

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA – CTG
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA – DOCEAN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

BIOLOGIA DOS AGULHÕES NEGRO (*Makaira nigricans* Lacepède, 1802) E
BRANCO (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860) CAPTURADOS NO OCEANO
ATLÂNTICO SUL E EQUATORIAL.

Patrícia Barros Pinheiro

Recife/Brasil
2010

PATRÍCIA BARROS PINHEIRO

BIOLOGIA DOS AGULHÕES NEGRO (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) E
BRANCO (*Tetrapturus albidus*, Poey 1860) CAPTURADOS NO OCEANO
ATLÂNTICO SUL E EQUATORIAL.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Oceanografia da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para obtenção
do título de Doutorado em Ciências, na área de
Oceanografia Biológica.

Orientador: Fábio Hissa Vieira Hazin
Co-orientadores: Freddy Arocha e David Dei

Recife/Brasil
2010

P654b Pinheiro, Patrícia Barros.

Biologia dos Agulhões negro (*Makaira nigricans* Lacepède, 1802) e branco (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860) capturados no Oceano Atlântico Sul e Equatorial / Patrícia Barros Pinheiro. - Recife: O Autor, 2010.

145 folhas, il : figs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, 2010.

Orientador: Prof. Fábio Hissa Vieira Hazin.

Inclui Bibliografia e Anexos.

PATRÍCIA BARROS PINHEIRO

BIOLOGIA DOS AGULHÕES NEGRO (*Makaira nigricans*, Lacepède 1802) E
BRANCO (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860) CAPTURADOS NO OCEANO
ATLÂNTICO SUL E EQUATORIAL.

Tese apresentada pela seguinte banca examinadora em 10/06/2010.

Titulares:



Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin (Orientador/UFRPE)

Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos (UFRPE)



Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira (UFRPE)



Dr. Antônio de Lemos Vasconcelos Filho (UFPE)



Dr. Jorge Eduardo Lins de Oliveira (UFRN)

Suplentes

Dra. Sigrid Neumann Leitão (UFPE)

Dr. Humberto Gomes Hazin (UFRPE)

Quando fazemos tudo para que nos amem e não conseguimos, resta-nos um último recurso: não fazer mais nada. Por isso, digo, quando não obtivermos o amor, o afeto ou a ternura que havíamos solicitado, melhor será desistirmos e procurar mais adiante os sentimentos que nos negaram. Não fazer esforços inúteis, pois o amor nasce, ou não, espontaneamente, mas nunca por força de imposição. Às vezes, é inútil esforçar-se demais, nada se consegue; outras vezes, nada damos e o amor se rende aos nossos pés. Os sentimentos são sempre uma surpresa. Nunca foram uma caridade mendigada, uma compaixão ou um favor concedido. Quase sempre amamos a quem nos ama mal, e desprezamos quem melhor nos quer. Assim, repito, quando tivermos feito tudo para conseguir um amor, e falhado, resta-nos um só caminho...o de mais nada fazer.

“Clarice Lispector”

“A minha família que é a base de tudo na minha vida, principalmente meus pais, Alcione e Sonia a quem devo tudo”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva de viver, por nunca permitir que eu perdesse a fé mesmo nos momentos nos quais acreditei que não iria conseguir.

Ao meu orientador Fábio Hazin, pela sua amizade, orientação e por ter acreditado e confiado na minha capacidade e meu profissionalismo.

Ao professor Paulo Travassos pela grande contribuição e ajuda na elaboração desse trabalho, e que sempre esteve ao meu lado me apoiando.

Ao professor Paulo Guilherme de Oliveira pela sua grande amizade, companheirismo, cumplicidade e amor.

A professora Ana Carla Asfora El-deir, pela sua participação na minha banca e grande contribuição na minha vida profissional.

Ao professor Jorge Lins, pela sua contribuição na finalização desse trabalho.

A professora Sigrid Leitão pela sua participação na minha banca e por ser uma educadora extraordinária.

Aos meus pais, Alcione e Sonia os grandes responsáveis pelo que sou hoje como pessoa e como profissional, que me ensinaram a ser justa, honesta, caridosa e a amar o próximo sem esperar nada em troca.

Aos meus irmãos maravilhosos que sempre apoiaram minhas decisões, minhas aventuras e minhas loucuras e acima de qualquer coisa sempre foram meus amigos.

Aos meus sobrinhos lindos que são responsáveis por grande parte da minha felicidade e riqueza: Raphael, Priscila, Lucas, Sofia e Mariana.

A Lúcia por fazer parte da minha família e da minha vida, que tanto me ajudou e me segurou nos momentos em que fraquejei, obrigada por tudo.

A Jú pelo carinho e por compreender e aguentar meu estresse, obrigada.

Aos meus amigos fiéis que sempre estiveram ao meu lado, enfrentando junto comigo todas as dificuldades e suportaram todo meu estresse: Paulinho, Mari, Dani, Lecca e Taty.

Aos meus baianos maravilhosos que sempre me respeitaram e me apoiaram em tudo: Diogo, Hudson, Caio e Eudes.

As minhas estagiárias lindas que quero junto comigo para sempre: Leidiane, Polly, Natinha, Fernanda e Isa.

A meu amigo Felipinho (Pex) que mesmo de longe foi de grande ajuda para a finalização desse trabalho.

A Bruno Mourato que foi meu companheiro nas horas de resolver os problemas nas análises das amostras, e que muito me ajudou a finalizar esse trabalho.

A toda equipe do LOP e LEMAR, por me ajudarem a coordenar as atividades do laboratório.

Ao MPA, que forneceu todo apoio e logística através do Programa de Observador de Bordo.

A todos os Observadores de Bordo, por coletarem todas as amostras durante os cruzeiros das embarcações espinheiras.

A todos da coordenação da Pós-graduação do departamento de Oceanografia da UFPE, principalmente ao Prof. Manuel Flores e a excepcional Myrna pelas orientações em todo o processo de aulas, qualificação e finalização da tese.

RESUMO

O presente trabalho pretende aportar informações sobre a biologia dos agulhões negro (*Makaira nigricans*) e branco (*Tetrapturus albidus*) capturados no oceano atlântico sul e equatorial. Os exemplares examinados foram adquiridos por observadores de bordo do Programa de Observadores de Bordo da Frota Atuneira Arrendada no Brasil. Todos os espécimens foram identificados a bordo, mensurando-se, imediatamente após o embarque, o comprimento da mandíbula inferior até a forquilha (MIF). Em seguida, os mesmos foram, então, eviscerados, coletando-se as gônadas, a nadadeira anal e os estômagos. Para o estudo da biologia reprodutiva e determinação dos estádios de maturação sexual, para as duas espécies, as gônadas foram analisadas macroscopicamente e histologicamente através de microscopia óptica. Para o cálculo do Índice Gonadal (IG), foi utilizada a seguinte equação: $IG = PG \times 10^5 / MIF^b$. Para a estimativa do L_{50} , utilizou-se a frequência relativa (%) de indivíduos adultos em cada classe de MIF, a partir de uma curva logística, utilizando a seguinte fórmula: $M_f = 1 / (1 + e^{(a-b) \times MIF})$. Para o estudo da idade e crescimento apenas do *Makaira nigricans* (agulhão negro), foi utilizado o segundo espinho da nadadeira anal, do qual mensurou-se a largura máxima do côndilo, cortando-se os mesmos, em seguida com um arco de serra, a uma distância de 5 cm medidos a partir da mesma. Em seguida foram realizadas três seções transversais de 0,45mm de espessura, utilizando-se uma Serra Metalográfica ISOMET, as quais foram analisadas através de imagem capturada por uma lupa com câmera CCD (Charge Coupled Device). Os anéis de crescimento foram analisados, utilizando-se o programa computacional SigmaScan Pro 5, tendo sido mensurados as distâncias entre o centro dos espinhos e a extremidade da borda de cada seção, definida como o raio do espinho (R), a distância do centro do espinho à borda da vascularização, definida como raio da vascularização (V), e a distância entre o centro do mesmo e os anéis de crescimento, definido como o raio dos anéis (r_i). Os estômagos foram analisados em laboratório, identificando-se os itens alimentares até o menor táxon possível. Em seguida, o peso (g) e o comprimento total (cm) (quando possível) de cada presa foram aferidos, observando-se, também, as porcentagens em número (%N), peso úmido em grama (%P) e frequência de ocorrência (%F.O.), utilizados para o cálculo do Índice de Importância Relativa (IIR), como segue: $IIR = (\%P + \%N) \times \%F.O.$ Para o estudo da biologia reprodutiva do agulhão negro foi amostrado um total de 418 gônadas, sendo 260 machos e 158 fêmeas, com uma proporção sexual entre machos e fêmeas de 1,6:1,0. O comprimento (MIF) das fêmeas variou de 104 cm a 345 cm, com uma moda na classe de 205 cm a 220 cm. Para os machos, o comprimento variou de 100 cm a 267 cm, com uma moda na classe de 175 cm a 190 cm. A escala microscópica elaborada para o agulhão negro foi composta por 6 estágios maturacionais (imatura, em matruação, em maturação avançada, madura, esvaziada e em repouso) para as fêmeas e 4 para os machos (imaturo, em maturação, em maturação avançada e maduro). O tamanho médio de primeira maturação sexual para as fêmeas foi estimado em 183,5 cm e em 150,1 cm para os machos. A média mensal do índice gonadal (IG) para as fêmeas, foi mais elevado no mês de abril e nos meses de setembro e outubro. Para os machos, os maiores valores foram observados em abril e maio, no 1º semestre, e nos meses de agosto, setembro e outubro, no 2º semestre, em época similar às fêmeas. O tipo de desova observado foi parcelada, com a costa nordeste brasileira podendo ser caracterizada como uma área de maturação e repouso, e não de desova. A fecundidade em fêmeas com 272 cm a 290 cm (MIF) variou de 2.151.000 a 6.769.060 ovócitos hidratados. Para o estudo da biologia reprodutiva do agulhão branco foram analisados 924 indivíduos, sendo 656 fêmeas e 268 machos. O comprimento das fêmeas variou de 83 a 236 cm, enquanto nos machos o comprimento variou de 90 a 220 cm. As fêmeas foram mais abundantes do que os machos, apresentando

diferença estatisticamente significativa ($p=2,2^{-16}$). As fêmeas foram classificadas em cinco estágios de maturação sexual diferentes (imaturas, em maturação, maduras, desovadas e em repouso). Os machos, por sua vez, foram classificados em quatro estágios de desenvolvimento maturacional diferentes (imaturos, em maturação, maduros e gasto). Os machos apresentaram sua maior atividade reprodutiva durante o período de abril a agosto, quando foi observada a maior frequência de indivíduos em maturação e maduro (80%). A média mensal do IG das fêmeas variou de 0,35 a 0,87, apresentando seus maiores valores no período de abril a junho. Nos machos, a média mensal do IG variou de 0,94 a 5,92. O tamanho de L_{50} para as fêmeas foi estimado em 144,9 cm e para os machos em 138,5 cm. Para o estudo da idade e crescimento foram amostrados 599 indivíduos de agulhão negro, dos quais foram observados os anéis de crescimento em 429 (71,6%) machos e 170 (28,4%) fêmeas, numa proporção sexual de 2,5:1,0. As médias mensais da taxa de incremento marginal (IM), para as idades agrupadas, apresentaram os menores valores no mês de junho, tanto para os machos (0,57) como para as fêmeas (0,51). As médias mensais não diferiram significativamente entre machos e fêmeas (ANOVA, $p > 0,05$). Os resultados do IM indicam que um anel de crescimento é formado a cada ano, provavelmente entre maio e junho para ambos os sexos. As médias do retrocálculo do MIF por idade, ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy, indicam que apesar dos machos e das fêmeas apresentarem a mesma idade (16 anos), as fêmeas (394,7 cm) atingiram tamanhos maiores do que os machos (299,7 cm). Um total de 257 estômagos do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*), sendo 60 (23,3%) machos e 197 (76,7%) fêmeas, foram examinados. A estabilização de itens alimentares ocorreu com 54 itens e 150 estômagos, demonstrando que o número de estômagos amostrados foi suficiente para a análise do hábito alimentar da espécie. Do total de estômagos analisadas 220 (85,6%) apresentavam conteúdo e apenas 37 (14,4%) estavam vazios. Foram identificados 58 itens alimentares, incluindo 35 teleósteos, 20 cefalópodes e 2 crustáceos. De acordo com o IIR, com exceção dos itens teleósteos e cefalópodes, o *Dactylopterus volitans*, foi o item de maior importância. O segundo mais importante foi o *Ornithoteuthis antillarum*, com 21,2% de ocorrência. Em 226 estômagos de agulhão negro analisados, foram identificados 44 itens, sendo 31 de peixes e 13 de cefalópodes. Em setenta exemplares os estômagos estavam vazios (23,6%). A estabilização de itens alimentares ocorreu com 45 itens em 110 estômagos. De acordo com o IIR a espécie tem preferência alimentar por teleósteos, principalmente o *Katsuwonus pelamis* e cefalópodes.

Palavra chave: Índice gonadal, Fecundidade, Idade e crescimento, Conteúdo estomacal.

ABSTRACT

The purpose of this project is to contribute to the knowledge and information regarding the biology of the blue marlin (*Makaira nigricans*) and the white marlin (*Tetrapturus albidus*) caught in the south and equatorial Atlantic Ocean. Specimens were collected off the coast of Brazil by observers aboard the Brazilian Longline Tuna Fleet as part of the Onboard Observer Program. All specimens were identified onboard and lower jaw fork length (LJFL) was subsequently measured. The fish specimens were then dissected, and the gonads, stomach, and anal fin collected for the purposes of this project. In order to study the reproductive biology and To study the reproductive biology and determine of the stages of sexual maturity, the gonads were examined macroscopically and histologically with light microscopy. For the calculation of the gonadal index (GI), the following equation was employed: $GI = WG \times 10^5 / LJFL^b$. For the estimation of L_{50} , the relative frequency (%) of adults in each size class was used in the logistic function: $M_f = 1 / (1 + e^{-(ab) \times LJFL})$. To study the age and growth of *Makaira nigricans*, the maximum width of the condyle of the second anal fin spine was measured, and then cut at a distance of 5 cm from this maximum width. Three 0.45 mm thick cross sections were taken from this spine fragment above the condyle base with a low-speed saw (Isomet Buehler low-speed saw). Images of the sections were taken with a CCD (Charge Coupled Device) coupled to a dissecting microscope. The growth rings were counted and measured using the software Sigma Scan Pro 5 with the following parameters: radius of the spine (R) being defined as the distance between the center of the spines and the edge end of each section, the radius of vascularization (V) being the distance from the center of the spine to the edge of the vascularized area, and lastly the radius of the rings (r_i) described as the distance between the center of the spine and the growth rings. The stomachs of the specimens were analyzed in the laboratory: food items were identified to the lowest taxon possible, and weight and length (when possible) were measured. The dietary importance of each food item was obtained using the Index of Relative Importance (IRI) as follows: $IRI_i = \%FO_i \times (\%N_i \times \%W_i)$, where: $\%FO_i$ – relative frequency of occurrence of each food item, $\%N_i$ – number of each prey item in proportion to the total number of food items, and $\%W_i$ – proportion of combined weight of each prey item in relation to the total food mass. For the reproductive biology study of blue marlin, a total of 418 gonads were sampled, of which 260 were male and 158 female, with a sex ratio between males and females of 1.6:1.0. The length (LJFL) of the females ranged from 104 cm to 345 cm, with the mode present in the size class of 205 cm to 220 cm. For males, the length varied from 100 cm to 267 cm: the mode being found in the size class of 175 cm to 190 cm. Based on microscopy, a scale was developed for the blue marlin, composing six maturity stages among the females and four among the males. The average size upon reaching sexual maturity was estimated to be 183.5 cm for females, and 150.1 cm for males. The mean monthly gonad index (GI) for females was higher in months of April, September, and October. For males, the highest values were observed in the first half of the year in the months of April and May, and during the second half of the year in the months of August, September and October: a pattern similar to that of the females. The type of spawning was fractional, with evidence for the northeastern coast of Brazil being used a maturing and resting area, and not a spawning ground. The

fecundity in females between 272 cm to 290 cm (LJFL) in size ranged from 2,151,000 to 6,769,060 hydrated oocytes. White marlin samples were 924 in total, 656 of which were female, and 268 male. The length of females ranged from 83 to 236cm, and the length of males ranged from 90 to 220 cm. Females were significantly more abundant than males ($p = 2.2 \cdot 10^{-16}$). Females were classified into five different stages of sexual maturation: immature, maturing, mature, spawning, and resting. Males were classified into four different maturational stages of development: immature, maturing, mature, and spent. The highest frequency of mature and maturing individuals (80%) was observed during the period from April to August: therefore it is concluded that the highest male reproductive activity occurs during this time interval. The monthly average GI of females ranged from 0.35 to 0.87, with higher values occurring during the period April to June. In males, the average monthly GI ranged from 0.94 to 5.92. L_{50} size for females was estimated at 144.9 cm and 138.5 cm in males. To study the age and growth of the blue marlin, growth rings from a total of 599 of individuals were analyzed. Within this number, 429 (71.6%) were male and 170 (28.4%) were female: a sex ratio of 2.5:1.0. The monthly marginal increment rate (MI), grouped by age, had the lowest values in June, with no significant difference between the averages for males (0.57) and females (0.51) (ANOVA, $p > 0.05$). The MI results indicate that a single growth ring is formed each year for both sexes, most likely in the months of May and June. Mean of the reverse-calculation based on the LJFL by age, adjusted by the von Bertalanffy model, showed that although males and females exhibit the same age (16 years), females (353.7) had reached a larger size than males (350.3) by this time. A total of 257 stomachs of white marlin (*Tetrapturus albidus*), 60 (23.3%) from males and 197 (76.7%) from females, were examined. The prey diversity curve showed a stabilization at 54 food items from 150 stomachs, thereby demonstrating that the number of stomachs sampled was sufficient to determine the typical food spectrum for this species. Of the total number of stomachs analyzed 220 (85.6%) presented some food, and 37 (14.4%) were empty. A total of 58 food items were identified, which included 35 Teleostei, 20 cephalopods, and 2 crustaceans. According to IRI ranking, with the exception of the unidentified Teleostei and cephalopods, the *Dactylopterus volitans* was most important prey item, with a 27.9% occurrence rate. The second most important prey item was a species of squid, *Ornithoteuthis antillarum*, with a 21.2% occurrence rate. For the blue marlin, 226 stomachs were analyzed. Of 44 food items identified, 31 were fish and 13 were cephalopods. 70 stomachs were empty (23.6%). The prey diversity curve reached stabilization at 45 items from 110 stomachs. According to IRI, this species has feeding preferences for teleost fish (especially the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*) and also cephalopods.

Keyword: Gonadal index, Fecundity, Age and Growth, Stomach contents.

LISTA DE FIGURA

Capítulo 1. Diet of the white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

- Figure 1** – Sample area of *Tetrapturus albidus* specimens caught in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean..... 34
- Figure 2** – Low-jaw-fork-length (LJFL) frequency distribution of the white marlin, *T. albidus*, in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean, for males and females.34
- Figure 3** – Number of stomachs analyzed in relation to the number of food items in the stomachs of *Tetrapturus albidus* in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean. Arrow indicates the beginning of stabilization..... 35
- Figure 4** - Lengths of prey items found in the stomachs of *Tetrapturus albidus* Southwestern Equatorial Atlantic Ocean. White bar = *Dactylopterus volitans*; black bar = other prey..... 35

Capítulo 2. Age and growth the blue marlin, *Makaira nigricans* (lacepede, 1803) catch in the South Atlantic Ocean.

- Figure 1** - Methodology for measuring and sectioning the spines: location and extent of the section of condyle (L= maximum width of condyle base); R – radius of spine; V= radius of vascularization; r_i – radius of ring *i* (MEGALOFONOU, 2000; SUN *et al.*, 2001)..... 53
- Figure 2** - Image of the blue marlin spine section with black arrows indicating notable features including the vascularized core, translucent zone, opaque zone, and marginal increment..... 53
- Figure 3** - Capture area of blue marlin individuals, *Makarira nigricans*, sampled during the period on December 2004 and December 2006..... 54
- Figure 4** - Size distribution (lower jaw fork length - LJFL) of males and females of blue marlin, *M. nigricans*, sampled in this study..... 54
- Figure 5** - Ring radius at age (mean ± 1 SD) blue marlin for males collected from South and Equatorial Atlantic Ocean. Numbers above the vertical bars are the sample sizes..... 55
- Figure 6** - Ring radius at age (mean ± 1 SD) blue marlin for females collected from South and Equatorial Atlantic Ocean. Numbers above the vertical bars are the sample sizes..... 55
- Figure 7** - Monthly means of marginal increment for blue marlin males collected from Equatorial and South Atlantic Ocean. Vertical bars are ± 1 SE; numbers above the vertical bars are sample sizes..... 56

Figure 8 - Monthly means of marginal increment for blue marlin males collected from Equatorial and South Atlantic Ocean. Vertical bars are ± 1 SE; numbers above the vertical bars are sample sizes.....	56
Figure 9 - Spine radius vs. lower jaw to fork length relationship for blue marlin, <i>M. nigricans</i> , caught in Atlantic Equatorial and South Ocean between 2004 and 2006.....	57
Figure 10 - Radius of first visible ring vs. radius of vascularization. Increasing trend suggests earlier rings are being obscured by vascularized tissue.....	57
Figure 11 - von Bertalanffy growth model, for males, females and combined sexes for blue marlin, <i>M. nigricans</i> , caught in Atlantic Equatorial and South Ocean between 2004 and 2006.....	58
 Capítulo 3. Biologia reprodutiva do agulhão branco (<i>Tetrapturus albidus</i>) capturado no Oceano Atlântico Sudoeste Equatorial.	
Figura 1- Área de captura das amostras do agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturados nos barcos atuneiros que atuam com epinhel pelágico, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	72
Figura 2- Distribuição de comprimento mandíbula inferior até a furquilha (MIF) de fêmeas e machos de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	72
Figura 3- Distribuição de peso das gônadas por estágios de maturação gonadal de fêmeas de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	73
Figura 4 - Frequência mensal de estágios de maturação gonadal de fêmeas de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	73
Figura 5 - Distribuição de peso das gônadas por estágios de maturação gonadal de machos de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	74
Figura 6 - Frequência mensal de estágios de maturação gonadal de machos de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	74
Figura 7 - Média mensal do índice gonadosômático de fêmeas (linha contínua) e machos (linha pontilhada) adultos de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 e dezembro de 2006. (quadrado preto= médias; barras verticais= desvio padrão).....	75
Figura 8 - Curva logística para estimativa do tamanho de primeira maturação sexual de fêmeas de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	75
Figura 9 - Curva logística para estimativa do tamanho de primeira maturação sexual de machos de agulhão branco, <i>Tetrapturus albidus</i> , capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.....	76

Figura 10 - Estágios de maturacionais das gônadas de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006. A-imatura (pn-ovócitos perinucleolar); B-em maturação (pv-ovócito pré-vitologênicos); C-madura (vit-ovócitos vitelogênicos); D-desovando (hid-ovócitos hidratados) e E-reposo (po-parede ovariana)..... 77

Figura 11 - Estágios de maturacionais das gônadas de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006. A-imaturo (spg - espermatogônia); B-em maturação (pv-ovócito pré-vitologênicos); C-maturo (spd-espermátide, spz-espermatozóide); D-gasto (te-túbulo seminífero esvaziado)..... 78

Anexo IV. Biologia reprodutiva do agulhão negro (*Makaira nigricans* lacépède, 1803) no Atlântico Oeste Tropical

Figura 1 – Distribuição da frequência de comprimento (MIF) de machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*) no Atlântico oeste tropical, por sexo, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 109

Figura 2 – Fotomicrografias ($\pm 40\times$) dos testículos do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais: I – imaturo; II – em maturação; III – maduro e IV – em repouso. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 112

Figura 3 – Fotomicrografias ($\pm 40\times$) dos ovários do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais: I – imaturo; II – em maturação; III – em maturação avançada; IV – maduro; V – esvaziado; VI – em repouso. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 113

Figura 4 – Distribuição de frequência relativa mensal para fêmeas (a) e machos (b) do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 115

Figura 5 – Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF para machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 116

Figura 6 – Distribuição da média mensal do Índice gonadal de fêmeas e machos do agulhão negro (*Makaira nigricans*). Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 117

Figura 7 – Curvas logísticas para estimativa de L_{50} de fêmeas (a) e machos (b) do agulhão negro (*Makaira nigricans*) capturado no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 119

Figura 8 – Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágios maturacionais para fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 121

Figura 9 – Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágios maturacionais para machos do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 122

Figura 10 – Variação do diâmetro dos ovócitos de seis fêmeas de agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 124

Anexo V. Feeding Strategy of the Blue Marlin (*Makaira nigricans*) (Perciformes: Istiophoridae) in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

Figure 1 – Sample area of *Makaira nigricans* specimens caught in the Southwestern equatorial Atlantic Ocean, and used for the study of their stomach contents. Natal and Recife are the main landing harbours of tuna fishery in northeastern Brazil. OB – Oceanic Banks; RA – Rocas Atoll; FN – Fernando de Noronha archipelago..... 133

Figure 2 – Lower jaw fork length (LJFL) frequency distribution of blue marlin, *Makaira nigricans* in the Southwestern equatorial Atlantic Ocean, by sex..... 134

Figure 3 – Number of stomachs analyzed in relation to number of food items in the estomachs of *Makaira nigricans* in the Southwestern equatorial Atlantic. Arrow indicates the beginning of stabilization..... 134

Figure 4 - Lengths of prey items from *Makaira nigricans* stomachs from southwestern equatorial Atlantic Ocean. White bar = *Katsuwonus pelamis*; black bar = other prey..... 135

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1. Diet of the white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

Tabela 1 – Percentages in number, weight, and frequency of occurrence (FO) of food items of *Tetrapturus albidus*. IRI importance according from first (1) most important item, to tenth item (10). (N=total number; W=total weight; B=beak).
..... 32

Capítulo 2. Age and growth the blue marlin, *Makaira nigricans* (lacepede, 1803) catch in the south atlantic Ocean.

Tabela 1- Mean of ring's radius by age for blue marlin males caught in the Equatorial and South and Atlantic Ocean, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval)..... 48

Tabela 2- Mean of ring's radius by age for blue marlin females caught in the Equatorial and South and Atlantic Ocean, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval)..... 49

Tabela 3- Mean of back-calculated lower jaw fork lengths (LJFL) by age, of blue marlin males, caught in the Equatorial and South Atlantic, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval)..... 50

Tabela 4- Mean of back-calculated lower jaw fork lengths (LJFL) by age, of blue marlin females, caught in the Equatorial and South Atlantic, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval)..... 51

Tabela 5 - Results of von Bertalanffy models fits for blue marlin males, females and grouped sexes using back-calculated LJFL..... 52

Capítulo 3. Biologia reprodutiva do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*) capturado no Oceano Atlântico Sudoeste Equatorial.

Tabela 1- Distribuição de frequência mensal de fêmeas e machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006..... 71

Tabela 2- Classificação maturacional de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006..... 71

Tabela 3- Classificação maturacional de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006..... 71

Anexo IV. Biologia reprodutiva do agulhão negro (*Makaira nigricans* lacépède, 1803) no Atlântico Oeste Tropical

Tabela 1: Frequência da ocorrência entre machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 108

Tabela 2 – Características microscópicas das gônadas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturado no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 111

Tabela 3 – Fecundidade individual e média estimada para seis fêmeas de agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005..... 123

Anexo V. Feeding Strategy of the Blue Marlin (*Makaira nigricans*) (Perciformes: Istiophoridae) in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

Tabela 1 – Percentages in number, weight, and frequency of occurrence of food items of *Makaira nigricans*. IRI importance according from first (1) most important item, to tenth item (10)..... 136

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
APRESENTAÇÃO.....	20
BIBLIOGRAFIA	22

Capítulo 1. Diet of the white marlin (<i>Tetrapturus albidus</i>) from the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.	24
Summary	25
Introduction	27
Material and methods	27
Results	27
Discussion	28
References	30

Capítulo 2. Age and growth the blue marlin, <i>Makaira nigricans</i> (lacepede, 1803) catch in the South Atlantic Ocean.	36
Abstract	37
Introduction	38
Material and methods	39
Results	40
Discussion	41
References	44

Capítulo 3. Biologia reprodutiva do agulhão branco (<i>Tetrapturus albidus</i>) capturado no Oceano Atlântico Sudoeste Equatorial.	59
Resumo	60
Abstract	60
Introdução	61
Material e métodos	62
Resultados	64
Discussão	65
Bibliografia	68

Anexo IV. Biologia reprodutiva do agulhão negro (<i>Makaira nigricans</i> lacépède, 1803) no Atlântico Oeste	99
Resumo	99
Abstract	101
Introdução	29
Material e Métodos	31
Resultados e Discussão	34
Conclusões	52
Agradecimentos	53
Referências Bibliográficas	54
 Anexo V. Feeding Strategy of the Blue Marlin (<i>Makaira nigricans</i>) (Perciformes: Istiophoridae) in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.	131
Abstract	131
Introduction	132
Material and methods	132
Results	134
Discussion	137
Resumo	139
References	139
 ANEXOS	79
Anexo I	80
Anexo II	81
Anexo III	89
Anexo IV	99
Anexo V	131

Apresentação

No Oceano Atlântico, os agulhões da Família Istiophoridae, particularmente o agulhão branco (*Tetrapturus albidus*) e o negro (*Makaira nigricans*) são bastante capturados pela frota atuneira que opera com espinhel pelágico no Oceano Atlântico. Embora as espécies da família Istiophoridae não constituam espécies-alvo na pescaria comercial de atuns com espinhel, um volume considerável é capturado, como fauna acompanhante, em função das mesmas se distribuírem no mesmo habitat e apresentarem hábitos alimentares parecidos com outras espécies de elevado valor comercial, como o espadarte (*Xiphias gladius*) e a albacora laje (*Thunnus albacares*), por exemplo. Além disso, os mesmos são freqüentemente capturados nas pescarias esportivas, nas quais constituem presas bastante valorizadas (Nakamura, 1985). Nas últimas décadas, a população de agulhões passou a sofrer uma pressão pesqueira crescente em função do aumento substancial do esforço de pesca oriundo da pesca comercial com espinhel pelágico e da popularização da pesca esportiva em todo mundo. Conseqüentemente, seus estoques declinaram a níveis perigosamente baixos refletindo-se em um declínio agudo da CPUE (Captura por Unidade de Esforço) dos espinheleiros comerciais. Infelizmente, apesar de sua grande importância ecológica, grande parte dos indivíduos capturados na pesca comercial é simplesmente descartada no mar. Por esse motivo, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a biologia dos agulhões, dificultando extremamente os esforços para uma melhor avaliação de seus estoques.

O *Tetrapturus albidus* vulgarmente conhecido agulhão branco (white marlin) é uma espécie oceânica, pelágica, altamente migratória, que se distribui principalmente em áreas tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico (55°N e 45°S), com algumas incursões em águas temperadas (Nakamura, 1985; Mather *et al.*, 1975). No Atlântico Oeste, existem importantes concentrações desta espécie na costa leste dos Estados Unidos, no Golfo do México, no norte e leste do Caribe e ao longo da costa brasileira, até o Uruguai (Arocha and Ortiz, 2006). Trabalhos recentes com marcas eletrônicas sugerem que a espécie habita preferencialmente a zona epipelágica, passando aproximadamente 85% do tempo em águas acima da termoclina, com temperaturas variando entre 24° e 29°C (<25m) (Prince *et al.* 2005, Horodysky *et al.* 2005), apesar de realizar migrações verticais, de curta duração, podendo atingir águas com temperaturas de até 16°C. É uma espécie de médio porte, com comprimento máximo em torno de 280 cm (Nakamura, 1985), embora os tamanhos mais comuns se situem entre 150 e 180 cm de mandíbula inferior até a forquilha (MIF) (Goodyear *et al.*, 2003).

Apesar da grande importância ecológica e sócio-econômica da espécie, porém, ainda são poucos os dados disponíveis sobre a sua reprodução, como maturação sexual, fecundidade e desova (Arocha e Ortiz, 2006), embora vários estudos já tenham aportado informações valiosas sobre a sua biologia (De Sylva and Davis, 1963; Mather *et al*, 1975; Baglin, 1979; De Sylva and Brede, 1997; Arocha *et al*, 2005; Prince *et al*, 2005; Arocha and Bários, 2009).

O *Makaira nigricans*, vulgarmente conhecido como agulhão negro (blue marlin) é uma espécie oceânica, de comportamento epi-pelágico, encontrando-se presente nas águas tropicais e temperadas de todo Oceano Atlântico, desde 45°N até 40°S, embora seja mais comum em águas tropicais, com temperaturas entre 22°C e 31°C. No oeste do Oceano Atlântico, a distribuição mensal das capturas dos espinhéis japoneses apresenta duas concentrações sazonais: a primeira entre os meses de janeiro e abril, no Atlântico Sul (5° e 30°S), e a segunda entre os meses de junho e outubro, no Atlântico Norte (10° e 35° N) (Nakamura, 1985). Com um comprimento máximo de 375 cm, chegando a pesar 580 kg, o agulhão negro alimenta-se principalmente de peixes pelágicos, preferencialmente o bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) e outras espécies do gênero *Thunnus* (Ovichinnikov, 1970, Kitchell *et al.*, 2006).

A última avaliação dos estoques de agulhão negro no Oceano Atlântico, conduzida pela ICCAT, em 2006, indicou que os índices de captura da espécie declinaram fortemente entre 1990 e 2004, estabilizando-se, contudo, a partir daquele ano, pelo menos em parte, como resultado das medidas de ordenamento da pesca adotadas pela Comissão (SCRS, 2009). O exercício de avaliação, porém, foi fortemente prejudicado pela fragilidade dos dados de captura e esforço relativos aos agulhões em geral, em razão dos mesmos não constituírem a espécie alvo da pescaria, além da aguda carência de informações biológicas sobre as espécies do grupo. As avaliações de estoques de peixes capturados comercialmente se baseiam em modelos matemáticos que tentam prever mudanças na biomassa e produtividade das populações exploradas, com base em dados de produção e esforço, além de informações como a distribuição de tamanho e idade dos exemplares capturados e sua taxa de crescimento.

Infelizmente, no Brasil, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a biologia dessas espécies, dificultando os esforços para uma melhor avaliação de seus estoques. O objetivo do presente trabalho, portanto, foi o de contribuir para a superação desta grave deficiência, aportando informações sobre a biologia dessas espécies, no Atlântico sudoeste e equatorial.

Bibliografia

- Arocha, F.; Bárrios, A.; Silva, J.; Lee, D.W. 2005 Preliminary observations on gonad development, sexual maturity and fecundity estimates of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 58(5): 1567-1573.
- Arocha, F., Ortiz, M., 2006. White marlin. In: Field Manual, Chapter 2.1.7. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Madrid, Spain. <http://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH2/2.1.7.WHM-ENG.pdf>
- Arocha, F.; Bárrios, A. 2009. Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. Fisheries Research, 95(2009) 98-111.
- Baglin, R., 1979. Sex composition, length-weight relationship, and reproduction of the white marlin, *Tetrapturus albidus*, in the western North Atlantic Ocean. Fish. Bull. 76, 919-926.
- De Sylva, D., Davis, W.P., 1963. White marlin, *Tetrapturus albidus*, in the Middle Atlantic Bight, with observations on the hydrography of the fishing grounds. Copeia 1963, 81-99.
- De Sylva, D.P. and Breder, P.R. 1997. Reproduction, Gonad Histology, and Spawning Cycles of North Atlantic Billfishes (Istiophoridae). Bulletin of Marine Science, 60(3): 668-697, 1997.
- Goodyear, C.P., F. Arocha and E.D. Prince. 2003. Size composition of the white marlin catch. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 55: 603-612.
- Horodysky, A.Z., D. Kerstetter, R.J. Latour and J.E. Graves. 2005. Habitat utilization and vertical movements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up satellite tags (PSATs). ICCAT, SCRS/2005/034.
- Kitchell, J. F., Martell, S. J. D., Walters, C. J., Jesem, O. P., Kaplanl, I. C., Walters, J., Essengton, T. E. and Boggs, C. H. Billfishes in an Ecosystem Context. Bulletin of Marine Science, 2006. 79(3) 669-682.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. FAO Fish. Synop. (125) Vol.5: 65 p.
- Mather, F. J. III; Clark, H. L. e Mason, J. M. Jr. 1975 Synopsis of the Biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses. 9-12 aug. 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. p.55-94.
- Ovchinnikov, V. V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic ocean Atlantic. Scientific Institute of Fisheries and Oceanography. Kaliningrad. 1970. 21p.

- Prince, E., R. Cowen, E. Orbesen, S. Luthy, J. Llopiz, D. Richardson and J. Serafy. 2005. Movement and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. Fish. Bull. 103: 659-669.

Capítulo 1

Diet of the white marlin (Tetrapturus albidus) from the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean

Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(1): (2010) – ANEXO I

DIET OF THE WHITE MARLIN (*TETRAPTURUS ALBIDUS*) FROM THE
SOUTHWESTERN EQUATORIAL ATLANTIC OCEAN

P.B. Pinheiro^{1*}, T. Vaske Júnior², F.H.V. Hazin², P. Travassos³, M.T. Tolotti³ and
T.M.Barbosa²

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the diet of white marlin, regarding the number, weight, and frequency of occurrence of the prey items, prey-predator relationships, and feeding strategies in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. A total of 257 white marlins were examined, of which 60 (23.3%) were males and 197 (76.7%) were females. Males ranged from 105 to 220 cm low jaw fork length (LJFL) and females ranged from 110 to 236 cm LJFL. Most preys (fishes and cephalopods) ranged between 1.0 and 65.0 cm in body length, with a mean length around 10.1 cm. According to the IRI (Index of Relative Importance) ranking, the flying gurnard, *Dactylopterus volitans*, was the most important prey item, with 27.9% of occurrence, followed by the squid *Ornithoteuthis antillarum* (Atlantic bird squid), with 21.2% of occurrence.

Key words: Istiophoridae, white marlin, Atlantic Ocean, feeding

1 Introduction

The white marlin, *Tetrapturus albidus*, is an oceanic, pelagic and highly migratory species, found mainly in the mixed layer of equatorial and tropical waters of the Atlantic Ocean. The species is captured by both sport and commercial fisheries, being often caught, as bycatch, in the longline fishery targeting tunas and swordfish. Due to its highly migratory nature, it is captured by several nations, in different areas of the Atlantic Ocean, being thus exposed to a significant fishing pressure, which has resulted in an important decline of its stock. Main commercial catches occur in the first semester in the central Atlantic, between 5°W and 25°W, and 15°N and 10°S, with a CPUE (Catch per Unit of Effort) ranging between 0.02 and 0.16 individuals per 100 hooks, with a mean of 0.025 (Oliveira *et al.*, 2007).

Due to its relatively low commercial value, if compared to tunas and swordfish, and to the fact that a great part of its catches happens as bycatch, many specimens are discarded at sea, further hindering accurate catch estimates and studies on its biology. The last stock assessment on the species done by ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) was in 2006. Although this last assessment could not provide an estimate of stock status with certainty, previous results have indicated that the stock has been over-fished for many years (ICCAT, 2007). Due to a continuing lack of biological information on the species, the ICCAT Standing Committee of Research and Statistics has recommended that research on white marlin biology should be conducted in order to provide better information for future stock assessment.

Feeding studies of Istiophoridae in the Atlantic are scanty, being basically limited to faunistic lists of preys off Venezuela (Garcia-de-los-Salmones *et al.* 1989, Trias *et al.* 1996), Florida (Nakamura 1985), and the Gulf of Mexico (Nakamura 1985). Prey proportions in the diet of *I. albicans* in the central Atlantic was studied by Maksimov (1971), although the species is cited as *Istiophorus platypterus*, currently the name of the Indo-pacific species (Nakamura 1985). In Brazil, Zavala-Camin (1981) described the identification of partially digested fish specimens in the diet of four Istiophorid species in the southern and southeastern regions, although *I. albicans* is also referred to as *I. platypterus*. Finally, 120 stomachs and predator-prey relationship of four Istiophoridae were analysed by Vaske *et al.* (2004), in the northeastern region.

The aim of this study was, therefore, to improve the present knowledge on the feeding habits of *T. albidus* in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean, providing data on the composition of its diet in number, weight, and frequency of occurrence of the prey items, prey-predator relationships, and feeding strategies.

2 Material and methods

The data and samples examined in the present study were collected by observers, of the National Observer Program, on board tuna longliners based in the ports of Recife (PE), Cabedelo (PB) and Natal (RN), located in northeast Brazil, from November 2004 to November 2005. The study area is located between 025°W and 041°W, and 06°N and 25°S (**Figure 1**). All specimens were measured for low jaw fork length (LJFL), immediately after boarding. After measured, they were dissected for the collection of stomachs, being then frozen and stored in freezers, up to the time of landing. In the laboratory, the stomach content, considered as the material retained in a sieve of 1 mm mesh size, was collected, with the following information being recorded: number of preys of each food item, the mantle length (cm) for cephalopods, the total length for other organisms, and the wet weight (g) of each prey.

The importance of each food item in the diet was obtained by the Index of Relative Importance (IRI) (Pinkas *et al.* 1971), modified to weight in the pooled samples of the species, as follows: $IRI_i = \%FO_i \times (\%N_i \times \%W_i)$, where: $\%FO_i$ – relative frequency of occurrence of each food item; $\%N_i$ – proportion in prey number of each item in the total food; and $\%W_i$ – proportion in weight of each item in the total food.

3 Results

A total of 257 white marlin were examined, of which 60 (23.3%) were males and 197 (76.7%) were females. Males ranged from 105 to 220 cm low jaw fork length (LJFL) and females from 110 to 236 cm LJFL. Both sexes showed a mode at 150 to 160 cm (**Figure 2**). Mean LJFL was 154.0 cm for males and 154.7 cm for females.

The stabilization of the food items richness was obtained at 54 food items and 150 stomachs, meaning that the number of examined individuals was sufficiently sampled to obtain the feeding *spectra* of the main prey species (**Figure 3**). Of the 257 analyzed stomachs, 220 (85.6%) presented some food, and 37 stomachs (14.4%) were empty. A total of 58 items were identified, being 35 teleosteans, 20 cephalopods, two crustaceans and one seabird (**Table 1**).

According to the IRI ranking, with the exception of unidentified Teleostei and Cephalopods, a remarkable presence of epipelagic fishes and squids were observed. The flying gurnard, *Dactylopterus volitans*, was the most important prey item, with 27.9% of occurrence. Other pelagic fishes, like *G. serpens*, *C. hippurus*, *Cubiceps* sp., and *K. pelamis* were also important. Deep dwellers species like, Chiasmodontidae, *Omosudis lowei*, and *Diretmus argenteus* were

occasional. Cephalopods were represented by muscular and vigorous swimmers like Enoploteuthidae, and Ommastrephidae, among which *Ornithoteuthis antillarum* (Atlantic bird squid) was the second most important food item, with 21.2% of occurrence, followed by other ommastrephids like *Ommastrephes bartramii*, *Hyaloteuthis pelagica*, and *Sthenoteuthis pteropus*. The epipelagic octopus *Ocythoe tuberculata* was also frequent in the stomachs. Most preys ranged between 1.0 and 65.0 cm in body length, with a mean length around 10.1 cm. Most of them were represented by juvenile stages (**Figure 4**).

4 Discussion

The majority of white marlin individuals analyzed were adults, according to the size of first sexual maturity (148.8 cm) estimated by Oliveira *et al.* (2007). The mean length of white marlin specimens caught by the Brazilian tuna longline fleet, from 1971 to 1985, estimated by Goodyear *et al.* (2003), ranged from 162 to 172 cm, which is a little larger than the lengths observed in the present sample.

The results showed that *T. albidus* feeds on a variety of prey, mostly small sized epipelagic species of fish and cephalopods. The feeding activity seems to be continuous, due to its high metabolism and reduced size of stomach, which would force them feed constantly, to restore the energy required to its migratory movements. This feeding activity implies a strategy of foraging wide ocean areas to find scarce prey that are commonly distributed isolated in the water column. According to Vaske Jr. *et al.* (2004), the occurrence of small crustaceans in the stomachs of istiophorids is considered accidental, since istiophorids do not have gill rakers, and thus crustaceans are not potential prey due to their small size. In this study, only 1.7% of occurrence of small crustaceans was observed.

The presence of several seamounts off Ceará and Rio Grande do Norte (Brazil), and along Vitória-Trindade Chain, as well as the islands of Rocas Atoll, Fernando de Noronha and Saint Peter and Saint Paul Archipelago in the region where *Tetrapturus albidus* specimens were predominantly caught, is the possible cause for the occurrence of young shallow water fish in their diet, represented mainly by *Dactylopterus volitans* (Vaske & Lessa, 2004; Vaske *et al.*, 2004). Considered a brephoepipelagic species, *i.e.*, a coastal species which juveniles are pelagic, juveniles of *Dactylopterus volitans* (2.0 up to 7.0 cm) were frequent in the stomachs, as were also Balistidae, Diodontidae, Holocentridae and Carangidae. Seamounts provide shelter, food, and reproduction ground to phytoplankton, microzooplankton, micronekton, fishes, and cephalopods (Roden 1987, Fonteneau 1991, Rogers 1994). *Dactylopterus volitans* found in the white marlin stomachs ranged between 5.0 and 10.0 cm, showing that its larval form is epipelagic. Trias *et al.* (1996), in the central region of Venezuela, also observed small sized *D. volitans* (0.5 at 6.0 cm) in the stomachs of white marlins. The great amount of brephoepipelagic

fishes as food item of white marlin indicates the wide range of spawning ground of some coastal species, especially *D. volitans*, which becomes an important food supply of epipelagic predators being even the main food resource, as seen in the present study. The results of this study indicate that fish and cephalopods were the most important preys of white marlin in the southwestern equatorial Atlantic Ocean, and that this species, therefore, can be classified as carnivorous of first and second order.

5 References

- Fonteneau, A. 1991. Seamounts and tuna in the tropical eastern Atlantic. *Aquat. Living Res.* 4: 13–25.
- Garcia-de-Los-Salmones, R., O. Infante & J. Alio. 1989. Reproducción y alimentación de los peces de pico *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, en la costa central de Venezuela. ICCAT SCRS/88/55, 30: 436-439.
- Goodyear, C. P. 2003. Spatio-temporal distribution of longline catch per unit effort, sea surface temperature and Atlantic marlin. *Marine and Freshwater Research*, 59: 409-417.
- Hazin, F.H.V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. Tese de doutorado. Universidade de Pesca de Tóquio, Japão. 286 p.
- ICCAT. Report for bienal period, 2006-07. International Conservation Committee for Atlantic tunas, 224p., Madrid, 207.
- Maksimov, V.P. 1971. The biology of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw & Nadder) in the Atlantic ocean. *J. Ichthyol.* 6: 850-855.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. FAO Fish. Synop. (125) 5: 65 pp.
- Oliveira, I. M.; Hazin, F. H. V.; Travassos, P.; Pinheiro, P. B. and Hazin, H. G. Preliminary results on the reproductive biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1960, in the western equatorial Atlantic Ocean. 2007. Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT, 60(5): 1738-1745.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. *Calif. Dep. Fish Game, Fish. Bull.* 152:105 p.
- Roden, G.I. 1987. Effect of seamounts and seamount chains on ocean circulation and thermohaline structure. pp. 335–354. In: B.H. Keating, P. Fryer, R. Batiza & G.W. Boehlert, (ed.) Seamounts, Islands and Atolls. Geophysical Monography 43, American Geophysical Union, Washington.
- Rogers, A D. 1994. The biology of seamounts. *Adv. Mar. Biol.*30: 306–330.
- Trias, J.O., L.A. Marcano & J.J. Alio. 1996. Alimentación de peces istioforidos de la region nororiental del central de Venezuela (SCRS/95/63). 45(2): 288-294.
- Vaske Jr, T. & G. Rincón Fo. 1998. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* Vol 58 (3): 443-450.

- Vaske Jr., T.; C.M. Vooren; R. P. Lessa. 2004. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Env. Biol. Fishes* 70: 293-304.
- Vaske Jr., T. and R.P. Lessa. 2004. Feeding habits of the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), in the Northeastern Brazilian Exclusive Economic Zone. *Arq. Ciênc. Mar.* 37:131-138.
- Zavala-Camin, L. A. 1981. Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes - Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões sudeste e sul do Brasil. 237 p. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Brasil.

Tabela 1 – Percentages in number, weight, and frequency of occurrence (FO) of food items of *Tetrapturus albidus*. IRI importance according from first (1) most important item, to tenth item (10). (N=total number; W=total weight; B=beak)

Food items	N	%N	W	%W	FO	%FO	IRI
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	437	29.37	972	5.07	50	27.93	1
Teleostei (others)	56	3.76	3610	18.84	58	32.40	2
<i>Gempylus serpens</i> (Cuvier, 1829)	137	9.21	1194	6.23	25	13.97	4
<i>Coryphaena hippurus</i> (Linnaeus, 1758)	11	0.74	1776	9.27	10	5.59	6
<i>Thunnus</i> sp.	11	0.74	917	4.79	9	5.03	7
<i>Cubiceps</i> sp.	118	7.93	373	1.95	4	2.23	9
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)	3	0.20	1601	8.35	3	1.68	10
Holocentridae	32	2.15	71	0.37	8	4.47	
<i>Brama caribbea</i> (Mead, 1972)	11	0.74	681	3.55	4	2.23	
<i>Ranzania laevis</i> (Pennant, 1776)	3	0.20	264	1.38	4	2.23	
<i>Brama brama</i> (Bonnaterre, 1788)	12	0.81	48	0.25	5	2.79	
<i>Exocoetus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	4	0.27	176	0.92	3	1.68	
<i>Decapterus</i> sp.	5	0.34	152	0.79	3	1.68	
<i>Auxis</i> sp.	6	0.40	103	0.54	3	1.68	
Monacanthidae	1	0.07	510	2.66	1	0.56	
<i>Mola mola</i> (Linnaeus, 1758)	3	0.20	128	0.67	2	1.12	
<i>Synagrops</i> sp.	3	0.20	48	0.25	3	1.68	
Istiophoridae	2	0.13	73	0.38	2	1.12	
<i>Decapterus tabl</i> (Berry, 1968)	2	0.13	69	0.36	2	1.12	
Diodontidae	8	0.54	48	0.25	1	0.56	
<i>Oxyporhamphus micropterus</i> (Valenciennes, 1847)	4	0.27	91	0.47	1	0.56	
<i>Balistes</i> sp.	2	0.13	20	0.10	3	1.68	
Chiasmodontidae	3	0.20	6	0.03	3	1.68	
<i>Omosudis lowei</i> (Günther, 1887)	2	0.13	93	0.49	1	0.56	
Balistidae	3	0.20	15	0.08	2	1.12	
Scombridae	1	0.07	73	0.38	1	0.56	
Paralepididae	3	0.20	30	0.16	1	0.56	
<i>Lagocephalus</i> sp.	1	0.07	38	0.20	1	0.56	
Belonidae	1	0.07	23	0.12	1	0.56	
<i>Diretmus argenteus</i> (Johnson, 1864)	2	0.13	7	0.04	1	0.56	
<i>Diodon</i> sp.	1	0.07	14	0.07	1	0.56	
Carangidae	1	0.07	12	0.06	1	0.56	
Bramidae	1	0.07	5	0.03	1	0.56	
<i>Lestidiops jayakari</i> (Boulenger, 1889)	2	0.14	4	0.02	2	1.12	
TELEOSTEI	892	59.95	13245	69.11			
<i>Ornithoteuthis antillarum</i> (Adam, 1957)	150	10.08	818	4.27	38	21.23	3
Ommastrephidae	185	12.43	470	2.45	18	10.06	5
<i>Hyaloteuthis pelagica</i> (Bosc, 1802)	33	2.28	243	1.26	14	7.82	
Cephalopoda	26	1.75	28	0.15	8	4.47	
<i>Ommastrephes bartramii</i> (Lesueur, 1821)	16	1.08	229	1.19	6	3.35	
Cranchiidae	5	0.34	42	0.22	2	1.12	
<i>Sthenoteuthis pteropus</i> (Steenstrup, 1855)	1	0.07	69	0.36	1	0.56	
Cranchiidae	4	0.27	28	0.15	1	0.56	
<i>Liocranchia reinhardti</i> (Steenstrup, 1856)	2	0.13	2	0.01	1	0.56	
<i>Argonauta nodosa</i> (Lightfoot, 1786)	1	0.07	10	0.05	1	0.56	
Enoploteuthidae (B)	55	3.70			10	5.59	
<i>Ocythoe turberculata</i> (Rafinenque, 1814) (B)	27	1.81			11	6.15	
<i>Ornithoteuthis antillarum</i> (Adam, 1957) (B)	10	0.67			2	1.12	
<i>Japetella diaphana</i> (Hoyle, 1885) (B)	2	0.13			2	1.12	
Cranchiidae (B)	2	0.13			2	1.12	
<i>Onychoteuthis</i> sp. (B)	1	0.07			2	1.12	
<i>Taonius pavo</i> (Lesueur, 1821) (B)	1	0.07			1	0.56	

<i>Sthenoteuthis pteropus</i> (Steenstrup, 1855) (B)	1	0.07			1	0.56
<i>Tremoctopus violaceus</i> (Chiaie, 1830) (B)	1	0.07			1	0.56
CEPHALOPODS	524	35.22	1939	10.11		
Caridea	20	1.34			1	0.56
Megalopa de Brachyura	6	0.40	1	0.01	1	0.56
CRUSTACEANS	26	1.75	1	0.01		
BAIT	43	2.89	3958	20,65	40	22.35
TOTAL	1485	100.00	19164	100.00		

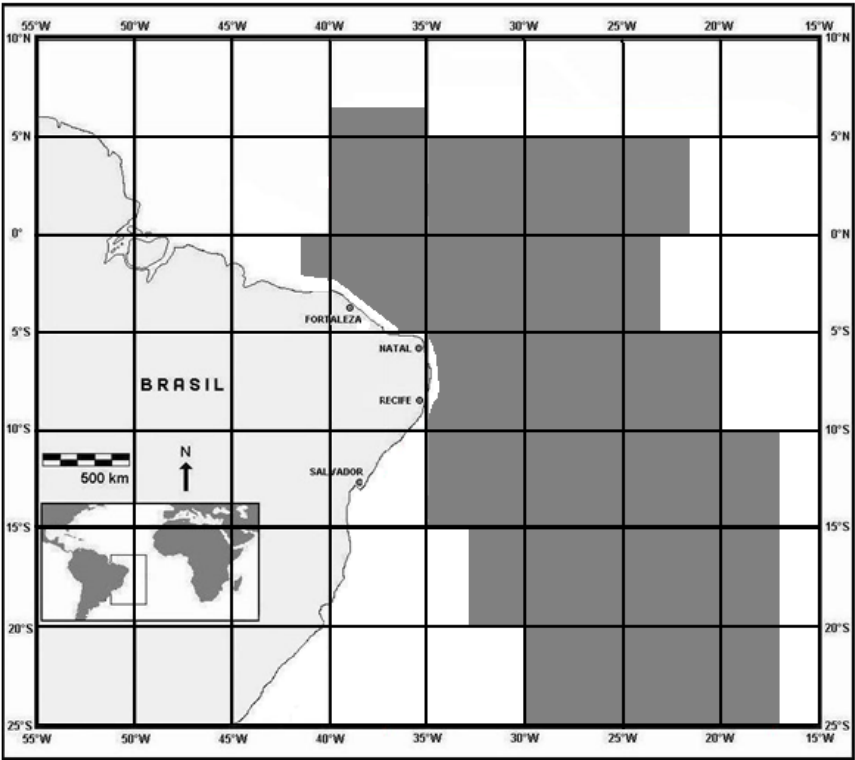


Figure 1 – Sample area of *Tetrapturus albidus* specimens caught in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

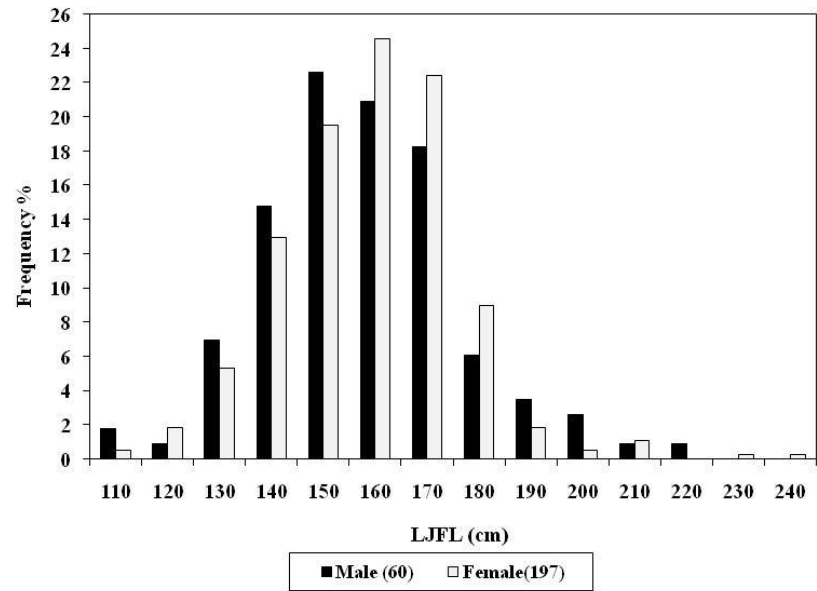


Figure 2 – Low-jaw-fork-length (LJFL) frequency distribution of the white marlin, *T. albidus*, in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean, for males and females.

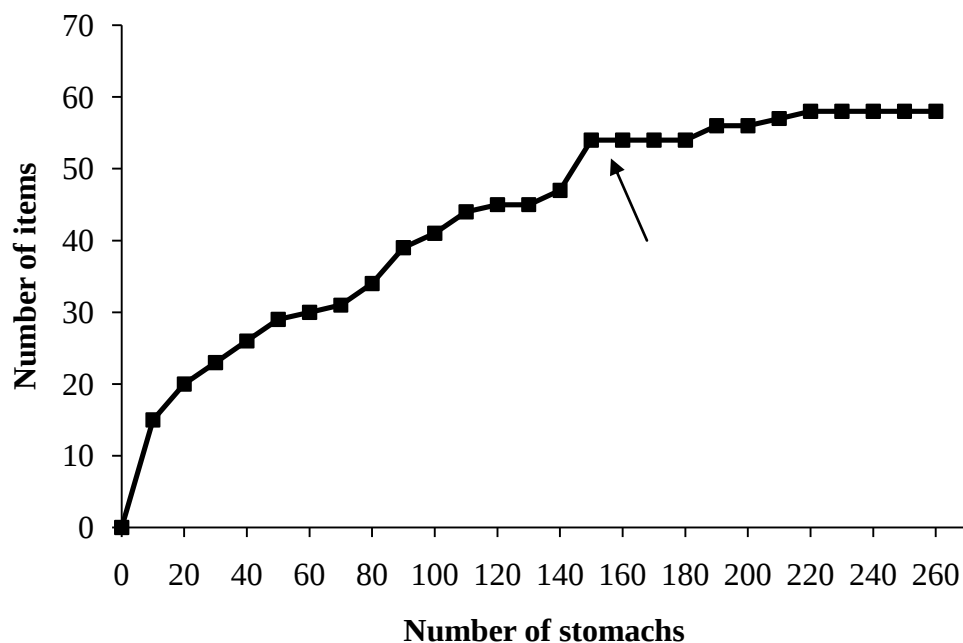


Figure 3 – Number of stomachs analyzed in relation to the number of food items in the stomachs of *Tetrapturus albidus* in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean. Arrow indicates the beginning of stabilization.

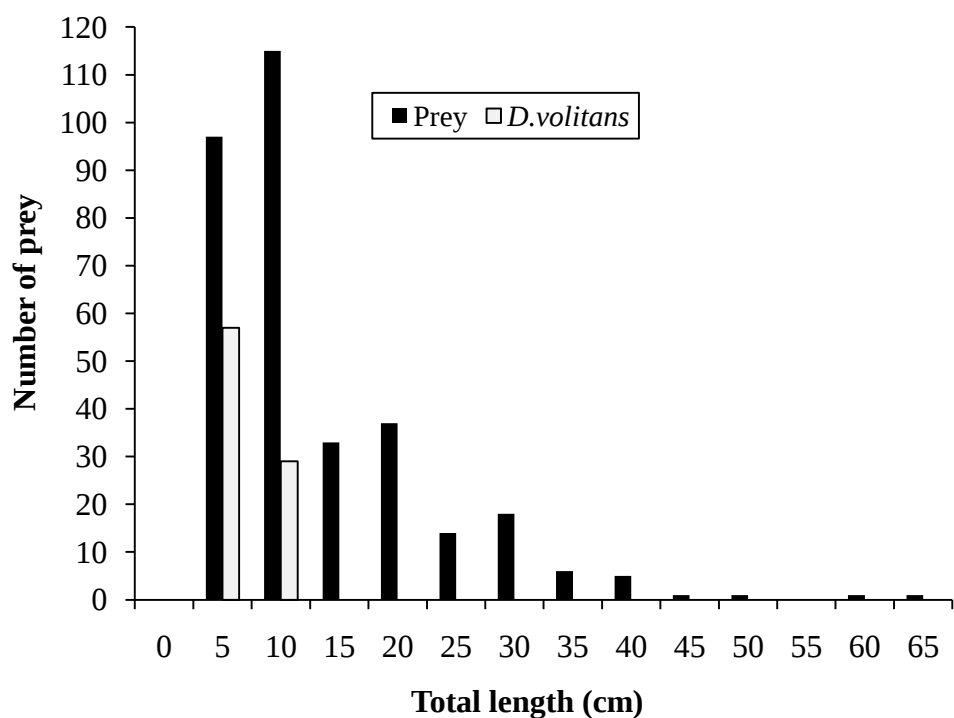


Figure 4 - Lengths of prey items found in the stomachs of *Tetrapturus albidus* Southwestern Equatorial Atlantic Ocean. White bar = *Dactylopterus volitans*; black bar = other prey.

Capítulo 2

AGE AND GROWTH THE BLUE MARLIN, *Makaira nigricans* (LACEPEDE, 1803)
CATCH IN THE SOUTH ATLANTIC OCEAN.

Fisheries Oceanography – ANEXO II

AGE AND GROWTH THE BLUE MARLIN, *Makaira nigricans* (LACEPEDE, 1803) CATCH
IN THE SOUTH ATLANTIC OCEAN.

Pinheiro, P.B.; Hazin, F.H.V.; Mourato, B.L.; Arocha, F.; Die, D. L;

Santiago, R.

Abstract

The present study aims at providing length at age estimates for blue marlin (*Makaira nigricans*) caught in the Equatorial and South Atlantic Ocean. During the period from December 2004 to December 2006, 599 individuals were analyzed, 333 (55.6%) from Venezuela and 266 (44.4%) from Brazil. Of these, growth rings were observed in 429 (71.6%) males and 170 (28.4%) females. The back-calculated lengths at age, adjusted by the von Bertalanffy model, showed that females exhibited a higher value of L_{∞} and k (males: $L_{\infty} = 350.74$ $k = 0.07$, females: $L_{\infty} = 353.74$ $k = 0.06$) but the difference was not statistically significant. The maximum age estimated in this study was 16 years for both sexes.

Keyword: Growth rings, Marginal increment, Maximum age.

INTRODUCTION

The Atlantic blue marlin, *Makaira nigricans*, is an epipelagic oceanic species, present in tropical and temperate areas of the Atlantic Ocean, from 45°N to 40°S, although it is more common in tropical waters, with temperatures between 22°C and 31°C. Blue marlin is a large fish that can reach a maximum length of 375 cm and 580 kg of weight. It is a top predator in the marine food web, feeding on pelagic fish, mainly on skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and other species of the genus *Thunnus* (Ovichinnikov, 1970, Kitchell *et al.*, 2006. Vaske *et al.* 2010). Blue marlins are usually solitary animals, swimming alone during most of their life, except for reproductive periods, when they may form small schools, to spawn.

Although billfishes are not a target species in commercial tuna longline fisheries, a considerable amount is captured as by-catch. These unintentional catches occur due to their similar feeding habits and overlapping habitat with highly valued species, such as swordfish (*Xiphias gladius*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). In 2008, about 3,500t of blue marlin were caught in the Atlantic Ocean by commercial fisheries, more than a half of which was caught by tuna and swordfish longliners (ICCAT, 2008). Besides the commercial catches, the blue marlin is also often caught by sport fisheries, thus, increasing even more the fishing pressure on their stocks.

The latest blue marlin stock assessment in the Atlantic, conducted by the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas- ICCAT, in 2006, suggested that catch rates of the species declined between 1990 and 2004, leveling off, however, after 2006, at least in part, as a result of the management measures adopted (SCRS, 2009). The assessment, however, was severely compromised by the lack of data, since the species is not the target of the fishery. In addition, little information was available about the biology of the species, which complicates the stock assessment, since the more sophisticated models used to describe changes in biomass and productivity of exploited populations, depend not only on catch and effort data, but also on information on size distribution and catch at age.

Several studies on the age and growth of different species of billfishes (Family Istiophoridae), through the analysis of rigid structures such as otoliths and fin spines, have been conducted with varying degrees of success (Skillman *et al.*, 1976, Hill *et al.*, 1989; Prince *et al.*, 1991; Spear, 2003; Chiang *et al.*, 2004; Hoolihan, 2006). The blue marlin, however, has been, until now, the least studied species for their age and growth. This study, therefore, aims at contributing to overcome this deficiency, by generating information on the age and growth of blue marlins, caught in the western Atlantic Ocean.

MATERIAL AND METHODS

The spines examined in this study were collected from fish caught off Brazil, by onboard observers from the Brazilian Longline Observer Program, and off Venezuela, by port sampling at the fishing community of Playa Verde, in the La Guaira area, located in the central coast of Venezuela. Lower jaw to fork length (LJFL) measurements were collected for all sampled specimens.

The anal fins were sectioned and frozen, condition in which they were transported to the laboratory. Once in the lab, they were placed in boiling water, to facilitate the removal of all adjacent tissues, being then cut at a distance of 5 cm measured from the width of the condyle. Once cut, the spines were placed for 24 hours in ethanol, being subsequently dried in an oven at 70°C for 1 hour (Prince *et al.*, 1984, Ehrhardt *et al.*, 1992, 1996, Sun *et al.* 2001, 2002; Chiang *et al.*, 2004). Three cross sections, 0.45 mm thick, were taken along the length of each spine above the condyle base with a low-speed saw (Isomet Buehler low-speed saws) (Figure 1) (Sun *et al.*, 2001, 2002; Chiang *et al.*, 2004). After this, the sections were again immersed in a solution of ethanol for 5 minutes. Images of the sections were done with CCD (Charge Coupled Device) coupled to a dissecting microscope. Finally, the growth rings were counted and measured, using the software Sigma Scan Pro 5, to measure the distance between the center of the spines and the edge end of each section, defined as the radius of the spine (R), the distance from the center of the spine to the edge of the vascularization area, defined as the radius of vascularization (V), and the distance between the center of the spine and the growth rings, defined as the radius of the rings (r_i) (Figure 1) (Ehrhardt, 1992, Ehrhardt *et al.*, 1996, Sun *et al.*, 2002, Chiang *et al.*, 2004).

The reading of growth rings was performed twice, at different times and by different persons. The accuracy of the readings was assessed by calculating the average percentage error (APE-average percent error) (Prince *et al.*, 1991; Beamish and Fournier, 1981; Campana, 2001). Those who had an APE above 10% were immediately discarded, whereas the readings with an EPA of 10% or less were subjected to an additional reading. Whenever the third analysis showed different results from the two prior readings, the spine was also discarded.

The first growth rings of fin spines in Istiophoridae species, as blue marlin, are usually difficult to be observed due to the large vascularized core. In order to overcome this difficulty, they were estimated by the substitution method used for the species in the Pacific Ocean (Hill *et al.*, 1989).

The marginal increment (MIR-marginal increment ratio), used to validate the periodicity of growth rings, was estimated for each individual using the following equation: $MIR = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$, where R is the radius of the spine, r_n is radius of the ultimate translucent zone and r_{n-1} is

radius of the penultimate translucent zone (Figure 2) (Hayashi, 1976, Prince *et al.*, 1988, Sun *et al.*, 2002, Chiang *et al.*, 2004, and Zaboukas and Megalofonou, 2007, Valeiras *et al.*, 2008, Kopf *et al.*, 2010). The mean marginal increment was calculated for each month and sex, with all ages combined. To check for statistically significant differences over the months between the sexes, an ANOVA (Zar, 1999) was used.

The growth for males and females was estimated by back-calculating the lengths of the inferred ages, based on the linear relationship between the radius of the spine (R) and LJFL ($LJFL = a_1 + b_1R$) (Berkeley and Houde, 1983; Sun *et al.*, 2002; Chiang *et al.*, 2004; Valeiras *et al.*, 2008), according to Fraser (1916), as follows: $L_n = a_1 + \left(\frac{r_n}{R}\right) \cdot (L - a_1)$; where $L_n = LJFL$ when the ring n was formed; $L = LJFL$ when the specimen was captured; r_n = radius of ring n ; a_1 = coefficient of regression.

The back calculated length data were adjusted to a von Bertalanffy age-growth model (von Bertalanffy, 1938) by the use of the maximum likelihood method. In order to evaluate if sexual dimorphism was present, the parameters estimates for males and females models were compared with Z-tests considering $\alpha=0.05$.

RESULTS

From December 2004 to December 2006, the anal spines of 599 blue marlins (*Makaira nigricans*) were analyzed, 333 (55.6%) of them being from Venezuela and 266 (44.4%) from Brazil (Figure 3). Of these, it was possible to observe growth rings in 429 (71.6%) males and 170 (28.4%) females, a sex ratio of 2.5:1.0. The average percentage error (APE) was 6.1% (6.3% for males, and 5.6% for females).

Females were generally larger than males, with lower jaw fork length (LJFL) ranging between 135 and 300 cm (mean 208, SD = 22.6), with two modes between 185 and 205cm, and from 215 cm to 235 cm, while the LJFL of males ranged between 128 and 284 cm (mean 197, SD = 31.5), with a mode between 195 and 215 cm (Figure 4).

First and second ring of growth was observed in, at least 68 (15.9%) males and 22 (12.9%) females (Figures 5 and 6), from which the rings were estimated from individuals who had their first rings covered by the central vascularization (Tables 1 and 2), through the substitution method proposed by Hill *et al.* (1989). The maximum age observed for both males and females was 16 years which was greater than the maximum age observed before the

correction performed by the method of substitution, which was 10 years for males and nine years for females.

The average monthly rate of marginal increment (MIR), grouped for ages, had the lowest values in June, both for males (0.57) and females (0.51) (Figures 7 and 8), with no significant differences between the sexes over the months (ANOVA, $p > 0.05$).

The relationship between LJFL and the radius of the spines showed a linear trend for both males and females (LJFL $R = 17.877 + 101.17$, $R^2 = 0.7452$) (Figure 9). A similar linear trend was also observed in the relationship between the radius of the spine and the radius of the vasculature, indicating that the radius of the first visible ring increased in the same proportion as the radius of the vascularization (Figure 10)

The back-calculated lengths for age (Table 3 and 4), adjusted by the von Bertalanffy model, showed that, although males and females exhibit the same maximum age, the females exhibited a higher values for L_{∞} and k (males: $L_{\infty} = 350.28$ $k = 0.05$, females: $L_{\infty} = 356.74$, $k = 0.06$). The differences, however, were not statistically significant ($p < 0.05$) (Table 5, Figure 11).

DISCUSSION

There are few studies about age and growth of blue marlin, *Makaira nigricans*, using rigid structures, such as otoliths and fin spines (Prince, *et al.* 1984, 1987, 1991, HIIL *et al.*, 1989). Although otoliths are rather difficult to be obtained, anal fin spines are very easy to collect, causing no visual damage to the fish and therefore no significant impact on its commercial value. Because of this, the spines of the anal fin have been used to study the age and growth of several species successfully, such as the swordfish, *Xiphias gladius* (Ehrhardt 1992, and Tserpes and Tsimenides 1995, Sun *et al.*, 2002, Chiang, *et al.*, 2004) and the Indian Ocean blue marlin, *Makaira indica* (Spear, 2003). A major difficulty for the study of age and growth through these structures, however, is the presence of a vascularized core, since it may cover several growth rings (Berkeley and Houde, 1983; Hedgepeth and Jolley, 1983, Hill *et al.* 1989; Tserpes and Tsimenides, 1995; Megalofonou, 2000; Sun *et al.*, 2001, 2002; Chiang *et al.*, 2004). Over time, the column materials that form the rings are replaced by the vasculature, a process that begins in the center of the spine and gradually moves towards the end. According to Drew *et al.* (2007), therefore, the larger the fish is, the greater will be the number of growth rings covered by this vascularization. Several authors suggest that anywhere between one and seven annuli may be reabsorbed due to the process of vascularization (Berkeley and Houde 1983; Prince *et al.* 1986; Speare 2003). It is possible, however, to infer the number of the covered rings by means of statistical techniques, such as that described by Hill *et al.* (1989), applied in several

other studies (Spear 2003, Drew *et al.*, 2006 Chiang, *et al.* 2004), as well as in the present case. Similarly to the present work, studies using otoliths and spines of the dorsal fin of *Makaira nigricans*, in the western North Atlantic Ocean, showed a significant relationship between the length of individuals (LJFL) and the radius of spines (Prince *et al.* 1984).

The reproducibility of fin spine age estimates (precision) can be measured using the Average Percent Error (APE). Kopf *et al.* (2010) suggested that sections with an average percent error of greater than 15% should be re-examined and discarded if a consensus age estimate cannot be reached. Other authors considered rejection thresholds that result in less than 10% of all sections being considered unreadable (Spear 2003; Hoolihan 2006). The average APE of 6.1% (6.3% for males and 5.6% for females) obtained in this study is close to values found in other species, for example, for *Istiophorus platypterus* (6.3%) (Chiang *et al.*, 2004) and for *Xiphias gladius* (5.2%) (Sun *et al.*, 2002). Although there is not a predetermined value to assess the accuracy of the readings, because APE is greatly influenced by the species, structure and methodology of reading the rings, in most growth studies, the value of the APE is located around 5.5% (Campana, 2001).

The range of growth rates reported in the literature shows that the average sizes for age and asymptotic size (L_{∞}) of *Makaira nigricans* vary widely (Wilson 1984, Boggs 1989 apud Goodyear, 2003, Wilson *et al.* 1991). In the present research, it was possible to determine the average size by age, as well as the maximum size for both sexes (males: $L_{\infty} = 350.58$; females: $L_{\infty} = 353.74$), which were different from those found by Hill *et al.* (1989), who observed lengths equal to 263.1 cm and 363.4 cm for males and females, respectively. These authors estimated the maximum age at 27 years for males and 18 years for females. Ortiz *et al.* (2003), however, observed a maximum age of 11 years, from tag and recapture studies conducted in the Atlantic. According to Drew *et al.* (2010) (in press), when the samples are dominated by the middle-aged groups, where the growth has already slowed but the maximum sizes have not been attained, the model lacks the contrast necessary to fit the parameters accurately.

The marginal increment has been the most widely used validation technique, although this method provides an analysis of partial and often inaccurate process of growth (Campana, 2001). Yearly periodicity of annulus formation has been validated in swordfish (Sun *et al.* 2002; DeMartini *et al.* 2007) and sailfish (Chiang *et al.* 2004; Alvardo-Castillo and Felix-Uraga 1996) using marginal increment analysis. Marginal increment analysis compares monthly or seasonal changes in the most recently formed translucent or opaque zone. When the mean and standard error of the MIR is plotted each month over 12 months, the trend line should form one sinusoidal cycle if annulus formation is yearly (Kopf *et al.*, 2010).

A more reliable and accurate validation usually requires the completion of tag-recapture studies (Beamish and McFarlane, 1983; Prince *et al.* Appud Ciang *et al.*, 2004, Tserpes and Tsimenides, 1995; Sun *et al.* 2001, 2002). Although a tag-recapture is the preferred method, it is considered extremely difficult due to the low recapture rates commonly obtained by billfish species (Drew *et al.*, 2007). When the mean and standard error of the MIR is plotted each month over 12 months, the trend line should form one sinusoidal cycle if annulus formation is yearly (Kopf *et al.*, 2010).

REFERENCES

- ALVARADO-CASTILLO, R. M., and R. FÉLIX-URAGA. 1996. Age determination in *Istiophorus platypterus* (Pisces: Istiophoridae) in the south of the Gulf of California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 44:233–239.
- BEAMISH, R. J. e FOURNIER, D. A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983p
- BEAMISH, R. J., AND G. A. MCFARLANE. 1983. Validation of age determination estimates, the forgotten requirement. NOAA Tech. Rep. NMFS 8:29–33.
- BECKMAN, D. W. & WILSON, C. A. (1995). Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths. In *Recent Developments in Fish Otolith Research* (Secor,
- BERKELEY, S. A. e HOUDE, E. D. 1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the Straits of Florida, using anal fin spine sections. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 137-143.
- CHIANG, W. C., SUN, C. L. and YEH, S. Z. 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. *Fish. Bull.* 102(2): 251-263.
- CAMPANA, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59:197–242.
- DeMARTINI E.E., UCHIYAMA J.H., HUMPHREYS R.L.,JR, SAMPAGA J.D., Williams H.A., 2007, Age and growth of swordfish (*Xiphias gladius*) caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.* 105, 356–367.
- DREW, K., DIE, D. J. AND AROCHA F. 2006. Understanding vascularization in fin spines of white marlin (*Tetrapturus albidus*). *Bulletin of Marine Science*, 79(3): 847-852 (2006).
- DREW, K., DIE, D. J. AND AROCHA F. 2007. Ring counts and timing of ring formation in fin spines of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the venezuelan longline and artisanal fisheries. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 60(5): 1726-1730 (2007).
- EHRHARDT, N. M. 1992. Age and growth of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwestern Atlantic. *Bull. Mar. Sci.* 50:292-301p.
- EHRHARDT, N. M., R.J. ROBINS and F. AROCHA. 1996. Age validation and growth of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwest Atlantic. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 45(2): 358-367 (1996)
- FRASER, C.Mcl. 1916. Growth or the spring salmon. *Trans. Pacific Fish. Soc.* 1915, p. 29-39.
- GOODYEAR, C.P. 2003. Blue marlin mean length: simulated response to increasing fishing mortality. *Marine Freshwater Research*, 2003, 54, 401-408.

HAYASHI, Y. 1976. Studies on the red tilefish in the east China sea-I. A fundamental consideration for age determination from otoliths. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 4:1237-1242.

HEDGEPEETH, M. Y. and J. W. JOLLEY Jr. 1983. Age and growth of sailfish, *Istiophorus platypterus*, using cross section from the fourth dorsal spine. NOAA Tech Rep NMFS 8 131-35.

HILL, K. T., CAILLIET, G. M. AND RADTKE, R.R.1989, A comparative analysis of growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaria nigricans*. Fishery bulletin, vol. 87:829-843

HOOLIHAN, J. P. 2006. Age and growth of Indo-Pacific sailfish, *Istiophorus platypterus*, from the Arabian Gulf. Fisheries Research 78: 218–226.

ICCAT. Report of the fourth ICCAT billfish workshop. Int. Comm. Cons. Atl. Tunas (ICCAT) Coll. Vol. Sci. Pap. 2001.53: 1-22p.

ICCAT. Report for biennial period, 2008-09. 2009.Part II, 2009, v2, Madrid. 271p.

KITCHELL, J. F., MARTELL, S. J. D., WALTERS, C. J., JESSEN, O. P., KAPLAN, I. C., WALTERS, J., ESSINGTON, T. E. and BOGGS, C. H. Billfishes in an Ecosystem Context. Bulletin of Marine Science, 2006. 79(3) 669-682.

KOPF, R.K., DREW, K. AND HUMPHREYS JR., R.L. 2010. Age estimation of billfishes (*Kajikia* spp) using fin spine cross-sections: the need for an international code of practice. Aquatic Living Resources, 22(2010).

MEGALOUFONOU, P. 2000. Age and growth of Mediterranean albacore. *Journal of Fish Biology*. (2000) 57, 700-715.

NAKAMURA, I. 1985. FAO Species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. FAO Fish. Synop. (125) Vol.5: 65 p.

ORTIZ, M., E. D. PRINCE, J. E. SERAFY, D. B. HOLTS, K. B. DARY, J. G. PEPPERELL, M. B. LOWRY AND J. C. HOLDSWORTH. 2003. Global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. Mar. Freshwater Res., 54:489-507.

OVCHINNIKOV, V. V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic ocean Atlantic. Scientific Institute of Fisheries and Oceanography. Kaliningrad. 1970. 21p.

- PRINCE, E. D., D.W. LEE, C. A. WILSON and J. M. DEAN. 1984. Progress in estimating age of blue marlin, *Makaira nigricans*, and white marlin, *Tetrapturus albidus*, from the western Atlantic Ocean, Caribbean Sea, and Gulf of Mexico. *Colle* 20(2): 435-47.
- PRINCE, E. D., D.W. LEE; R. CONSER. 1987. Estimating age and growth rate of Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*): Progress and future workplan. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 26(2): 426-435 (1987).
- PRINCE, E. D., D.W. LEE and S.A. BERKELEY. 1988. Use of marginal increment analysis to validate the anal spine method for ageing Atlantic swordfish and other alternatives for age determination. *Collect. Vol. Sci. Pap.* 27:194-201. ICCAT.
- PRINCE, E. D., D.W. LEE, J. R. ZWEIFEL and E.B. BROTHERS. 1991. Estimating age and growth of young Atlantic blue marlin *Makaira nigricans* from otolith microstructure. *Fish. Bull.*, 89:441-459.
- SKILLMAN, R. AND YONG, M. Y. Y. 1976. von Bertalanffy growth curves for striped marlin, *Tetrapturus audax*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, in the Central North Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*: Vol 74, nº 3.
- SPEARE, P. 2003. Age and Growth of black marlin, *Makarira indica*, in east coast Australian waters. *Marine and Freshwater Research*. 54(4): 307-14.
- SUN, C. L., HUANG, C. L, and YEH, S. Z. 2001. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the western Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 99:502-509.
- SUN, C. L., Wang, S. P. and Yeh. S. Z. 2002. Age and growth of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters around Taiwan determined from anal-fin rays. *Fish. Bull.* 1000:822-835.
- TSERPES, G., and N. TSIMENIDES. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. *Fish. Bull.* 93:549-602.
- VALERIAS, X. J.M. de la SERNA, D. MACÍAS, M. RUIZ, S. GARCÍA-BARCELONA, M.J. GÓMEZ and ORTÍZ de URBINA. 2008. Age and growth of swordfish (*Xiphias gladius*) in the western mediterranean Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 62(4): 1112-1121 (2008).
- VON BERTALANFFY, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Hum. Biol.* 10, 181-213.
- WILSON, C. A., J.M. DEAN, E.D. PRINCE and D.W. LEE. 1991. An examination of sexual dimorphism in Atlantic and Pacific blue marlin using body weight, sagittae weight, and age estimates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 151:209-225.

PINHEIRO, P.B. Biologia dos agulhões negro (*Makaira nigricans*) e branco (*Tetrapturus albidus*)...

ZABOUKAS, N. and MEGALOFONOU, P. 2007. Age estimation of the Atlantic bonito in the eastern Mediterranean Sea using dorsal spines and validation of the method. *Scientia Marina* 71(4), December 2007, 691-698.

ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 929 p.

Table 1- Mean of ring's radius by age for blue marlin males caught in the Equatorial and South and Atlantic Ocean, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval).

Age/ Ring	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1.6															
2	1.9	2.4														
3	1.8	2.4	3.2													
4	1.7	2.4	3.0	3.6												
5	1.6	2.3	2.9	3.6	4.2											
6	2.1	2.2	2.9	3.6	4.2	4.7										
7	2.0	2.4	3.1	3.6	4.2	4.7	5.1									
8		2.9	3.1	3.7	4.1	4.8	5.3	5.7								
9			3.0	3.8	4.3	4.9	5.4	5.9	6.2							
10		2.1	2.9	3.6	4.2	4.8	5.3	5.8	6.2	6.6						
11					4.3	4.9	5.5	6.0	6.5	6.8	7.2					
12						4.8	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.3				
13						5.1	5.5	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.1			
14			Lost rings							6.8	7.2	7.6	7.9	8.3		
15								6.0	6.4	6.7	7.0	7.5	8.1	8.5	8.8	
16											6.5	7.5	8.3	8.7	9.0	9.5
mean	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	5.9	6.3	6.7	7.0	7.5	8.1	8.5	8.9	9.5
SD	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	-
CI	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-

Table 2- Mean of ring's radius by age for blue marlin females caught in the Equatorial and South and Atlantic Ocean, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval).

Age/ ring	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1.50															
2	1.90	2.50														
3	1.40	2.00	2.93													
4	1.50	2.28	2.82	3.68												
5		2.20	2.82	3.57	4.09											
6		2.25	2.74	3.41	4.01	4.57										
7			2.76	3.39	3.96	4.51	5.10									
8			2.70	3.40	3.93	4.48	4.97	5.43								
9					3.90	4.50	5.08	5.57	5.94							
10					4.00	4.52	4.98	5.43	5.79	6.13						
11					3.65	4.20	4.85	5.29	5.83	6.34	6.82					
12						4.90	5.50	5.90	6.20	6.75	7.15					
13								5.60	5.98	6.46	7.03	7.56	8.00			
14			Lost rings							6.30	6.80	7.20	7.80	8.40		
15													7.60	8.20	8.80	
16													7.90	8.55	9.12	9.66
mean	1.58	2.25	2.79	3.49	3.93	4.46	4.98	5.47	5.89	6.29	6.85	7.30	7.83	8.38	8.96	9.66
SD	0.22	0.18	0.08	0.13	0.14	0.13	0.10	0.11	0.08	0.13	0.13	0.22	0.17	0.18	0.23	
CI	0.22	0.16	0.06	0.11	0.10	0.11	0.08	0.09	0.07	0.11	0.12	0.25	0.17	0.20	0.32	

Table 3- Mean of back-calculated lower jaw fork lengths (LJFL) by age, of blue marlin males, caught in the Equatorial and South Atlantic, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval).

Age/ ring	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	122.7															
2	138.4	152.5														
3	139.4	144.9	153.6													
4	133.9	146.3	154.8	164.2												
5	133.5	142.4	152.2	162.5	172.8											
6	144.6	144.1	153.8	166.3	176.0	183.7										
7	143.3	145.0	158.1	164.8	175.2	183.5	190.5									
8		157.6	152.6	162.4	171.3	179.0	187.5	192.9								
9			151.6	164.5	175.5	183.6	189.2	195.6	200.8							
10		149.8	153.9	161.6	170.7	178.0	185.9	193.2	198.9	203.6						
11					174.2	185.9	192.6	200.0	207.5	212.4	217.6					
12						184.9	192.7	198.8	204.9	210.8	215.6	219.9				
13						198.2	196.2	201.4	206.0	210.9	217.8	223.6	227.8			
14			Lost rings							212.7	217.5	223.0	227.4	233.4		
15								184.4	189.2	192.7	209.8	217.8	225.3	231.5	235.7	
16											200.9	214.2	224.2	229.5	234.0	240.9
Mean	136.5	147.8	153.8	163.8	173.7	184.6	190.6	195.2	201.2	207.2	213.2	219.7	226.2	231.5	234.9	240.9
SD	7.4	5.1	2.0	1.7	2.1	6.1	3.5	5.8	6.7	7.8	6.8	3.9	1.7	2.0	1.2	-
CI	5.5	3.6	1.4	1.2	1.6	4.3	2.6	4.3	5.4	6.3	5.4	3.4	1.7	2.2	1.6	-

Table 4- Mean of back-calculated lower jaw fork lengths (LJFL) by age, of blue marlin females, caught in the Equatorial and South Atlantic, between 2004 and 2006 (SD-Standard deviation; CI-confidence interval).

Age/ ring	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	127.4															
2	122.0	130.6														
3	115.0	129.4	148.9													
4	119.5	147.6	157.7	172.3												
5		137.6	151.2	162.4	169.9											
6		139.9	148.8	161.3	174.1	183.5										
7			150.3	158.7	170.3	180.3	190.6									
8			144.3	158.5	176.5	187.5	196.8	206.0								
9					174.0	188.3	198.7	207.3	214.6							
10					182.2	187.2	194.6	203.3	210.1	216.5						
11					160.9	169.9	181.4	192.8	199.0	207.5	214.8					
12						190.6	201.6	208.9	215.6	225.9	233.3					
13								185.7	197.7	205.7	210.0	218.5	225.5			
14			Lost Rings							204.1	212.3	218.8	228.6	238.5		
15													241.8	252.9	264.0	
16													249.9	259.2	269.9	279.6
mean	121.0	137.0	150.2	162.7	172.5	182.8	192.1	199.5	206.1	209.9	215.7	223.5	236.5	250.2	267.0	279.6
SD	5.20	7.41	4.40	5.66	6.61	7.01	6.18	8.45	7.36	5.79	7.04	8.44	11.43	10.66	4.14	
CI	5.09	6.50	3.52	4.96	4.90	5.61	4.94	6.77	6.45	5.07	6.90	9.55	11.20	12.06	5.73	

Table 5 - Results of von Bertalanffy models fits for blue marlin males, females and grouped sexes using back-calculated LJFL.

Von Bertalanffy model	Linf		k		t0		AIC	Σ – LogLikelihood
	Parameter estimate.	S.E.	Parameter estimate	S.E.	Parameter estimate	S.E.		
Combined	350.91	8.53	0.05	0.002	-8.47	0.24	17643.9	8817.9
Males	350.28	9.25	0.05	0.002	-9.47	0.28	13015.5	6503.17
Female	353.74	18.51	0.06	0.007	-6.15	0.43	4539.4	2265.7

t.test: $L_{inf} - p=0.79$; $k - p=0.17$; $T_0 - p=0.00$

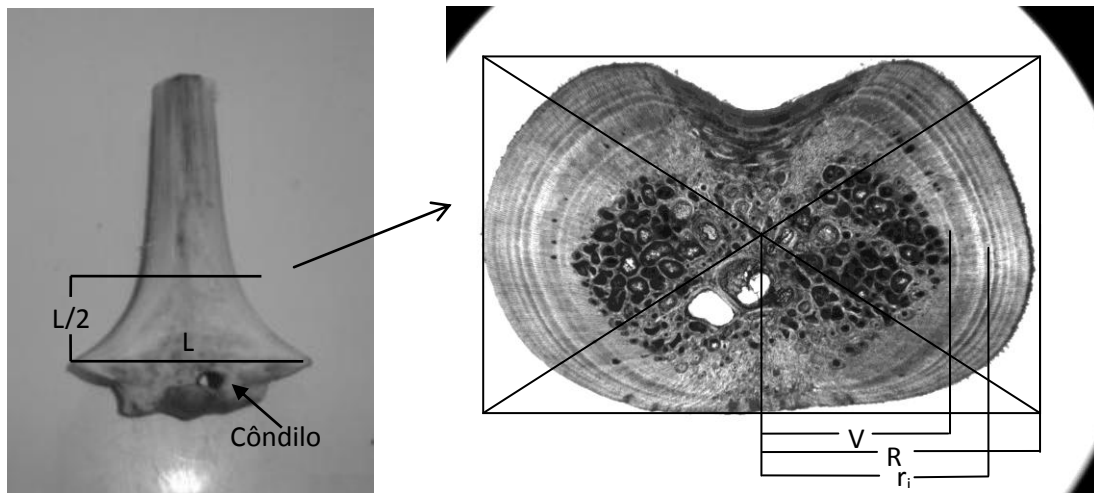


Figure 1- Methodology for measuring and sectioning the spines: location and extent of the section of condyle (L = maximum width of condyle base); R – radius of spine; V = radius of vascularization; r_i – radius of ring i (MEGALOFONOU, 2000; SUN *et al.*, 2001).

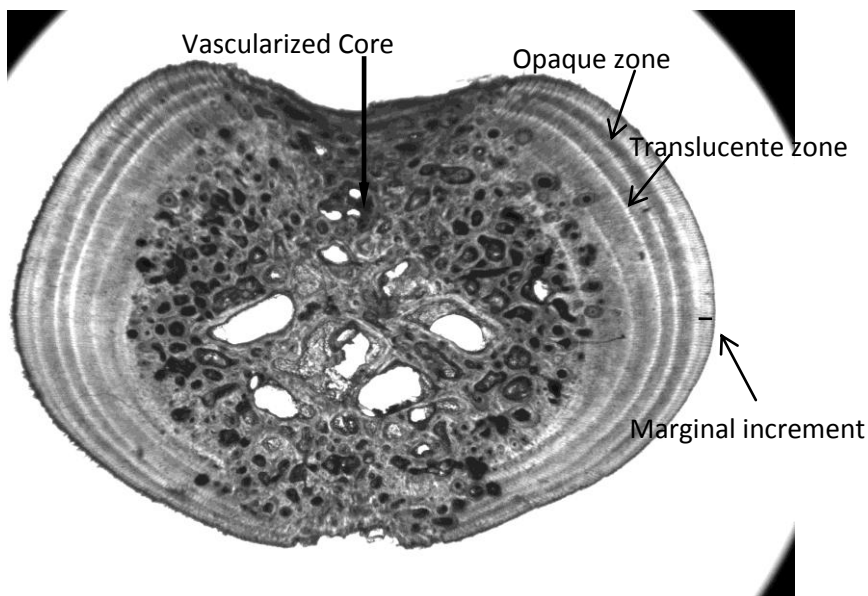


Figure 2- Image of the blue marlin spine section with black arrows indicating notable features including the vascularized core, translucent zone, opaque zone, and marginal increment.

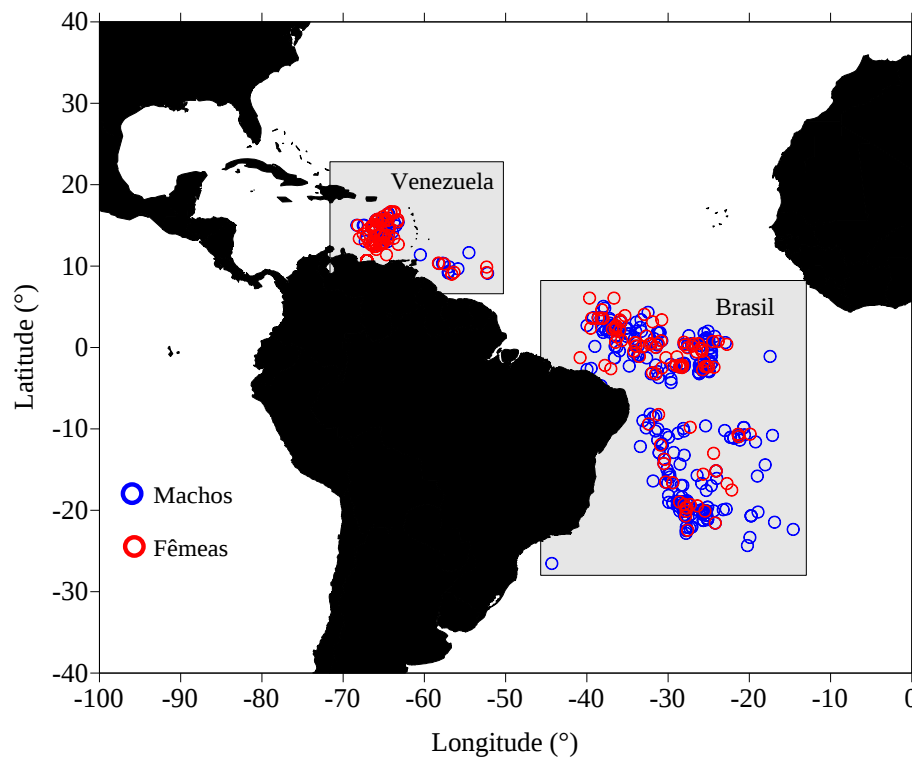


Figure 3- Capture area of blue marlin individuals, *Makarira nigricans*, sampled during the period on December 2004 and December 2006.

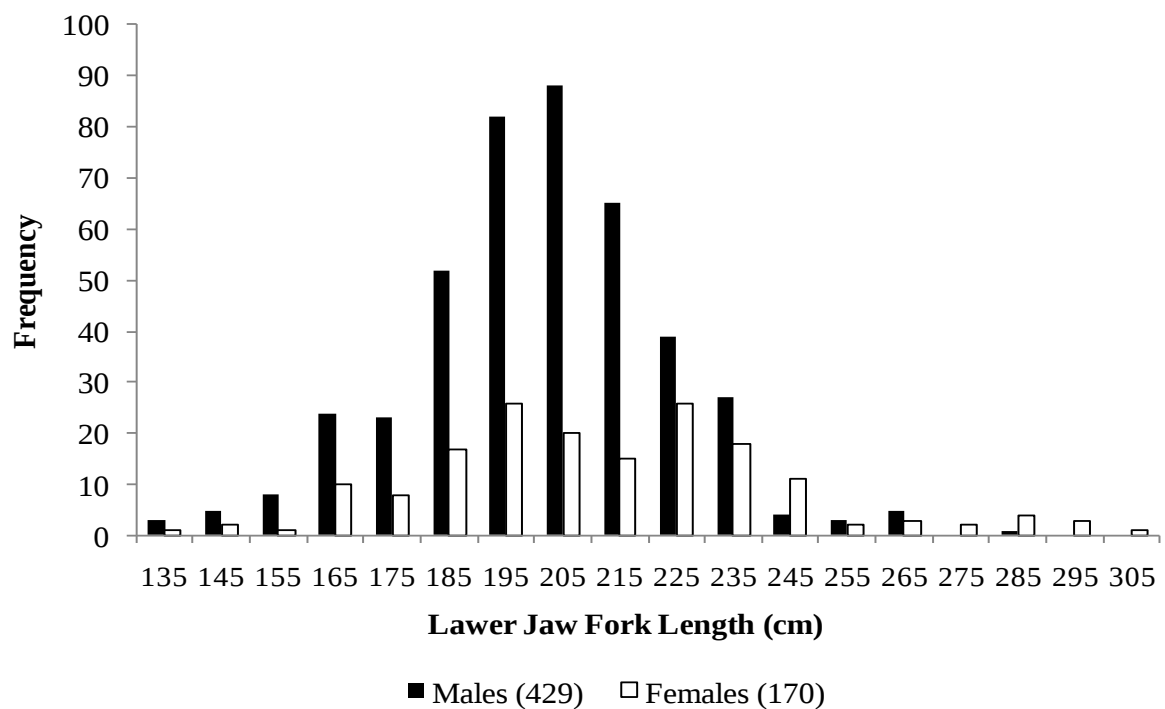


Figure 4- Size distribution (lower jaw fork length - LJFL) of males and females of blue marlin, *M. nigricans*, sampled in this study.

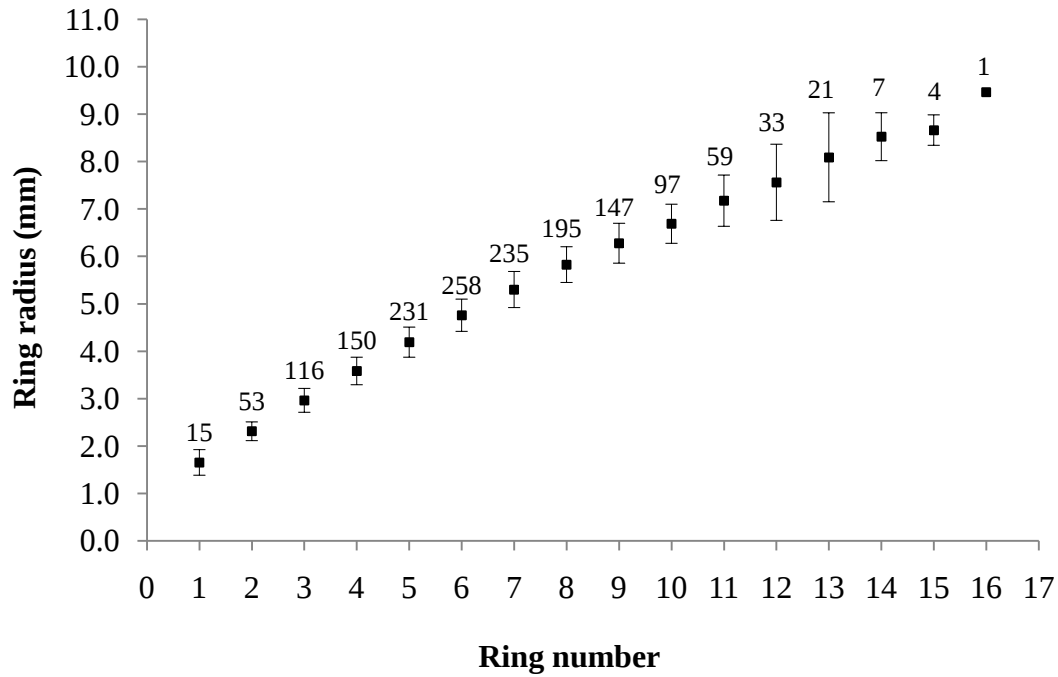


Figure 5- Ring radius at age (mean $\pm$ 1 SD) blue marlin for males collected from South and Equatorial Atlantic Ocean. Numbers above the vertical bars are the sample sizes.

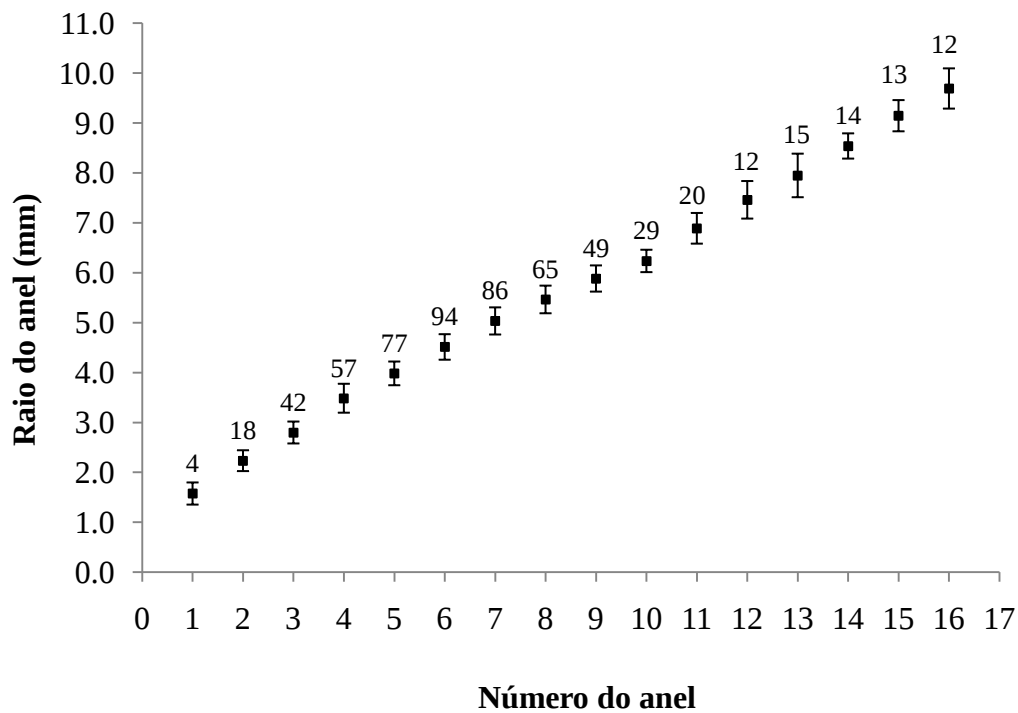


Figure 6- Ring radius at age (mean $\pm$ 1 SD) blue marlin for females collected from South and Equatorial Atlantic Ocean. Numbers above the vertical bars are the sample sizes.

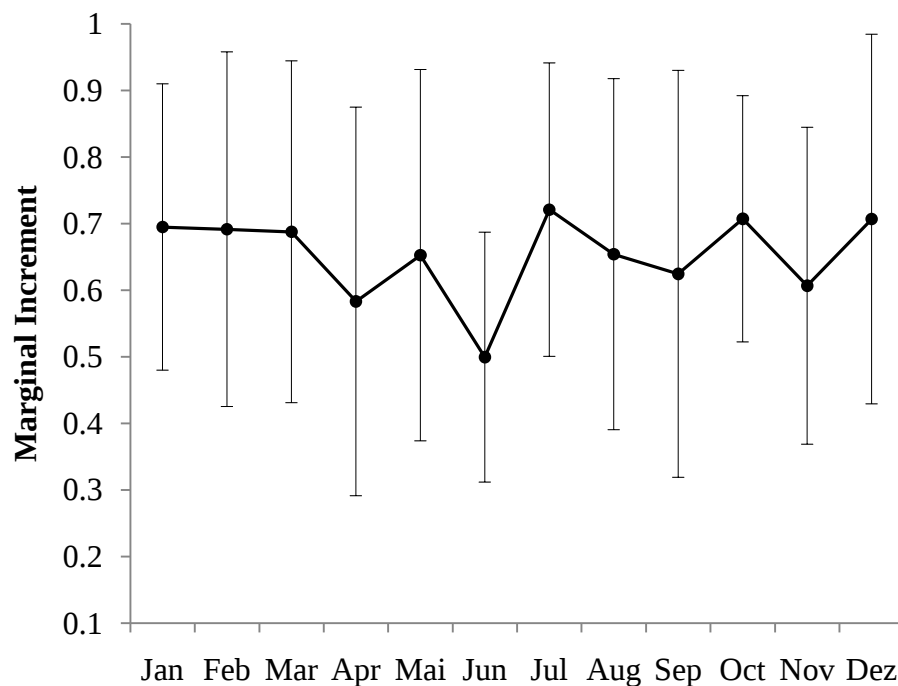


Figure 7- Monthly means of marginal increment for blue marlin males collected from Equatorial and South Atlantic Ocean. Vertical bars are ± 1 SE; numbers above the vertical bars are sample sizes.

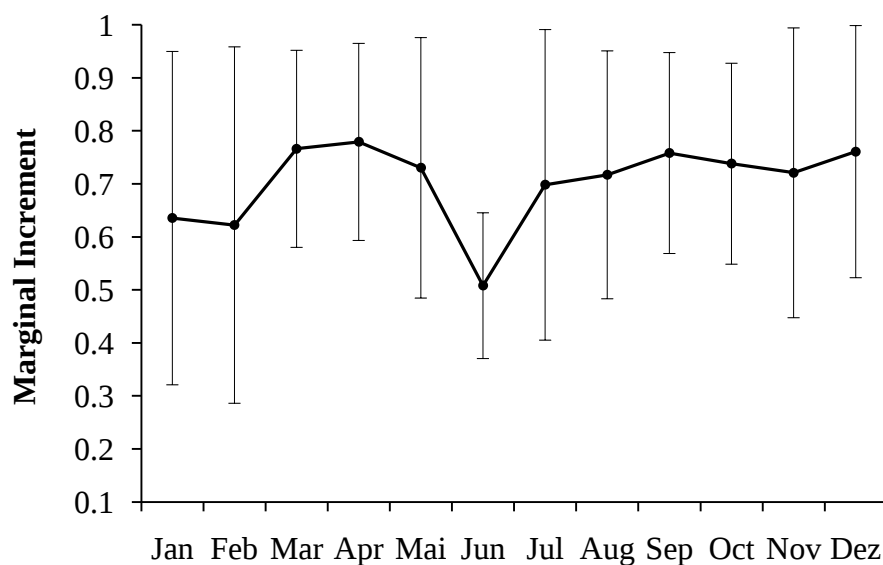


Figure 8- Monthly means of marginal increment for blue marlin males collected from Equatorial and South Atlantic Ocean. Vertical bars are ± 1 SE; numbers above the vertical bars are sample sizes.

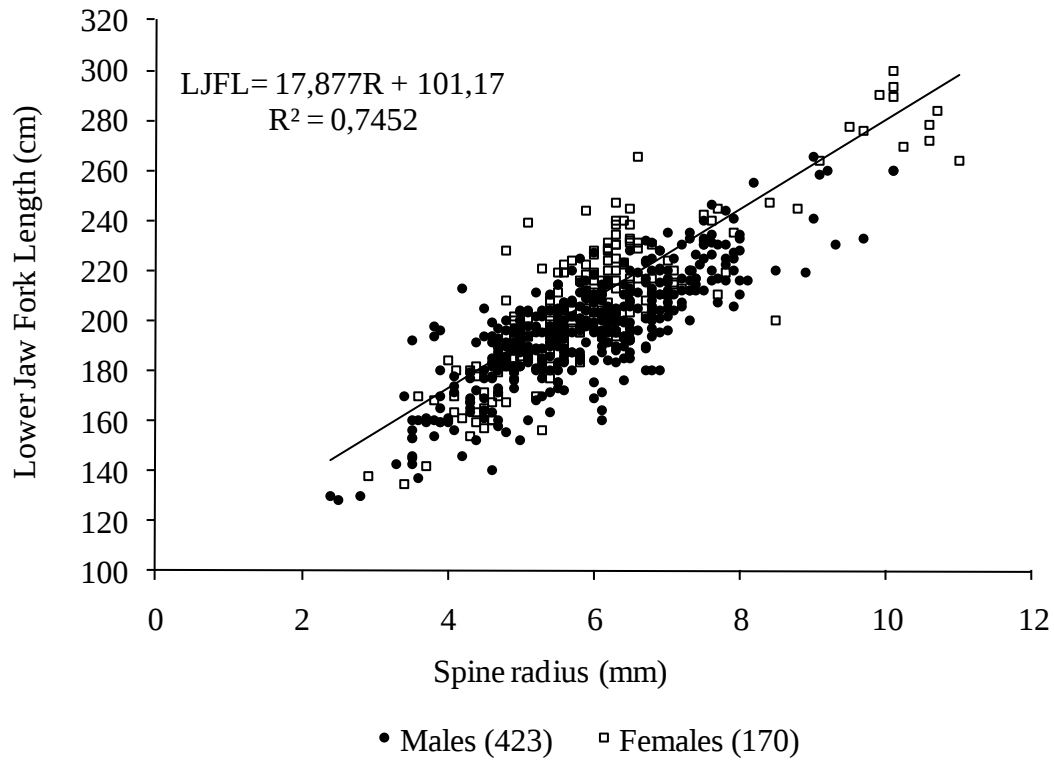


Figure 9- Spine radius vs. lower jaw to fork length relationship for blue marlin, *M. nigricans*, caught in Atlantic Equatorial and South Ocean between 2004 and 2006.

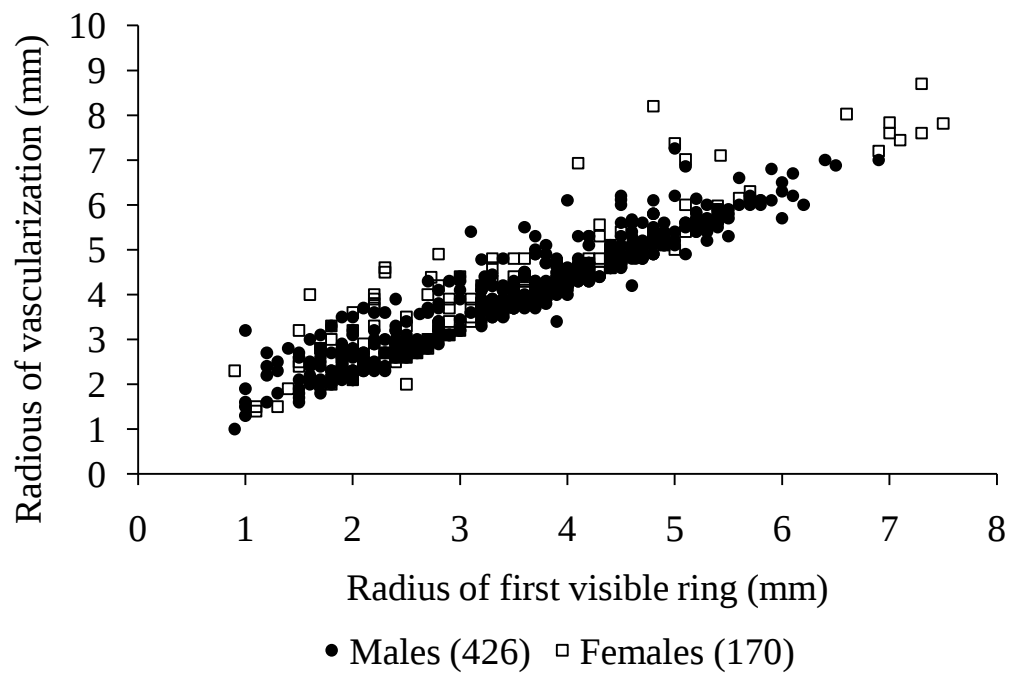


Figure 10- Radius of first visible ring vs. radius of vascularization. Increasing trend suggests earlier rings are being obscured by vascularized tissue.

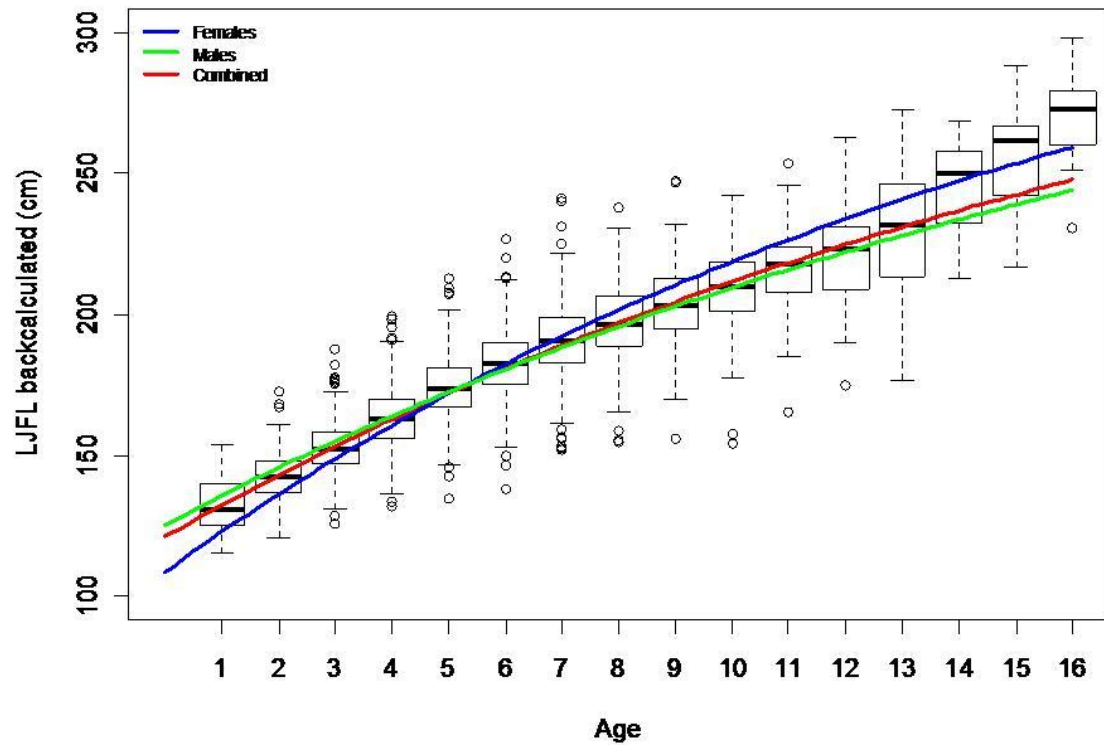


Figure 11- Von Bertalanffy growth model, for males, females and combined sexes for blue marlin, *M. nigricans*, caught in Atlantic Equatorial and South Ocean between 2004 and 2006.

Capítulo 3

*BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO BRANCO (Tetrapturus albidus, Poey, 1860)
CAPTURADO NO ATLÂNTICO SUDOESTE EQUATORIAL.*

Fisheries Research – ANEXO III

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO BRANCO (*Tetrapturus albidus*, Poey 1860), CAPTURADO NO ATLÂNTICO SUDOESTE E EQUATORIAL.

Pinheiro, P.B.; Oliveira, I.M.da; Hazin, F.H.V.; Freddy, A.; Dei, D.

RESUMO

Foram analisadas as gônadas de 924 exemplares de agulhão branco, coletadas durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006, na região sudoeste e equatorial do Atlântico (15°N e 30°S e 015°W e 045°W). O índice gonadosomático (IGS) foi determinado utilizando-se a seguinte equação: $IGS = PG \times 10.000 / MIF^b$. O tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) foi estimado utilizando a frequência relativa (%) de indivíduos adultos em cada classe de MIF, usando-se a seguinte equação logística: $M_f = 1 / (1 + e^{(a-b) \times MIF})$. A época de desova foi avaliada por meio da distribuição de frequência dos diferentes estádios maturacionais e da variação mensal do IGS das fêmeas. Dos 924 indivíduos examinados, 656 eram fêmeas (71%), com comprimento entre 83 e 236 cm (média = $155,5 \pm 16,63$) e moda entre 140 e 180, e 268 eram machos (29%), com comprimento entre 90 e 220 cm (média = $152,3 \pm 34,62$), e moda entre 130 e 170 cm. As fêmeas foram significativamente mais abundantes do que os machos ($p = 2,2^{-16}$). O maior percentual de fêmeas em maturação ocorreu entre julho e novembro, enquanto as fêmeas maduras foram mais abundantes entre abril e junho, com um pico em maio, único mês em que fêmeas neste estágio predominaram. Entre os 268 machos examinados, 74 estavam imaturos (27,6%), 124 encontravam-se em maturação (42,3%), apenas onze estavam maduros (4,1%), e 59 (22,0%) estavam gastos. A maior frequência de indivíduos em maturação e maduros foi observada entre abril e agosto.

Palavra chave: Fecundidade, Maturidade sexual, Índice gonadosomático.

ABSTRACT

Were analyzed the gonads of 924 specimens of white marlin, collected during the period from November 2004 to December 2006 in the southwest and equatorial Atlantic (15 ° N and 30 ° S and 015 ° W and 045 ° W). The gonadosomatic index (GSI) was determined using the following equation: $GSI = PG \times 10,000 / LJFL^b$. The size of sexual maturity (L_{50}) was estimated using the relative frequency (%) of adults in each class of LJFL, using the following logistic equation: $M_f = 1 / (1 + e^{(ab) \times LJFL})$. The spawning season was assessed by the frequency distribution of different stages of maturity and of the monthly female GSI. Of 924 individuals analyzed, 656 were female (71%), with length between 83 and 236 cm (mean = 155.5 ± 16.63) and mode between 140 and 180, and 268 were males (29%), with length between 90 and 220 cm (mean = 152.3 ± 34.62), and mode between 130 and 170 cm. Females were significantly more abundant than males ($p = 2.2^{-16}$). The largest percentage of females maturing occurred between July and November, while mature females were most abundant between April and June, peaking in May, one month at this stage that females predominated. Among the 268 males examined, 74 were immature (27.6%), 124 were maturing (42.3%), only eleven were mature (4.1%) and 59 (22.0%) were spent. The highest frequency of mature and maturing individuals was observed between April and August.

Keyword: Fecundity, Sexual maturity, Gonadosomatic index

INTRODUÇÃO

O agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, pertencente à família Istiophoridae, é uma espécie oceânica, pelágica, altamente migratória, que se distribui principalmente em áreas tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico (55°N e 45°S), com algumas incursões em águas temperadas (Nakamura, 1985; Mather *et al.*, 1975). No Atlântico Oeste, existem importantes concentrações desta espécie na costa leste dos Estados Unidos, no Golfo do México, no norte e leste do Caribe e ao longo da costa brasileira, até o Uruguai (Arocha and Ortiz, 2006). Trabalhos recentes com marcas eletrônicas sugerem que a espécie habita preferencialmente a zona epipelágica, passando aproximadamente 85% do tempo em águas acima da termoclina, com temperaturas variando entre 24° e 29°C (<25m) (Prince *et al.* 2005, Horodysky *et al.* 2005), apesar de realizar migrações verticais, de curta duração, podendo atingir águas com temperaturas de até 16°C. É uma espécie de médio porte, com comprimento máximo em torno de 280 cm (Nakamura, 1985), embora os tamanhos mais comuns se situem entre 150 e 180 cm de mandíbula inferior até a forquilha (MIF) (Goodyear *et al.*, 2003).

Embora as espécies da família Istiophoridae não constituam alvo da pescaria comercial de atuns com espinhel, um volume considerável é capturado, como fauna acompanhante, em função das mesmas se distribuírem no mesmo habitat e apresentarem hábitos alimentares parecidos com os de outras espécies de elevado valor comercial, como o espadarte (*Xiphias gladius*) e a albacora laje (*Thunnus albacares*), por exemplo. Além disso, os mesmos são frequentemente capturados nas pescarias esportivas, nas quais constituem presas bastante valorizadas (Nakamura, 1985). Apesar da grande importância ecológica e sócio-econômica da espécie, porém, ainda são poucos os dados disponíveis sobre a sua reprodução, como maturação sexual, fecundidade e desova (Arocha e Ortiz, 2006, De Sylva and Davis, 1963; Mather *et al.*, 1975; Baglin, 1979; De Sylva and Brede, 1997; Arocha *et al.*, 2005; Prince *et al.*, 2005; Arocha and Bárrrios, 2009).

Infelizmente, no Brasil, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a biologia da espécie, dificultando os esforços para uma melhor avaliação de seus estoques. O objetivo do presente trabalho, portanto, foi o de contribuir para a superação desta grave deficiência, aportando informações sobre a reprodução do agulhão branco, no Atlântico sudoeste e equatorial.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram examinadas as gônadas de 924 exemplares de agulhão branco, coletadas durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006, por observadores de bordo, em embarcações sediadas nos portos de Recife (PE), Cabedelo (PB) e Natal (RN). A área de operação das embarcações abrangeu a região sudoeste e equatorial do Atlântico, entre as coordenadas de 15°N e 30°S e 015°W e 045°W (Figura 1). Os exemplares foram identificados a bordo, mensurando-se, em seguida, o comprimento da mandíbula inferior até a forquilha (MIF). Os mesmos foram então eviscerados, coletando-se as gônadas, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas. No laboratório, as gônadas, uma vez descongeladas, foram limpas do tecido conjuntivo e pesadas em uma balança com precisão de 0.01g, observando-se macroscopicamente as suas características externas e internas, com base nas quais foram classificados os estágios de maturação sexual, segundo Ovchinnikov (1970), conforme segue:

Fêmeas:

Estágio I (imatura)- Gônadas finas e delgadas, com margem (borda) irregular;

Estágio II (em maturação I)- Gônadas em forma de sacos arredondados, cercados por uma fina membrana dermal, com várias camadas epiteliais. Vasos sangüíneos pouco desenvolvidos;

Estágio III (em maturação II)- Gônadas em forma de grandes sacos amarelados com presença de ovos opacos pouco diferenciados da gônada;

Estágio IV (madura)- Gônadas ocupando mais da metade da cavidade celomática, com a presença de ovos opacos, visíveis e bem diferenciados;

Estágio V (desovada)- Gônadas com tamanhos relativamente reduzidos, ocupando menos da metade da cavidade celomática, e com poucos ovócitos;

Estágio VI (repouso)- Gônadas flácidas, com traços de hemorragia, e pouco volumosas.

Machos:

Estágio I (imaturado)- Gônadas finas, com forma delgada e margem (borda) irregular;

Estágio II (em maturação inicial)- Gônadas finas, com borda granular opaca. Secção cruzada (oposta) na forma de um polígono, raramente triangular;

Estágio III (em maturação final)- Gônada espessa e densa, com grãos rosados visíveis externamente e presença de secreção escassa, de cor branca;

Estágio IV (maduro)- Gônadas com aparência externa semelhante ao estágio III, com maior volume de secreção, que se apresenta um pouco mais viscosa e branca;

Estágio V (gasto)- Gônadas apresentam tamanhos relativamente reduzidos, com pouco volume de secreção.

Para a determinação precisa dos estádios de maturação das gônadas, a classificação resultante da análise macroscópica foi confirmada por meio de análises histológicas com microscopia óptica. Para este fim, foram realizadas secções transversais na porção média das gônadas, as quais foram então desidratadas em álcool etílico, nas concentrações de 70%, 80%, 90% e 100%, diafanizadas em Xilol, e embebidas em parafina. Após a inclusão, foram realizados cortes em micrótomo (6µm), sendo os mesmos então corados com Hematoxilina e Eosina (HE) (Behmer *et al.*, 1976) e classificados histologicamente quanto ao estado de maturação (De Sylva and Breder, 1997; Shaefer, 2001; Blazer, 202; Arocha e Bárrios, 2009).

O índice gonadosômático (IGS) foi determinado utilizando-se apenas as fêmeas adultas (em maturação, madura, desovando e repouso) e machos (em maturação, maduro e gasto), por meio da fórmula sugerida por Arocha e Bárrios (2009): $IGS = PG \times 10.000 / MIF^b$ (1); onde: PG= peso de ambas as gônadas (g); MIF= mandíbula inferior até a forquilha (cm) e $b = 2.78$ (Amorim *et al.*, 1998).

Para a estimativa do tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}), foi utilizada a frequência relativa (%) de indivíduos adultos em cada classe de MIF, usando-se a seguinte equação logística (Arocha, 1997): $Mf = 1 / (1 + e^{(a-b) * MIF})$.

A época de desova foi avaliada por meio da distribuição de frequência dos diferentes estádios maturacionais e da variação mensal do Índice Gonadosômático (IGS) das fêmeas (Vazzoler, 1996; Santos, 1978).

Para determinar se os comprimentos entre machos e fêmeas diferiram significativamente, foi utilizado o teste de Komolgorov-Smirnov ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

Dos 924 indivíduos examinados, 656 eram fêmeas (71%), com comprimento entre 83 e 236 cm (média=155,5 ± 16,63) e moda entre 150 e 170 cm (Figura 2), e 268 eram machos (29%), com comprimento entre 90 e 220 cm (média = 152,3 ± 34,62), e moda entre 130 e 170 cm. As fêmeas foram significativamente mais abundantes do que os machos ($p=2,2^{-16}$) (Tabela 1).

Após as análises histológicas, os espécimens foram classificados quanto ao seu estágio de maturação sexual, combinando-se, para ambos os sexos, os estágios em maturação I e II em um único estágio, como segue:

Fêmeas:

Imatura: ovários com ovócitos preinucleolar, com vários vacúolos no citoplasma (Fig. 10-A);

Em maturação: ovários com poucos ovócitos perinucleolares, com a maioria em pré-vitelogênese (Fig. 10-B);

Madura: ovário com ovócitos vitelogênicos, com gotículas lipídicas em torno do núcleo (Fig. 10-C);

Desovando: ovário com a maioria dos ovócitos hidratados que aparecem de forma irregular, com a presença de alguns ovócitos vitelogênicos (Fig. 10-D);

Repouso: ovário apresentando ovócitos em atresia, com ovócitos perinucleolares e parede do ovário bastante espessa (Fig 10-E);

Machos:

Imaturo: Testículo com predominância de espermatogonias e túbulos seminíferos pouco desenvolvidos (Fig. 11-A);

Em maturação: Testículo com presença de espermatócitos I e II e algumas espermátides (Fig. 11-B), com túbulos seminíferos em desenvolvimento;

Maduro: Testículo com presença de grande quantidade de espermatozóides, com túbulos seminíferos bem desenvolvidos (Fig. 11-C)

Gasto: Testículo com poucos espermatozóides no túbulo seminífero, e em reabsorção pelas células de Sertoli (Fig 11-D)

Do total de fêmeas analisadas, 148 encontravam-se imaturas (22,5%), 266 em maturação (40,6%), 102 maduras (15,5%), apenas 21 (3,2%) estavam desovando, enquanto 119 se encontravam em repouso (18,1%) (Figura 3). O maior percentual de fêmeas em maturação ocorreu entre julho e novembro, enquanto as fêmeas maduras foram mais abundantes entre abril e junho, com um pico em maio, único mês em que fêmeas neste estágio predominaram (Figura 4).

Entre os 268 machos examinados, 74 estavam imaturos (27,6%), 124 encontravam-se em maturação (42,3%), apenas onze estavam maduros (4,1%), e 59 (22,0%) estavam gastos (Figura 5). A maior frequência de indivíduos em maturação e maduros foi observada entre abril e agosto (Figura 6).

A média mensal do índice gonadosomático das fêmeas variou de 0,35 a 0,87, apresentando seus maiores valores no período de abril a junho, diminuindo logo em seguida, entre julho e outubro, e voltando a aumentar a partir do mês de novembro. (Figura 7). A média mensal do IGS dos machos, por sua vez, variou de 0,08 a 0,25, observando-se maiores valores em março e junho e os menores índices no período de setembro a novembro (Figura 7).

O tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) para as fêmeas foi estimado em 144,9 cm e para os machos em 138,5 cm (Figuras 8 e 9).

Estatisticamente, não houve diferenças significativas entre os comprimentos de machos e fêmeas durante o período de estudo ($p = 0,008$; Komolgorov-Smirnof, $\alpha=0,05$).

DISCUSSÃO

GOODYEAR *et al* (2003) observaram uma moda de comprimento entre 162 e 172 cm, em exemplares de agulhão branco capturados pela frota espinheleira no Brasil, entre 1971 e 1985, tamanho um pouco maior do que o que foi observado na presente pesquisa. Ao longo dos últimos anos o esforço de pesca exercido sobre o estoque de agulhão branco vem crescendo e, conseqüentemente, a sua captura, de forma que a diminuição no tamanho dos indivíduos capturados pode ser pelo menos em parte, resultado do aumento da mortalidade por pesca.

As fêmeas apresentaram um comprimento maior que os machos, de forma similar a pesquisas realizadas anteriormente (De Sylva e Davis, 1963; Ueyanagi *et al*, 1970; Lenarz e Nakamura, 1974; Goodyear e Arocha, 2001). As fêmeas, também parecem alcançar pesos maiores que machos de mesmo tamanho, embora tais diferenças tendam a desaparecer em comprimentos maiores que 173 cm (De Sylva e Davis, 1963 *apud* Mather *et al.*, 1972; Lenarz e Nakamura, 1974). A frequência de comprimento para a espécie é fortemente influenciada pela composição e proporção sexual (Wilson, 1984 e Wilson *et al.*, 1991 *apud* Goodyear e Arocha 2001, Goodyear *et. al* 2003), as quais variam consideravelmente com a época do ano e com a área (Ueyanagi *et al.*, 1970). Morin (1998) obteve comprimento médio (MIF) de 163,1cm e amplitude de 120 a 205 cm, com maior

ocorrência na classe de 160 cm. Arocha *et al.* (2005) também obteve maior ocorrência na classe de 160 cm para ambos os sexos, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Ueyanagi *et al.* (1970) e Mather *et al.* (1972) concluíram que os machos parecem ser, em geral, predominantes, exceto em três casos: ao norte de 30°N, entre maio e outubro; de 10°N a 30°N, entre novembro e abril; e entre 5°S e 30°S, a leste 15°W, entre maio e outubro. No presente trabalho, foi observada uma tendência diferente daquela descrita por esses autores, com as fêmeas tendo sido mais freqüentes nas capturas em todos os meses, durante o período de amostragem.

A distribuição mensal dos estágios de maturação gonadal, assim como do IGS médio mensal, parece indicar uma maior atividade reprodutiva do agulhão branco durante o período de abril a junho, embora a região nordeste do Brasil não represente uma área de desova importante para a espécie, já que apenas 3,2% das fêmeas se encontravam desovando e somente 4,1% dos machos estavam maduros sexualmente, resultado que coincide com o encontrado por Souza *et al.* (1994), na mesma região. Em estudos anteriores diversos autores apontaram a costa sul e sudeste do Brasil, entre 20° e 30°S e 020° e 050°W, como uma área importante de desova para o agulhão branco na costa brasileira, principalmente entre os meses de dezembro e março, não tendo sido observada nenhuma concentração importante de indivíduos jovens nessa área (Antero-Silva *et al.*, 1994, Arfelli *et al.* 1986, Amorim e Arfelli, 2003). O fato das fêmeas em desova terem sido encontradas exclusivamente no segundo semestre do ano, exceto por dois exemplares em janeiro, com um pico em agosto, e fora da área principal de desova, localizada na costa sudeste do Brasil, sugere a possibilidade de que as mesmas representem indivíduos que tenham desovado fora de fase. Outra possibilidade seria as mesmas pertencerem a um estoque diferente dos exemplares que desovam no sudeste do Brasil, possivelmente do Atlântico Norte ou Mar do Caribe. O esclarecimento de tal aspecto dependerá de estudos de caracterização genética das diferentes populações do Atlântico.

Com base na distribuição sazonal de fêmeas maduras e do IGS, Arocha e Bárrios (2009) identificaram como época de desova para o agulhão branco no Atlântico oeste central (05° e 25°N), principalmente, o período de abril a julho, tendência bem mais próxima à encontrada no presente trabalho.

Em um estudo sobre a história de vida dos Istiophoridae no Mar do Caribe, Arocha e Marcano (2008) estimaram um L₅₀ para fêmeas de agulhão branco em 189,9 cm de MIF, embora tal estimativa tenha se baseado exclusivamente na análise macroscópica das

gônadas, sem a utilização de métodos histológicos. Oliveira *et al* (2007), em estudo preliminar sobre a reprodução do agulhão branco no Atlântico equatorial, estimou um L_{50} de 147,8 cm de MIF, para as fêmeas, e de 139,4 cm, para os machos, valores, portanto, bem mais próximos aos encontrados no presente trabalho. Arocha e Bárrios (2009), por sua vez, estimaram um L_{50} das fêmeas em 160,5 cm (MIF), maior do que o estimado pelo presente estudo (144,5 cm), embora essa diferença possa ter ocorrido em razão dos autores terem utilizados apenas fêmeas capturadas durante a época de desova (abril-junho).

BIBLIOGRAFIA

- Amorim, A. F., C.A.Arfele, J. N. Antero-Silva, L. Fagundes, F. E. S. Costa, R. Assumpção. 1998. Blue Marlin (*Makaira nigricans*) and White Marlin (*Tetrapturus albidus*) Caught off the Brazilian Coast. Coll. Vol. of Scient. Papers. International Comm. for the Conserv. of Atlantic Tunas- ICCAT. 47:163-184 (1998).
- Amorim, A. F. and Arfelli, C. A. 2003. Review of white marlin (*Tetrapturus albidus*) fishery biology off the southern Brazilian coast (1971-2001). Coll.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 55(2): 467-474, 2003.
- Antero-silva, J. N.; Amorim, A. F.; Lessa, R. P. T.; Hazin, f. h. v.; Arfelli, C. A. 1994. White marlin, *Tetrapturus albidus*, fisheries off Brazilian coast by national and leased longliners (1971-1991). Coll. Vol. of Scient. Papers. International Comm. for the Conserv. of Atlantic Tunas- ICCAT. v. 41, n. 1, p. 189-198, 1994.
- Arfelli, C.A.; Amorim, A.F.; Galhardo-amado, J.C. 1986 Analysis on *Tetrapturus albidus* Poey (1861), caught off south and southeast Brazil (1971-1984). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 25: 202-217.
- Arocha, F. 1997 The reproductive dynamics of swordfish, *Xiphias gladius* and management implication in the northwestern Atlantic. Coral Gables. 383p. (Ph.D. Dissertation, University of Miami).
- Arocha, F.; Bárrios, A.; Silva, J.; Lee, D.W. 2005 Preliminary observations on gonad development, sexual maturity and fecundity estimates of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 58(5): 1567-1573.
- Arocha, F., Ortiz, M., 2006. White marlin. In: Field Manual, Chapter 2.1.7. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Madrid, Spain. http://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH2/2_1_7_WHM-ENG.pdf
- Arocha, F.,Marcano, L., 2008. Life history characteristics of blue marlin, whitemarlin, and sailfish from the eastern Caribbean Sea and adjacent waters. In: Nielsen, J., Dodson, J., Friedland, K., Hamon, T., Hughes, N., Musick, J., Verspoor, E. (Eds.), Proceedings of the FourthWorld Fisheries Congress: Reconciling Fisheries with Conservation. Symposium 49. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 1481–1491.
- Arocha, F.; Bárrios, A. 2009. Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. Fisheries Research, 95(2009) 98-111.

- Baglin, R., 1979. Sex composition, length-weight relationship, and reproduction of the white marlin, *Tetrapturus albidus*, in the western North Atlantic Ocean. Fish. Bull. 76, 919–926.
- Behmer, O. A., Tolosa E. M. C. E Neto A. G. F., 1976. Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica, EDART (São Paulo Livraria Editora Ltda., Editora da Universidade de São Paulo), 239p.
- Blazer, V.S. 2002. Histopathological Assesment of gonadal tissue in wild fishes. Fish Physiology and Biochemistry 26: 85-101, 2002.
- De Sylva, D., Davis, W.P., 1963. White marlin, *Tetrapturus albidus*, in the Middle Atlantic Bight, with observations on the hydrography of the fishing grounds. Copeia 1963, 81–99.
- De Sylva, D.P. and Breder, P.R. 1997. Reproduction, Gonad Histology, and Spawning Cycles of North Atlantic Bilfishers (Istiophoridae). Bulletin of Marine Science, 60(3): 668-697, 1997.
- Goodyear, C. P.; Arocha, F. 2001. Size composition of blue and white marlins taken in selected fisheries in the western north Atlantic. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT, v. 53, p. 249-257, 2001.
- Goodyear, C.P., F. Arocha and E.D. Prince. 2003. Size composition of the white marlin catch. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 55: 603-612.
- Horodysky, A.Z., D. Kerstetter, R.J. Latour and J.E. Graves. 2005. Habitat utilization and vertical movements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up satellites tags (PSATs). ICCAT, SCRS/2005/034.
- LENARZ, W.H. e NAKAMURA, E.L. 1974 Analysis of length and weight data on three species of billfish from the western Atlantic ocean. In: SHOMURA, R. S.; WILLIAMS F. (Eds). Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses, 9-12 aug 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. p.121-125.
- Mather, F. J., JR Mason, J. M. and Clark, H. L., 1972. Migrations of white marlin and bluem marlin in the western north Atlantic Ocean – Tagging results since May, 1970. Contribution No. 2937, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543
- Mather, F. J. III; Clark, H. L. e Mason, J. M. Jr. 1975 Synopsis of the Biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses. 9-12 aug. 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. p.55-94.
- Morin, M. 1998 Evaluation de l'état des stocks des marlins bleu et des marlins blanc de l'Atlantique. Montpellier, France. 62p. (Memoire pour l'obtencion du certificat d'études superieures agronomiques option halieutique. Département Environment et

Exploitation des Ressources Naturelles. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes).

- Nakamura, I. 1985 FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n. 125. v. 5. Roma: FAO Fisheries Synopsis. 65p.
- Oliveira, I.M., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Pinheiro, P.B., Hazin, H.G., 2007. Preliminary results on the reproductive biology of the whitemarlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1960, in the western equatorial Atlantic Ocean. ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap. 60, 1738–1745.
- Ovchinnikov, V. V. 1971 Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean. MILLS, H. (Trad.) Jerusalém: Program for Science Translation. 77p.
- Prince, E., R. Cowen, E. Orbesen, S. Luthy, J. Llopiz, D. Richardson and J. Serafy. 2005. Movement and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. Fish. Bull. 103: 659-669.
- Santos, E. P. dos. 1978. Dinâmica de populações aplicadas à pesca e piscicultura. São Paulo, HUCITEC, USP, 1978. 129p.
- Schaefer, K., 2001. Reproductive biology of tunas. In: Block, B., Stevens, E.D. (Eds.), Tuna Physiology, Ecology, and Evolution. Fish Physiology, vol. 19. Academic Press, New York, pp. 225–270, 468 pp.
- Souza, R. C.; Lessa, R. P. T.; Hazin, F. H. V. 1994. First observations on reproductive biology of billfishes (*Tetrapturus albidus*, *T. pfluegeri* e *Istiophorus albicans*) in the southwestern Equatorial Atlantic (Brazil). Collective Volume of Scientific Papers. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas- ICCAT. v. 42, n. 2, p. 329-334, 1994.
- Ueyanagi, S., Kikawa, S., Uto, M., Nishikawa, Y. 1970. Distribution, spawning and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 3:15-55.
- Vazzoler, A. E. A. M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM, 169p. 1996.
- Wilson, C. 1984. Age and growth aspects of the life history of billfishes. PhD Dissertation, Univ. South Carolina, Columbia, 180 p.
- Wilson, C. A., J. M. Dean, E. D. Prince, and D. W. Lee. 1991. An examination of sexual dimorphism in Atlantic and Pacific blue marlin using body-weight, sagittae weight, and age estimates. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 151:209–225.

Tabela 1- Distribuição de frequência mensal de fêmeas e machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

Mês	Fêmeas	%	Machos	%	Total
Janeiro	43	79,6	11	20,4	54
Fevereiro	45	71,4	18	28,6	63
Março	38	77,6	11	22,4	49
Abril	58	71,6	23	29,4	81
Maio	53	75,7	17	24,3	70
Junho	57	70,4	24	29,6	81
Julho	62	68,9	28	31,1	90
Agosto	83	69,7	36	30,3	119
Setembro	72	74,2	25	25,8	97
Outubro	70	68,6	32	31,4	102
Novembro	47	61,0	30	39,0	77
Dezembro	28	68,3	13	31,7	41
Total	656	71,0	268	29,0	924

Tabela 2- Classificação maturacional de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

Estágio	Peso do Ovário	Média de IGS/ Desvio padrão (n)
Imatura	18,8	0.20 ± 0.15 (n=148)
Em maturação	63,7	0.52 ± 0.26 (n=266)
Madura	189,8	1.21 ± 0.52 (n=102)
Desovando	99,5	0.64 ± 0.18 (n=21)
Repouso	48,6	0.33 ± 0.20 (n=119)

Tabela 3- Classificação maturacional de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

Estágio	Peso dos Testículos	Média de IGS/ Desvio padrão (n)
Imaturo	5,0	0.06 ± 0.03 (n=93)
Em maturação	19,9	0.16 ± 0.12 (n=105)
Maduro	83,4	1.47 ± 0.30 (n=11)
Gasto	17,6	0.13 ± 0.09 (n=59)

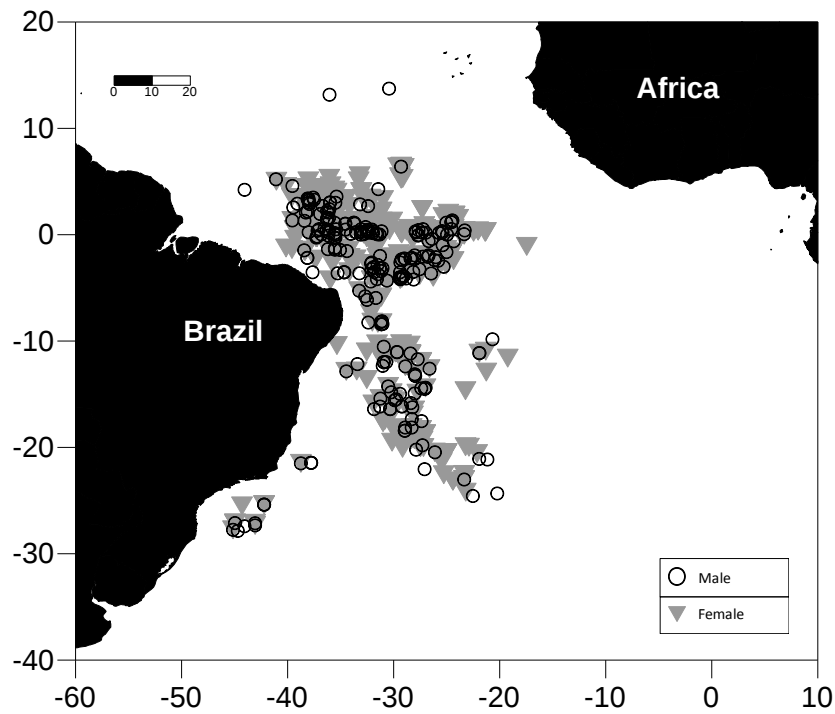


Figura 1- Área de captura das amostras do agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturados nos barcos atuneiros que atuam com epinhel pelágico, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

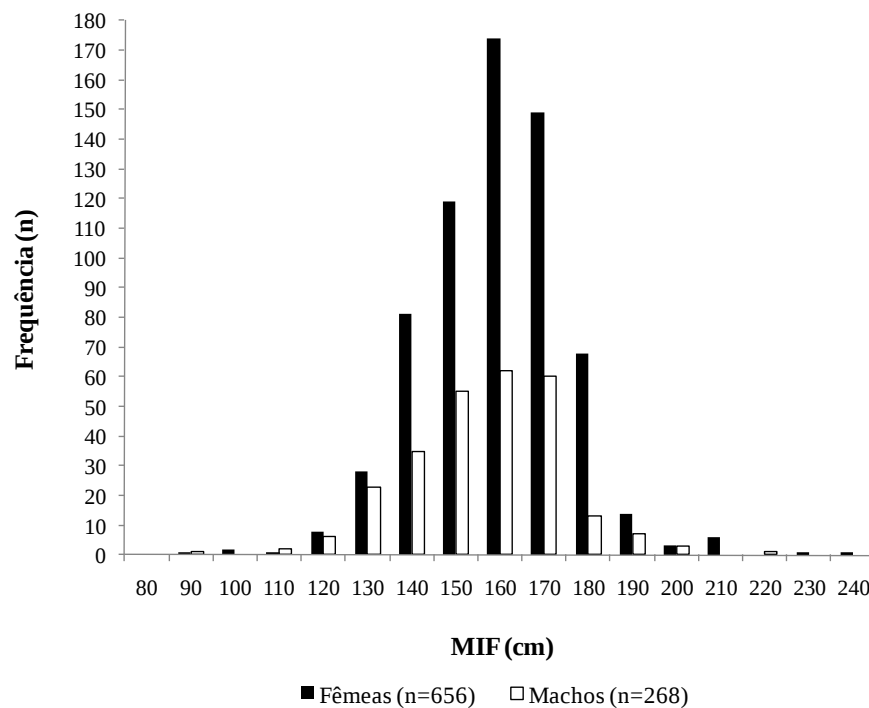


Figura 2- Distribuição de comprimento mandíbula inferior até a furquilha (MIF) de fêmeas e machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

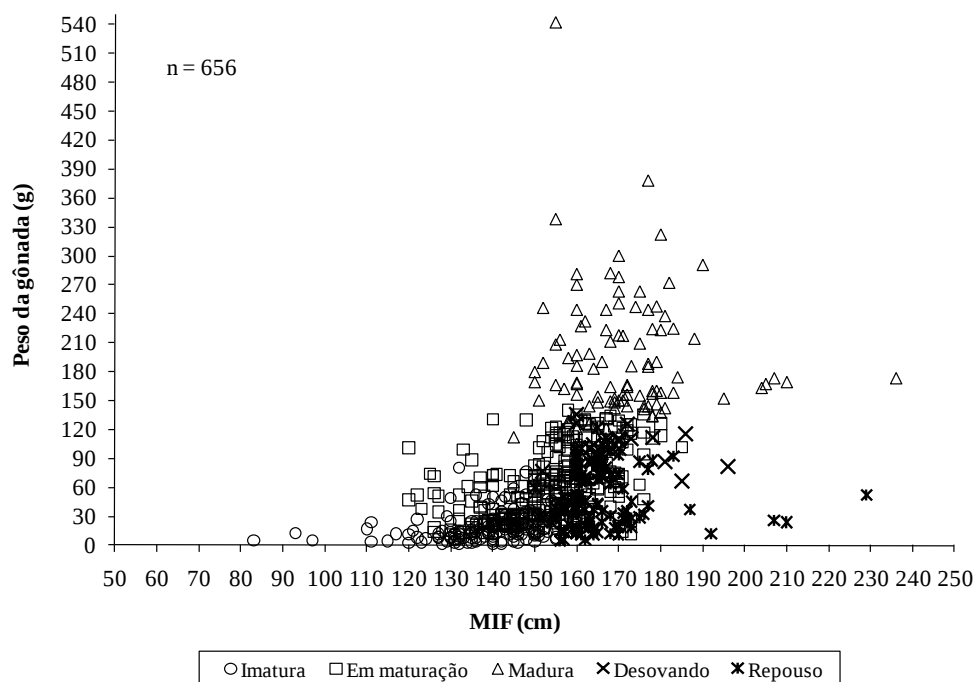


Figura 3- Distribuição de peso das gônadas por estágios de maturação gonadal de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

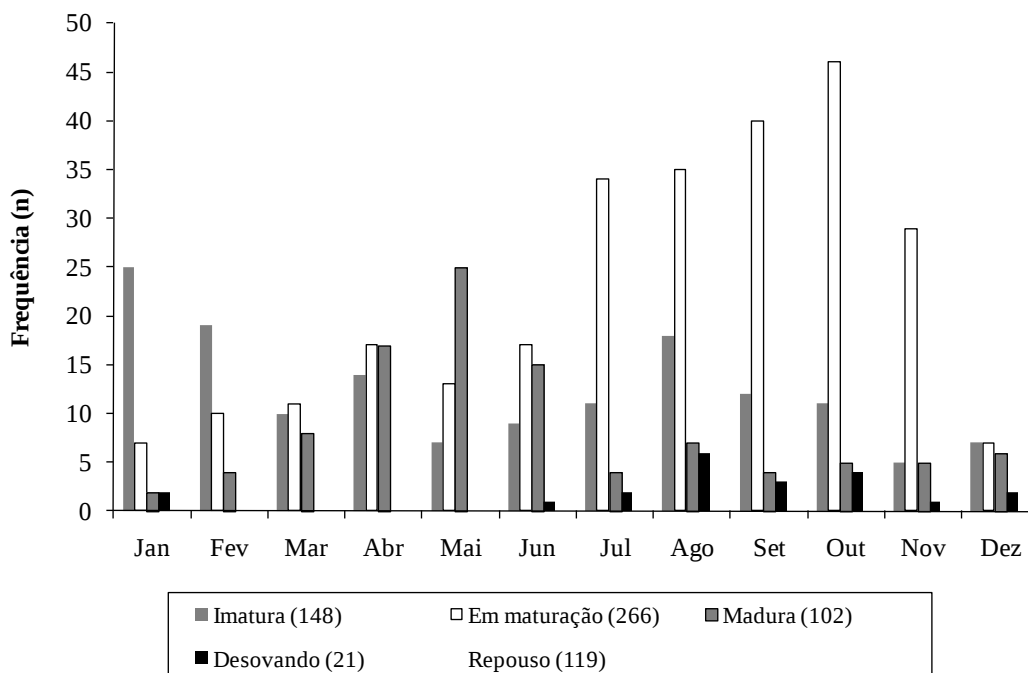


Figura 4- Frequência mensal de estágios de maturação gonadal de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

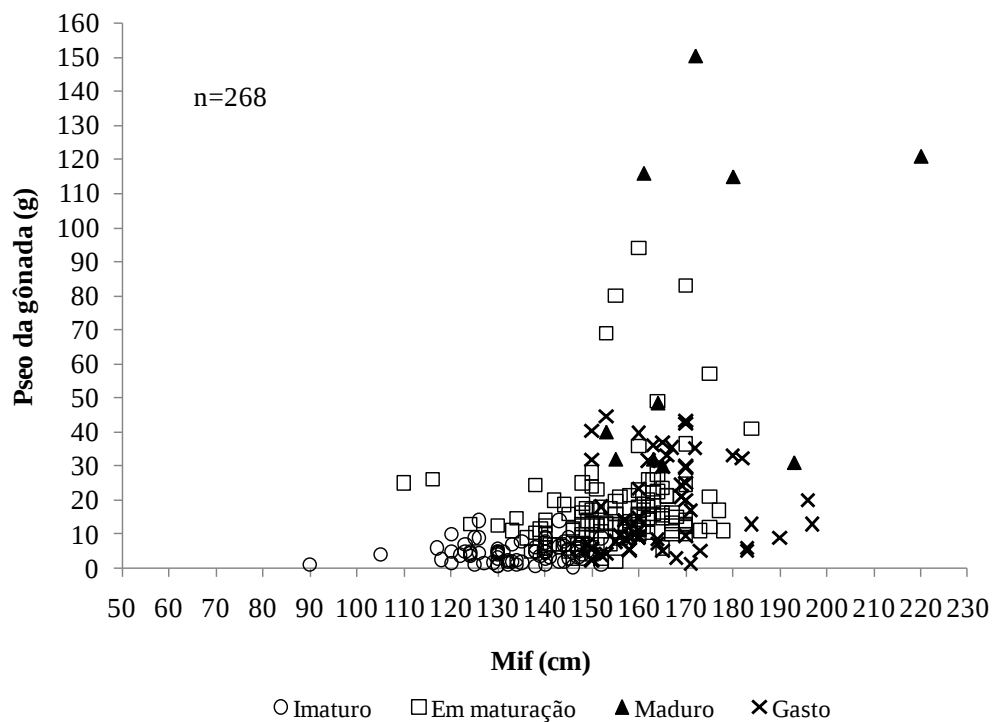


Figura 5- Distribuição de peso das gônadas por estágios de maturação gonadal de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

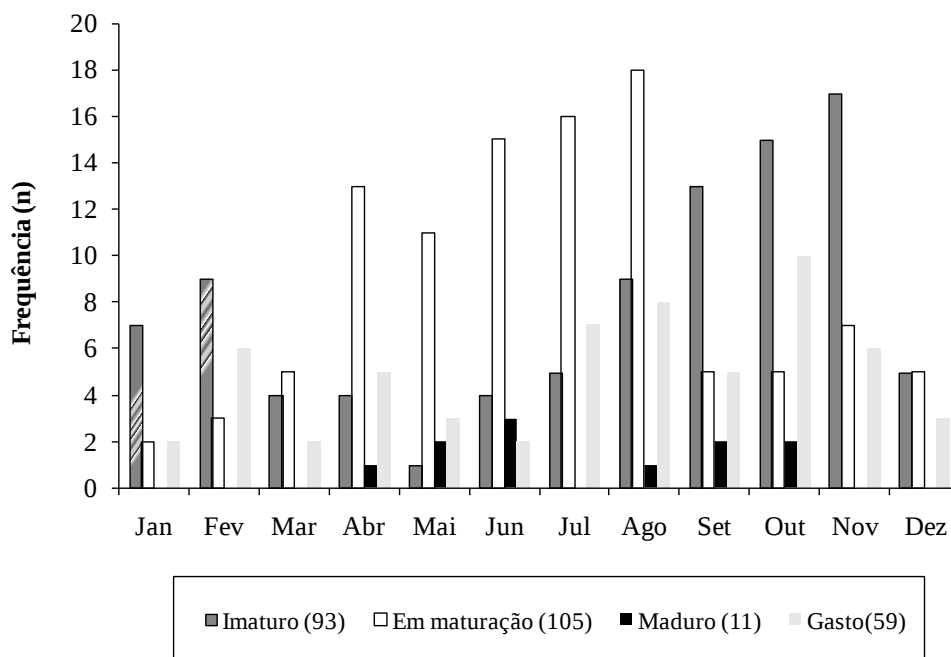


Figura 6- Frequência mensal de estágios de maturação gonadal de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

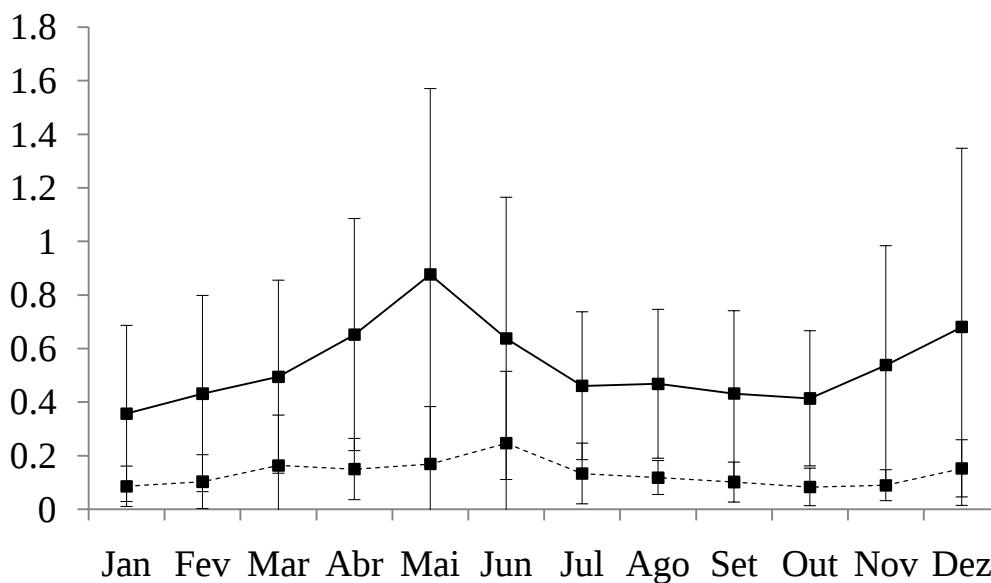


Figura 7- Média mensal do índice gonadosomático de fêmeas (linha contínua) e machos (linha pontilhada) adultos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 e dezembro de 2006. (quadrado preto= médias; barras verticais= desvio padrão).

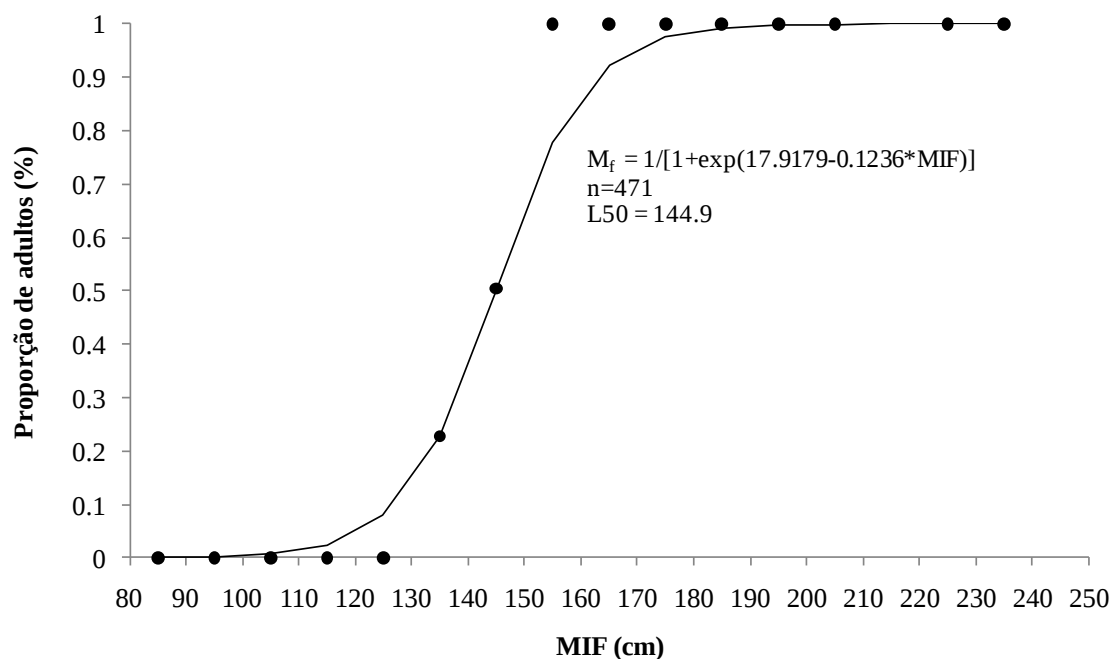


Figura 8- Curva logística para estimativa do tamanho de primeira maturação sexual de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

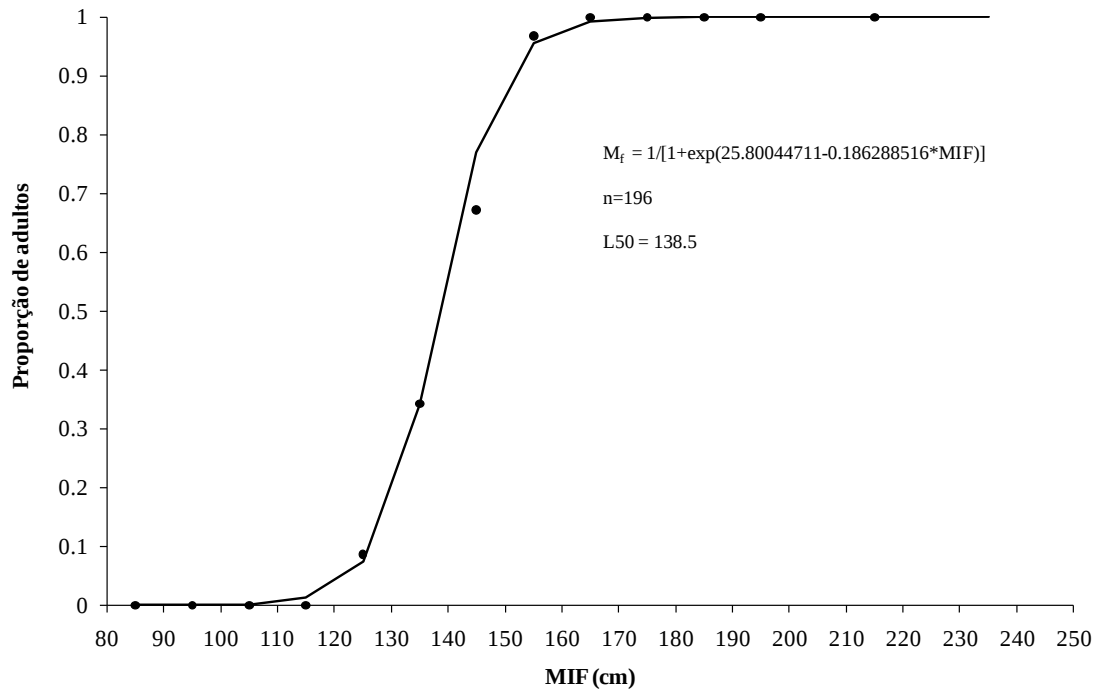


Figura 9- Curva logística para estimativa do tamanho de primeira maturação sexual de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006.

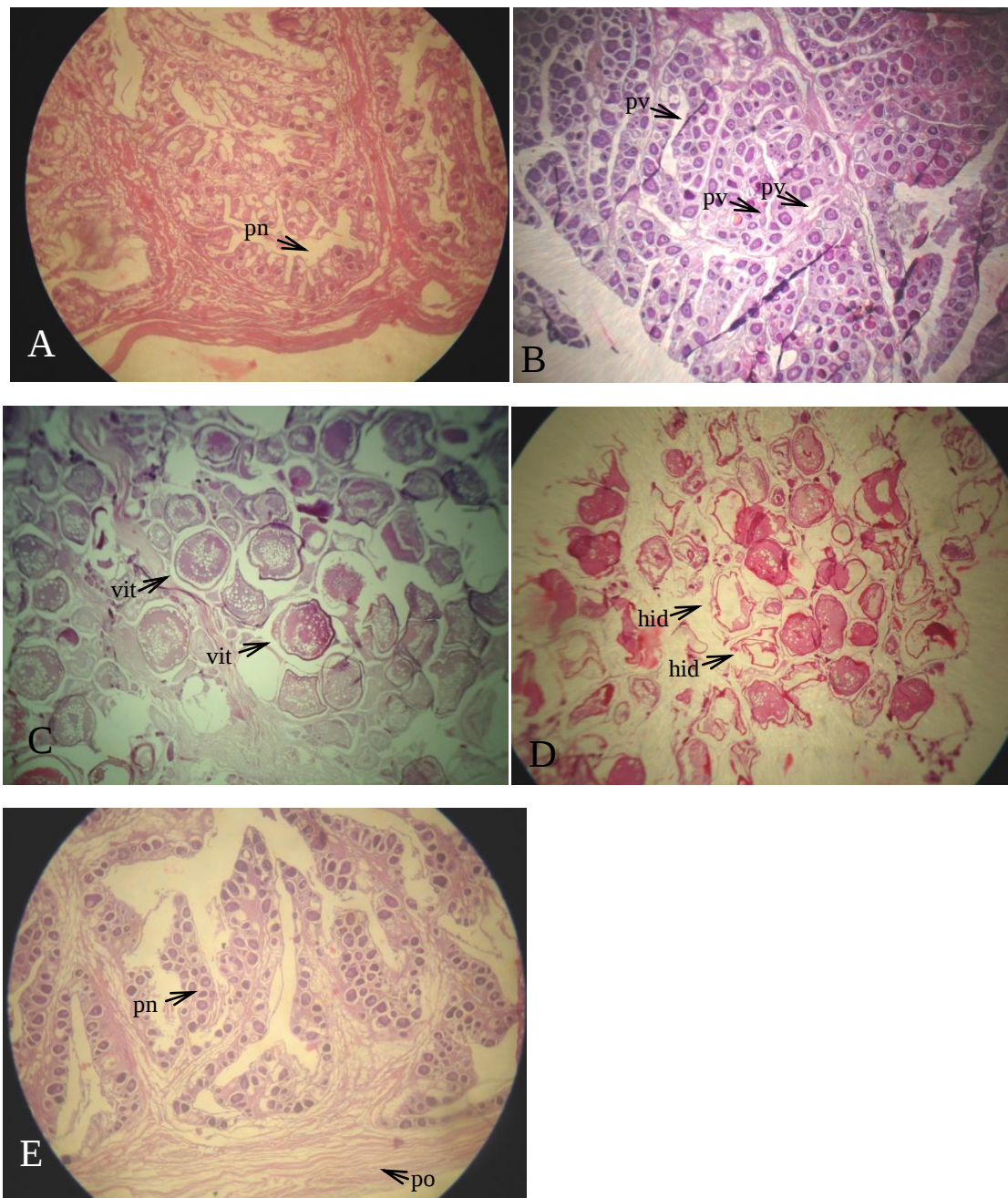


Figura 10- Estágios maturacionais das gônadas de fêmeas de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006. A-imatura (pn-ovócitos perinucleolar); B-em maturação (pv-ovócito pré-vitelogênicos); C-madura (vit-ovócitos vitelogênicos); D-desovando (hid-ovócitos hidratados) e E-repouso (po-parede ovariana)

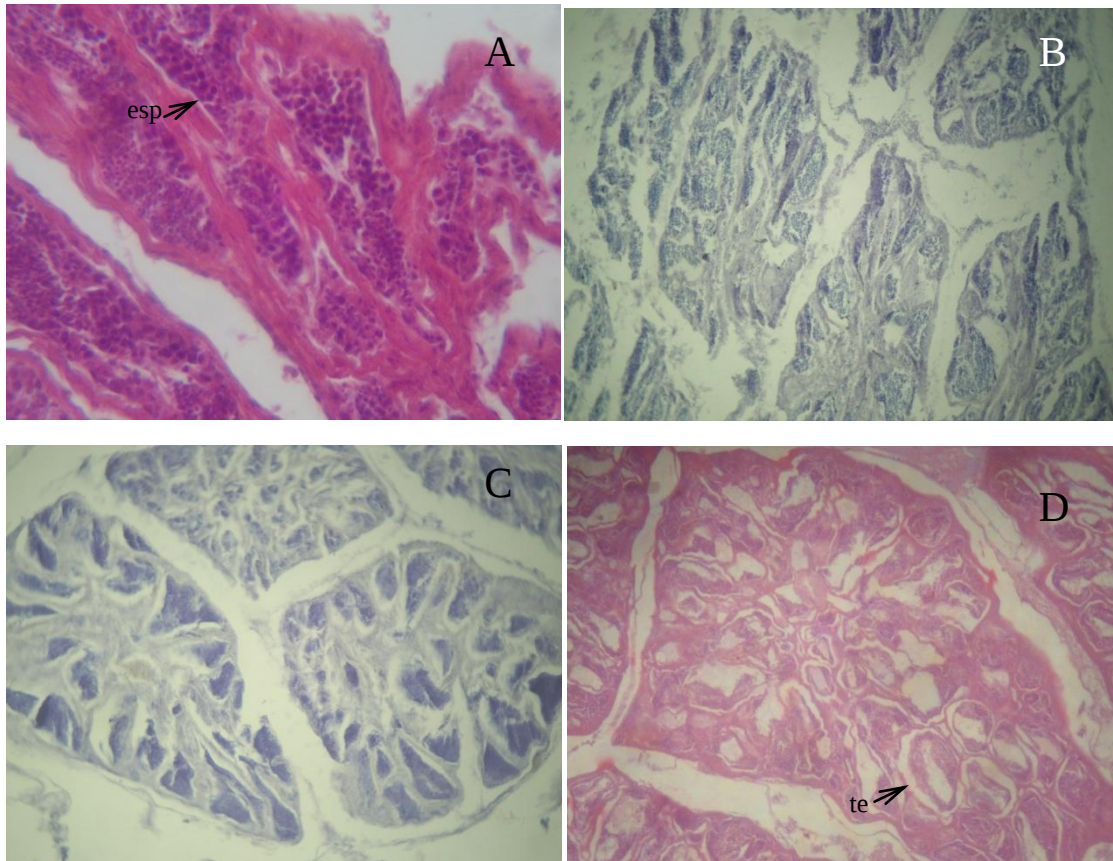


Figura 11- Estágios de maturacionais das gônadas de machos de agulhão branco, *Tetrapturus albidus*, capturado do Atlântico Sul e Equatorial, durante o período de novembro de 2004 a dezembro de 2006. A-imaturo (spg - espermatogônia); B-em maturação; C-maturo; D-gasto (te-túbulo seminífero esvaziado).

ANEXOS

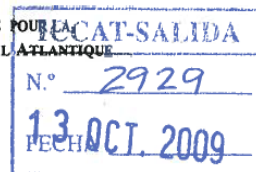
ANEXO I

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE
CONSERVATION OF ATLANTIC TUNAS



COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA
CONSERVACIÓN DEL ATÚN ATLÁNTICO

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA
CONSERVATION DES THONIDES DE L'ATLANTIQUE



Madrid – October 13, 2009

Dr. Fabio Hazin
Commission Chairman
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Pesca e Aquicultura – DEPAq
Rua Desembargador Célio de Castro Montenegro, 32 - Apto 1702
Monteiro Recife
Pernambuco
Brazil

SUBJECT: PUBLICATION OF DOCUMENT SCRS/2009/173

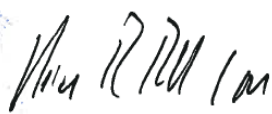
Dear Dr. Hazin:

We hereby confirm that the following document (SCRS/2009/173) which was submitted to the 2009 meeting of the ICCAT Standing Committee on Research and Statistics (SCRS) was accepted for inclusion in the ICCAT *Collective Volume of Scientific Papers* (2010).

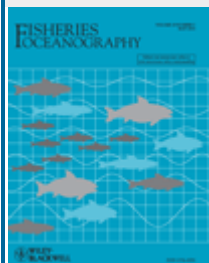
“Diet of the white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the southwestern equatorial Atlantic Ocean”
by Pinheiro P.B., Vaske Júnior, T., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Tolotti, M.T., and Barbosa, T.M.

As you know, the Collective Volume series is published on CD and is available on the ICCAT web site.

Please accept the assurances of my highest consideration.



Driss Meski
Executive Secretary

ANEXO II



Fisheries Oceanography

Journal compilation © 2010 Blackwell Publishing

Author Guidelines

Fisheries Oceanography publishes original papers, reviews and short communications on research relating the production and dynamics of fished populations to the marine environment. Papers on physical, chemical or biological oceanography which describe the environment of fished species and identify factors affecting their recruitment and abundance are welcome. As well as studies of commercially exploited species, related research on other higher trophic levels is included: nekton, benthos, and zooplankton. Papers on operational fisheries oceanography are also suitable.

The journal also publishes book reviews, usually commissioned by the Editor-in-Chief. All book review manuscripts and communications about book reviews should be sent to the Editor-in-Chief.

Many, but not all, review articles are by invitation.

Articles should conform to the following limits on length:

Research papers: 3000-7500 words (6 to 15 journal pages)

Reviews: no more than 6000 words (12 journal pages).

Short Communications: no more than 2000 words (4 journal pages)

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted electronically via the online submission site:

<http://mc.manuscriptcentral.com/fog>. The use of an online submission and peer review site enables immediate distribution of manuscripts and consequentially speeds up the review process. It also allows authors to track the status of their own manuscripts. Complete instructions for submitting a paper are available online and below. Further assistance can be obtained from Stephan Druskat at the Editorial Office. Please email: sdruskat@wiley.com.

Getting Started

Launch your web browser (supported browsers include Internet Explorer 6 or higher, Netscape

7.0, 7.1, or 7.2, Safari 1.2.4, or Firefox 1.0.4) and go to the journal's online submission site: <http://mc.manuscriptcentral.com/fog>.

- Log-in or click the 'Create Account' option if you are a first-time user.
- If you are creating a new account.
 - After clicking on 'Create Account', enter your name and e-mail information and click 'Next'. (Your e-mail information is very important).
 - Enter your institution and address information as appropriate, and then click 'Next'.
 - Enter a user ID and password of your choice (we recommend using your e-mail address as your user ID), then select your area of expertise. Click 'Finish'.
- If you have an account, but have forgotten your log in details, go to 'Password Help' and enter your e-mail address. The system will send you an automatic user ID and a new temporary password.
- Log-in and select 'Author Centre'.

Submitting Your Manuscript

- After you have logged in, click the 'Submit a new Manuscript' link in the menu bar.
- Enter data and answer questions as appropriate. You may copy and paste directly from your manuscript and you may upload your pre-prepared covering letter.
- Click the 'Next' button on each screen to save your work and advance to the next screen.
- You are required to upload your files.
 - Click on the 'Browse' button and locate the file on your computer.
 - Select the designation of each file in the drop-down menu next to the Browse button.
 - When you have selected all files you wish to upload, click the 'Upload Files' button.
- Review your submission (in HTML and PDF format) before sending to the Journal. Click the 'Submit' button when you are finished reviewing.

Manuscript Files Accepted

Manuscripts and tables should be uploaded as Word (.doc) or Rich Text Format (.rtf) files (not write-protected) plus separate figure files. The files will be automatically converted to HTML and PDF on upload and will be used for the review process. The text file must contain the entire manuscript including title page, abstract, text, references, tables, and figure legends, but **no** embedded figures, e. g. figures in Word (.doc) or PowerPoint (.ppt). Figure tags should be included in the file. Manuscripts should be formatted as described in the Author Guidelines below.

Please address queries concerning the filetypes for submission to sdruskat@wiley.com.

Please note that any manuscripts uploaded as PDF or Word 2007 (.docx) will be automatically rejected. Please save any .docx file as .doc before uploading.

For detailed instructions please see the section *Presentation of Manuscripts* below.

Figure files

The image quality is a criterion for manuscript evaluation. Manuscripts with inadequate images

will be returned to authors.

Only high-resolution TIFF or EPS files are suitable for printing. Please use:

- **EPS** for **line art** or **combination images** of photographs and labelling/lines
- **TIFF** at a resolution of **300 dpi** at final size for **photographic images**, and **600 dpi** at final size for **line art** or **combination images**

If you create your figures using data analysis and graphing software (e.g. Origin), please export the graphs as EPS files. If you require any assistance with creating graphs suitable for printing, please contact the [Editorial Office](#).

For detailed instructions please see the section *Presentation of Manuscripts* below.

Blinded Review

All manuscripts submitted to Fisheries Oceanography will be reviewed by two experts in the field. Fisheries Oceanography uses single-blinded review. The names of the reviewers will thus not be disclosed to the author submitting a paper.

Suggest a Reviewer

Fisheries Oceanography attempts to keep the review process as short as possible to enable rapid publication of new scientific data. In order to facilitate this process, please suggest the names and current e-mail addresses of two potential international reviewers whom you consider capable of reviewing your manuscript. In addition to your choice, the journal editor may seek the advice of an additional reviewer in the event of a conflict of opinion.

Suspension of Submission Mid-way in the Submission Process

You may suspend a submission at any phase before clicking the 'Submit' button and save it to submit later. The manuscript can then be located under 'Unsubmitted Manuscripts' and you can click on 'Continue Submission' to continue your submission when you choose to.

E-mail Confirmation of Submission

After submission you will receive an e-mail to confirm receipt of your manuscript. If you do not receive the confirmation e-mail after 24 hours, please check your e-mail address carefully in the system. If the e-mail address is correct please contact your IT department. The error may be caused by spam filtering software on your e-mail server. Also, the e-mails should be received if the IT department adds our e-mail server (uranus.scholarone.com) to their whitelist.

Manuscript Status

You can access Manuscript Central any time to check your 'Author Centre' for the status of your manuscript. The Journal will inform you by e-mail once a decision has been made.

Submission of Revised Manuscripts

When resubmitting an article following initial review, it is helpful if you list the points raised by the reviewers and identify how you have addressed each of these (with reference, where appropriate, to the page number(s) in the text). If you disagree with a point raised by a referee, please provide a detailed explanation for this. The Editor will reconsider your manuscript in the light of your comments and modifications and refer the work back to the original referees, or to additional referees, as appropriate. Please resubmit your paper on Manuscript Central.

Revised manuscripts must be uploaded within 2 months of authors being notified of conditional acceptance pending satisfactory revision. Locate your manuscript under 'Manuscripts with Decisions' and click on 'Submit a Revision' to submit your revised manuscript. Please remember to delete any old files uploaded when you upload your revised manuscript. Please also remember to upload your manuscript document separate from your title page.

Copyright

Authors will be required to sign a Copyright Transfer Agreement (CTA) for all papers accepted for publication. Signature of the CTA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Copyright Transfer Agreement does not affect ownership of copyright in the material. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various media/circumstances (please see the form for further details). To assist authors an appropriate form will be supplied by the editorial office.

Alternatively, authors may like to download a copy of the form [here](#).

Authors are themselves responsible for obtaining permission to reproduce copyright material from other sources. Authors must give signed consent to publication in a letter sent with the paper, but permission to use material elsewhere (e.g. in review articles) will normally be granted upon request.

Fisheries Oceanography now offers **OnlineOpen**. OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley InterScience, as well as deposited in the funding agency's preferred archive.

For the full list of terms and conditions, see

http://www3.interscience.wiley.com/authorresources/onlineopen.html#OnlineOpen_Terms.

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: https://secure.interscience.wiley.com/funded_access.html.

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Online Early

Fisheries Oceanography is covered by Blackwell Publishing's OnlineEarly service.

OnlineEarly articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. OnlineEarly articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of OnlineEarly articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so OnlineEarly articles cannot be cited in the traditional way.

They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

Presentation of Manuscripts

All text should be in Times New Roman double-line spaced with 30mm right and left margins. The title, authors' names, addresses, identified corresponding author, contact information (including email) and running title should all be left aligned on a separate first page.

The title should be in 14pt bold lower case, authors in 12pt bold capitals and addresses in 12pt italic lower case.

Where there is more than one author's address, add a superscript following each author's name and a corresponding numeral preceding each address.

Give key words after the **Abstract**.

Main headings should be in 12pt bold capitals left aligned, each to begin on a new page.

Sub-headings should be left aligned in 12pt italic lower case.

Do not number sections.

The main text should be in 12pt and should be justified.

Do not leave a line space between paragraphs. Instead, indent the first line of each new paragraph (except the first paragraph of each new section).

Page numbers should be centred at the bottom of the page.

All organisms should be identified by taxonomic name (in italics) the first time they are used.

Give all abbreviations in full the first time they are used.

All formulae should be numbered consecutively in brackets at extreme right of the page.

Abstracts

Each article should include a one-paragraph abstract of not more than 250 words that begins on a separate page and is complete without reference to the text. Key words for indexing should be listed at the end of the abstract.

Language

All papers must be written in English. American or UK spelling can be used, but must be consistent throughout the paper. If a manuscript is otherwise acceptable but the standard of English unsatisfactory, the editorial office will, with the agreement of the author, arrange technical editing of the manuscript by a qualified scientist. In such cases, the journal will make a page charge of \$10 per manuscript page. Otherwise no page charges will be levied. All papers will routinely be copy-edited by the publishers.

Units

Use SI units throughout, where possible. For non SI units (e.g. knots, Svedrups) write the unit in full and define the abbreviation used at first mention, e.g. 'at a towing speed of 2 knots (kn, 1 knot = $\sim 1 \text{ m s}^{-1}$)'. Generally, use spaces between the quantity and the unit, but not between the unit and any raising power (e.g. 13 kg m^{-2}).

Salinity

Salinity is dimensionless with no units; psu, ppt, or similar should not be used. Salinity should be referred to, for example, as 'the salinity was 36.26 at the surface.....spawning took place in water of salinities > 30.0 '. Table headings, figure legends etc. should appear just as - Salinity.

Taxonomic Names

Common names of organisms may be used, but all organisms must be identified by proper

taxonomic names the first time they are used in the text.

Figures

Figures should be referred to as e.g. Fig. 2, Fig. 2b, c or Figs 9 and 10 - whether in the main body of the text or in brackets, except at the beginning of sentences where it is in full e.g. Figure 9.

All illustrations and lettering should be capable of 66% to 50% reduction without loss of clarity or legibility. Ensure consistency in fonts, line thickness and style. Very thin lines do not reproduce clearly. Avoid using tints, a coarse stipple reproduces more clearly.

Perform a visual check of images by zooming in to 300%. Suitable images will not become noticeably blurred or pixelated.

Ideally line graphics should be saved in TIFF or EPS format at 600dpi, and halftone figures (colour or greyscale) should be saved as 300dpi TIFF files.

Please address queries concerning the filetypes for submission to sdruskat@wiley.com.

In the full-text online edition of the journal, figure legends may be truncated in abbreviated links to the full screen version. Therefore, the first 100 characters of any legend should inform the reader of key aspects of the figure.

Figure legends should be typed double-spaced on a separate sheet. Authors wishing to include colour plates in a paper should contact the Editor-in-Chief.

Colour illustrations

It is the policy of *Fisheries Oceanography* for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork.

Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Blackwell Publishing require you to complete and return a colour work agreement form before your paper can be published. This form can be [downloaded as a PDF](#) from the internet. If you are unable to access the internet, or are unable to download the form, please contact the Production Editor at the address below and they will be able to email or FAX a form to you.

Once completed, please return the form to the Production Editor at the address below.

Joan Seah
Production Editor
Journal Content Management Department
Wiley Services Singapore Pte Ltd
600 North Bridge Road, # 05-01
Parkview Square, Singapore 188778
t +65 6511 8041; f +65 6511 8288
email jseah@wiley.com

Any article received by Blackwell Publishing with colour work will not be published until the form has been returned.

Tables

Tables must be typed double-spaced, without vertical rules, and should not duplicate material in the text or illustrations. All tables should have complete but brief headings, be typed on separate sheets of paper, and be numbered consecutively within the text. Only use horizontal rules to separate the column headers from the main table and at the top and bottom of the table; do not use horizontal rules to separate each line of data. The first letter of text phrases used as column and row headers should be capitalised. The 'Table number' should be in bold but the remainder of the text of the heading is to be in standard weight, e.g. **Table 2.** Correlation coefficients and significance levels.

References

Only full articles which have been published or are 'in press' may be included in the reference list. Papers 'submitted' or 'in prep.' are not permitted. In the text, unpublished studies should be referred to as such or as a personal communication together with an abbreviated address of the source (e.g. R. Swain, Vancouver University, USA, pers. comm.). References should be inserted in parentheses, as follows: (Cushing, 1989; Young *et al.*, 1986). The reference list should be in alphabetical order according to first-named author. Papers with two authors should follow those of the first-named author, arranged in alphabetical order according to the name of the second author. Articles with more than two authors should follow in chronological order. All authors' names and the title of the article must be included. Any web references must include the date of last access.

Ensure that all references occurring in the text are present in the reference list and that correspondingly there are none that are found solely in the reference list. Standard abbreviations of journal titles should be used, following the *American National Standard for Abbreviations of Titles of Periodicals*. The following provide examples:

Periodical:

Cushing, D.H. (1989) A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are only weakly stratified. *J. Plankton Res.* **11**: 1-13.

Young, R.C., Leis, J.M., and Hausfeld, H.F. (1986) Seasonal and spatial distribution of fish larvae in waters over the North West Continental Shelf of Western Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **31**: 209-222.

Book:

Kawasaki, T. (1982) *Pelagic Fish Stocks*. Tokyo: Koseisha-Koseikaku, 327pp. (In Japanese).

Paper or chapter in book:

Sissenwine, M.P. (1984) Why do fish populations vary? In: *Exploitation of Marine Communities*. R.M. May (ed.) Berlin: Springer-Verlag, pp. 59-94.

Note: When there is one Editor it is abbreviated to ed. but more than one Editor is eds (without stop).

PhD Thesis:

O'Toole, K.J. (1977) Investigations into some important fish larvae in the south east Atlantic in relation to the hydrological environment. PhD thesis, University of Cape Town, 273pp.

Published report:

Hunter, J.R. and Alheit, J. (1995) International GLOBEC Small Pelagic Fishes and Climate

Change Program. *GLOBEC Rep. No. 8*: 72pp.

Unpublished paper or report:

Hansen, B., Kristiansen, A. and Reinert, J. (1990) Cod and haddock in Faroese waters and possible climatic influences on them. *ICES C.M. 1990/G:33*, 23pp.

Internal report:

Griffin, D.A. and Lochmann, S.E. (1993) Petrel V cruise 31 to Western Bank, 22 November to 16 December 1992. Halifax, Nova Scotia: Department of Oceanography, Dalhousie University, OPEN Report 1993/1. 105pp.

Review articles use abbreviated references. Example:

Young, P.C. *et al.* (1986) *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **31**: 209-222.

We recommend the use of a tool such as [EndNote](#) or [Reference Manager](#) for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:

<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:

<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

Proofs

Proofs will be sent via e-mail as an Acrobat PDF (portable document format) file. Full instructions will be provided when the proofs are ready. Authors are expected to proofread their article promptly and carefully, correcting all printer's errors. Proofs should be returned within 48 hours of receipt. Because changes to typeset text are expensive, authors making excessive changes will be invoiced by the publisher.

Reprints

Corresponding authors will receive a PDF offprint of their article. Certain terms and conditions which apply to the use of this offprint will be distributed with the offprint. Additional paper offprints may be ordered online. [Please click here](#) and fill in the necessary details, ensuring that you type information in all of the required fields.

If you have queries about offprints please email offprint@cosprinters.com.

Author Services

Author Services enables authors to track their article – once it has been accepted – through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

ANEXO III



Fisheries Research

Introduction

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Viewpoints
4. Short Communications
5. Technical Notes
6. Letters to the Editor
7. Book Reviews
8. Conference Reports

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. *Review articles* should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited. *Viewpoint contributions* provide an opportunity to offer a personal perspective on topical issues relevant to the interests of the Journal. A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 6 printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references). *Conference Reports* provide an analytical review of the significant outcomes of important conferences. They may be submitted by conference associates or solicited by the Editor-in-Chief. *Technical Notes* should be brief descriptions of experimental procedures, technical operations or applied activities within laboratories or in the field. *Letters to the Editor* offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief. *Book Reviews* are included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old. Book reviews will be solicited by the Book Review Editor. Other publications read will be listed. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor:

A.D. McIntyre Emeritus Professor of Fisheries and Oceanography Zoology Department
University of Aberdeen Aberdeen, AB24 2TZ UK E-mail: a.d.mcintyre@abdn.ac.uk

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically

in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses

nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: ➡ <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Please submit your article via ➡ <http://ees.elsevier.com/fish/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential referees.

Page Charges

Fisheries Research has no page charges

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard

or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 5 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords are important because they will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: ➡ <http://www.iupac.org/> for further information.

Authors and Editors are also, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

Accession numbers

Accession numbers are unique identifiers in bioinformatics allocated to nucleotide and protein sequences to allow tracking of different versions of that sequence record and the associated sequence in a data repository [e.g., databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine ('GenBank') and the Worldwide Protein Data Bank]. There are different types of accession numbers in use based on the type of sequence cited, each of which uses a different coding. Authors should explicitly mention the *type of accession number together with the actual number*, bearing in mind that an error in a letter or number can result in a dead link in the online version of the article. Please use the following format: accession number type ID: xxxx (e.g., MMDB ID: 12345; PDB ID: 1TUP). Note that in the final version of the *electronic copy*, accession

numbers will be linked to the appropriate database, enabling readers to go directly to that source from the article.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list. *Table footnotes* Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork *Electronic artwork*

General points

Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.

- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.

Number the illustrations according to their sequence in the text.

- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here. *Formats* Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Present incidental graphics not suitable for mention as figures, plates or schemes at the end of the article and number them "Graphic 1", etc. Their precise position in the text can then be indicated. See further under Electronic artwork. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left, but such embedding should not be done specifically for publishing purposes. Further, high-resolution graphics files must be provided separately.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text. MSc or BSc dissertations are not allowed as bibliographic references, however, theses from higher degrees (e.g. PhD) are allowed. Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately

(e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (☞ <http://www.endnote.com>) and Reference Manager (☞ <http://www.refman.com>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown"

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304. **Journal abbreviations source** Journal names should be abbreviated according to Index Medicus journal abbreviations: ☞ <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>; List of serial title word abbreviations: ☞ <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>; CAS (Chemical Abstracts Service): ☞ <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be

properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a maximum size of 30 MB and running time of 5 minutes. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding

Author: E-mail address

- Full postal address
- Telephone and fax numbers
- All necessary files have been uploaded
- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)

• Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print • If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes For any further information please visit our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com>.

ANEXO IV

BOLETIM TÉCNICO-CIENTÍFICO DO CEPNOR, 2008-V.8, n.1, p. 59-73.

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO NEGRO (*Makaira nigricans* Lacépède, 1803) NO ATLÂNTICO OESTE TROPICAL

Carolina Martins Torres-Silva¹

Paulo Travassos²

Marina Figueiredo¹

Fábio Hazin²

Patrícia Pinheiro³

Francisco Pessoa⁴

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal obter informações sobre a biologia reprodutiva do agulhão negro, contribuindo, desta forma, para a conservação e o manejo da espécie no Oceano Atlântico. As amostras foram coletadas no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005, mensurando-se o comprimento da mandíbula inferior até a furca da nadadeira caudal (MIF) de todos os exemplares amostrados. Das gônadas foi medido o comprimento, largura e peso, identificando-se o sexo. Os estágios microscópicos foram analisados através de cortes histológicos corados com Hematoxilina/Eosina (HE) e examinados em microscópio óptico. Foi amostrado um total de 418 indivíduos, sendo 260 machos e 158 fêmeas, com uma proporção sexual entre machos e fêmeas de 1,6:1,0. O comprimento (MIF) das fêmeas variou de 104 cm a 345 cm, com uma moda na classe de 205 cm a 220 cm. Para os machos, o comprimento variou de 100 cm a 267 cm, com uma moda na classe de 175 cm a 190 cm. A escala microscópica elaborada para a espécie no presente trabalho está

¹ Estudante de Pós-graduação da UFRPE.

² Professor UFRPE (p.travassos@depaq.ufrpe.br)

³ Pesquisador do Laboratório de Ecologia Marinha, do Depto. de Pesca e Aquicultura, da UFRPE.

⁴ Estudante da UFRPE.

composta por 6 estágios maturacionais para as fêmeas e 4 para os machos. O tamanho médio de primeira maturação sexual para as fêmeas foi estimado em 183,5 cm e em 150,1 cm para os machos. O índice gonadal (IG) para as fêmeas no 1º semestre foi mais elevado no mês de abril e no 2º semestre nos meses de setembro e outubro. Para os machos no 1º semestre ocorreu em abril e maio e no 2º semestre nos meses de setembro e outubro, sincronizado com as fêmeas. O tipo de desova observado é parcelado e a costa brasileira pode ser caracterizada como uma área de maturação e repouso, não sendo uma área de desova. A fecundidade em fêmeas com 272 cm a 290 cm (MIF) variou de 2.151.000 a 6.769.060 ovócitos hidratados.

Palavras-chave: Maturação sexual, tamanho de 1ª maturação, fecundidade, índice gonadal

ABSTRACT

This paper has the main objective of gather and confirms information about the species reproductive biology, contributing to a better understanding of the specie. The biologic samples were collected between December 2004 and November 2005. It was measured the fishes length from inferior jaw to the fork (MIF). Also measured were the gonads length and width, weighted and sexed. The microscopic stages were analyzed through histological cuts stained with hematoxilin/eosin and evaluated under optical microscopy. A total of 418 individuals were sampled, being 260 males and 158 females. The MIF length for females ranged from 104 to 345 cm, with a mean of 210 cm. For the males the MIF length ranged from 100 to 267 cm, mean 189 cm. The modal interval identified for the males was between 175 and 190 cm, while for the females was between 205 and 220 cm. The microscopic maturity scale made for the species is composed of 6 stages for the females and 4 stages for the males. The sexual proportion found is 1.6 males for each female. The mean first maturity size for females was 183.5 cm and for males was 150.1 cm. The gonad index for females at the first semester was higher in April, and at the second semester it was higher in September and October. For the males at the first semester it was higher in April and May, at the second semester it was higher in September and October, synchronized with the females. The spawn type observed was the partial one in the Brazilian coast, it was also noted that the study area is not a permanent spawning site. The fecundity varied from 2,151,000 and 6,769,060 oocytes for females between 272 and 290 cm MIF length.

Keyword: Sexual maturation, first maturity size, gonadal index, fecundity

INTRODUÇÃO

O agulhão negro *Makaira nigricans* (Lacépède 1803), vulgarmente conhecido como marlin azul, pertence à Ordem Perciformes e à Família Istiophoridae. É uma espécie oceânica pelágica, que realiza grandes migrações oceânicas, sendo encontrado em regiões tropicais e temperadas do oceano Atlântico, entre 45°N e 40°S (NAKAMURA, 1985), embora a sua presença em regiões temperadas limite-se normalmente aos períodos mais quentes do ano (BRILL et al, 1998). A espécie é mais abundante no Atlântico ocidental do que no oriental, apresentando concentrações particularmente elevadas no Golfo do México, Caribe e costa do Brasil (WISE e DAVIS, 1973).

O agulhão negro tem grande importância ecológica, pois se alimenta de outros peixes pelágicos, ocupando o topo da teia trófica, contribuindo para o equilíbrio do ecossistema marinho (KITCHELL et al., 2006). Sua alimentação é bastante diversificada, embora apresente preferência por atuns, bonitos, serras, cavalinhas, dourados, lulas e sépia (OVICHINNIKOV, 1970 e BARBOSA et al., 2005). De hábito solitário, geralmente nadam sozinhos, exceto no período reprodutivo, quando formam pequenos grupos para desova. Os peixes mais jovens dessa espécie possuem um crescimento rápido, porém as fêmeas crescem com mais rapidez e alcançam um tamanho máximo superior ao dos machos (ICCAT, 2001). Em média, o agulhão negro é capturado com peso variando entre 136 a 180 kg, sendo geralmente as fêmeas os animais mais pesados. O comprimento dos peixes capturados no oceano Atlântico varia em média entre 230 a 345 cm.

Embora não seja espécie-alvo das pescarias dirigidas aos atuns e afins, o agulhão negro é capturado em grandes quantidades pela pesca oceânica dirigida a estes recursos, a exemplo da albacora laje (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788), da albacora bandolim (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) e da albacora branca (*Thunnus alalunga* Bonnaterre, 1788), além do espadarte (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758); todas estas espécies são capturadas, principalmente, com espinhel pelágico (NAKAMURA, 1975). O agulhão negro constitui-se, assim, em um importante representante da fauna acompanhante desta pescaria, sendo capturado em praticamente toda a sua área de ocorrência no oceano Atlântico (ICCAT, 2007). Entretanto, apesar de não ser a espécie-alvo dessa pescaria, a

frota atuneira espinheleira que opera no Atlântico constitui-se na maior fonte de mortalidade da espécie. Em 2004, das 2.145 toneladas de agulhão negro capturadas em todo o Atlântico, 1.386 t foram oriundas da pescaria direcionada para os atuns, representando uma participação de quase 65% (ICCAT, 2007). Este fato está diretamente associado a algumas características biológicas do agulhão negro, como distribuição e hábito alimentar, as quais, por serem similares as dos atuns, torna-os vulneráveis à exploração pesqueira pela frota atuneira de vários países.

Uma outra fonte importante de mortalidade por pesca do agulhão negro é a atividade de pesca com rede de emalhe praticada por Ghana. Nesta pescaria a espécie representou cerca de 22% da captura total em 2004, com um valor médio de 27% para o período 2000-2005 (ICCAT, 2006). A espécie é também bastante visada pela pesca recreativa, principalmente no mar do Caribe e Estados Unidos, onde a mesma se encontra bastante consolidada e ainda em crescimento. Neste caso, entretanto, na maior parte dos torneios de pesca esportiva realizados, os exemplares capturados são liberados vivos de volta ao mar, havendo, provavelmente, uma mortalidade muito baixa nesta atividade.

No Brasil, a pesca de atuns e afins com espinhel também apresenta uma captura relativamente elevada do agulhão negro. Em 2005, o País participou com 16,6 % da produção total no Atlântico (3.676 t), sendo um dos principais países responsáveis pelas capturas do agulhão negro. Em média, a participação brasileira nas capturas do Atlântico é de cerca de 17%, de acordo com os dados obtidos para o período de 2000 a 2005 (ICCAT, 2007). Este fato está associado à elevada concentração da espécie ao largo da costa brasileira, principalmente no primeiro e quarto trimestres do ano.

No oceano Atlântico, a Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT), considera a existência de um único estoque de agulhão negro (GRAVES e MCDOWELL, 2001). Desta forma, só um órgão internacional de gestão pesqueira poderia levar a termo a conservação deste estoque, com medidas de controle e monitoramento para todos os países que pescam a espécie neste oceano. Dentre elas está o estabelecimento de quotas de captura para o agulhão negro, que para o Brasil é de 253 t de peso vivo. Entretanto, por ser fauna acompanhante da pescaria, existem ainda dificuldades relativas à gestão, principalmente no que se refere às deficiências na coleta de dados e à

escassez de trabalhos científicos que permitam melhor conhecer a biologia da espécie, ambos de extrema importância para a avaliação do estoque.

Neste contexto, o presente trabalho, pretende contribuir com o aporte de novas informações sobre diversos aspectos da biologia reprodutiva do agulhão negro, promovendo um aumento nos conhecimentos da dinâmica populacional da espécie, e, assim, contribuir para uma adequada gestão do seu estoque.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras

As amostras (418 gônadas) foram coletadas no Atlântico oeste tropical entre 7°N e 24°S (a oeste de 16°W), no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005. As coletas foram efetuadas por observadores de bordo embarcados em atuneiros estrangeiros arrendados (Programa Nacional de Observador de Bordo), que operaram com espinhel na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e em águas internacionais adjacentes.

De acordo com a instrução normativa da ICCAT (2002), todos os exemplares de agulhão negro que se encontrarem vivos na hora do recolhimento do espinhel pelágico, deverão ser devolvidos imediatamente ao mar, e os exemplares que se encontrarem mortos deverão ser embarcados, coletado material biológico para fins de pesquisa e doados ao desembarcarem, no porto, para instituições de caridades

Os exemplares embarcados, foram medidos (comprimento da mandíbula inferior à furca da nadadeira caudal - MIF) em cm e dissecados para a coleta das gônadas, cujas amostras foram etiquetadas (número da amostra, data e comprimento do peixe) e conservadas em baixas temperaturas (-20°C) na câmara frigorífica da embarcação, até o momento do desembarque. Em terra, essas amostras foram levadas ao Laboratório de Ecologia Marinha (LEMAR), do Departamento de Pesca e Aquicultura, da UFRPE, onde foram realizadas a biometria das gônadas (comprimento, largura e peso) utilizando trena, paquímetro e uma balança digital e a identificação dos sexos. As amostras foram, em seguida, colocadas em solução fixadora (formol 10%) por 72 horas, após as quais se efetuou a retirada de uma sub-amostra (1g) da porção mediana das gônadas

para uma solução conservadora de álcool a 70%, visando à posterior análise microscópica e determinação do estágio de maturação sexual.

Classificação macro e microscópica dos estágios de maturação sexual

Os estágios macroscópicos de maturação das gônadas foram determinados de acordo com a escala descrita por Ovichinnikov (1970) que descreve seis estágios para machos e fêmeas. Como complemento à análise macroscópica, foram realizados cortes histológicos nas gônadas, os quais foram submetidos à inclusão de parafina. Em seguida esses cortes foram seccionados em micrótomo (6 µm), corados com Hematoxilina/Eosina (HE) e examinados com o auxílio de um microscópio óptico para determinação do estágio de maturação gonadal. Na inexistência de uma escala específica para o agulhão negro, utilizou-se a escala descrita por Jolley (1977) que descreve cinco estágio de desenvolvimento ovariano para o agulhão vela (*Isthiophorus platypterus* Shaw, 1792) e, de forma complementar, a de Albaret (1977), composta de seis estágios para as fêmeas e três estágios para os machos de albacora laje (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) definindo-se, em seguida, uma escala microscópica própria para o agulhão negro.

As relações entre as medidas de peso da gônada e comprimento individual foram ajustadas ao modelo exponencial do tipo $Y = aX^b$, sendo $\ln A = a$. Os parâmetros **a** e **b** são os coeficientes linear e angular da equação estimados pelo método dos mínimos quadrados.

Proporção sexual e determinação do tamanho de primeira maturação gonadal sexual

A proporção sexual foi estimada através da relação do número total de machos e de fêmeas para todos os meses de coleta, por classe de comprimento e desenvolvimento gonadal, aplicando-se o teste não paramétrico do qui-quadrado (χ^2), ao nível de 5% de significância (MENDES, 1999), para se identificar a existência de diferenças estatisticamente significativas nas proporções entre os sexos.

Para a determinação do comprimento médio de primeira maturação gonadal, correspondente ao tamanho no qual pelo menos 50% dos indivíduos de uma população encontram-se potencialmente capazes de se reproduzir (L_{50}) (FONTELES FILHO, 1989), foi utilizada a frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento (MIF), através da função logística da fórmula, adaptada para o agulhão negro.

$$Mf = 1/[1+\exp (a+b*MIF)],$$

onde Mf é a fração dos indivíduos que se encontram a partir do estágio de maturação (b).

Determinação do Índice Gonadal (IG), da área e época de desova

Para se avaliar a sazonalidade da atividade reprodutiva do agulhão negro, utilizou-se o Índice Gonadal (IG), calculado de acordo com a equação $IG = (PG \times 10^5) * MIF^3$, proposta por Schaeffer e Orange (1956). Esta equação foi aplicada apenas aos indivíduos adultos, onde PG é o peso das gônadas (g) e MIF é o comprimento da mandíbula inferior à furca caudal (cm). A época de desova foi determinada através da distribuição mensal do IG das fêmeas e da frequência mensal dos diferentes estágios maturacionais (VAZZOLER 1996). Como análise complementar, foi feita a distribuição espaço-temporal dessas informações para se determinar a provável área de desova da espécie, através do programa ArcView.

Determinação do tipo de desova e fecundidade

O tipo de desova é o modo como às fêmeas liberam seus ovócitos maduros durante um período reprodutivo, podendo ser total ou parcelado, dependendo da frequência de tamanho dos ovócitos de uma mesma gônada (VAZZOLER, 1996). Para determinar o tipo de desova foram utilizadas gônadas de 5 fêmeas maduras, medindo-se os ovócitos através de um microscópio óptico, com auxílio de uma lente ocular com retículo micrométrico. A fecundidade foi estimada através do exame de 6 fêmeas maduras, de cujas gônadas foram retiradas 3 amostras de 1 g. As três porções de uma grama foram contadas, uma por vez, com o auxílio de uma Lupa, retirando a média de número de ovos. A fecundidade foi estimada através da contagem do número de ovócitos hidratados, extrapolando-se este resultado para o peso total das gônadas (AROCHA et al., 1997, AROCHA, 2005). Também foi verificada a distribuição de frequência do diâmetro (300 ovócitos), para auxiliar a identificação do tipo de desova e o tamanho em que o ovócito encontra-se pronto para a mesma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 418 indivíduos foi amostrado durante os meses de coleta, dos quais 260 eram machos e 158 fêmeas. Houve predominância de machos na maioria dos meses amostrados, exceto em maio e junho, quando as fêmeas foram mais numerosas.

A proporção sexual para todo período analisado, foi de 1,6 machos:1,0 fêmea, a se considerar um total de 260 machos (62,2%) e de 158 fêmeas (37,8%). O teste de qui-quadrado (χ^2), aplicado ao nível de 5% de significância, demonstrou uma diferença significativa na proporção sexual entre os sexos), predomínio dos machos ($\chi^2_{\text{calculado}} = 61,29 > \chi^2_{\text{tabelado}} = 19,68$). Diferenças estatísticas significantes nas proporções de machos e fêmeas, foram observadas nos meses de dezembro 2004 e em março, abril e outubro de 2005. Em todos os casos ocorreu a predominância dos machos. As diferenças mais significativas ocorreram em março e abril.

Tabela 1: Frequência da ocorrência entre machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Meses	Frequência				Total	Teste	Proporção (m/f)
	machos		fêmeas				
	n	%	n	%			
dez	29	67,4	14	32,6	43	5,232*	2,1
jan	5	41,7	7	58,3	12	0,333	0,7
fev	6	60,0	4	40,0	10	0,400	1,5
mar	35	81,4	8	18,6	43	16,953*	4,4
abr	35	85,4	6	14,6	41	20,512*	5,8
mai	8	47,1	9	52,9	17	0,059	0,9
jun	11	34,4	21	65,6	32	3,125	0,5
jul	5	55,6	4	44,4	9	0,111	1,3
ago	20	51,3	19	48,7	39	0,026	1,1
set	26	56,5	20	43,5	46	0,783	1,3
out	33	76,7	10	23,3	43	12,302*	3,3
nov	47	56,6	36	43,4	83	1,458	1,3
Período	260	62,2	158	37,8	418	61,294*	1,6

* = diferença estatística significativa.

Do total de indivíduos medidos (229 machos e 145 fêmeas) os quais foram possíveis de identificar, suas medidas, nas etiquetas após descongeladas em laboratório, observou-se que as fêmeas variaram de 126 a 345 cm, com moda na classe de comprimento de 205 a 220 cm. Para os machos, os comprimentos variaram de 100 a 267 cm, com uma moda na classe de 175 a 190 cm (Figura 1). Estes resultados foram também observados por Nakamura (1975), em estudo realizado para a mesma espécie no Atlântico tropical. Trabalhos realizados com outras espécies mostram também esta tendência. Oliveira (2006) obteve o mesmo tipo de resultado para o agulhão branco (*Tetrapturus albidus*), na mesma área de estudo do presente trabalho.

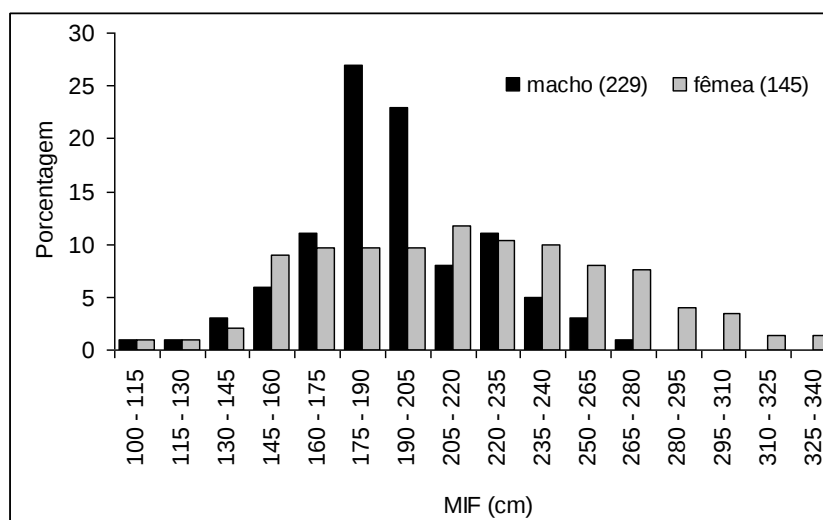


Figura 1 – Distribuição da frequência de comprimento (MIF) de machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*) no Atlântico oeste tropical, por sexo, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

No que se refere aos estágios de maturação gonadal, observou-se, através da análise macroscópica, uma predominância de indivíduos em maturação para ambos os sexos, correspondendo a 62% (machos) dos machos e 44% (fêmeas) das fêmeas ao longo dos meses amostrados. Os ovários das fêmeas variaram no tamanho, forma e coloração de acordo com o estágio de desenvolvimento maturacional. Nos estágios mais avançados foi possível observar uma diferença com relação ao comprimento de ambas as gônadas. As fêmeas apresentaram o comprimento dos ovários variando de 4,1 a 97,0 cm, o peso entre 6 e 12.180 g e a largura entre 0,5 e 11,0 cm. Os testículos continham, nos estágios avançados, líquido seminal de cor branca, com certa consistência dentro do canal seminal. Para os machos, o comprimento das gônadas variou entre 5,0 e 58,0 cm, o peso entre 3 e 1.358 g e a largura entre 0,3 a 7,4 cm.

Quanto à coloração, os resultados aqui obtidos estão de acordo com o que foi relatado por Nakamura (1985), a qual varia da cor branca opaca à alaranjada, de acordo com os estágios maturacionais. Yeo (1978) observou também, para ambos os sexos, que as gônadas possuem tamanhos diferentes, sendo a esquerda maior. Porém, de acordo com Ovichinnikov (1977), a gônada direita é a que possui o maior comprimento. No presente estudo observou-se também esta diferença, mas não foi possível, entretanto, definir qual das gônadas era a maior, em decorrência de problemas de amostragens.

A análise histológica das gônadas de 201 machos e 149 fêmeas permitiu elaborar uma escala de maturação sexual para o agulhão negro composta por quatro estágios para os machos e seis para fêmeas (Tabela 2; Figuras 2 e 3). Esta foi a primeira escala elaborada para a espécie, constituindo-se, portanto, em importante referência para futuros estudos sobre a biologia do agulhão negro no Atlântico.

Tabela 2 – Características microscópicas das gônadas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturado no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Estádio gonadal	Sexo	
	Fêmea	Macho
I (imatauro)	Presença de células germinativas jovens em abundância, estroma ovariano destacado, observando-se uniformidade celular em ninhos próximos da camada de sustentação, formados pelo tecido conjuntivo. Nessa fase não se observa ainda a presença do citoplasma	Ausência de espermatozóides dentro dos lóbulos seminiais, com apenas a formação de células germinativas na parte externa e a descontinuidade epitélio germinal.
II (em maturação)	Contém ovócitos de reserva, ovócitos com vitelogênese lipídica, estroma ovariano e vácuo-septal. No citoplasma observam-se numerosos vacúolos próximos ao núcleo e granulações acidófilas, comprovando a atividade vitelogênica.	Diferentes concentrações de espermatozóides estão presentes no lúmen dos túbulos seminiais associados ao avanço da maturação sexual nos diferentes pontos do testículo.
III (maturação avançada)	Presença predominante de ovócitos com vitelogênese lipídica, poucos ovócitos de reservas e ovócitos em vitelogênese incipiente, estroma ovariano aparente e vácuo-septal. Possui vacúolos lipídicos, nucléolos peri-nucleares e células foliculares entre a membrana e o citoplasma	São observadas grandes quantidades de células espalhadas da periferia até o lúmen dos túbulos, com abundância de espermatozóides em todos os estágios de maturação.
IV (maduro)	Presença de grânulos de vitelo, núcleo bem formados, nucléolos e camada folicular, ovócitos com vitelogênese completa, membrana glicoproteica (tem a função de reconhecer os espermatozóides). No citoplasma, os vacúolos claros e granulações acidófilas se distribuem aleatoriamente, indicando o término da vitelogênese. Ovócitos de reservas ainda são visíveis juntos a camada de sustentação. Os núcleos são grandes e arredondados, indicando uma grande concentração de lipídios no seu interior, sugerindo ovos planctônicos.	Observa-se a presença de espermatozóides em alguns pontos dos túbulos seminiais, mas fica evidente a ausência de espermatozóides em alguns lumens dos túbulos seminiais, evidenciando um período pós-desova.
V (esvaziado)	Presença de folículos ovarianos vazios e as lamelas ovigeras distendidas deixam espaços vazios entre si. Células germinativas jovens e ovócitos de reservas começam a se agrupar junto à camada de sustentação. Não se observa atividade vitelogênica e a reorganização dos ovócitos de reserva em ninhos sugere uma desova parcial, indicando que um novo ciclo de vitelogênese vai se iniciar.	_____
VI (em repouso)	Presença de ovócitos basófilos, ovócitos em vitelogênese inicial com células germinativas jovens começa a aumentar em números, ovócitos de reabsorção dentro do tecido conjuntivo, indicando uma nova organização ovariana. Quando não mais se observam os ovócitos de reabsorção, há semelhança com o estágio imaturo. Os ovócitos de reservas possuem diâmetros maiores, as camadas de sustentação são mais longas e um pouco desorganizadas.	_____

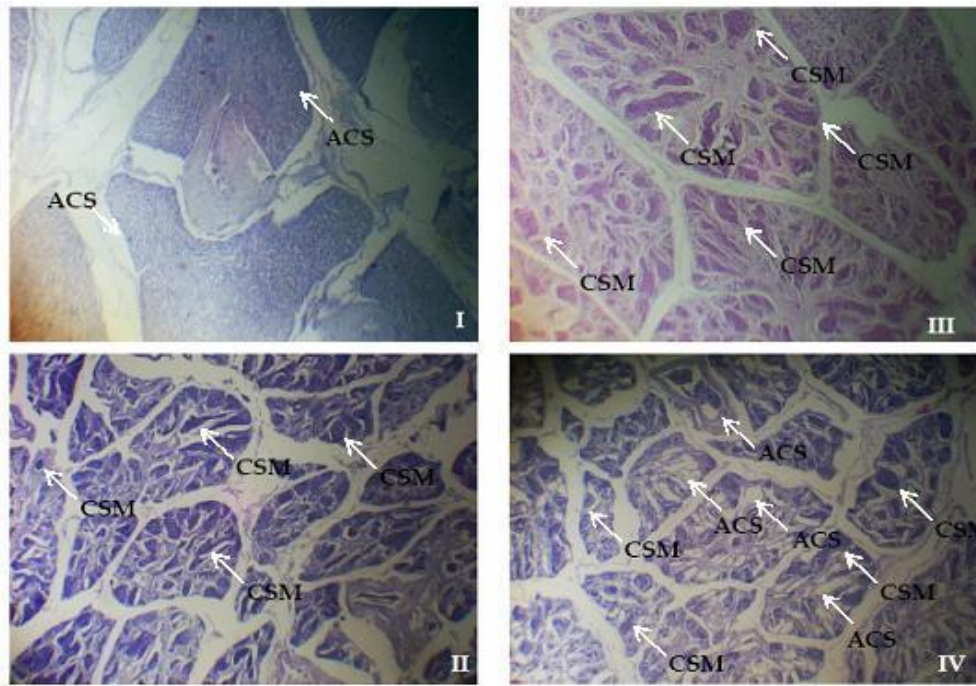


Figura 2 – Fotomicrografias ($\pm 40X$) dos testículos do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais: I – imaturo; II – em maturação; III – maduro e IV – em repouso. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

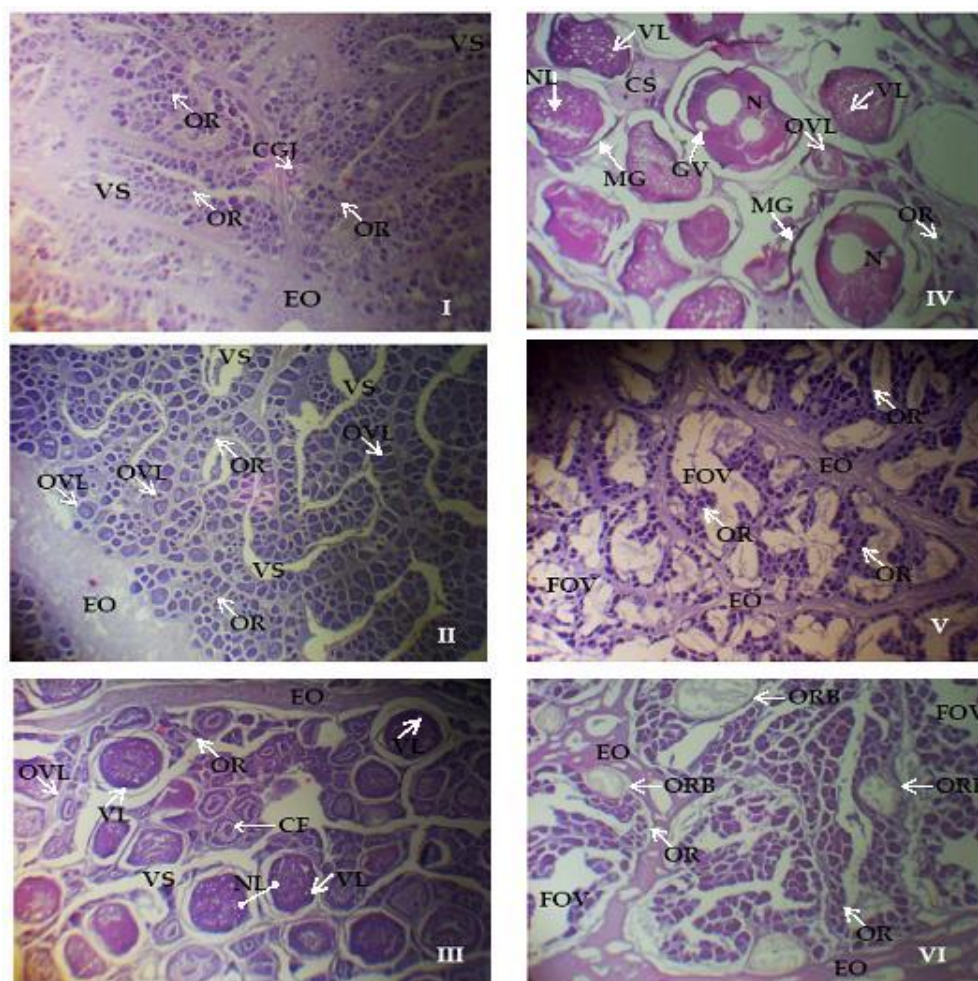


Figura 3 – Fotomicrografias ($\pm 40X$) dos ovários do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais: I – imaturo; II – em maturação; III – em maturação avançada; IV – maduro; V – esvaziado; VI – em repouso. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Através da caracterização microscópica das gônadas, observou-se que a grande maioria dos indivíduos encontrava-se em repouso e principalmente em maturação.

Em decorrência da inexistência de trabalhos que tenham realizado este tipo de estudo para o agulhão negro, foi possível apenas fazer uma análise comparativa com outras espécies da família Istiophoridae. Estudo realizado por Souza (1993) para o agulhão branco, por exemplo, registrou uma grande quantidade de indivíduos em repouso, no Atlântico sudoeste equatorial, mesma área do presente estudo. Através de análise de caracterização dos ovócitos

encontrados em cada estágio maturacional, Arocha et al. (2005) afirmaram que mais de 50% de agulhões branco amostrados no Atlântico oeste (Venezuela e Caribe) se encontravam inativos sexualmente, fato também observado nos agulhões negro no presente trabalho, sugerindo que área de estudo é caracterizada como uma área de maturação e repouso para a espécie.

A análise da distribuição temporal dos estágios de maturação sexual mostrou que em todos os meses ocorreram fêmeas e machos em maturação. Apenas nos meses de setembro e outubro foram observadas fêmeas maduras, enquanto machos maduros ocorreram em todos os meses, exceto em fevereiro, quando os indivíduos analisados se encontravam no estágio II – em maturação. Exemplares imaturos apareceram em maior número no mês de abril para as fêmeas e no mês de maio para os machos (Figura 4).

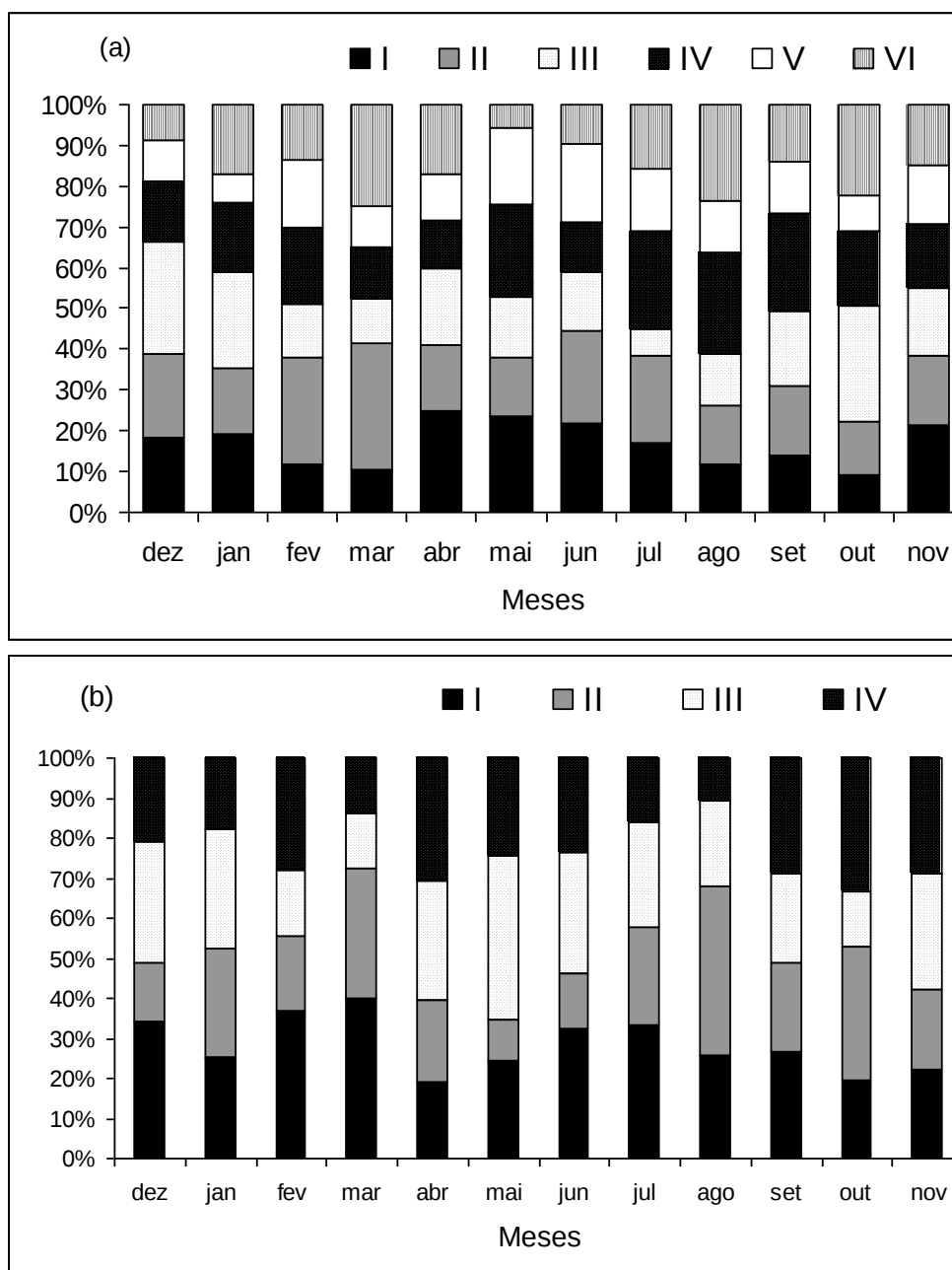


Figura 4 – Distribuição de freqüência relativa mensal para fêmeas (a) e machos (b) do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Os resultados da análise da relação peso da gônada x comprimento do peixe mostraram que para as fêmeas o peso das gônadas aumenta como função do comprimento a partir do segundo estágio de maturação gonadal, embora com mais evidência no estágio IV (maduro), como esperado. Para os machos, este processo também foi observado a partir dos estágios II e III (Figuras 5 e 6).

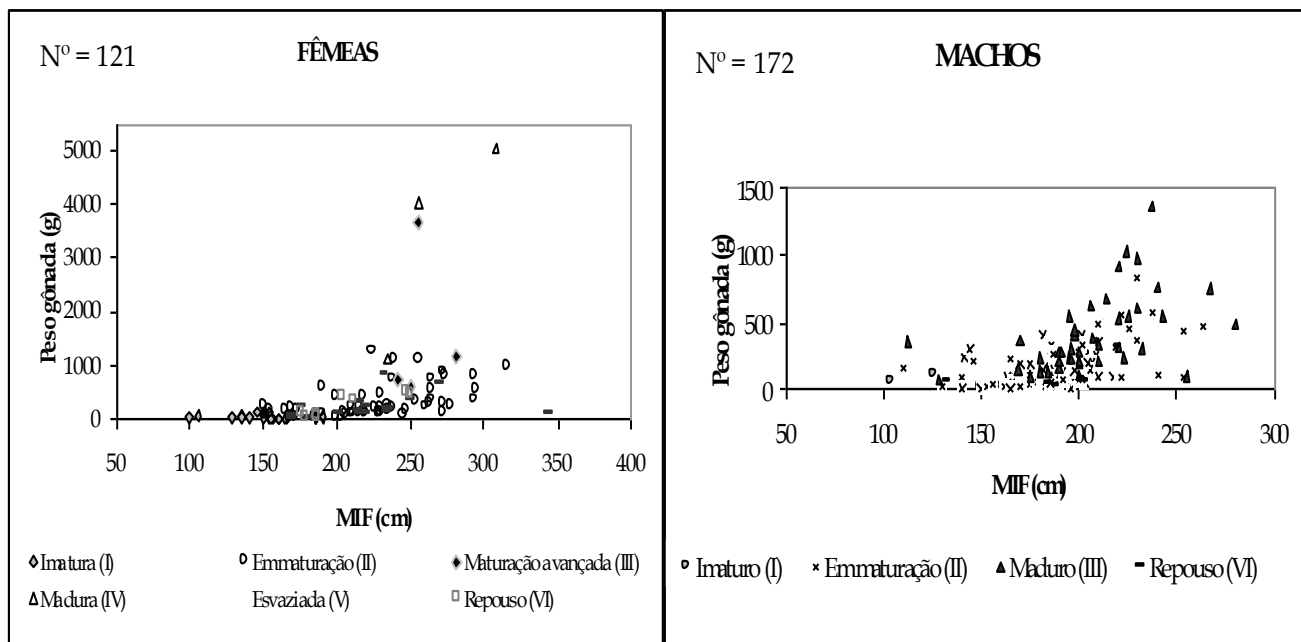


Figura 5 – Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF para machos e fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), por estágios maturacionais. Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

O IG foi estimado para cada indivíduo e analisado por sexo separadamente. As médias mensais para as fêmeas foram mais elevadas em abril, setembro e outubro de 2005, enquanto para os machos elas foram mais elevadas em abril, maio, agosto, setembro e outubro de 2005, em épocas similares as das fêmeas (Figura 6).

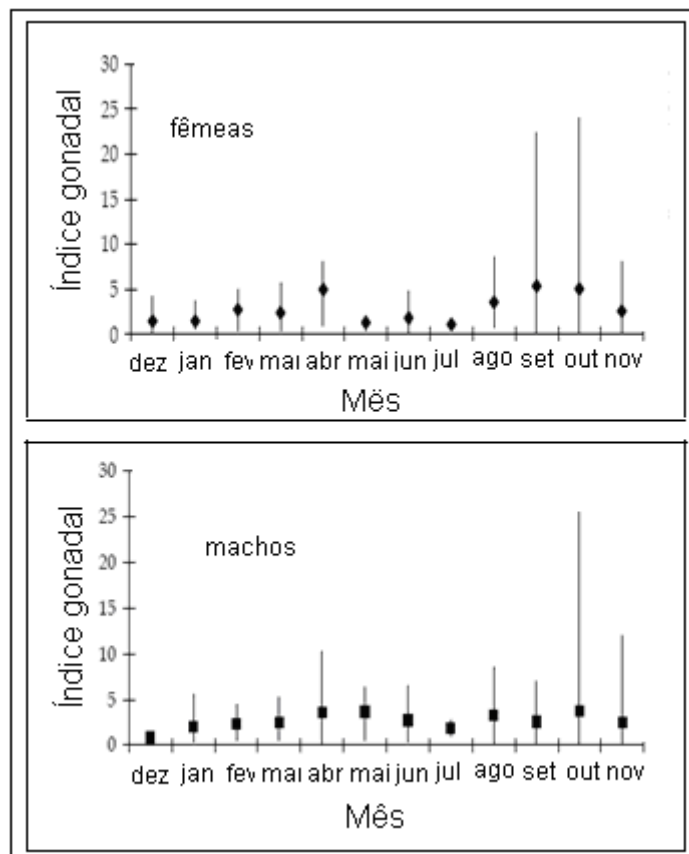


Figura 6 – Distribuição da média mensal do Índice gonadal de fêmeas e machos do agulhão negro (*Makaira nigricans*). Indivíduos capturados no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Segundo Ueyanagi (1970), em trabalho realizado com o agulhão negro no Atlântico, IGs maiores ou iguais a nove estão associados a indivíduos maduros. No presente trabalho, os IGs variaram de 0,011 a 25,482, com a grande maioria situando-se abaixo do valor indicado por Ueyanagi et al. (1970), o que sugere, também, que a área de estudo não seria utilizada pela espécie para atividade reprodutiva. Luckhurst et al. (2006), em estudo sobre a biologia reprodutiva do agulhão negro nas Bermudas, constatou que no mês de julho (verão boreal), a espécie encontrava-se em atividade reprodutiva nesta área. Trabalho realizado por Prince et al, (2005) na República Dominicana também confirmou ser esta uma área de desova da espécie. Em área mais abrangente do Atlântico noroeste, a reprodução parece ocorrer entre abril e setembro, em águas com temperaturas da superfície entre 26°C e 29°C (YEO, 1978), indicando que esta região é utilizada pela espécie para fins reprodutivos. Um pouco mais ao sul, na costa da

Venezuela, Garcia et al., (1989) não observou nenhuma fêmea madura, apesar de se observar alguns machos neste estado. No sul do Brasil, entre 20°S e 30°S, Ueyanagi et al. (1970) registraram concentrações de agulhão negro para fins reprodutivos, durante o primeiro trimestre do ano. Isto foi também constatado por Amorim et al. (1994, 1998), na costa sul e sudeste do Brasil, onde algumas fêmeas maduras foram observadas nos meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com o período de águas mais quentes nesta região (verão austral). Este autor relatou que o processo de desova ocorre geralmente entre 20°S e 35°S no mês de janeiro, ocorrendo um pouco mais para o norte, em fevereiro, entre 17°S e 23° S. Apesar deste setor estar inserido na área de estudo do presente trabalho, não foi possível obter amostras de gônadas da espécie neste período e nessa área mais específica, o que nos impede de realizar uma análise comparativa com esses resultados. Desta forma, parece haver uma migração reprodutiva ao largo da costa brasileira, a qual se faz de forma diferenciada, por tamanho, conforme observado por Hazin (1993).

Neste contexto, o Atlântico oeste tropical ao largo da costa brasileira parece desempenhar um importante papel no ciclo reprodutivo do agulhão negro, funcionando como área de maturação e repouso da espécie. É possível, portanto, que nesta área sejam encontrados indivíduos que se reproduzem tanto no norte (Golfo do México e Caribe), como no sul (Brasil).

Estudos realizados por Yeo (1978) e Nakamura (1985), mostraram grandes flutuações na proporção sexual do agulhão negro no oceano Atlântico, com predominância de fêmeas. Alguns trabalhos relatam que as fêmeas de agulhão branco predominaram nas capturas ao longo de todo ano amostrado (Ueyanagi, et al. 1970; Mather, et al. 1972; Oliveira, 2006). No presente trabalho as fêmeas foram predominantes apenas nos meses de janeiro e junho. Esse fato pode estar associado à mortalidade natural da espécie, maior para fêmeas, a qual pode ser decorrente de diversos fatores, dentre eles um maior estresse durante o processo reprodutivo sofrido pelas fêmeas ou simplesmente o fato dos machos possuírem maior longevidade. Um outro fator refere-se à distribuição vertical diferenciada para machos e fêmeas do agulhão negro, a qual, conjugada às profundidades de atuação do espinhel, pode resultar em capturas diferenciadas para machos e fêmeas da espécie (BRILL e LUTCAVAGE, 2001).

O tamanho de primeira maturação sexual, no qual pelo menos 50% dos indivíduos de uma população encontram-se potencialmente capazes de participar do processo reprodutivo (FONTELES FILHO, 1989), foi de 183,5 cm para as fêmeas ($R^2 = 0,92$) e de 150,1 cm para os machos ($R^2 = 0,97$) (Figura 7). Ressaltamos, entretanto, que não havendo atividade reprodutiva importante na área de estudo, estes resultados devem ser considerados preliminares, havendo a necessidade de complementá-lo com um maior esforço amostral ao largo de toda a costa brasileira, incluindo exemplares capturados na área de pesca ao sul do país.

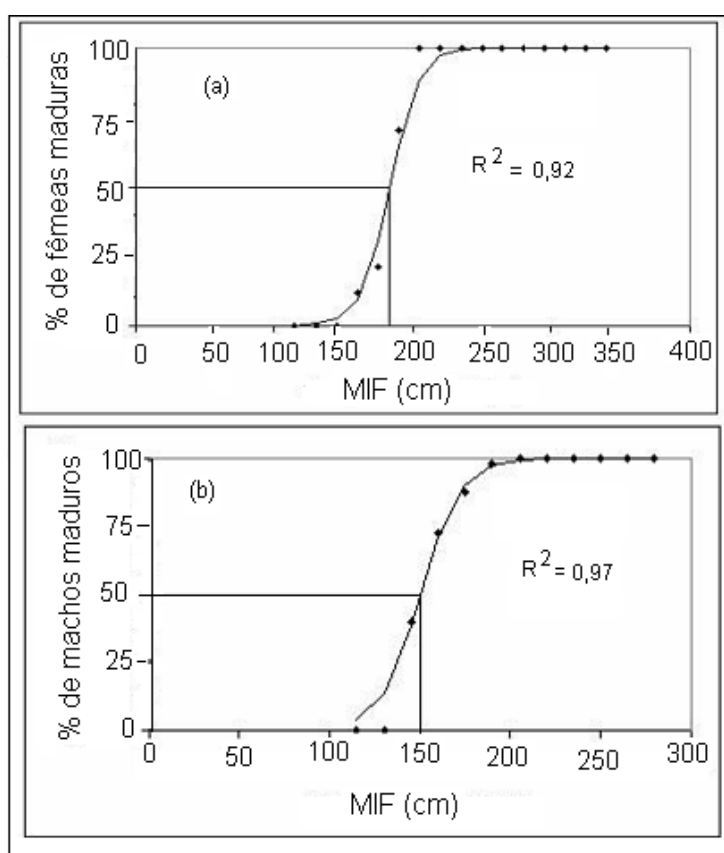


Figura 7 – Curvas logísticas para estimativa de L₅₀ de fêmeas (a) e machos (b) do agulhão negro (*Makaira nigricans*) capturado no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Com relação ao tipo de desova, embora apenas 3% das fêmeas tenham sido encontradas no estágio maduro durante o estudo, elas apresentaram características e estruturas celulares individuais que indicam uma desova parcelada assincrônica (Ovichinnikov, 1970). Estudos histológicos recentes

(AROCHA, 2005) mostraram que agulhões brancos maduros apresentavam ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento, indicando uma desova múltipla e desenvolvimento assincrônico dos ovócitos. As análises microscópicas realizadas no presente trabalho indicam uma desova parcelada também para o agulhão negro no Atlântico oeste tropical. Esses resultados sugerem que o tipo de desova é o mesmo para a família Istiophoridae.

A análise da distribuição espaço-temporal dos estágios de maturação sexual de fêmeas demonstra que a área de estudo não seria usada pela espécie para fins de reprodução uma vez que a grande maioria dos indivíduos amostrados não se encontrava nos estágios de maturação avançada ou maduro. Este resultado foi observado em todos os trimestres do ano, com poucos indivíduos nestes estágios sendo observados apenas nos terceiro e quarto trimestres (Figura 8). No que se refere aos machos, o estágio de maturação sexual mais freqüentemente observado foi o em maturação, corroborando com os resultados acima apresentados (Figura 9). Estes dados, associados aos valores de IG obtidos mostram, efetivamente, que a área de estudo não representa uma zona de reprodução para o agulhão negro.

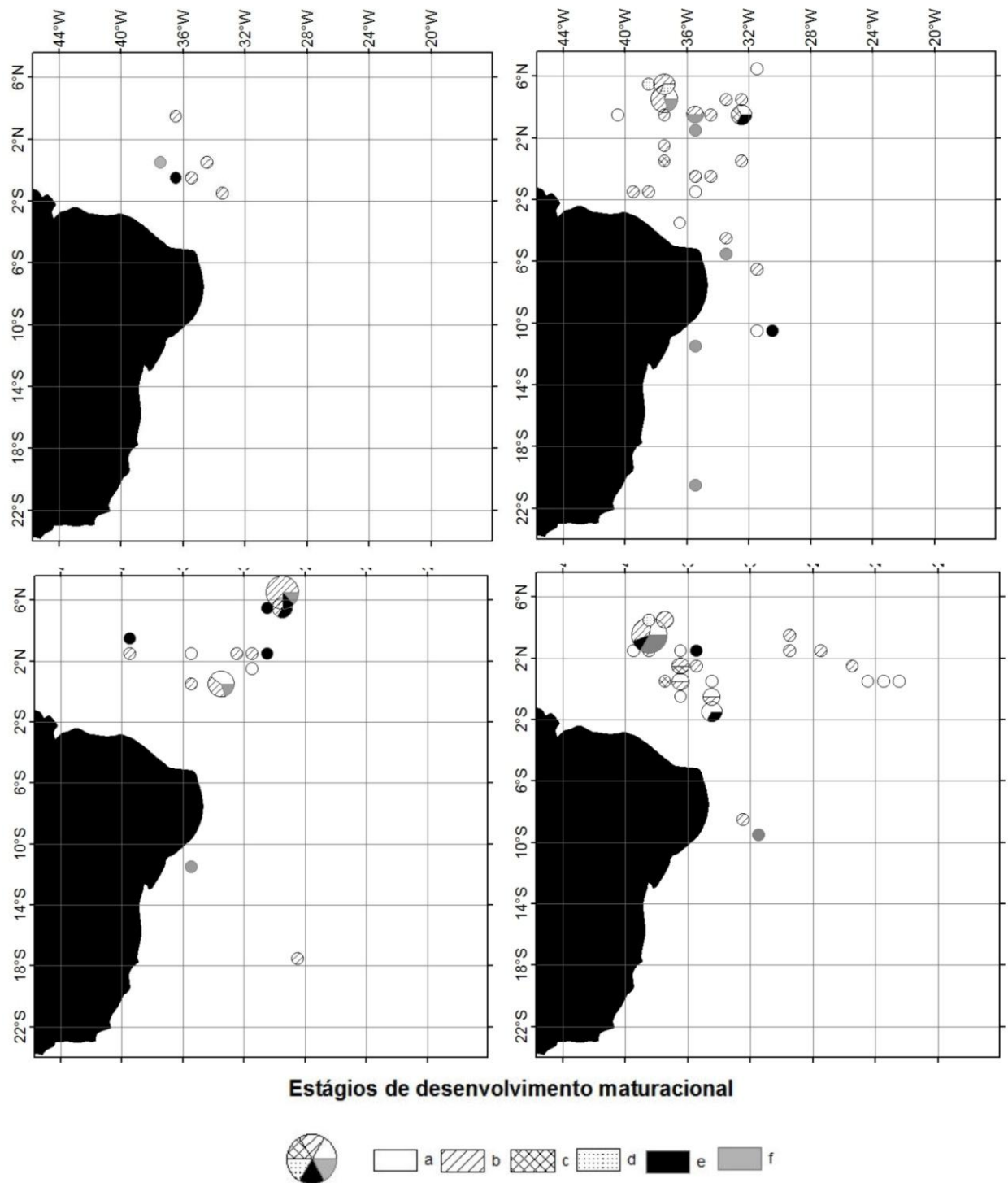


Figura 8 – Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágios maturacionais para fêmeas do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

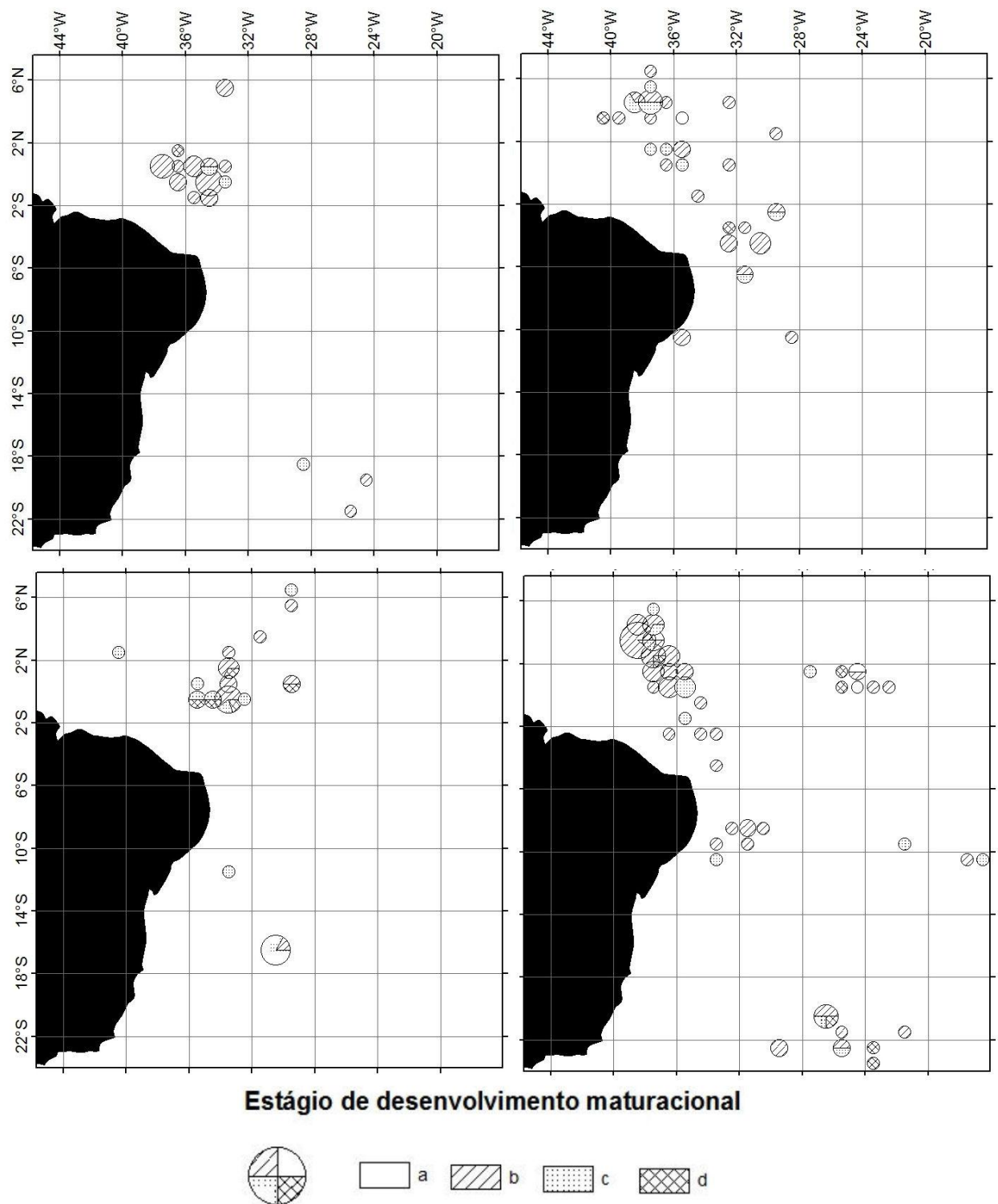


Figura 9 – Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágios maturacionais para machos do agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

A fecundidade do agulhão negro variou de 2.151.000 a 6.769.060 ovócitos, com média de 4.605.137.

Tabela 3 – Fecundidade individual e média estimada para seis fêmeas de agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Indivíduo	MIF(cm)	Peso da gônada (g)	IG	Nº ovocitos hidratados (1g)	F
1	272	4260	21,1691	684	2913840
2	277	6700	31,5236	672	4502400
3	284	7260	31,6943	496	3600960
4	288	8100	33,9084	478	3871800
5	288	9260	38,7644	731	6769060
6	290	8460	34,6878	706	5972760
Média					4605137

F = fecundidade

O diâmetro dos ovócitos variou entre 0,2 a 1,8 mm, com a maior parte deles ocorrendo entre 0,8 a 1,2 mm (Figura 10). Essa variação ocorreu em função da hidratação dos ovócitos.

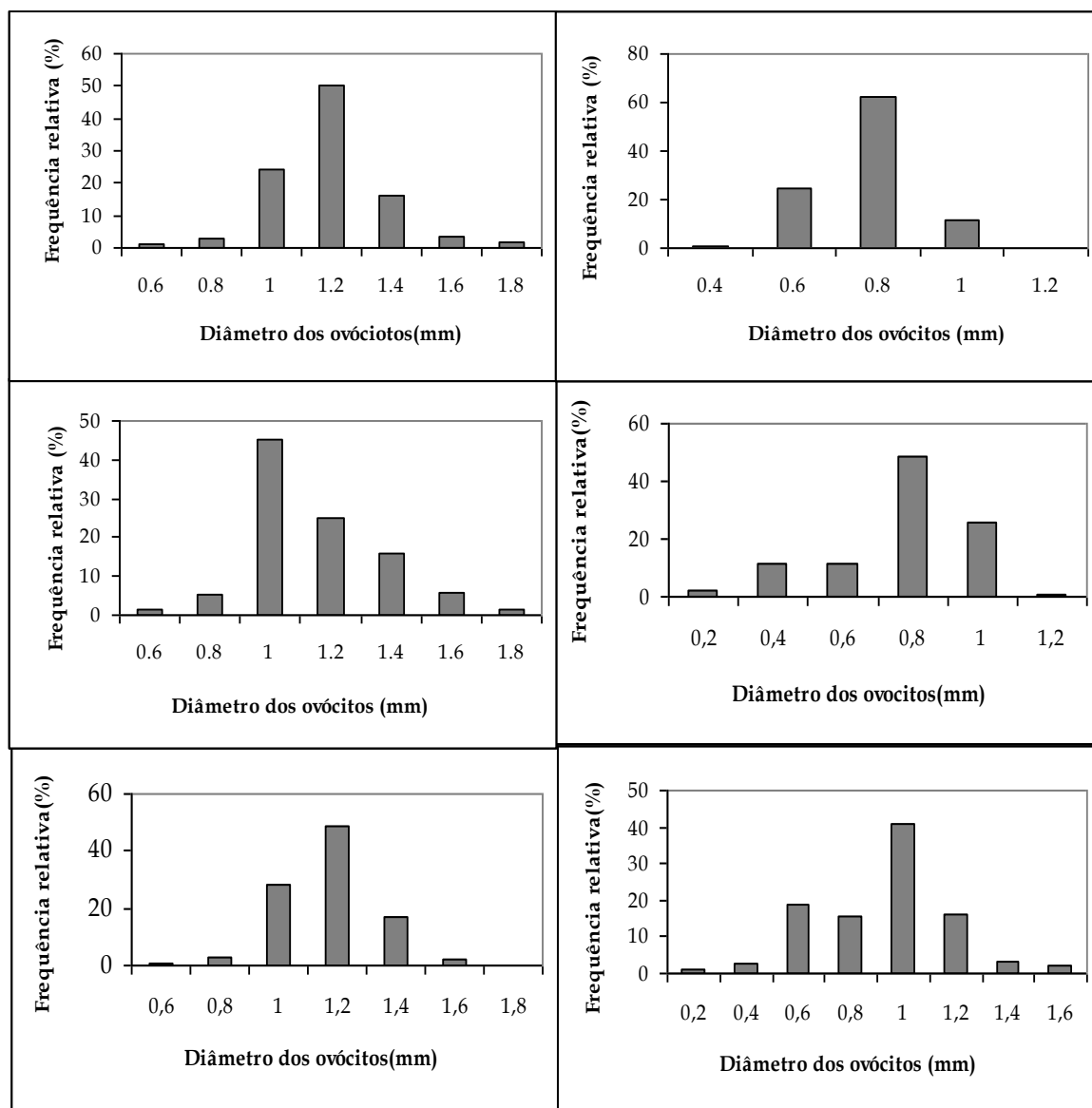


Figura 10 – Variação do diâmetro dos ovócitos de seis fêmeas de agulhão negro (*Makaira nigricans*), capturadas no Atlântico oeste tropical, no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005.

Trabalho realizado por Yeo (1978) estimou uma fecundidade de 7 e 10 milhões de ovócitos para fêmeas de agulhão negro com comprimentos (MIF) variando de 237 a 251 cm. No presente estudo foi verificada uma média de 4 milhões de ovócitos, com fêmeas apresentando comprimentos superiores, entre 272 a 290 cm de MIF. O diâmetro dos ovócitos ocorreu em sua maioria no intervalo de 0,8 a 1,2 mm, sendo superior ao observado por Nakamura (1977), que foi de 0,3 a 0,5 mm.

CONCLUSÕES

O presente estudo aportou informações importantes para a conservação e manejo do agulhão negro no oceano Atlântico, contribuindo para minimizar a carência de conhecimentos sobre a sua biologia reprodutiva da espécie. Neste aspecto, a definição de uma classificação microscópica dos estágios de desenvolvimento maturacional das gônadas, com seis estágios para fêmeas e quatro para os machos, o tamanho médio de primeira maturação sexual, assim como a caracterização da área de estudo como zona de maturação e repouso para a espécie, refletem a importância deste trabalho.

Além disso, a análise da proporção sexual indica a predominância de machos na região estudada, a qual pode estar associada a diversos fatores como mortalidade natural diferenciada, assim como a uma maior suscetibilidade dos machos às capturas com espinhel em determinadas áreas e épocas do ano, dentre outros. Os resultados do estudo histológico das gônadas do agulhão negro comprovam que a espécie apresenta desova parcelada e uma elevada fecundidade. O tamanho médio de primeira maturação sexual (L50) estimado para as fêmeas foi superior ao tamanho médio encontrado para os machos da espécie em aproximadamente 30 cm.

Entretanto, há ainda a necessidade de se realizar estudos complementares, não apenas sobre a biologia reprodutiva da espécie, incluindo exemplares capturados no sul do País, mas também sobre as migrações sazonais efetuadas ao longo da costa ocidental do oceano Atlântico, o hábito alimentar, o habitat preferencial da espécie e os efeitos da variabilidade ambiental sobre sua distribuição e abundância.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, da Presidência da República, pelo apoio financeiro concedido ao desenvolvimento do projeto “Biologia de Agulhões da Família Istiophoridae Capturados no Oceano Atlântico Sul”, no âmbito do qual este trabalho foi desenvolvido, ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da UFRPE, onde a primeira autora defendeu sua dissertação de mestrado baseada neste trabalho, e a todos os observadores de bordo (Programa Nacional de Observadores de Bordo/SEAP) que participaram na coleta de amostras e dados durante os embarques realizados na frota atuneira brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBARET, J.J. **La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le Golf de Guinée**. Cah. ORSTOM Série Océanographie, 1977. 15(4): 389-419.

AROCHA, F. **The reproductive dynamics of swordfish, *Xiphias gladius*, and management implication in the northwestern Atlantic**. Coral Gables. 1997. 383p. (Ph.D. Dissertation, University of Miami).

AROCHA, F., BÁRRIOS, A., SILVA, J., LEE, D. W. **Preliminary observations on gonad development sexual maturity and fecundity estimates of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic**. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 2005. v. 58(5), 1567–1573 p.

AMORIM, A. F., ARFELLI, C. A., HAZIN, F., ANTERO-SILVA, J. N., LESSA, R., ARRAES, R. R. **Blue marlin (*Makaira nigricans*) fisheries off brazilian coast by national and leased longliners (1971-1991)**. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 1994. 41: 208-213.

AMORIM, A. F., ARFELLI, C. A., ANTERO-SILVA, J. N., FAGUNDES, L., COSTA, F. E. S., ASSUMPÇÃO, R. **Blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the brazilian coast**. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 1998. 47: 163-184.

AROCHA, F. **The reproductive dynamics of swordfish, *Xiphias gladius*, and management implication in the northwestern Atlantic**. Coral Gables. 1997. 383p. (Ph.D. Dissertation, University of Miami).

AROCHA, F., BÁRRIOS, A., SILVA, J., LEE, D. W. **Preliminary observations on gonad development sexual maturity and fecundity estimates of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic**. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 2005. v. 58(5), 1567 – 1573 p.

BRILL, R. W., LOWE, T. E., COUSINS, K. L. **How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes – it's the heart stupid.** In: International Congress on Biology of fish. Anais. Towson University, Baltimore: American Fisheries Society 1998.4p.

BRILL, R. W. and LUTCAVAGE, M. E. **Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfish can significantly improve population assessments.** American Fisheries Society Symposium, 2001. 25: 179-198.

FONTELES FILHO, A. A. **Recursos pesqueiros: Biologia e dinâmica populacional,** Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará. 1989. 269p.

GARCIA DE LOS SALMONES, R., INFANTE, O., ALIO, J. J. **Reproducción y alimentación de los peces de pico, *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, em la costa central de Venezuela.** Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 1989. v. 30, 436-439 p.

GRAVES, J. E. and MCDOWELL, J. R. **A genetic perspective on the stock structure of blue marlin and white marlin in the atlantic ocean.** Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 2001.53: 180-187.

HAZIN, F.H.V. **Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean.** Tese de Doutorado. Universidade de Pesca de Tóquio, Tóquio, Japão. 1993.286 p.

ICCAT. **Report for biennial period, 2006-07.** 2007.Part I, 2006, v2, Madrid. 244p.

ICCAT. **Report of the fourth ICCAT billfish workshop.** Int. Comm. Cons. Atl. Tunas (ICCAT) Coll. Vol. Sci. Pap. 2001.53: 1-22p.

JOLLEY JR, J. W. **The biology and fishery of Atlantic sailfish *Istiophorus platyterus* from Suteast Florida.** Florida Marine Research Publications, St. Petersburg, 1977. (28): 1-31, jul.

KITCHELL, J. F., MARTELL, S. J. D., WALTERS, C. J., JESEN, O. P., KAPLAN, I. C., WALTERS, J., ESSINGTON, T. E. and BOGGS, C. H. **Billfishes in an Ecosystem Context**. Bulletin of Marine Science, 2006. 79(3) 669-682.

LUCKHURST, B. E., PRINCE, E. D., SNODGRASS, D. G., BROTHERS, E. B. and LLOPIZ, J. K. **Evidence of blue marlin (*Makaira nigricans*) spawning in Bermuda waters and elevated mercury levels in large specimens**. Bulletin of Marine Science, 2006. 79 (3):691-704.

MATHER, F. J., JR MASON, J. M. and CLARK, H. L., **Migrations of white marlin and blue marlin in the western north Atlantic Ocean – Tagging results since May, 1970**. 1972. Contribution No. 2937, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543.

MENDES, P. P. **Estatística aplicada à aquicultura**. Recife, Ed. Bagaço, 1999. 265p.

OLIVEIRA, I. M. R. P., **Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco *Tetrapturus albidus* Poey 1860 capturado pela frota espinheleira brasileira**. Dissertação de mestrado, Recursos Pesqueiros e Aquicultura, UFRPE, Recife, 2006. 119 p.

NAKAMURA, I., **Some aspects of the Systematics and Distribution of Billfishes**. Fisheries Research station, Kyoto University, Maizuru, Kyoto, Japan. NOAA Tech. Rep. NMFS (Spec. Sci. Rep. Fish. Ser.), 1975. 657(2):45-53.

NAKAMURA, I., **FAO species catalogue**. Vol.5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish.Synop., 1985. (125)Vo1.5:65 p.

OVCHINNIKOV, V. V. **Swordfishes and billfishes in the Atlantic ocean Atlantic**. Scientific Institute of Fisheries and Oceanography. Kaliningrad. 1970. 21p.

PRINCE, E. D., COWEN, R. K., ORBESEN, E. S., LUTHY, S. A., LLOPIZ, J. K., RICHARDSON, D. E. and SERAFY, J. E. **Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic.** Fisheries Bulletin. 2005. 103: 659–669.

SCHAEFFER, M.M. e ORANGE, C. J. **Studies of Sexual Development and Spawning of Yellowfin Tuna (*Neothunnus macropterus*) and Skipjack (*Katsuwonu pelamis*) in Three Areas of the Eastern Pacific Ocean, by Examination of Gonads**, 1956. vol 1

SOUZA, R. C., **Estudo preliminar da biologia reprodutiva dos agulhões no Atlântico sudoeste equatorial.** Monografia apresentada ao Departamento de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1993.

UEYANAGI, S., KIKAWA, S., UTO, M., NISHIKAWA, Y. **Distribution, spawning and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean.** Bulletin. Far Seas Fisheries Research. Laboratory, 1970. 3: 15-55p.

VAZZOLER, A. E.A.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá, EDUEM, São Paulo. SBI, 1996. 169p.

WISE, J.P.,and DAVIS, C. W. **Seasonal distribution of tunas and billfishes in the atlantic.** U. S. Departament Commercial, NOAA Technical Reports NMFS SSRF 662, 1973. 24 p.

YEO, N. R., **Fecundity, reproductive biology and some aspects of growth in the Atlantic blue marlin *Makaira nigricans*, Lacépède 1802.** National Marine Fisheries Services South East Fisheries Center. Miami, Florida. 1978.

ANEXO V

Feeding Habits of the Blue Marlin (*Makaira nigricans*) (Perciformes: Istiophoridae) in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean.

AUTHORS:

Teodoro Vaske Júnior^b, Paulo Eurico Travassos^b, Patrícia Pinheiro^a, Fábio Hissa Vieira Hazin^a, Mariana Travassos Tolotti^b, Taciana Martins Barbosa^a

a – LOP, Departamento de Pesca e Aquicultura, UFRPE, Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife – PE, Brazil CEP: 52171-900 (e-mail: vaske@ig.com.br; patriciabarros_pinheiro@hotmail.com; fhvhazin@terra.com.br; taciana.martins@hotmail.com)

b – LEMAR, Departamento de Pesca e Aquicultura, UFRPE, Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife – PE, Brazil CEP: 52171-900 (p.travassos@depaq.ufrpe.br; mari.trrr@gmail.com)

ABSTRACT

The feeding strategy of the blue marlin, Makaira nigricans, from the southwestern equatorial Atlantic Ocean, ranging between 100 and 311 cm lower jaw fork length (LJFL), was analyzed between October 2004 and November 2005. In 226 stomachs, 44 items were identified, including 31 fishes and 13 cephalopods. Seventy stomachs were empty (23.6 %). M. nigricans feed preferentially on scombrid fishes, where the skipjack tuna, Katsuwonus pelamis, was consistently the most important prey item in the diet followed by juveniles of Dactylopterus volitans, Gempylus serpens, Coryphaena hippurus, Ranzania laevis, Brama caribbea, and Auxis sp. Also prey upon a variety of cephalopods, where the ommastrephids Sthenoteuthis pteropus and Ornithoteuthis antillarum were the main representative species.

Key words: blue marlin, Istiophoridae, *Makaira nigricans*, feeding

Autor para correspondência: Teodoro Vaske Júnior, vaske@ig.com.br

INTRODUCTION

Four specimens of billfishes are commonly caught by pelagic longline off Northeastern Brazil: white marlin (*Tetrapturus albidus*), spearfish (*Tetrapturus pfluegeri*), sailfish (*Istiophorus albicans*), and blue marlin (*Makaira nigricans*), all of them epipelagic (Sylva and Davis, 1963; Nakamura, 1985; Yang and Gong 1988; Block *et al.* 1992a; Boggs 1992). The blue marlin, *Makaira nigricans*, is distributed in the Atlantic ocean between 50°N and 45°S (Nakamura, 1985), being the most tropical of all billfishes. Although blue marlin population structure is not yet well defined, there seems to be two stocks separated roughly at 5°N. Total landings for the species in the Atlantic Ocean are around 3,000 tons per year, and both stocks seem to be overfished (Andrade, 2006; Goodyear, 2003; Restrepo *et al.*, 2003). Main commercial catches occur in the first semester in the central Atlantic, between 5°W and 25°W, and 15°N and 10°S with a CPUE (Catch per Unit of Effort) ranging between 0.02 and 0.16 individuals per 100 hooks, with a mean of 0.025 (Hazin *et al.*, 2007).

Due to its large size, legendary speed and powerful aerobics on rod and reel, *M. nigricans* is the most popular and prestigious catch for recreational fishermen. In Brazil, sport fisheries are especially developed in the coasts of Rio de Janeiro, Espírito Santo and northeastern region.

Previous studies of feeding habits of *M. nigricans* in Brazilian waters are restricted to eight stomachs from specimens caught off south Brazil (22 - 30°S), by Zavala-Camin (1981), and 35 stomachs from the northeastern region (2 - 8°S), by Vaske *et al.* (2004). The aim of this study is then, to investigate the composition of the diet of the *M. nigricans*, in number, weight, and frequency of occurrence of the prey items, prey-predator relationships, and feeding strategies in the Southwestern equatorial Atlantic Ocean.

MATERIAL AND METHODS

The study area was located between 015°W and 041°W, and 06°N and 25°S (Fig. 1).

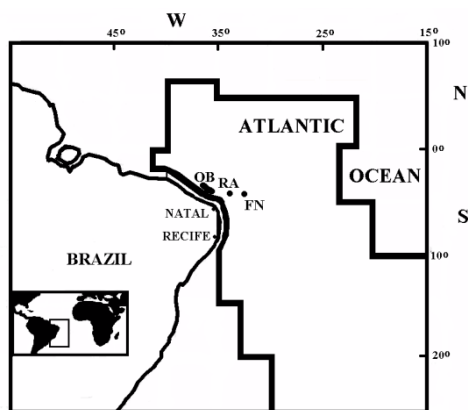


Figure 1 – Sample area of *Makaira nigricans* specimens caught in the Southwestern equatorial Atlantic Ocean, and used for the study of their stomach contents. Natal and Recife are the main landing harbours of tuna fishery in northeastern Brazil. OB – Oceanic Banks; RA – Rocas Atoll; FN – Fernando de Noronha archipelago.

Sampling was carried out between October 2004 and November 2005, by observers onboard commercial longline tuna boats based in Natal and Recife. The stomachs were removed by opening the abdominal cavity and by severing them from the intestine and the esophagus. They were, then, stored freezed onboard, until landing. Lower jaw fork length (LJFL) (cm), local position, and date of catch were

recorded from each sampled specimen. Stomach content was considered as the material retained in a sieve of 1 mm mesh. The number of preys of each food item, the mantle length for cephalopods, the total length for other organisms, and the wet weight of each prey, were recorded from each stomach that had contents. Lengths of the prey were recorded in centimeters, and weight in grams.

The importance of each food item in the diet was obtained by the Index of Relative Importance (IRI) (Pinkas *et al.*, 1971), modified to weight in the pooled samples of the species, as follows:

$$IRI_i = \%FO_i \times (\%N_i \times \%W_i)$$

Where: $\%FO_i$ =relative frequency of occurrence of each food item; $\%N_i$ =proportion in prey number of each item in the total food content; and $\%W_i$ =proportion in weight of each item in the total food content. Occurrence of isolated cephalopods beaks was not considered in the IRI calculation, to avoid the overestimation of cephalopod importance in the diet, due to accumulation of beaks in the stomachs (Vaske and Rincón, 1998).

RESULTS

A total of 226 specimens were examined, 85 of them being females, and 141 males. Females range in size from 100 cm to 311 cm LJFL, with two modes, the first one between 160 and 175 cm, and the second one between 220 and 235 cm. In turn, the 141 males samples, ranged from 115 cm and 267 cm, being more frequent between 190 and 205 cm (Fig. 2). According to Martins *et al.* (2007), the size of the first sexual maturity for *M. nigricans* caught in the South Atlantic is around 183.5 cm for females, and 150.0 cm for males, indicating that the majority of the individuals examined were already adults.

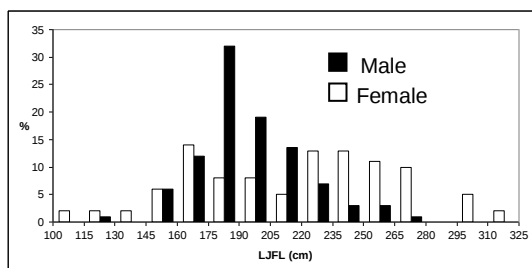


Figure 2 – Lower jaw fork length (LJFL) frequency distribution of blue marlin, *Makaira nigricans* in the Southwestern equatorial Atlantic Ocean, by sex.

The stabilization of the food items richness was obtained at 44 food items and 110 stomachs, meaning that the number of examined individuals was sufficiently sampled to obtain the feeding spectra of the prey species (Fig. 3).

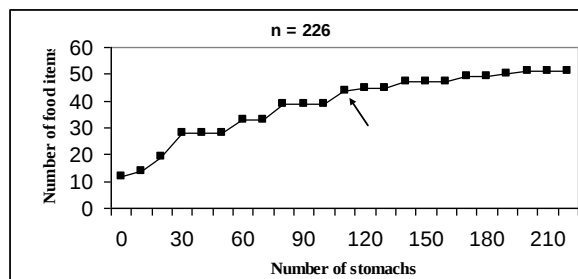


Figure 3 – Number of stomachs analyzed in relation to number of food items in the estomachs of *Makaira nigricans* in the Southwestern equatorial Atlantic. Arrow indicates the beginning of stabilization.

A total of 44 items were identified, in the 226 stomachs of *M. nigricans*, 31 of which were fish, and 13 were cephalopods (Table 1).

Seventy stomachs were empty (23.6 %). Fishes were clearly the preferential prey, represented by more than 98 % in weight of total amount of prey. According to the IRI ranking, with the exception of

unidentified Teleostei and Cephalopods, the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, was consistently the most important prey item in the diet followed by juveniles of *Dactylopterus volitans*, *Gempylus serpens*, *Coryphaena hippurus*, *Ranzania laevis*, *Brama caribbea*, and *Auxis* sp. Juveniles of *Dactylopterus volitans*, a brephoepipelagic species, were also quite frequent being the third most important prey in the diet. The squids *Sthenoteuthis pteropus* and *Ornithoteuthis antillarum* were the most important items among cephalopods. The present results indicate that *M. nigricans* feeds preferentially upon epipelagic fishes, represented mainly by *K. pelamis*, although occasionally mesopelagic fishes like Chiasmodontidae and Chauliodontidae were also found in their stomachs. With the exception of *K. pelamis*, *Gempylus serpens*,

Alepisaurus ferox, and *Elagatis bipinnulata*, all other fishes were represented by juveniles or small sized individuals. Prey length ranged between 5 and 72 cm, with the main prey item, *K. pelamis*, however, showing a significantly larger size, between 30 and 60 cm (Fig. 4).

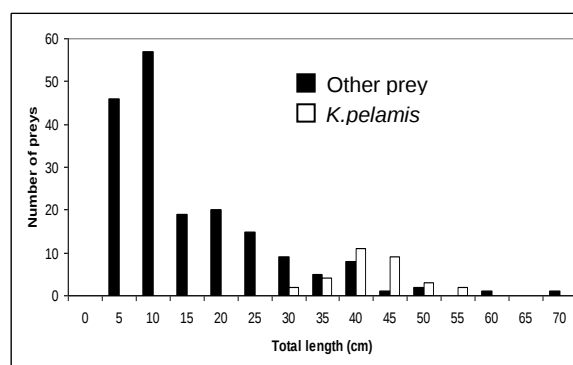


Figure 4 - Lengths of prey items from *Makaira nigricans* stomachs from southwestern equatorial Atlantic Ocean. White bar = *Katsuwonus pelamis*; black bar = other prey.

Table 1 – Percentages in number (N), weight (W), and frequency of occurrence (FO) of food items of *Makaira nigricans*. IRI importance according from first (1) most important item, to tenth item (10).

Food items	N	%N	W	%W	FO	%FO	IRI
TELEOSTEI							
<i>Katsuwonus pelamis</i>	57	10.38	43787	67.91	52	23.01	1
Teleostei	72	13.11	4989	7.74	97	42.92	2
<i>Dactylopterus volitans</i>	86	15.66	187	0.29	16	7.08	3
<i>Gempylus serpens</i>	50	9.11	535	0.83	21	9.29	4
<i>Coryphaena hippurus</i>	16	2.91	2546	3.95	13	5.75	6
<i>Ranzania laevis</i>	20	3.64	2848	4.42	7	3.10	8
<i>Brama caribbea</i>	23	4.19	403	0.62	7	3.10	9
<i>Auxis</i> sp.	14	2.55	624	0.97	7	3.10	10
Holocentridae	18	3.28	90,5	0.14	4	1.77	
<i>Diodon hystrix</i>	10	1.82	137	0.21	6	2.65	
<i>Thunnus</i> sp.	6	1.09	1891	2.93	3	1.33	
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	5	0.91	2000	3.10	3	1.33	
<i>Mola mola</i>	5	0.91	13	0.02	5	2.21	
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1	0.18	2244	3.48	1	0.44	
<i>Brama brama</i>	4	0.73	32	0.05	3	1.33	
<i>Acanthocybium solandri</i>	3	0.55	108	0.17	3	1.33	
Chiasmodontidae	3	0.55	6	0.01	3	1.33	
Istiophoridae	2	0.36	285	0.44	2	0.88	
<i>Synagrops</i> sp.	3	0.55	20	0.03	2	0.88	
<i>Cubiceps</i> sp.	5	0.91	105	0.16	1	0.44	
<i>Xiphias gladius</i>	1	0.18	561	0.87	1	0.44	
Exocoetidae	3	0.54	170	0.26	3	0.88	
Paralepididae	2	0.36	11	0.02	1	0.44	
<i>Sternoptyx diaphana</i>	2	0.36	3		1	0.44	
<i>Alepisaurus ferox</i>	1	0.18	85	0.13	1	0.44	
<i>Decapterus</i> sp.	1	0.18	34	0.05	1	0.44	
<i>Neolatus tripes</i>	1	0.18	22	0.03	1	0.44	
<i>Ruvetus pretiosus</i>	1	0.18	8	0.01	1	0.44	
<i>Ptericombus</i> sp.	1	0.18	6	0.01	1	0.44	
Chauliodontidae	1	0.18	1		1	0.44	
<i>Balistes</i> sp.	1	0.18	1		1	0.44	
Total	418	75.45	63752,5	98.86			
CEPHALOPODS							
<i>Sthenoteuthis pteropus</i>	36	6.56	285	0.45	20	1.33	5
<i>Ornithoteuthis antillarum</i>	34	6.19	173	0.27	12	5.31	7
Cranchiidae	6	1.09	16	0.02	3	1.33	
Enoploteuthidae	13	2.37			1	0.44	
<i>Ocythoe tuberculata</i>	15	2.73	67	0.10	6	2.65	
<i>Hyaloteuthis pelagica</i>	10	1.82	67	0.10	1	0.44	

<i>Ommastrephes bartramii</i>	3	0.55	19	0.03	3	1.33
<i>Tremoctopus violaceus</i>	4	0.73	81	0.13	4	1.77
<i>Histioteuthis</i> sp.	4	0.73	18	0.03	4	1.77
<i>Liocranchia reinhardfi</i>	1	0.18	2		1	0.44
<i>Japetella diaphana</i>	2	0.36	1		2	0.88
<i>Taonius pavo</i>	2	0.36			2	0.88
<i>Onychoteuthis</i> sp.	1	0.18			1	0.44
Total	95	24.55	444	1.14		
TOTAL	549	100,00	64482	100,00		

DISCUSSION

K. pelamis is the main item in *M. nigricans* diet, because, as the *M. nigricans*, it is a typical epipelagic species of tropical waters, which reinforce the probability of encounters with *M. nigricans*. Besides, when congregating near the surface, *K. pelamis* is a schooling fish, a behavior that might be advantageous to *M. nigricans*, when it is searching for food. The heavy and muscular body of *K. pelamis* and other scombrids, is probably a much more important and efficient source of energy for *M. nigricans*, to sustain its high metabolism rate, than the small and isolated preys, commonly found in the open ocean. Krumholz and Sylva (1958) pointed out that the main food items of *M. nigricans* in the adjacencies of Bahamas were also Scombridae. Baker (1966) likewise, found the scombrids *K. pelamis*, *Scomber japonicus*, and *Thunnus*

alalunga as the main prey items for blue marlin in New Zealand. Abitia-Cardenas *et al.* (1999), in turn observed that the scombrid *Auxis* sp., was the main prey item for the similar Indo-Pacific blue marlin, *Makaira mazara*.

Two factors are important for prey selection: the prey availability and the capacity of predators to detect and ingest preys (Wootton, 1990). In the epipelagic ocean, one of the most important characteristic is the water transparency that favours visual localization of prey. The wide prey *spectrum* found in the diet of *M. nigricans*, means that prey are widely distributed, and are visually localized, but after localization do not have efficient defense mechanisms to avoid predation. Block *et al.* (1992b) observed, by acoustic telemetry, that the swimming speed of *M. nigricans*, is 15-25 cm s⁻¹ for slower swimming, 80-120 cm s⁻¹ for fast swimming, and

225 cm s⁻¹ for short bursts of speeds, probably used when an important and agile prey, like *K. pelamis*, is localized. According to Pinto *et al.* (2002) and Andrade and Santos (2003), the spawning area of *K. pelamis* along the Brazilian coast ranges between 0° – 25°S, and it is continuous throughout the year. The main catches of *K. pelamis* off southeastern Brazil, however, occur during summer and autumn, probably due to recruitment of young fish and environmental factors, that characterize the main harvest season (Andrade and Santos, 2003). This period is coincident with the highest abundance of *M. nigricans*, which is in the area only seasonally, during summer, since the species is not well-adapted to subtropical characteristics, with preferences for temperatures between 25.5°C and 29.5°C (Boyce *et al.*, 2008).

Some authors have reported the use of the bill (rostrum) by blue marlins for striking or spearing *K. pelamis* and other prey (Nakamura, 1985; Shimose *et al.*, 2007), although no damaged prey was observed in the present study.

The presence of seamounts off Ceará and Rio Grande do Norte, and

the emerge areas of Rocas Atoll and Fernando de Noronha Archipelago were the possible causes for the occurrence of brephoepipelagic fish represented by *Dactlopterus volitans*, Holocentridae, *Diodon hystrix*, and *Balistes* sp., also found as important prey items for other pelagic predators in the area (Vaske and Lessa, 2004; Vaske *et al.*, 2004). Despite the small size, these fishes are also profitable for *M. nigricans* until an available large prey such as the scombrids can be localized. Cephalopods are well known common items in the diet of pelagic predators, but the low importance in the diet of *M. nigricans* as a whole, is probably explained by the difference in vertical distribution. Cephalopods are highly vertical migrants staying below the epipelagic environment during the day, and so, there are rare encounters with *M. nigricans*. During the night, cephalopods migrate near the surface but are not well localized by vision by *M. nigricans*.

In summary, it can be concluded that *M. nigricans* in the southwestern equatorial Atlantic feed on fast swimming epipelagic fishes, especially *K. pelamis*, although their food spectrum include small sized

species of fish and cephalopod, with occasional occurrences of mesopelagic fishes and squids.

RESUMO

A estratégia alimentar do agulhão-negro, *Makaira nigricans*, do oceano Atlântico sudoeste equatorial, entre 100 e 311 cm de comprimento mandíbula inferior forquilha (CMIF), foi analisada entre outubro de 2004 e novembro de 2005. Em 266 estômagos, 44 itens foram identificados, incluindo 31 peixes e 13 cefalópodes. Setenta estômagos estavam vazios (23,6 %). *M. nigricans* se alimenta preferencialmente de peixes escombrídeos, onde o bonito-listrado *Katsuwonus pelamis*, foi consistentemente o item alimentar mais importante na dieta seguido de jovens de *Dactylopterus volitans*, *Gempylus serpens*, *Coryphaena hippurus*, *Ranzania laevis*, *Brama caribbea*, e *Auxis* sp. Também predou uma variedade de cefalópodes, onde os omastrefídeos *Sthenoteuthis pteropus* e *Ornithoteuthis antillarum* foram as espécies mais representativas.

REFERENCES

- Abitia-Cardenas, L.; Galvan-Magaña, F.; Gutierrez-Sanchez, F.; Rodriguez-Romero J. and B. Aguilar-Palomino. (2000), Diet of blue marlin *Makaira mazara* off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Research*, **44**: 95-100.
- Andrade, H. A. (2006), Standardized CPUE for the blue marlin (*Makaira nigricans*) caught in the west of South Atlantic. *Collective Volume of Scientific Papers*, **59** (1): 287-302.
- Andrade, H. A. and Santos, J. A. T. (2003), Seasonal trends in the recruitment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the southwest Atlantic. *Fisheries Research*, **66**: 185-194.
- Baker, A. (1966), Food of marlins from New Zealand waters. *Copeia*, **4**: 818-822.
- Boggs, C. H. (1992), Depth, capture time, and hook longevity of longline-caught pelagic fish: timing the bites of fish with chips. *Fishery Bulletin*, **90**: 642-658.

- Boyce, D. G.; Tittensor, D. P., and Worm, B. (2008), Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness. *Marine Ecology Progress Series*, **355**: 267–276.
- Brock, R. (1984), A contribution to the trophic biology of the blue marlin (*Makaira nigricans* Lacépède, 1802) in Hawaii. *Pacific Science*, **38**: 141-149.
- Garcia-de-Los-Salmones, R.; Infante, O., and Alio, J. (1989), Reproducción y alimentación de los peces de pico *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, en la cuesta central de Venezuela. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT SCRS/88/55*, **30**(2): 436-439.
- Goodyear, C. P. (2003), Spatio-temporal distribution of longline catch per unit effort, sea surface temperature and Atlantic marlin. *Marine and Freshwater Research*, **59**: 409-417.
- Hazin, F. H. V. (1993), *Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean*. PhD Thesis. Tokyo Fisheries University, Japan.
- Holland, K.; Brill, R., and Chang, R. (1990), Horizontal and vertical movements of Pacific blue marlin captured and released using sportfishing gear. *Fishery Bulletin*, **88**: 397-402.
- Krumholtz, L. A. and de Sylva, D. P. (1958), Some foods of marlins near Bimini, Bahamas. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **114** (5): 406-411.
- Martins, C.; Pinheiro, P.; Travassos, P., and Hazin, F. (2007), Preliminary results on reproductive biology of blue marlin, *Makaira nigricans* (Lacépède, 1803) in the tropical western Atlantic ocean. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, **60**(5): 1636-1642.
- Nakamura, I. (1985), FAO Species catalogue. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. *FAO Fish. Synop.* (**125**) Vol.5: 65 p.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S., and Iverson, I. L. K. (1971), Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. *California Department of Fish and Game, Fishery Bulletin*, **152**:105 p.

- Pinto, N. C. T.; Mafalda Jr., P.; Madeiros, C.; Moura, G., and Souza, C. S. (2002), Distribuição de larvas de *Katsuwonus pelamis* (Pisces, Scombridae), em larga escala, na Zona Econômica Exclusiva do nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography*, **30**(2): 119-131.
- Restrepo, V.; Prince, E. D.; Scott, G. P., and Uozumi, Y. (2003), ICCAT stock assessments of Atlantic billfish. *Marine and Freshwater Research*, **54**: 361-367.
- Shimose, T.; Yokawa, K.; Saito, H., and Tachihara, K. (2007), Evidence for use of the bill by blue marlin, *Makaira nigricans*, during feeding. *Ichthyological Research*, **54**: 420–422.
- Silva, D. P., and Davis, W. P. (1963) White marlin *Tetrapturus albidus* in the middle Atlantic bight, with observations of the hydrography of the fishing grounds. *Copeia*, **1**:81-99.
- Trias, J. O.; Marciano, L. A., and Alio, J. J. (1996), Alimentación de peces istioforidos de la region nororiental del central de Venezuela. *Collective Volume of Scientific Papers* (SCRS/95/63), **45**(2): 288-294.
- Ueyanagi, S.; Kikawa, S.; Uto, M., and Nishikawa, Y. (1970), Distribution, spawning and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. *Bulletin of Far Seas Fisheries and Research Laboratory*, **3**: 15-25.
- Vaske Jr, T., and Rincón Fo., G. (1998), Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, **58** (3): 443-450.
- Vaske Jr., T.; Vooren, C. M., and Lessa, R. P. (2004) Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, **70**: 293-304.
- Vaske Jr., T., and Lessa, R. P. (2004), Feeding habits of the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), in the Northeastern Brazilian Exclusive Economic Zone. *Arquivo de Ciências do Mar*, **37**:131-138.
- Wootton, R. J. (1990), *Ecology of teleost fishes*. London New York, Chapman and Hall. 404 p.
- Zavala-Camin, L. A. (1981), *Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes -*

Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões sudeste e sul do Brasil. PhD Thesis, Instituto

de Biociências da Universidade de São Paulo, Brasil.



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ISSN 1516-8913 versão impressa
ISSN 1678-4324 versão online

- [Objetivo](#)
- [Preparação de manuscritos](#)

Objetivo

Brazilian Archives of Biology and Technology - BABT publica em Inglês, artigos originais de pesquisa, notas curtas e artigos de revisão nas áreas interdisciplinares das ciências biológicas e de engenharia/tecnologia.

Preparação de manuscritos

A submissão do manuscrito implica que não tenha sido publicado ou submetido para publicação em outra revista. O manuscrito deverá ser apresentado de forma precisa, o que ajudará os revisores na avaliação. Todos os manuscritos estão sujeitos à avaliação dos revisores.

MANUSCRITO

Devendo ser enviadas três cópias do manuscrito digitado com espaço simples (máximo de 12 páginas), em papel tamanho A-4 (210x297mm), com margens (2,5 mm esquerda, direita 2,0 mm, superiores e inferior 3,0 mm), sendo preparados com a seguinte disposição de cabeçalhos: ABSTRACT (SUMÁRIO), INTRODUÇÃO, MATERIAIS E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, AGRADECIMENTO, RESUMO, REFERÊNCIAS. Estes cabeçalhos devem ser digitados com letras maiúsculas e em negrito (fonte 12). Para artigos de revisão, os autores devem fazer seus próprios cabeçalhos juntamente com o Resumo e Introdução.

TÍTULO

O título (fonte 18, negrito e iniciais em maiúscula), do manuscrito deve refletir claramente seu conteúdo. Devendo ser seguido pelo nome completo do autor com as iniciais em maiúsculas (fonte 12, negrito) e o endereço (fonte 10, itálico) da instituição onde a pesquisa foi executada.

ABSTRACT

O manuscrito deve apresentar um abstract (itálico) de 100-150 palavras, descrevendo brevemente o propósito e os resultados da pesquisa.

PALAVRAS -CHAVE

Os autores devem fornecer três a seis palavras-chave que serão usadas na indexação do trabalho.

INTRODUÇÃO

Deve descrever a base, o objetivo da pesquisa e demais informações relevantes sobre o manuscrito.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os autores devem tomar cuidado quanto ao fornecimento de detalhes suficientes para que outros possam repetir o trabalho. Procedimentos padronizados não precisam ser descritos em detalhes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões podem ser apresentados separadamente ou de forma conjunta (autores podem optar pela forma mais fácil). Trabalhos preliminares ou resultados menos relevantes não devem ser descritos. A reprodução dos resultados, incluindo o número de vezes que o experimento foi conduzido e o número de amostras replicadas devem ser expressados claramente.

RESUMO

Todo artigo deve possuir um resumo do em Português e posicionado antes da lista de Referências. Autores de outros países da América Latina podem procurar por ajuda na Editoração da revista, para preparar o resumo em Português de seus artigos.

REFERÊNCIAS

Referências no texto devem ser citadas no local apropriado pelo(s) nome(s) do(s) autor(es) e ano (p. ex.: Raimbault & Roussos, 1996; Raimbault et al., 1997). Uma lista de referências, em ordem alfabética (fonte 10), deve aparecer no final do manuscrito. Todas as referências na lista devem ser indicadas em algum ponto no texto e vice versa. Resultados não publicados não devem ser incluídos na lista. Exemplos de referências são fornecidas abaixo:

Jornais:

Pandey, A. (1992), Recent developments in solid state fermentation. *Process Biochem.*, **27**, 109-117

Teses:

Chang, C. W. (1975), Effect of fluoride pollution on plants and cattle. PhD Thesis, Banaras Hindu University, Varanasi, India

Livros:

Tengerdy, R. P. (1998), Solid substrate fermentation for enzyme production. In-*Advances in Biotechno-logy*, ed. A. Pandey. Educational Publishers & Distributors, New Delhi, pp. 13-16

Conferências:

Davison, A. W. (1982), Uptake, transport and accumulation of soil and airborne fluorides by

vegetation. Paper presented at 6th International Fluoride Symposium, 1-3 May, Logan, Utah

TABELAS E FIGURAS

Tabelas e figuras devem ser numeradas consecutivamente com números arábicos e inseridas em local apropriado no corpo do texto, devendo ser utilizados somente para apresentar dados que não possam ser descritos no texto.

UNIDADES E ABREVIATURAS

O sistema SI deve ser usado para todos dados experimentais. No caso de outras unidades serem usadas, estas devem ser adicionadas em parênteses. Somente as abreviaturas padrões para as unidades devem ser usadas. Pontos não devem ser incluídos nas abreviaturas (por exemplo: m, e não m. ou rpm, e não r.p.m.), também devem ser usados '%' e '/' no lugar de 'porcento' e 'per'.

LAY-OUT DO MANUSCRITO

Sugere-se que os autores sempre consultem a última edição do periódico para ver o layout. Com exceção do título, abstract e palavras-chave, todo o texto deve ser disposto em duas colunas em todas as páginas. No rodapé da primeira página (fonte 8) deve estar sendo indicado o autor para correspondência. Todo o manuscrito deve ser preparado na fonte "Times New Roman", tamanho 11 (exceto na lista de referências, que deve ser em tamanho 10).

ESPAÇAMENTO

Deve ser deixado um espaço entre o título do artigo e o nome dos autores, e entre o cabeçalho e o texto. Entre as colunas deixar espaçamento de 0,6 cm. Não deixar espaços entre os parágrafos do texto.

ENVIO DE MANUSCRITO

O manuscrito deve ser enviado por correio, acompanhado de arquivo eletrônico (cd, disquete, dvd). Utilizar editor de texto MS Word ou compatível.

REVISORES

Ao submeter o manuscrito, o autor deve indicar no mínimo três revisores, fornecendo: nome completo, endereço e quando possível e-mail. Os autores podem solicitar que revisores sejam excluídos da avaliação de seus manuscritos, caso estes revisores possam ser tendencialmente desfavoráveis. Contudo, a escolha final dos referees permanecerá com o Editor.