

**DIOGO MARTINS NUNES**

**SOBREVIVÊNCIA DE PEIXES PELÁGICOS  
CAPTURADOS COM ESPINHEL  
NO OCEANO ATLÂNTICO OESTE EQUATORIAL**

**RECIFE,  
2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**SOBREVIVÊNCIA DE PEIXES PELÁGICOS**  
**CAPTURADOS COM ESPINHEL**  
**NO OCEANO ATLÂNTICO OESTE EQUATORIAL**

**Diogo Martins Nunes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

**Prof. Dr. Fábio H. V. Hazin**  
Orientador

**Recife, fevereiro/2011**

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - UFRPE

Diogo Martins Nunes  
Sobrevivência de peixes pelágicos capturados com  
espinhel no Oceano Atlântico Oeste Equatorial

51 folhas.: il.

Orientador: Fábio Hissa Vieira Hazin  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura). Departamento de Pesca e Aquicultura.  
Inclui bibliografia

CDD [Nº]

1. Mortalidade

2. Anzol circular

3. Espinhel pelágico

4. Atuns e afins

5. Hook timer

I. Hazin, Fábio Hissa Vieira

II. Sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico  
Oeste Equatorial

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**SOBREVIVÊNCIA DE PEIXES PELÁGICOS**  
**CAPTURADOS COM ESPINHEL**  
**NO OCEANO ATLÂNTICO OESTE EQUATORIAL**

**Diogo Martins Nunes**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida em 11/02/2011 pela seguinte Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin**

(Orientador)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]  
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Prof. Dr. Paulo E. P. F. Travassos – Membro Interno**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]  
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Prof. Dr. Humber Agreli Andrade – Membro Interno**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]  
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin – Membro Externo**

[Unidade Acadêmica de Serra Talhada]  
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Prof. Dr. Paulo Guilherme Oliveira – Suplente**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]  
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho às duas pessoas mais importantes na minha vida: minha mãe Maria Augusta Martins de Jesus e meu irmão Mauricio Martins Nunes.

## **Agradecimentos**

- À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura;
- Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado;
- Ao orientador Fábio Hazin, pela confiança, mas, principalmente, pelos valiosos ensinamentos;
- A minha mulher Ilka Siqueira Lima Branco por todo amor dedicado;
- Ao amigo Felipe Carvalho, pelas oportunidades concedidas, pela ajuda nas análises, pela doação do material para realização dos experimentos e pelas conversas sempre reveladoras;
- Ao amigo e prof. Humberto Gomes Hazin, pela ajuda nas análises estatísticas, pelos conselhos e por estar sempre disposto a ajudar;
- Ao amigo e prof. José Carlos Pacheco, pela força na realização dos experimentos;
- Ao colega Bruno Mourato pela parceria nas análises dos dados e sugestões pertinentes.
- A todos os estudantes de graduação e grandes amigos que me ajudaram nas coletas (Lucas Flores, Lucas Commeseto, Rafael Benjamim e Renato Santiago).
- Aos amigos Rivaldo Segundo, Tomás Andrade, Rafael Muniz, Felipe Lucena, Rodrigo Barreto, Jones Santander e Natália Lacerda por serem os seres que são.
- Aos colegas de turma de mestrado.
- E a todos aqueles que injustamente não foram citados

## Resumo

Durante os experimentos anzóis circulares (15/0 e 17/0) foram comparados com anzóis tipo “J” 10/0 e utilizados “*hook timers*” (HT) para identificação da hora de captura e do tempo em que o peixe permaneceu na linha até seu embarque. O espadarte apresentou altos índices de mortalidade, ao contrário do tubarão azul, que obteve altos índices de sobrevivência a despeito do tipo e local em que o anzol foi fisgado. Por outro lado, as espécies de albacoras e agulhões analisados apresentaram uma tendência significativa de redução da mortalidade em indivíduos capturados externamente, resultando em uma associação entre o local de físga e a condição do animal ( $\chi^2=13.54$  e  $p=0.00023$ ;  $\chi^2=27.35$  e  $p=1.697e^{-07}$ , respectivamente). Houve uma tendência de elevação da sobrevivência com aumento do comprimento individual dos peixes, embora no grupo dos tubarões essa elevação apenas foi observada para o tubarão azul, com uma diferença marginalmente significativa, enquanto que outras espécies de tubarão apresentaram um padrão contrário, embora a diferença tenha sido estatisticamente significativa apenas para o tubarão cachorro. Um total de 431 HT foram ativados, havendo um claro crescimento da taxa de mortalidade dos peixes capturados com o aumento do tempo decorrido entre a captura e o seu embarque, porém, algumas espécies demonstraram suportar longos períodos de captura sobrevivendo até o momento do embarque. Os resultados sugerem que através do conhecimento dos fatores que afetam a sobrevivência de peixes pelágicos capturados na pesca com espinhel pode-se desenvolver/adotar métodos de pesca que reduzam a mortalidade principalmente dos integrantes da fauna acompanhante e animais capturados incidentalmente

**Palavras-chave:** (Mortalidade, Atuns e afins, Anzol circular, Espinhel pelágico, *Hook timer*)

## **Abstract**

Circle hooks (15/0 and 17/0) were compared with traditional hooks (type "J" 10/0) and used "hook timers (HT)" to identify the time capture and time in which the fish remained in line until haulback. Survival rates ranged considerably between species and species groups, and between the types of hooks and hooking location. As example, mortality rates showed billfishes significantly lower in circle hooks in compared to the traditional. The swordfish, in turn, reported higher mortality regardless the type of hook and hooking location, unlike the blue shark, which showed high levels of survival. By moreover, species of tunas and billfishes analyzed showed a significant trend toward reduction in mortality of individuals captured externally, resulting in an association between hooking location and the condition of the animal ( $\chi^2 = 13:54$ ,  $p = 0.00023$ ;  $\chi^2 = 27.35$ ,  $p = 1.697e-07$ , respectively). For target species had a trend of increased survival with increased length of individual fish, although the group of sharks that trend was only observed for the blue shark, with a marginally significant difference, while other shark species showed a pattern otherwise, although the difference was statistically significant only for the crocodile shark. A total of 431 HT were activated and retrieved with fish on the line, represented by 20 species, of which 13 were captured more frequently at night. Some species demonstrated endure long periods of capture surviving until the time of haulback. Results suggest that knowledge of factors affecting survival of pelagic fish caught in fishing longline can develop/adopt fishing methods that reduce mortality primarily by members of the bycatch and animals caught incidentally.

**Key words:** (Mortality, Pelagic longline, Tunas, Circle hook, Hook timers)



## Lista de figuras

	Página
Figura 1- Área de estudo onde foram realizados os 53 lançamentos para realização dos experimentos.....	36
Figura 2- Tipos de anzóis utilizados nos experimentos para estudo da sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial (A=C17/0; B=C15/0; C=J10/0) .....	36
Figura 3- Dispositivo (hook timer) utilizado para aferir quanto tempo decorreu entre a captura o embarque do animal.....	37
Figura 4- Proporção de indivíduos capturados internamente por tipo de anzol (A) e percentual de mortalidade de acordo com o local de fisga (B) para grupos de espécies capturadas com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial.....	38
Figura 5- Hora de captura dos grupos de espécies capturadas em HT acionados .....	39
Figura 6- Distribuição dos horários de capturas das espécies com relação a cada operação de pesca (A= Lançamento; B= Deriva; C= Recolhimento) .....	40

## Lista de tabelas

	Página
Tabela 1- Composição das capturas e proporção de mortalidade nos experimentos realizados com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial .....	37
Tabela 2- Médias dos comprimentos individuais com relação ao estado do peixe no momento do embarque, das principais espécies capturadas, na pesca com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial .....	39
Tabela 3- Média de tempo decorrido entre a captura e o embarque das principais espécies capturadas em relação à condição do animal (vivo e morto) .....	40

## Sumário

Página

Dedicatória	
Agradecimento	
Resumo	
Abstract	
Lista de figuras	
Lista de tabelas	
1- Introdução.....	12
2- Revisão de literatura.....	13
3- Referência bibliográfica .....	16
4- Artigo científico .....	19
4.1- Artigo científico I .....	20
4.1.1- Normas da Revista Fisheries Research .....	41

## 1- Introdução

No Oceano Atlântico, diversas espécies são capturadas pela pesca comercial espinheleira, que tem como espécie-alvo os atuns e afins. As principais espécies de peixes capturadas pelos barcos que atuam com espinhel pelágico no Brasil são a albacora-laje (*Thunnus albacares*), a albacora-bandolim (*Thunnus obesus*), o espadarte (*Xiphias gladius*) e o tubarão azul (*Prionace glauca*), além de várias outras espécies que compõem a fauna acompanhante, com valor comercial, como os agulhões e tubarões, e as capturas incidentais, sem valor comercial, como as tartarugas e as aves.

Atualmente, 96 embarcações operam no país, das quais 84 são nacionais e 12 são embarcações estrangeiras arrendadas. Além desta frota industrial, mais de uma centena de pequenos barcos artesanais também atuam sobre espécies de atuns e afins com espinhel, em pelo menos uma parte do ano (ICCAT, 2010).

Apesar de possuir uma frota relativamente numerosa, a produção anual de atuns e afins do Brasil, situada em 35.501 t, representa apenas 6.1 % do total capturado no Oceano Atlântico anualmente, estimado em cerca de 583.647 t, em 2009. Considerando-se o valor direto de revenda desta produção, porém, da ordem de 4 bilhões de dólares, a participação brasileira é ainda muito mais tímida uma vez que a maior parcela da produção nacional é de bonito listrado (65,7%), uma das espécies de atum com menor preço no mercado internacional. Na pesca com espinhel pelágico, porém, é o espadarte que detém a maior participação relativa (40,8%) do total capturado pelo País (7.669 t), seguido pelo tubarão azul (16,5%), pela albacora laje (13,5%) e pela albacora bandolim (13,1%) (ICCAT, 2010).

Atualmente, a fauna acompanhante da pesca com espinhel no Atlântico responde por cerca de 25% da produção total capturada por esta arte de pesca (FAO, 2008). No Brasil, 23 espécies, incluindo os agulhões branco, negro e vela, além de várias espécies

de tubarões e outros peixes teleósteos, compõem a fauna acompanhante da pesca com espinhel. O alto índice de captura acessória, associado à elevada carência de informações sobre a biologia das espécies capturadas, é bastante preocupante, em razão das dificuldades decorrentes para se realizar uma adequada avaliação da condição dos estoques e, conseqüentemente, para se adotar as medidas de ordenamento necessárias à sua conservação.

Nos últimos anos, em particular, o impacto da pesca com espinhel pelágico direcionada para a captura de atuns e do espadarte sobre populações com reduzido ou nenhum interesse comercial tem ganhado grande destaque no cenário internacional, especialmente no caso de espécies que apresentam ciclos de vida longos e maturação sexual tardia, como os elasmobrânquios, as tartarugas e as aves marinhas. Por conseqüência, várias medidas de mitigação objetivando a redução da incidência e o aumento da sobrevivência pós-soltura das espécies integrantes da fauna acompanhante e das capturas incidentais têm sido adotadas, com diferentes graus de sucesso. Assim, estudos focados na avaliação da sobrevivência pós-captura das espécies exploradas, principalmente daquelas que não são alvo da pescaria com espinhel pelágico, bem como no entendimento dos fatores capazes de reduzir as taxas de mortalidade no momento do recolhimento e pós-soltura, são cruciais para uma adequada compreensão do impacto da pesca e para a conseqüente construção e adoção de medidas efetivas de mitigação.

## **2- Revisão de literatura**

O entendimento dos fatores que determinam as diferenças entre as taxas de mortalidade das diversas espécies capturadas na pesca com espinhel pelágico pode ser extremamente útil na identificação de oportunidades para se reduzir o impacto desta atividade sobre a fauna acompanhante e sobre as espécies capturadas incidentalmente.

Entre os fatores que interferem na taxa de mortalidade das diferentes espécies capturadas na pesca com espinhel incluem-se desde fatores intrínsecos à espécie ou mesmo ao próprio espécime, como o estágio ontogênico ou características fisiológicas, a fatores extrínsecos associados ao aparelho e método de pesca, como o tipo de anzol utilizado, o tempo de imersão do equipamento e as práticas de recolhimento (MOYES et al., 2006; BARTHOLOMEW E BOHNSACK 2005; WARD et al., 2004).

Assim, o desenvolvimento de técnicas que possibilitem o aumento da sobrevivência das espécies capturadas e a conseqüente redução do impacto da pesca espinheleira sobre as suas populações tornam-se um instrumento essencial para a conservação desses recursos. Essas técnicas podem consistir tanto em mudanças nos fatores operacionais e tecnológicos da pesca (HAZIN, 2006; KERSTETTER E GRAVES, 2006), como em restrições do esforço de pesca, em determinadas áreas ou períodos do ano (GOODYEAR, 1999; HAZIN E ERZINI, 2008). Alguns experimentos recentes com a utilização de anzóis circulares, por exemplo, realizados no Atlântico Sul Equatorial, com o intuito de reduzir o impacto da pesca de espinhel pelágico sobre a fauna acompanhante, apresentaram resultados extremamente positivos quanto ao aumento da sobrevivência e à redução das capturas de espécies acessórias (KERSTTETER et al., 2007; HAZIN et al., 2010; PACHECO et al., 2010).

Concomitantemente à redução da mortalidade das espécies capturadas, a utilização de anzóis circulares na pesca com espinhel pelágico, a julgar pelos resultados obtidos, pode, ainda, aumentar a captura de espécies alvo em até 30% (COOKE e SUSKI, 2004; FALTERMAN e GRAVES, 2002). Além disso, como foi demonstrado por Hazin et al. (2010), para a frota espinheleira brasileira, 80% dos peixes comerciais capturados com anzol circular estavam vivos no momento do recolhimento,

umentando, conseqüentemente, o percentual de peixes com qualidade para exportação e, assim, o seu preço de mercado.

Outro fator de forte influência nas taxas de mortalidade das espécies capturadas com espinhel pelágico é o local em que o anzol é fígado. Peixes capturados com anzóis fígados internamente sofrem, comumente, danos irreversíveis em órgãos vitais, que comprometem a sua sobrevivência, diferentemente daqueles que são fígados externamente, na boca ou na maxila (SKOMAL et al., 2002).

Outras medidas de natureza mais operacional, como a redução do tempo de imersão do espinhel, podem, também, reduzir significativamente a mortalidade das espécies capturadas incidentalmente, permitindo, conseqüentemente, a sua liberação com vida ao mar (POISSON et al., 2010). Diaz e Serafy (2005), por exemplo, observaram um aumento expressivo das taxas de mortalidade, especificamente do tubarão azul, com a elevação do tempo de imersão do espinhel. Resultados como esses são, evidentemente, extremamente úteis para a construção de medidas de manejo que visem a reduzir a mortalidade das espécies integrantes da fauna acompanhante ou capturas incidentais, sem comprometer, no entanto, os índices de captura das espécies alvo.

Embora a adoção de tamanhos mínimos de captura, associados a estimativas do comprimento médio de primeira maturação sexual para espécies exploradas comercialmente, seja freqüentemente utilizada como medida de gestão pesqueira, o efeito do comprimento individual do peixe sobre a mortalidade pós-captura tem sido pouco documentado, apesar de já ter sido demonstrado que o mesmo constitui um componente importante na mortalidade de várias espécies (MORGAN E CARLSON, 2010).

Estudos com espinhel de fundo, por exemplo, direcionados para a captura do bacalhau (*Hippoglossus hippoglossus* e *Gadus morhua*), evidenciaram que as taxas de mortalidade diminuem com o aumento do comprimento do peixe (NIELSON et al., 1989; MILLIKEN et al., 1999). Diaz e Serafy (2005) também mostraram que a proporção de indivíduos de tubarão azul (*Prionace glauca*) liberados vivos aumentou com o comprimento do animal. Apesar das informações já disponíveis, a relação entre o comprimento do peixe e a taxa mortalidade pós-captura ainda não é bem conhecida para a grande maioria das espécies capturadas com o espinhel pelágico para atuns e afins.

Mais recentemente, estudos com marcação eletrônica, utilizando tecnologias de monitoramento via satélite, vem sendo desenvolvidos com grande êxito para se estimar a mortalidade pós-soltura de espécies capturadas com espinhel pelágico, aspecto particularmente relevante já que muitos espécimes terminam por morrer algumas horas ou mesmo dias após a soltura, mesmo quando aparentavam se encontrar em boas condições vitais no momento de sua liberação (DOMEIER et al., 2003; KERSTTETER et al., 2003; MOYES et al., 2006; KERSTTETER E GRAVES, 2007; GRAVES E HORODYSKY, 2008, CAMPANA et al., 2009).

### **3- Referência bibliográfica**

Bartholomew, A.; Bohnsack, J. A. 2005. A review of catch-and-release angling mortality with implications for no-take reserves. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 129-154.

Campana, S. E.; Joyce, W.; Manning, M. J. 2009. Bycatch and discard mortality in commercially caught blue sharks *Prionace glauca* assessed using archival satellite pop-up tags. *Marine Ecology Progress Series*, 387: 241-253.



Cooke, S. J.; Suski, C. D. 2004. Are circle hooks effective tools for conserving freshwater and marine recreational catch-and-release fisheries? *Aquat. Cons. Mar. Fresh. Ecosyst.*, 14: 299-326.

Diaz, G. A.; Serafy, J. E. 2005. Longline-caught blue shark (*Prionace glauca*): factors affecting the numbers available for live release. *Fish. Bull.*, 103: 720-724.

Domeier, M. L.; Dewar, H.; Nasby-Lucas, N. 2003. Mortality rate of striped marlin (*Tetrapturus audax*) caught with recreational tackle. *Marine and Freshwater Research*, 54: 435-445.

Falterman, B.; Graves, J. E. 2002. A preliminary comparison of the relative mortality and hooking efficiency of circle and straight shank (“J”) hooks used in the pelagic longline industry. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 30: 80-87.

FAO, 2008. Status of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) – 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Department, 177 p.

Goodyear, C. P. 1999. An analysis of the possible utility of time-area closures to minimize billfish bycatch by U.S. pelagic longlines. *Fishery Bulletin*, 97(2): 243-255.

Graves, J. E.; Horodysky, A. Z. 2008. Does hook choice matter? Effects of three circle hook models on postrelease survival of white marlin. *North American Journal of Fisheries Management*, 28: 471-480.

Hazin, H. G. 2006. Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica populacional e pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, capturados pela frota brasileira. (Tese de Doutorado) Universidade do Algarve/Portugal. 213p.

Hazin, H. G.; Comasseto, L.; Hazin, F. H. V.; Pacheco, J. C.; Nunes, D. 2010. Análise das capturas do anzol “circular” em relação ao anzol “J” em embarcações com espinhel pelágico no oceano atlântico. Relatório Parcial, FACEPE/PIBIC, 16 p.

Hazin, H. G.; Erzini, K. 2008. Assessing swordfish distribution in the South Atlantic based on spatial predictions. *Fish. Res.*, 90: 45-55.

ICCAT 2010. Statistical Bulletin, Madrid, Espanha, 197 p.

Kerstetter, D. W.; Pacheco, J. C.; Hazin, F. H.; Travassos, P. E.; Graves, J. E. 2007. Preliminary results of circle and J-style hook comparisons in the Brazilian pelagic longline fishery. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 60(6): 2140-2147.

Kerstetter, D. W.; Graves, J. E. 2007. Post-release survival of sailfin (*Istiophorus platypterus*) captured on commercial pelagic longline gear in the southern Gulf of Mexico. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 60(5): 1576-1581.

Kerstetter, D. W.; Graves, J. E. 2006. Effects of circle versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. *Fish. Res.*, 80: 239-250.

Kerstetter, D. W.; Luckhurst, B. E.; Prince, E. D.; Graves, J. E. 2003. Use of pop-up satellite archival tags to demonstrate survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) released from pelagic longline gear. *Fish. Bull.*, 101: 939-948.

Milliken, H. O.; Farrington, M.; Carr, H. A.; Lent, E. 1999. Survival of atlantic cod (*Gadus morhua*) in the northwestern Atlantic longline fishery. *Marine Technol. Soc. J.*, 33: 19-24.

Morgan, A.; Carlson, J. K. 2010. Capture time, size and hooking mortality of bottom longline-caught sharks. *Fish. Res.*, 101: 32-37.

Moyes, C. D.; Fragoso, N.; Musyl, M. K.; Brill, R. W. 2006. Predicting postrelease survival in large pelagic fish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135: 1389-1397.

Nielson, D. J.; Waiwood, G.; Smith, S. J. 1989. Survival of the atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) caught by longline and otter trawl gear. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 887-897.

Pacheco, J. C.; Kerstetter, D. W.; Hazin, F. H.; Hazin, H.; Segundo, R. S. S. L.; Graves, J. E.; Carvalho, F.; Travassos, P. E. 2010. A comparison of circle hook and J hook performance in the western equatorial Atlantic Ocean pelagic longline fishery. *Fis. Res.*, doi:10.1016/j-fishres.2010.10.003.

Poisson, F.; Gaertner, J.; Durbec, J.; Bigelow, K. 2010. Effects of lunar cycle and fishing operations on longline-caught pelagic fish: fishing performance, capture time and survival.

Skomal, G. B.; Chase, B. C.; Prince, E. D. 2002. A comparison of circular hook and straight hook performance in recreational fishery for juvenile Atlantic bluefin tuna. *American Fishery Society Symposium*, 30: 57-65.

Ward, P.; Myers, R. A.; Blanchard, W. 2004. Fish lost at the sea: the effect of soak time on pelagic longline catches. *Fish. Bull.*, 102: 179-195.

## **4- Artigos científicos**

### **4.1- Sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico Oeste Equatorial**

Diogo M. Nunes\*, Fábio H. V. Hazin, José Carlos Pacheco, Felipe Carvalho,  
Bruno Mourato, Paulo Travassos, Humberto Hazin

Artigo científico a ser encaminhado à Revista Fisheries Research.

Todas as normas de redação e citação, doravante atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

## Sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico Oeste Equatorial

Diogo M. Nunes\*, Fábio H. V. Hazin, José Carlos Pacheco, Felipe Carvalho, Bruno Mourato, Paulo Travassos, Humberto Hazin

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Pesca e Aqüicultura  
Laboratório de Tecnologia Pesqueira, 52171-900, Recife, PE, Brasil

\*Corresponding author – contact information:

Phone: +55 81 3320-6529

Email: diogoidnunes@gmail.com

### Resumo

Durante os experimentos anzóis circulares (15/0 e 17/0) foram comparados com anzóis tipo “J” 10/0 e utilizados “hook timers” (HT) para identificação da hora de captura e do tempo em que o peixe permaneceu na linha até seu embarque. O espadarte apresentou altos índices de mortalidade, ao contrário do tubarão azul, que obteve altos índices de sobrevivência a despeito do tipo e local em que o anzol foi fogado. Por outro lado, as espécies de albacoras e agulhões analisados apresentaram uma tendência significativa de redução da mortalidade em indivíduos capturados externamente, resultando em uma associação entre o local de foga e a condição do animal ( $\chi^2=13.54$  e  $p=0.00023$ ;  $\chi^2=27.35$  e  $p=1.697e^{-07}$ , respectivamente). Houve uma tendência de elevação da sobrevivência com aumento do comprimento individual dos peixes, embora no grupo dos tubarões essa elevação apenas foi observada para o tubarão azul, com uma diferença marginalmente significativa, enquanto que outras espécies de tubarão apresentaram um padrão contrário, embora a diferença tenha sido estatisticamente significativa apenas para o tubarão cachorro. Um total de 431 HT foram ativados, havendo um claro crescimento da taxa de mortalidade dos peixes capturados com o aumento do tempo decorrido entre a captura e o seu embarque, porém, algumas espécies demonstraram suportar longos períodos de captura sobrevivendo até o momento do embarque. Os resultados sugerem que através do conhecimento dos fatores que afetam a sobrevivência de peixes pelágicos capturados na pesca com espinhel pode-se desenvolver/adotar métodos de pesca que reduzam a mortalidade principalmente dos integrantes da fauna acompanhante e animais capturados incidentalmente.

**Palavras-chave:** Mortalidade, Anzol circular, Espinhel pelágico, *Hook timer*

## 1 **1. Introdução**

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

A pesca com espinhel pelágico direcionada para a captura de atuns e afins também incide sobre outras espécies de menor ou nenhum valor comercial (consideradas, respectivamente, como fauna acompanhante e capturas incidentais), problema que tem ganhado um destaque crescente no cenário internacional, devido ao impacto causado nas populações dessas espécies acessórias, particularmente para aqueles grupos zoológicos que apresentam ciclos de vida longos e baixas taxas de reprodução, como os elasmobrânquios, tartarugas e aves marinhas.

Devido ao longo tempo em que o equipamento de pesca permanece na água (comumente acima de 12h), em grande parte das vezes os espécimes capturados são embarcados já sem vida ou bastante debilitados (Hazin, 2006), comprometendo não só a sua qualidade, no caso das espécies com valor comercial, como também a sua sobrevivência quando devolvidas ao mar, no caso das capturas incidentais e algumas espécies da fauna acompanhante, como os agulhões branco e negro, cujo embarque é proibido pela legislação nacional, caso se encontrem ainda vivos no momento do recolhimento do espinhel.

Apesar da elevada diversidade e dos altos índices de captura das espécies que compõem a fauna acompanhante ou incidental, ainda existe uma grave lacuna de conhecimento sobre a biologia e pesca dessas espécies, dificultando ou mesmo impedindo, na maioria dos casos, uma adequada avaliação dos seus estoques.

Nesse contexto, o desenvolvimento e a implantação de novas técnicas que possibilitem a redução das capturas e da mortalidade da fauna acompanhante ou incidental na pesca industrial espinheleira têm grande importância, em razão da sua potencial contribuição para a conservação dessas espécies. Essas técnicas podem consistir tanto em mudanças nos fatores operacionais e tecnológicos da pesca, como na

1 adoção de medidas de manejo, relacionadas à imposição de restrições do esforço de  
2 pesca, em termos de áreas ou épocas do ano (Goodyear, 1999; Hazin, 2006; Kerstetter e  
3 Graves, 2006; Hazin e Erzini, 2008).

4 O presente trabalho, portanto, teve como objetivo realizar um estudo sobre as  
5 variáveis que podem ter efeitos na sobrevivência de espécies pelágicas capturadas no  
6 Atlântico oeste equatorial, pela frota espinheleira brasileira, com vistas a verificar o  
7 potencial de utilização de métodos alternativos de pesca como forma de reduzir a  
8 mortalidade dos animais capturados.

9

10

## 11 **2. Material e Métodos**

12

### 13 **2.1 Coleta de dados**

14

15 No período de maio de 2009 a janeiro de 2010, foram realizados quatro cruzeiros a  
16 bordo da embarcação nacional B/P MR. NR, que opera com espinhel pelágico, a partir do  
17 porto de Natal- RN, durante os quais foram realizados 53 lances de pesca entre as  
18 coordenadas de 05° N a 02° S de latitude e de 028° a 038° W de longitude (Figura 1).

19 Inserir figura 1

20

21 O espinhel utilizado era formado por uma linha principal de monofilamento de  
22 3,5 mm (poliamida), com aproximadamente 50 milhas náuticas, com oito bóias-rádio  
23 distribuídas entre as seções. Cada samburá era formado por uma bóia balão, seguida de  
24 quatro ou cinco bóias-bala, cabos de bóia de monofilamento de 2,0 mm (poliamida),  
25 com comprimento aproximado de 16 m, e cinco linhas secundárias, compostas de um  
26 “*snap*”, uma seção de poliamida monofilamento com 18 m e 2,0 mm de diâmetro, um  
27 destorcedor de 75 g, outra seção de poliamida monofilamento com 2,0 m e 2,0 mm de  
28 diâmetro e um anzol.

1 Uma vez selecionada a área de pesca, as operações começavam por meio do  
2 lançamento do espinhel, sempre no final da tarde (entre 14:00 e 16:00h), com o  
3 recolhimento, por sua vez, sempre se iniciando no início de cada manhã, entre três  
4 (3:00h) e cinco (5:00h) horas. A isca utilizada foi sempre a lula (*Illex* sp), em conjunto  
5 com um atrator luminoso (*light lumi*).

6 Para avaliar as taxas de sobrevivência das espécies capturadas, com relação ao  
7 tipo de anzol utilizado, foram realizados dois experimentos, nos quais os anzóis  
8 circulares 15/0 5° off-set (25 lances), 17/0 5° off-set (28 lances) foram comparados com  
9 o anzol tradicional 10/0 5° off-set (Figura 2). Os anzóis foram dispostos de forma  
10 alternada em cada samburá, isto é, se os anzóis em um samburá estavam distribuídos na  
11 ordem C-J-C-J-C, no samburá seguinte a ordem era J-C-J-C-J.

12 Inserir figura 2

13

14 Para identificação do tempo que os peixes permaneceram vivos na linha, após  
15 terem sido capturados pelos anzóis, bem como a hora exata em que os mesmos foram  
16 físgados, foram utilizados “*hook timers*” (HT), equipamentos constituídos de um relógio  
17 digital envolto por um plástico rígido e impermeável, que é ativado por um ímã, quando  
18 um peixe é físgado (Figura 3). Quando os HT eram trazidos para a superfície,  
19 verificava-se o tempo registrado no relógio, o qual representava o tempo decorrido  
20 desde que o animal foi capturado, permitindo, assim, o cálculo preciso do momento da  
21 captura. Durante as 53 operações de pesca realizadas, foi utilizado um esforço total de  
22 7800 HT, representando uma média de 200 HT utilizados por lançamento. Destes, 40  
23 (12%) apresentaram defeito ou foram danificados nas primeiras operações de pesca.

24 Inserir figura 3

25

1 Os exemplares capturados eram imediatamente identificados, sexados e  
2 medidos, quanto ao comprimento (furcal ou zoológico: atuns, outros teleósteos e  
3 tubarões; mandíbula inferior- forquilha caudal: espadarte e agulhões), registrando-se,  
4 ainda, a posição do anzol de captura no espinhel, tipo de anzol e local de fixação do  
5 anzol no peixe (externo= canto da boca, mandíbula; e interno= guelras, esôfago e  
6 estômago). Diariamente também eram coletados os dados sobre a data, hora, latitude e  
7 longitude de cada lançamento e recolhimento.

8

## 9 **2.2 Análise Estatística**

10

11 As análises foram efetuadas por espécie e grupo de espécies. As taxas de  
12 mortalidade foram calculadas por tipo de anzol como a proporção de indivíduos  
13 capturados mortos no momento do recolhimento, ou seja, animais que não apresentaram  
14 qualquer movimento quando embarcado. As diferenças entre as taxas de mortalidade e o  
15 local de físga por tipo de anzol foram comparadas utilizando o teste de “Chi-quadrado”.

16 Para as análises de diferenças da taxa de mortalidade entre os comprimentos  
17 individuais (em centímetros) e entre o tempo decorrido entre a captura e o embarque dos  
18 peixes (em horas), para espécies e grupos de espécies, foi aplicado inicialmente um teste  
19 de normalidade (“*Shapiro-Wilk*”), seguido do teste de homogeneidade das variâncias  
20 (teste de “*Bartlett*”) e, finalmente, de um teste para comparação de médias (teste *t* para  
21 valores que atenderam as premissas de normalidade e homocedasticidade e “*Wilcoxon*”  
22 para os casos em que as variâncias diferiram estatisticamente). Para todas as análises  
23 utilizou-se o programa estatístico R (R Core Development Team, 2007), disponível  
24 livremente na internet, bem como o pacote “*maptools*” para construção do mapa com a  
25 localização dos lançamentos, com todos os resultados tendo sido considerados  
26 estatisticamente significantes ao nível de 5% ( $p < 0.05$ ).

27



### 3. Resultados

#### 3.1 Mortalidade e local de fisga por tipo anzol

Um total de 1.783 peixes (23 espécies) e 65 tartarugas (duas espécies) foram capturados durante o estudo, com um esforço de pesca de 37.100 anzóis (18.550 circulares e 18.550 tradicionais). As espécies alvo da pescaria (espadarte, albacora bandolim e albacora laje), nesta ordem, somaram mais de 65% do total de peixes capturados (Tabela 1). Se somados ao tubarão azul, principal integrante da fauna acompanhante, essas quatro espécies somaram mais de 80% das capturas efetuadas.

Inserir Tabela 1

As taxas de mortalidade variaram consideravelmente entre as espécies e os tipos de anzóis. O anzol circular 15/0 obteve um menor índice de mortalidade (40,9%), para todas as espécies em conjunto, seguindo-se o anzol tradicional (55,4%) e o circular 17/0 (57,0%), embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa ( $\chi^2= 3,0783$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 0,2146$ ). Algumas espécies, como o espadarte, a albacora branca, a espada preta e a cavala, apresentaram taxas de mortalidade bastante elevadas independentemente do tipo de anzol utilizado, enquanto outras, como o dourado e o tubarão azul, exibiram taxas de mortalidade reduzidas, embora não tenham sido detectadas diferenças estatísticas entre os anzóis (Tabela 1). A albacora bandolim, por sua vez, apresentou menores índices de mortalidade no anzol circular 15/0, porém sem diferenças significantes, ao contrário da albacora laje, que apresentou uma redução significativa nas taxas de mortalidade no anzol circular 17/0 ( $\chi^2= 6.5332$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 0.03814$ ). Já para os agulhões branco, vela e negro, as taxas de mortalidade foram significativamente menores nos anzóis circulares 15/0 e 17/0 ( $\chi^2= 63,3096$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 1,789e^{-14}$  /  $\chi^2= 54,2857$ ;  $gl= 2$ ;  $p=1,629e^{-12}$  /  $\chi^2= 58,1113$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 2,406 e^{-13}$

1 respectivamente), assim como para o tubarão cachorro ( $\chi^2= 5,081$ ; gl= 1; p= 0,02419).  
2 Para o tubarão mako e estrangeiro as taxas de mortalidade foram significativamente  
3 menores no anzol circular 15/0 ( $\chi^2= 8,2609$ ; gl= 2; p= 0,01608/  $\chi^2= 8,8325$ ; gl= 2; p=  
4 0,01208). O grupo das raias apresentaram maiores taxas de mortalidade no anzol  
5 circular 17/0 ( $\chi^2= 13$ ; gl= 2; p= 0,001503), enquanto as tartarugas obtiveram os maiores  
6 índices no anzol tradicional ( $\chi^2= 23,6$ ; gl= 2; p= 7,505e<sup>-06</sup>). Todas as outras espécies  
7 analisadas não apresentaram diferença estatística quanto a taxa de mortalidade por tipo  
8 de anzol.

9 O local de fixação do anzol no peixe (“local de fisga”) no momento da captura  
10 variou entre os tipos de anzóis (circulares agrupados vs tradicional) e entre os grupos de  
11 espécies (Figura 4A). Todos os grupos de espécies apresentaram valores  
12 significativamente maiores de fixação interna no anzol tradicional do que nos anzóis  
13 circulares, com exceção do grupo dos teleósteos e das tartarugas (albacoras p=1.537e<sup>-12</sup>;  
14 espadarte p=0.02366; agulhões p=0.01124; tubarões p=0.0371 e raias p=0.0001532).

15 Em relação à mortalidade por local de fisga, o espadarte apresentou altos índices  
16 de mortalidade independentemente do tipo de anzol e local de fisga, ao contrário do  
17 tubarão azul, que apresentou índices de mortalidade baixos, a despeito do tipo e local  
18 em que o anzol foi fisgado. Por outro lado, as espécies de albacoras e agulhões  
19 analisados apresentaram uma tendência significativa de redução da mortalidade em  
20 indivíduos capturados externamente, resultando em uma associação entre o local de  
21 fisga e a condição do animal (se vivo ou morto) ( $\chi^2= 13,54$  e p= 0,00023;  $\chi^2= 27,35$  e p=  
22 1,697e<sup>-07</sup>, respectivamente) (Figura 4B).

23 Inserir Figura 4

24

25

### 1 **3.2 Comprimento individual**

2 Para as espécies alvo houve uma tendência de elevação da sobrevivência com  
3 aumento do comprimento individual dos peixes, embora esta diferença tenha sido  
4 significativa somente para a albacora laje e para o espadarte. No grupo dos tubarões essa  
5 tendência foi observada apenas para o tubarão azul, com uma diferença marginalmente  
6 significativa, enquanto que as outras espécies de tubarão analisadas apresentaram um  
7 padrão contrário, embora a diferença tenha sido estatisticamente significativa apenas  
8 para o tubarão cachorro. Comportamento semelhante, de maior mortalidade para os  
9 espécimes maiores, foi também observado para o dourado, a arabaiana e os outros  
10 teleósteos, mas todos sem significância estatística (Tabela 2).

11 Inserir Tabela 2

12

### 13 **3.3 Tempo decorrido entre a captura e o embarque**

14 Um total de 431 HT foram ativados e recuperados com peixe na linha,  
15 representados por 20 espécies, das quais 13 foram capturadas com maior frequência no  
16 período noturno. Apenas o grupo dos agulhões (agulhão branco, agulhão negro e  
17 agulhão vela), o peixe lua, a raia roxa e as tartarugas de couro e oliva não apresentaram  
18 um padrão claro de preferência entre o dia e a noite (Figura 5).

20 Inserir Figura 5

21

22 Do número total de indivíduos examinados, observou-se que 8% foram fisgados  
23 durante a fase de recolhimento (4 às 14 h), 9% durante a deriva do aparelho (23 às 3 h) e  
24 a grande maioria (83%) durante a fase de lançamento do mesmo, ou seja, durante o  
25 período noturno (Figura 6), entre 18 horas e meia noite.

26 Inserir Figura 6

1            Houve um claro crescimento da taxa de mortalidade dos peixes capturados com  
2 o aumento do tempo decorrido entre a captura e o seu embarque, embora algumas  
3 espécies tenham demonstrado suportar longos períodos de captura, sobrevivendo até o  
4 momento do embarque. As albacoras bandolim e laje, assim como o tubarão azul, foram  
5 as espécies que sobreviveram por mais tempo durante o processo de captura (14 h), que  
6 coincidiu com o maior período de imersão do aparelho (entre 11 e 14 h).

7            Cinco espécies apresentaram diferenças significativas em relação ao tempo de  
8 linha e a condição do peixe no momento do embarque, demonstrando que a redução do  
9 tempo de imersão pode influenciar na sobrevivência destas espécies (Tabela 3).  
10 Levando-se em consideração os grupos de espécies, apenas os grupos dos agulhões,  
11 atuns e espadarte demonstraram diferenças significativas entre a condição do animal (se  
12 vivo ou morto) e o tempo decorrido entre a captura e o seu embarque.

13            Inserir Tabela 3

14

15            Com relação aos quelônios, todos os indivíduos capturados em linhas com HT  
16 acionados estavam vivos no momento do embarque ( $n = 6$ ), facilitando a sua liberação  
17 com vida. Porém, a estimativa do tempo e hora de captura esteve comprometida devido  
18 ao comportamento deste grupo, somando-se ao baixo peso de algumas espécies, fazendo  
19 com que o HT viesse a ser acionado apenas momentos antes de seu embarque, quando a  
20 linha era tencionada (média de 12 minutos), excetuando-se uma tartaruga de couro que  
21 permaneceu seis horas viva até sua liberação.

22            Assim como descrito para as tartarugas, no grupo das raias, todos os espécimes  
23 também estavam vivos no momento do recolhimento ( $n = 10$ ). Diferentemente das  
24 tartarugas, porém, exceto por três raias que somente acionaram o HT momentos antes

1 do embarque, todas as demais dispararam o HT no momento da captura, apresentando  
2 um tempo médio de linha de seis horas e meia (desvio padrão de 3,59).

3 A condição das iscas em linhas com HT acionados sem peixe (67) indica que  
4 89% foi alvo de alguma investida, haja vista que, 37% dos anzóis estavam sem isca,  
5 38% com metade da isca e 14% sem o próprio anzol, enquanto apenas 11% das iscas  
6 estavam intactas.

7

#### 8 **4. Discussão**

9

##### 10 **4.1 Mortalidade por anzol e local de fisga**

11 O aumento das taxas de sobrevivência de espécies capturadas com anzol circular  
12 em relação ao anzol tradicional, na pesca com espinhel pelágico, devido a uma maior  
13 probabilidade deste último fisgar o peixe internamente, causando assim um maior  
14 trauma, já foi bastante documentado (Pacheco et al., 2010; Kerstetter et al., 2007; Ward  
15 et al., 2009; Kerstetter e Graves, 2006; Yokota et al., 2006). Os índices de mortalidade  
16 encontrados neste estudo corroboram com aqueles observados para a mesma área, com  
17 o espadarte e a cavala apresentando valores elevados, ao contrário do grupo das raias e  
18 tartarugas, do tubarão azul e do dourado que apresentaram índices de mortalidade  
19 reduzidos, independentemente do tipo de anzol (Pacheco et al., 2010; Kerstetter et al.,  
20 2007).

21 Todas as espécies de agulhões e de quelônios, além do tubarão cachorro,  
22 exibiram taxas de mortalidade menores no anzol circular, aumentando as chances de  
23 liberação destes animais com vida ao mar (Sales et al., 2010). Esses resultados são  
24 particularmente relevantes no caso dos agulhões branco e negro, cuja liberação dos  
25 indivíduos que se encontrem vivos por ocasião do recolhimento do espinhel foi tornada  
26 obrigatória por meio da instrução normativa IN SEAP/PR nº 2, de 12 de abril de 2004,

1 devido a situação de sobrepesca evidenciada nas avaliações dos estoques dessas  
2 espécies conduzidas pela ICCAT. Os resultados aqui apresentados reforçam, assim, que  
3 a utilização de anzóis circulares pela frota brasileira que opera com espinhel pelágico,  
4 poderá não apenas aumentar o percentual de soltura com vida de espécies capturadas  
5 incidentalmente, tornando o espinhel menos impactante do ponto de vista ecológico,  
6 mas a qualidade, e conseqüentemente o valor, dos peixes capturados.

7       Vários estudos já demonstraram que o local de fixação do anzol é um dos fatores  
8 que mais afetam a sobrevivência de peixes pós-captura (Cooke e Susky 2004). O fato  
9 dos anzóis circulares se fixarem externamente com maior freqüência do que o anzol  
10 tradicional explica, portanto, a menor mortalidade obtida com a utilização dos mesmos.  
11 A maior porcentagem de fixação externa (canto da boca, maxila) alcançada pelo anzol  
12 circular, em comparação com os anzóis tradicionalmente usados na pesca de espinhel,  
13 se deve certamente ao fato do mesmo possuir a sua ponta perpendicular a sua haste,  
14 permitindo, assim, que o mesmo deslize pelo trato digestivo, sem perfurar o mesmo  
15 (Cooke e Susky 2004). Ambas as tendências foram observadas no presente estudo, com  
16 os anzóis circulares apresentando uma maior taxa de fixação externa e com os  
17 indivíduos fisgados internamente apresentando maiores taxas de mortalidade.

18

#### 19 **4.2 Comprimento individual**

20       Alguns trabalhos que avaliaram o efeito do comprimento individual de peixes  
21 com a mortalidade no momento do embarque obtiveram resultados diversos para  
22 diferentes espécies. Moyes et al. (2006), por exemplo, indicaram que a mortalidade pós-  
23 captura do tubarão azul diminuiu com o comprimento, padrão igualmente descrito para  
24 o linguado (Nielson et al., 1989) e para o bacalhau (Milliken et al., 1999). No presente  
25 estudo este comportamento também foi observado para a maioria das espécies

1 analisadas. Em contraste, estudos realizados com trutas (Taylor e White, 1992) e robalo  
2 (Malchoff e Macneill, 1995) demonstraram que as taxas de mortalidade foram mais  
3 altas em peixes maiores, comportamento igualmente descrito neste trabalho para o  
4 tubarão cachorro, dourado e arabaiana, embora apenas o primeiro tenha apresentado  
5 uma diferença estatisticamente significativa. Portanto, as explicações para estas  
6 possíveis diferenças ainda não são esclarecedoras, necessitando de estudos futuros para  
7 melhor investigar estas hipóteses.

8

#### 9 **4.3 Tempo decorrido entre a captura e o embarque**

10 Em estudo realizado na costa leste dos Estados Unidos, com 599 HT acionados  
11 por 23 diferentes espécies, constatou-se que 99% dos espadartes, todas as albacoras  
12 bandolim, 85% dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e 96% dos peixes prego  
13 (*Lepidocybium flovobrunneum*) foram capturados no período noturno (Kerstetter e  
14 Graves, 2006), diferentemente da albacora laje que não apresentou um padrão claro de  
15 preferência entre o dia (57%) e a noite (43%), e do dourado (*Coryphaena hippurus*), que  
16 apresentou preferência pelo período diurno (95 %).

17 Os dados obtidos para hora de captura no presente estudo corroboram com os  
18 dados encontrados por Kerstetter e Graves (2006), divergindo apenas no caso do  
19 dourado. Esta clara tendência de maiores capturas durante o período noturno reflete  
20 evidentemente o comportamento circadiano da maioria das espécies pelágicas (Dagorn  
21 et al., 2000; Weng et al., 2009), cujas migrações verticais costumam acompanhar o  
22 deslocamento do plâncton, que se aproxima da superfície ao escurecer, deslocando-se  
23 para camadas mais profundas durante o dia.

24 O fato de no presente estudo a maioria das capturas ocorrem durante a fase de  
25 lançamento pode estar associado ao maior poder atrativo da isca durante os seus

1 primeiros momentos de imersão, associado ao seu movimento de afundamento, além da  
2 operação de lançamento abranger o início do período noturno, principalmente das 18 às  
3 23 horas, que converge com o horário de início e fim de lançamento (14 às 23 horas).  
4 Boggs (1992), entretanto, realizando experimentos com espinhel raso (até 100 m) e  
5 profundo (200 a 400 m), relatou altas porcentagens de animais capturados durante a  
6 deriva e/ou recolhimento do aparelho. O fato das operações de recolhimento no estudo  
7 citado haver ocorrido principalmente no final da tarde, se estendendo até as 22 horas,  
8 porém, sugerem que os maiores índices de captura podem estar mais relacionados ao  
9 período do dia do que às condições organolépticas ou de movimentação da isca.

10 As albacoras bandolim e laje, assim como o tubarão azul, demonstraram  
11 sobreviver ao processo de captura por um longo período (até 14 horas). Valores  
12 semelhantes foram verificados para pesca de espinhel realizada ao largo das Ilhas  
13 Reunião (Poisson et al., 2010), embora tenham sido superiores aos encontrados para as  
14 albacoras, na porção nordeste do oceano pacífico, no entorno das ilhas havaianas (entre  
15 seis e nove horas) (Boggs, 1992). O mesmo autor relatou que 50.0% dos espécimes dos  
16 12 táxons mais freqüentes nas capturas estavam vivos no momento do embarque, valor  
17 próximo ao encontrado no presente estudo, sugerindo que a liberação destes peixes  
18 vivos pode ser uma efetiva medida de manejo e de redução do impacto da pesca  
19 espinheleira.

20 Os resultados obtidos no presente trabalho indicam: (1) um incremento  
21 significativo da mortalidade de algumas espécies e grupos de espécies com o aumento  
22 do tempo decorrido entre a captura e embarque do peixe; (2) uma clara tendência de  
23 maiores capturas, e conseqüentemente de uma provável preferência de alimentação, da  
24 maioria das espécies e grupos de espécies pelo período noturno, bem como pela fase de  
25 lançamento do aparelho de pesca (14-23 horas); (3) uma maior proporção de capturas



1 externas e, conseqüentemente, de menores taxas de mortalidade nos anzóis circulares,  
2 em comparação com os anzóis J tradicionalmente utilizados; e (4) uma elevação da  
3 sobrevivência pós-captura da maioria das espécies e grupos de espécies com o aumento  
4 do comprimento individual do peixe. Os resultados alcançados mostram, também, que o  
5 conhecimento dos fatores que afetam a sobrevivência e seus possíveis efeitos nas  
6 espécies de peixes pelágicos capturadas na pesca com espinhel pode se constituir em  
7 uma importante ferramenta para se desenvolver e adotar métodos de pesca capazes de  
8 reduzir a mortalidade principalmente dos integrantes da fauna acompanhante e animais  
9 capturados incidentalmente.

10

## 11 **Agradecimentos**

12

13 Gostaríamos de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico  
14 e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto (processo: 479697/2008-6) e  
15 concessão da bolsa para o primeiro autor. Ao *National Oceanic and Atmospheric*  
16 *Administration* (NOAA - Shark Group) pela doação dos equipamentos utilizados nos  
17 experimentos. Gostaríamos ainda de agradecer a empresa NorPeixe, em especial aos  
18 Engenheiros de Pesca Rivaldo Segundo e Marcelo Nogueira como também toda  
19 tripulação do B/P MR. NR pelo apoio prestado na realização dos experimentos.

20

## 21 **5. Literatura citada**

22 Boggs, C. H. 1992. Depth, capture time, and hooked longevity of longline-  
23 caught pelagic fish: Timing bites of fish with chips. *Fishery Bulletin*, 90: 643-658.

24 Cooke, S. J.; Suski, C. D. 2004. Are circle hooks effective tools for conserving  
25 freshwater and marine recreational catch-and-release fisheries? *Aquat. Cons. Mar.*  
26 *Fresh. Ecosyst.*, 14: 299-326.

1           Dagorn, L.; Bach, P.; Josse, E. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna  
2 (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. Marine  
3 Biology, 136: 361-37.

4           Goodyear, C. P. 1999. An analysis of the possible utility of time-area closures to  
5 minimize billfish bycatch by U.S. pelagic longlines. Fishery Bulletin, 97(2): 243-255.

6           Hazin, H. G. 2006. Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica  
7 populacional e pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, capturados pela frota  
8 brasileira. (Tese de Doutorado) Universidade do Algarve/Portugal. 213p.

9           Hazin, H. G.; Erzini, K. 2008. Assessing swordfish distribution in the South  
10 Atlantic based on spatial predictions. Fish. Res., 90: 45-55.

11           Kerstetter, D. W.; Pacheco, J. C.; Hazin, F. H.; Travassos, P. E.; Graves, J. E.  
12 2007. Preliminary results of circle and J-style hook comparisons in the Brazilian pelagic  
13 longline fishery. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(6): 2140-2147.

14           Kerstetter, D.W. ; Graves, J.E. 2006. Effects of circular versus J-style hooks on  
15 target and non-target species in a pelagic longline fishery. Fish. Res., 80: 239-250.

16           Malchoff, M. H.; Macneill, D. B. 1995. Guidelines to increase survival of  
17 release sport fish, Release fish survival sport fish fact sheet. Cornell Cooperative  
18 Extension, Sea Grant.

19           Milliken, H. O.; Farrington, M.; Carr, H. A.; Lent, E. 1999. Survival of atlantic  
20 cod (*Gadus morhua*) in the northwestern Atlantic longline fishery. Marine Technol.  
21 Soc. J., 33: 19-24.

22           Moyes, C. D.; Fragoso, N.; Musyl, M. K.; Brill, R. W. 2006. Predicting  
23 postrelease survival in large pelagic fish. Transactions of the American Fisheries  
24 Society, 135: 1389-1397.

25           Nielson, D. J.; Waiwood, G.; Smith, S. J. 1989. Survival of the atlantic halibut  
26 (*Hippoglossus hippoglossus*) caught by longline and otter trawl gear. Can. J. Fish.  
27 Aquat. Sci., 46: 887-897.

28           Pacheco, J. C.; Kerstetter, D. W.; Hazin, F. H.; Hazin, H.; Segundo, R. S. S. L.;  
29 Graves, J. E.; Carvalho, F.; Travassos, P. E. 2010. A comparison of circle hook and J  
30 hook performance in the western equatorial Atlantic Ocean pelagic longline fishery. Fis.  
31 Res., doi:10.1016/j-fishres.2010.10.003.

32           Poisson, F.; Gaertner, J.; Durbec, J.; Bigelow, K. 2010. Effects of lunar cycle  
33 and fishing operations on longline-caught pelagic fish: fishing performance, capture  
34 time and survival.

1 R Development Core Team, 2007. R: a language and environment for statistical  
2 computing, vol. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

3 Sales, G.; Giffoni, B. B.; Fiedler, F. N.; Azevedo, V. G.; Kotas, J. E.; Swimmer,  
4 Y.; Bugoni, L. 2010. Circle hook effectiveness for the mitigation of sea turtle bycatch  
5 and capture of target species in a Brazilian pelagic longline fishery. Aquatic. Conserv:  
6 Mar. Freshw. Ecosyst., 20: 428-436.

7 Taylor, M. J.; White, K. R. 1992. A meta-analysis of hooking mortality of  
8 nonanadromous trout. N. Am. J. Fish. Manage., 12: 760-767.

9 Yokota, K.; Kiyota, M.; Minami, H. 2006. Shark catch in a pelagic longline  
10 fishery: Comparison of circle and tuna hooks. Fish. Res., 81: 337-341.

11 Ward, P.; Epe, S.; Kreutz, D.; Lawrence, E.; Robins, C.; Sands, A. 2009. The  
12 effects of circle hooks on bycatch and target catches in Australia's pelagic longline  
13 fishery. Fish. Res., 97: 253-262.

14 Weng, K. C.; Stokesbury, M. J. W.; Boustany, A. M.; Seitz, A. C.; Teo, S. L. H.;  
15 Miller, S. K.; Block, B. A. 2009. Habitat and behaviour of yellowfin tuna *Thunnus*  
16 *albacares* in the Gulf of Mexico determined using pop-up satellite archival tags Journal  
17 of Fish Biology., 74: 1434-1449.

18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

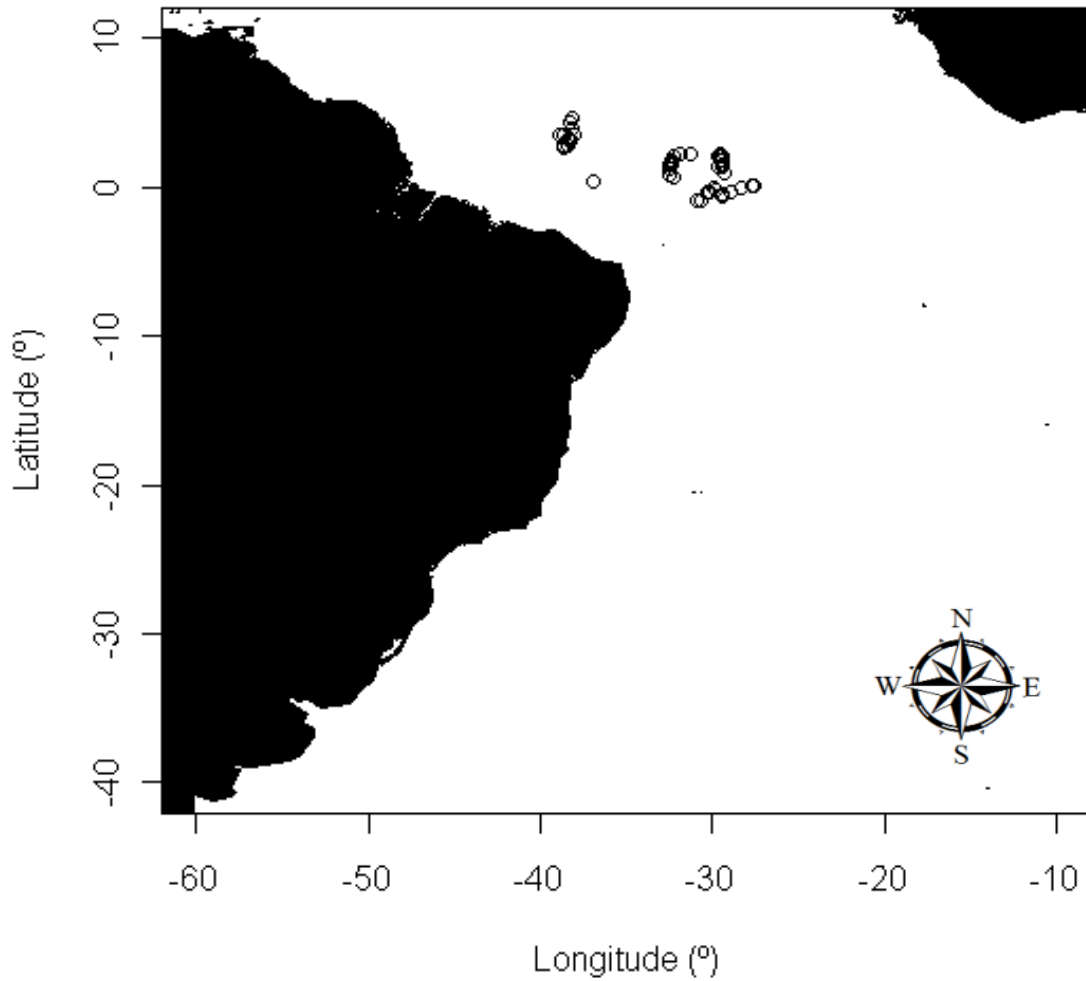


Figura 1: Área de estudo onde foram realizados os 53 lançamentos para realização dos experimentos

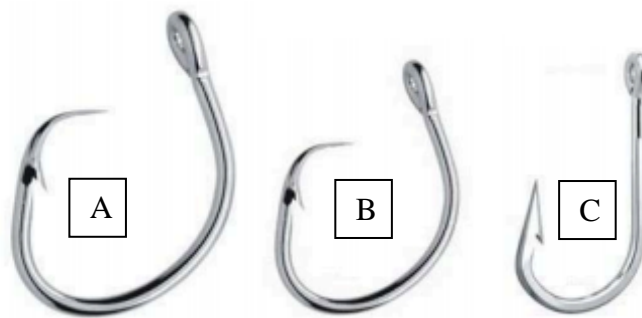


Figura 2: Tipos de anzóis utilizados nos experimentos para estudo da sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial (A=C17/0; B=C15/0; C= J10/0; todos com 5° off-set)

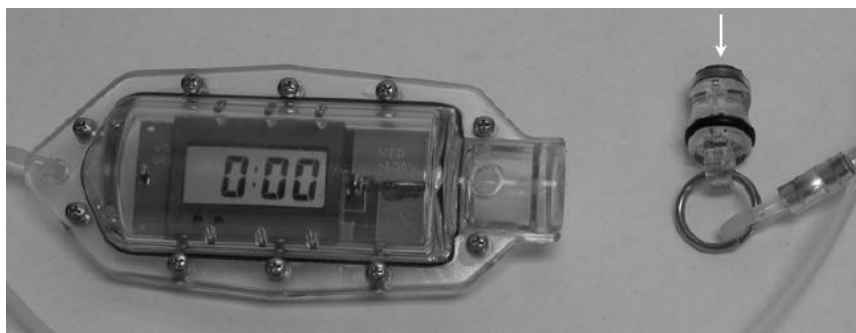


Figura 3: Dispositivo (hook timer) utilizado para aferir quanto tempo decorreu entre a captura o embarque do animal.

Tabela 1: Composição das capturas e proporção de mortalidade nos experimentos realizados com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial

Espécie <i>Nome Científico</i>	Composição das capturas		Percentual de Mortalidade		
	%	n	C15/0	C17/0	J 10/0
Espadarte <i>Xiphias gladius</i>	30.9	571	80.0	90.4	87.3
Alb. bandolim <i>Thunnus obesus</i>	25.5	472	39.3	47.8	41.5
Tubarão azul <i>Prionace glauca</i>	14.7	272	11.6	21.3	13.8
Alb. laje <i>Thunnus albacares</i>	9.1	169	71.4	46.1	70.3
Alb. branca <i>Thunnus alalunga</i>	1.3	24	100.0	88.9	92.9
Agulhão branco <i>Tetrapturus albidus</i>	1.0	19	33.3	16.7	90.0
Agulhão vela <i>Istiophorus platypterus</i>	0.5	10	0.0	20.0	50.0
Agulhão negro <i>Makaira nigricans</i>	0.5	9	0.0	33.3	60.0
Dourado <i>Coryphaena hippurus</i>	1.6	29	0.0	30.8	20.0
Arabaiana <i>Lepidocybium flavobrennum</i>	0.9	16	25.0	50.0	37.5
Cavala <i>Acanthocybium solandrii</i>	0.8	14	100.0	75.0	100.0
Espada preta <i>Alepisaurus</i> sp.	1.0	18	100.0	100.0	83.3
Outros teleósteos*	0.5	10	-	-	-
Tubarão cachorro	1.2	23	-	22.2	40.0
Tubarão mako <i>Isurus</i> sp.	0.9	17	25.0	50.0	40.0
Tubarão estrangeiro <i>Carcharhinus longimanus</i>	0.8	15	33.3	50.0	62.5
Outros tubarões**	0.7	13	-	-	-
Raias***	4.4	82	0.0	6.5	0.0
Tartarugas****	3.5	65	0.0	0.0	11.8
Total		1848	40.9	57.0	55.4

\* Outros teleósteos: peixe lua *Mola mola* (6), peixe prego *Ruvettus pretiosus* (3), peixe rei *Elagatis bippinulata* (1)

\*\*Outros tubarões: martelo *Sphyrna* sp. (6), raposa *Alopias* sp. (4) e lombo-preto *Carcharhinus falciformes* (3)

\*\*\*Raias: raia roxa *Pteroplatytrygon violacea* (53) e raia manta *Manta* sp. (29)

\*\*\*\*Tartarugas: oliva *Lepidochelys olivacea* (40), couro *Dermochelys coriacea* (12) e não identificadas (13)

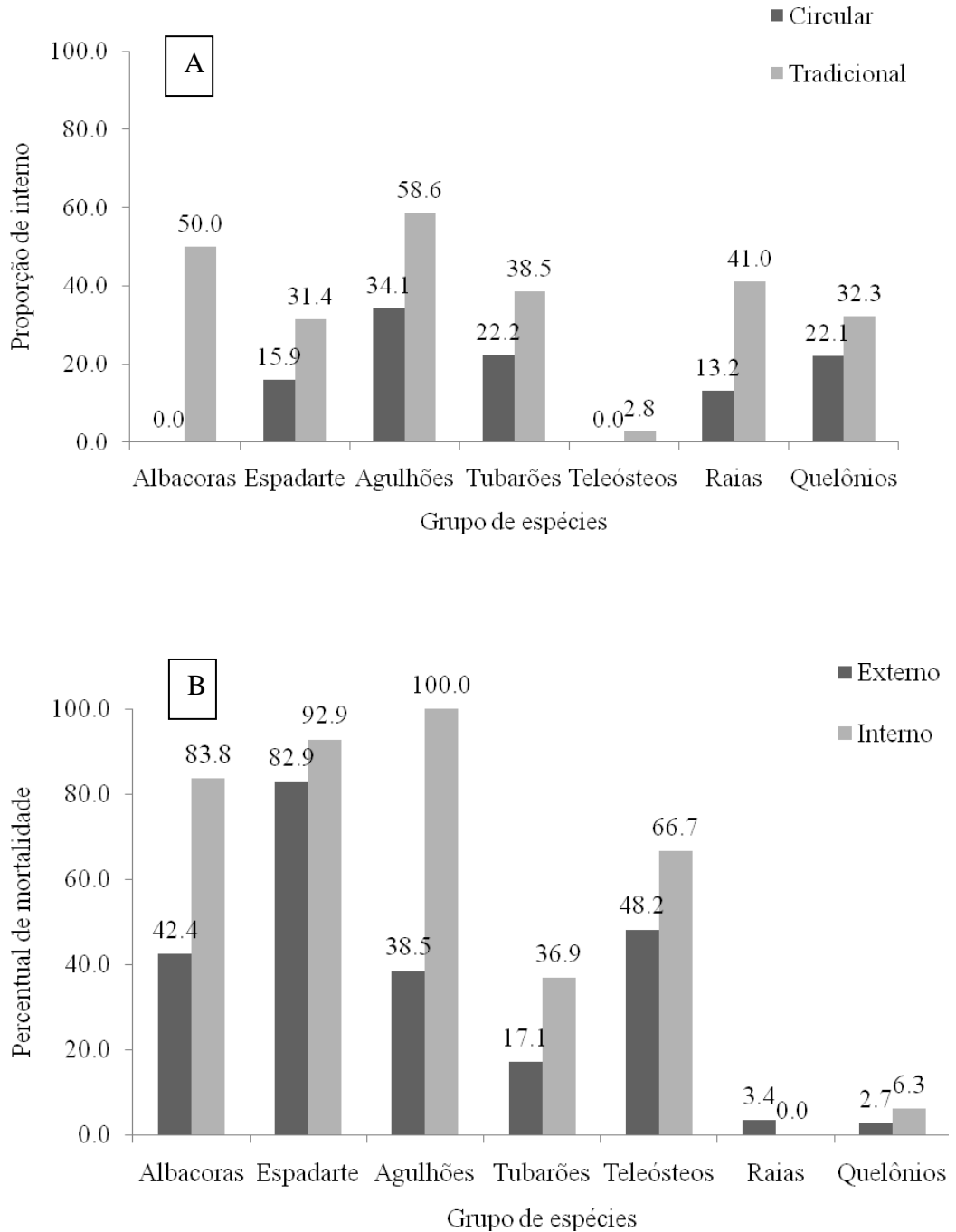


Figura 4: Proporção de indivíduos capturados internamente por tipo de anzol (A) e percentual de mortalidade de acordo com o local de fígua (B) para grupos de espécies capturadas com espinhel no Oceano Atlântico oeste Equatorial.

Tabela 2: Médias dos comprimentos individuais com relação ao estado do peixe no momento do embarque, das principais espécies capturadas, na pesca com espinel no Oceano Atlântico oeste Equatorial

Espécies	Comprimento médio (cm)		Análise Estatística		
	vivo	morto	<i>wilcox</i>	teste <i>t</i>	<i>p</i> valor
Albacora bandolim	128.55	125.7	-	1.3768	0.1693
Albacora laje	148.85	137.19	3913.5	-	0.00746*
Espadarte	147.34	137.3	-	2.8615	0.00538*
Tubarão azul	234.59	224.14	-	2.0553	0.04459*
Tubarão cachorro	88.15	120.8	-	-3.4623	0.01063*
Dourado	102.1	104	48	-	0.483
Arabaiana	105.22	114.75	-	-0.675	0.5213

\*Diferença estatisticamente significativa

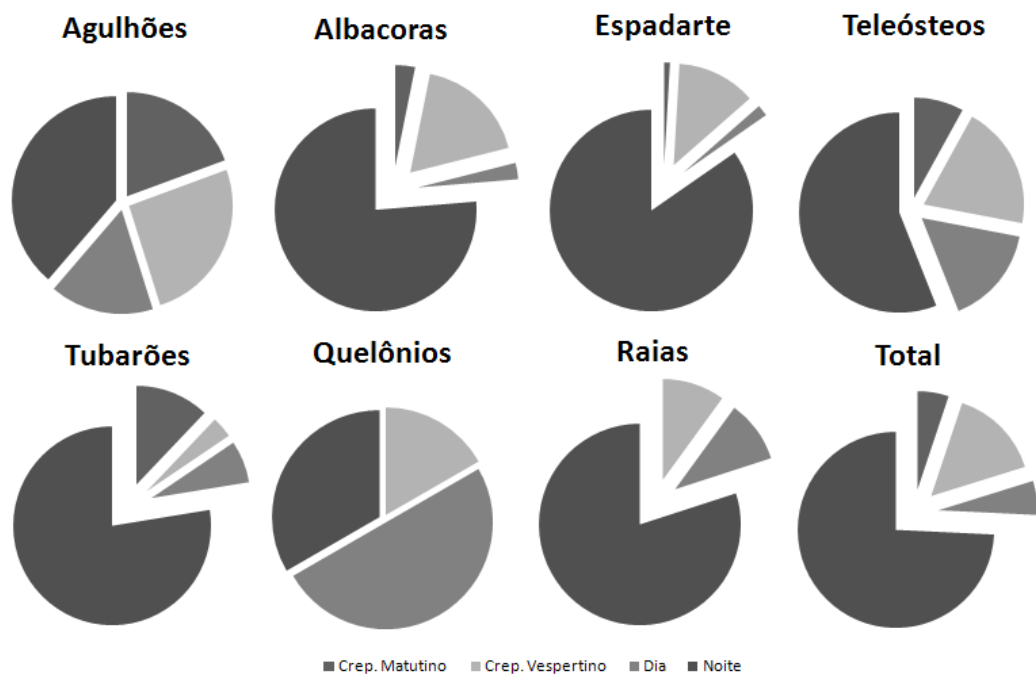


Figura 5: Proporção de indivíduos capturados em diferentes horas do dia (Crepúsculo matutino [entre 4 e 5 horas]; Crepúsculo vespertino [entre 17 e 18 horas])

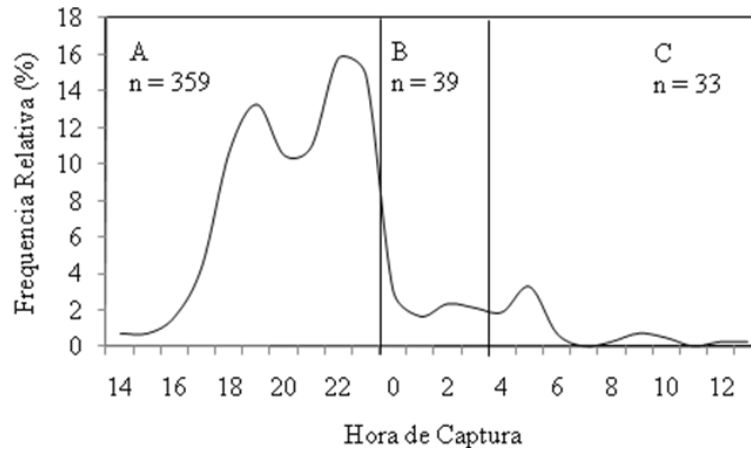


Figura 6: Distribuição dos horários de capturas das espécies com relação a cada operação de pesca (A= Lançamento; B= Deriva; C= Recolhimento)

Tabela 3: Média de tempo decorrido entre a captura e o embarque das principais espécies capturadas em relação à condição do animal (vivo e morto)

Espécies	Média de tempo		<i>t</i> - value ( $P> t $ )
	“vivo”	“morto”	
Agulhão vela	3	11	2.2446 ( $P=0.0567$ )
Agulhões	4	11	2.9109 ( $P=0.0073^*$ )
Albacora bandolim	8	10	2.9019 ( $P=0.0045^*$ )
Albacora laje	8	11	2.7490 ( $P=0.0081^*$ )
Albacoras	8	11	4.6719 ( $P=6.1e^{-06^*}$ )
Espadarte	6	9	3.1673 ( $P=0.0051^*$ )
Tubarão azul	7	7	0.3729 ( $P=0.7160$ )
Tubarões	7	8	0.6081 ( $P=0.5417$ )
Cavala	2	10	5.8474 ( $P=0.0004^*$ )
Dourado	10	10	0.2255 ( $P=0.8312$ )
Outros teleósteos	10	10	1.0131 ( $P=0.3226$ )

\* Diferença estatisticamente significativa



#### 4.1.1- Normas da Revista Fisheries Research

Revista Fisheries Research

ISSN: 0165-7836,

Fator de Impacto: 1,434

O artigo científico 1 “Sobrevivência de peixes pelágicos capturados com espinhel no Oceano Atlântico Oeste Equatorial” foi submetido a revista Fisheries Research

#### NORMAS

Guide for Authors

An International Journal on Fisheries Science, Fishing Technology and Fisheries Management

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](mailto:a.d.mcintyre@abdn.ac.uk)

**Ethics in Publishing** For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

**Policy and Ethics** The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for animal experiments* <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s23000.htm>; *Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals* <http://www.nejm.org/general/text/requirements/1.htm>. This must be stated at an appropriate point in the article.

#### **Conflict of interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

**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

Preparation

**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: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**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/halftone (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>.

### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*): doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071 When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

### **Proofs**

One set of page proofs in PDF format will be sent by e-mail to the corresponding author. Elsevier now sends PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs. The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### **Offprints**

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. The PDF file is a watermarked

version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.

**Author's Discount**

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

**Author Inquiries**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.