasil (23oS-34oS) 1972- 1985. B. Inst. Pesca 14, 93-102.

- Zavilov, P.O., Wainer, I., Absy, J.M., 1999. Sea surface temperature variability off southern Brazil and Uruguay as revealed from historical data since 1854. *Journal of Geophysical Research*. 105, 21-32.
- Zuur, A.F., Fryer, R.J., Jolliffe, I.T., Dekker, R., Beukema, J.J., 2003a. Estimating common trends in multivariate time series using dynamic factor analysis. *Environ.* 14, 665-685.
- Zuur, A.F., Pierce, G.J., 2004. Common trends in Northeast Atlantic squid time series. *J. Sea Res.* 52, 57-72.
- Zuur, A.F., Tuck, I.D., Bailey, N., 2003b. Dynamic factor analysis to estimate common trends in fisheries time series. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60, 542-552.

ANEXO 01



Percentual de lançamentos de pesca da frota arrendada brasileira por trimestre, no período de 1978 a 2000.