

RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS

SÉRIE DIGITAL

**EXPERIÊNCIA PILOTO PARA AVALIAR A
SOBREVIVÊNCIA DA CAVALA (*Scomber colias*)
PÓS-SLIPPING NA PESCA DO CERCO**

**Inês C. Dias, Diana Feijó, Ana Marçalo, Pedro M.
Guerreiro, Marta Nogueira, Cidália Bandarra,
Alexandra Silva**

2022

34

Relatórios Científicos e Técnicos do IPMA - Série Digital

Destinam-se a promover de forma simples e acessível a divulgação de resultados de carácter científico e técnico, resultantes das atividades de investigação e do desenvolvimento e inovação tecnológica nas áreas de investigação do mar e da atmosfera. Esta publicação é aberta à comunidade científica e tem, para além desta, como público-alvo, as diversas fileiras de atividade económica e ainda a sociedade em geral, podendo os trabalhos serem escritos em português, francês ou inglês.

Temas e Corpo Editorial:

Meteorologia

Diamantino Henriques, Lourdes Bugalho

Sismicidade, Geomagnetismo e Tsunamis

Célia Marreiros, Jorge Cruz

Clima, Variabilidade e Alterações Climáticas

Emília Salgueiro, Sílvia Antunes

Biogeoquímica e Geologia Marinha

Mário Mil-Homens, Vítor Magalhães

Estrutura e Dinâmica dos Ecossistemas Marinhos e de Águas de Transição

André Gonçalves, Teresa Moura, Victor Henriques

Biologia, Ecologia e Exploração de Recursos Vivos Marinhos

Rogélia Martins, Rui Coelho

Aquacultura

Laura Ribeiro, Paula Ramos

Qualidade e Valorização do Pescado e outros Produtos Marinhos

Amparo Gonçalves, Carla Pires

Contaminação, Salubridade e Segurança Alimentar

Helena Silva, Miguel Caetano

Desenvolvimentos Tecnológicos Laboratoriais, de Análise e de Monitorização

Corina Chaves, Susana Rodrigues

Coordenação: Maria Manuel Angélico, Francisco Ruano, Irineu Batista

Edição digital e capa: Conceição Almeida

ISSN: 2183-2900

Instruções para os autores

<http://ipma.pt> ou através do endereço rct@ipma.pt

Edição

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera; Rua C, Aeroporto de Lisboa; 1749-007 Lisboa, Portugal

Todos os direitos reservados

EXPERIÊNCIA PILOTO PARA AVALIAR A SOBREVIVÊNCIA DA CAVALA (*Scomber colias*) PÓS-SLIPPING NA PESCA DO CERCO

Inês C. Dias¹, Diana Feijó¹, Ana Marçalo², Pedro M. Guerreiro², Marta Nogueira¹,
Cidália Bandarra¹, Alexandra Silva¹

¹Instituto Português do Mar e da Atmosfera - IPMA

²Centro de Ciências do Mar (CCMAR), Universidade do Algarve

Recebido em: 30.08.2021

Aceite em: 18.02.2022

RESUMO

No âmbito do Projeto Sardinha 2020, foi realizada uma experiência piloto ao largo de Sesimbra com objetivo de estudar a sobrevivência da cavala (*Scomber colias*) após a prática de *slipping* (destombar ou desensvasar a rede de cerco para libertar a captura não desejada) por cercadoras. Duas jangadas foram fundeadas no mar, onde o peixe foi mantido vivo após a captura por uma cercadora. Uma das jangadas funcionou como controlo e outra como tratamento *slipping*, ambas contendo peixe transferido da rede de cerco, nas fases inicial (pouco perto da rede) e final de enxugamento (muito aperto da rede), respetivamente. A experiência decorreu durante o verão de 2020 na zona costeira entre Sesimbra e Comporta. Os resultados desta experiência revelaram uma elevada taxa de sobrevivência da cavala em ambas as jangadas, atingindo os 94% no tratamento *slipping* e 97,7% no controlo, após os 5 dias de experiência. Para o carapau-branco (*Trachurus trachurus*), colocado acidentalmente dentro das jangadas, este estudo revelou uma taxa de sobrevivência reduzida de 40% no tratamento *slipping* comparativamente a 85% na jangada controlo, sugerindo que a atividade de *slipping* para esta espécie pode induzir uma elevada mortalidade. Neste estudo, foram também avaliados os fatores de condição e índice caudal, tal como as condições físicas dos indivíduos recolhidos durante a experiências. Verificou-se que, para ambas as espécies e tanto para o controlo como para o tratamento *slipping*, e de uma maneira geral, os indivíduos mortos apresentaram uma maior deterioração destas condições, comparativamente aos sobreviventes. Pela primeira vez e em Portugal Continental, foi possível estudar a sobrevivência da cavala e do carapau-branco após a prática de *slipping* pela pesca de cerco, com recurso a experiências em mar aberto e este novo conhecimento poderá ser uma ferramenta para melhorar as estimativas e avaliação do stock destas espécies.

Palavras chave: Cavala; carapau-branco; pesca de cerco; *slipping*; sobrevivência; factor de condição.

ABSTRACT

Title: Pilot experiment to evaluate the survival of chub mackerel (*Scomber colias*) after slipping in the purse seine fishery

Under the scope of Sardinha2020 Project, a pilot experiment was carried out to study the survival rate of chub mackerel (*Scomber colias*) after slipping. Slipping is the release of unwanted capture in purse seining, by lowering the head rope of the net and rolling over the fish back into the water. In Southwestern Portugal (Sesimbra), during the summer of 2020, the experiment was carried out using 2 small net pens (control and slipping treatment) moored in the open ocean, where fish slipped by a purse-seiner were monitored daily to evaluate the survival rate of chub mackerel. The control pen contained fish slipped in the initial moments of slipping (less crowding and density), and the slipping treatment contained fish aggregated at high densities towards the end of the operation. The results of this experiment revealed a high survival rate of chub mackerel on both net pens, reaching 94% in the slipping treatment and 97.7% in the control, after a 5 day trial period. For horse mackerel (*Trachurus trachurus*), unintentionally introduced inside the nets, this study revealed a reduced survival rate of 40% in the slipping treatment compared to 85% in the control net, suggesting that the slipping activity for this species could induce high mortalities. In this study, individuals' condition factor and caudal indexes, as well as physical conditions were evaluated during the experiment. It was verified that, for both species and for both control and slipping treatment, dead individuals, in general, presented more deterioration of these conditions, compared to the survivors. This work aims to evaluate the survival rate of chub mackerel and horse mackerel after purse seine slipping. This work is novel for both species, thus we expect this new knowledge, will be an important contribution to improve stock assessment of these species.

Keywords: Chub mackerel; horse mackerel; purse seine fishery; slipping; survival rate; condition factor.

Referência Bibliográfica: DIAS, I.C.; FEIJÓ, D.; MARÇALO, A.; GUERREIRO, P.M.; NOGUEIRA, M.; BANDARRA, C.; SILVA, A., 2022. Experiência piloto para avaliar a sobrevivência da cavala (*Scomber colias*) pós-*slipping* na pesca do cerco. **Relatórios Científicos e Técnicos do IPMA** (<http://ipma.pt>). n°34. 49p

INTRODUÇÃO

A pescaria de cerco é das pescarias mais importantes em Portugal, sendo responsável por 56.4% em peso e cerca de 25% em valor de primeira venda dos desembarques no continente (DGRM, 2019). Historicamente, a sardinha (*Sardina pilchardus*) é a espécie-alvo da pesca do cerco. Na sequência da implementação de medidas restritivas à captura de sardinha (DGRM, 2018) nos últimos anos, a pesca do cerco tem uma outra espécie-alvo, a cavala (*Scomber colias*), capturando também outros pequenos pelágicos como carapau-branco (*Trachurus trachurus*), carapau-negrão (*T. picturatus*) e biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) (DGRM, 2019).

A pesca de cerco é caracterizada por viagens diárias curtas, próximas do porto de origem e com um número reduzido de lances por viagens (Feijó et al., 2018). Uma vez detetados os cardumes, a rede é rapidamente largada pela traineira. Durante um lance de cerco, as operações de pesca compõe-se de quatro etapas: largada da rede, viragem da retenida, alagem da rede e transbordo do peixe. Durante o enxugar, o peixe concentra-se numa zona da rede especialmente preparada para suportar peso, a copejada. Por último, segue-se o transbordo que consiste na passagem da captura para bordo, com o auxílio de um xalavar içado com uma grua ou pau de carga (Wise et al., 2005; Marçalo et al., 2006; Feijó, 2013; Feijó et al., 2018). Por outro lado, após a captura do pescado, o transbordo do mesmo pode ser feito na totalidade ou não.

Se o mestre verifica não ser interessante realizar parte ou a totalidade do transbordo, poderá optar pela manobra de libertação deliberada da captura (Fig. 1), denominada de desensasar ou destombar a rede (em inglês *slipping*), ou seja, abertura ou rebaixamento da rede de forma que, parte ou a totalidade da captura consiga escapar, antes de ser alada para dentro da embarcação (Stratoudakis e Marçalo, 2002). Durante a amostragem a bordo da pesca do cerco, são observadas várias modalidades desta manobra, desde o rebaixamento da tralha de flutuação com a libertação da rede permitindo a saída de todo o peixe, rebaixamento de parte da tralha para permitir que as espécies presentes à superfície de água saiam, por vezes “empurrados” com auxílio do xalavar para fora da rede ou após o transbordo da(s) espécie(s) alvo de desembarque, o pescado concentrado na zona submersa da rede é libertado no final do lance. As razões que determinam esta decisão são: capturas superiores aos limites diários impostos pelas Organizações de Produtores (OPs), a presença de espécies não comerciais, indivíduos abaixo do tamanho mínimo, mistura de espécies e/ou indivíduos de diferentes tamanhos/calibre da mesma espécie e consequente desvalorização da captura ou por fim, o

limite da capacidade de transporte da embarcação (Stratoudakis e Marçalo, 2002; Marçalo, 2009; Feijó, 2013; Feijó et al., 2018). De uma maneira geral, as rejeições de captura já transferidas para bordo são raras e referem-se a pequenas quantidades de animais marinhos já mortos e sem valor comercial. Também, as quantidades de pescado alvo de *slipping* ou rejeição não são contabilizadas quer como captura quer como desembarque (Feijó, 2013; Feijó et al., 2018).

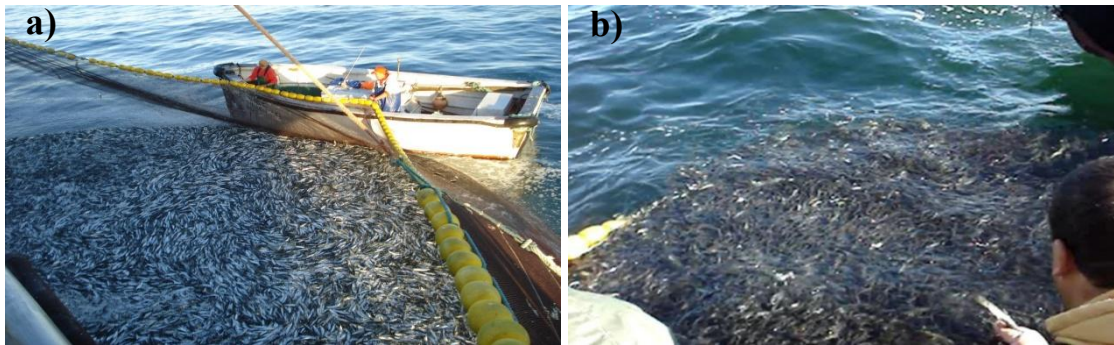


Figura 1 - Fotos da operação de *slipping* em lances de pesca não decorrentes da presente experiência: captura sem valor comercial (50 ton de cavala) (a) ou captura sem tamanho mínimo (carapau-branco com cerca de 10 cm, tamanho mínimo desembarque = 15 cm) (b).

Figure 1 - Slipping operation photos in fishing sets not resulting from the present experiment: catch with no commercial value (50 ton of chub mackerel) (a) or catch without the minimum size (horse mackerel with 10 cm, minimum landing size = 15 cm) (b).

Na generalidade, no Norte de Portugal, as observações a bordo das traineiras indicam que capturas acima do limite diário estabelecido por OP são o principal motivo de *slipping* de sardinha, enquanto que no Sul a principal razão deve-se à mistura de espécies e consequente desvalorização do pescado (Stratoudakis e Marçalo, 2002; Wise et al., 2005, Marçalo, 2009; Feijó, 2013; Feijó et al., 2018).

Em 2007, o Conselho Internacional para a Exploração do Mar (CIEM) alerta que não é possível explicar a totalidade da perda de *stocks* pesqueiros considerando apenas os valores de desembarques em lota (ICES, 2007). Na quantificação da taxa de remoção pela pesca dever-se-á ter em conta, para além dos desembarques, as perdas reais de biomassa que incluem as rejeições não declaradas, o *slipping* e a mortalidade causada durante o exercício da pesca, tal como os desembarques não declarados (Huse & Vold, 2010).

Lockwood et al. (1983) sugere, pela primeira vez, que o *slipping* é um importante contributo para aumento da mortalidade da pesca, estudando esta prática com sarda (*Scomber scombrus*), espécie-alvo da pesca do cerco no Reino Unido. Os resultados revelaram que a sarda é

extremamente sensível ao stress e até mesmo um manuseamento cuidadoso induzia a mortalidade. Em 2010, Huse & Vold confirmaram estes resultados para a mesma espécie, provando que a sua sobrevivência está extremamente dependente não só da densidade do peixe dentro da rede como do tipo de manuseamento e da duração das operações de alagem da rede e do *slipping*. Outros estudos revelam que as operações de *slipping* poderão ser fatais para os peixes libertados porque causam alterações do foro fisiológico (aumento de lactose e cortisol), esgotamento de oxigénio dentro da rede e lesões físicas que permitem a entrada de patologias (bactérias e/ou parasitas) no organismo. Os indivíduos libertados podem morrer horas ou dias depois (Misund & Beltestad, 1994, 2000; Mitchell et al., 2002; Castillo & Robotham, 2004; Breen et al., 2012; Olsen et al., 2012; Tenningen et al., 2012a,b).

Em Portugal, a taxa de sobrevivência de sardinha adulta após a prática de *slipping* foi estimada entre 20 e 80%, estando essa elevada variabilidade dependente de vários fatores como: temperatura da água, grau de stress do cardume consequência do aperto e do tempo de permanência na rede, volume do pescado libertado, etc. Em Portugal, vários estudos realizados sugeriram que, independentemente do número de sardinhas que sobrevivam imediatamente após o *slipping*, a combinação de fatores diretos (ex.: alterações fisiológicas, perda de escama) e indiretos (ex.: inibição temporária da reprodução, supressão do sistema imunitário e alterações comportamentais facilitando a predação) afetam a taxa de sobrevivência a médio-longo prazo e poderão contribuir para uma taxa de mortalidade por pesca não contabilizada (Marçalo, 2009; Marçalo et al., 2006; 2008; 2010; 2013). Vários trabalhos foram desenvolvidos na tentativa de mitigar problemas associados ao *slipping*. Por exemplo, redução do tempo de permanência dos peixes dentro da rede de modo a promover a sua libertação o mais cedo possível, com a ajuda dos pescadores incluir pesos extra na tralha de flutuação melhorando a saída de pescado a mais e, finalmente, a redução do esforço de pesca através do aumento de cedência de captura em excesso a outras embarcações, reduzindo assim as perdas por mortalidade não contabilizada (Marçalo, 2009; Marçalo et al., 2018; 2019). Seleção do tamanho dos indivíduos também foi testado com a criação de grades de seletividade dentro da rede de cerco, de forma a promover a saída dos indivíduos pequenos e/ou com baixo valor económico através da grade (Misund & Beltestad, 1994; Beltestad & Misund, 1996; Gonçalves et al., 2008). Estão também a ser desenvolvidas tecnologias remotas e instrumentos acústicos, que permitem avaliar a captura em quantidade e especificar a espécie presente na água ou dentro da rede, permitindo ao mestre tomar a decisão sobre a

largada da arte de pesca e posterior rebaixamento da rede libertando o pescado não desejado, sem causar stress (Breen et al., 2012; Tenningen et al., 2012a; 2012b; 2015; 2017).

De qualquer forma, quanto mais rápida for a libertação do peixe antes da rede estar enxuta, menor será o aumento de stress fisiológico com a concentração dos animais dentro da rede e consequentemente, a taxa de mortalidade após a libertação (Breen et al., 2012; Marçalo et al. 2018, 2019).

Este estudo enquadra-se no projeto Sardinha 2020 que tem, entre outros objetivos, melhorar o conhecimento sobre o *slipping* da sardinha e de outras espécies pelágicas (como por exemplo, a cavala e carapau-branco) ainda não estudadas e igualmente importantes no cerco.

Objetivos:

1. Estudar a sobrevivência da cavala, a curto prazo, após a prática de *slipping* pela pesca de cerco (5 dias).
2. Avaliar a evolução do stress físico e biológico (aparência do estado do corpo, erosão da barbatana caudal, peso, comprimento, etc).

MATERIAL E MÉTODOS

A manobra de *slipping* pode apresentar diferentes modalidades consoante a captura e decisão do mestre. Pode ocorrer a abertura da rede permitindo que o peixe escape com o menor contacto físico possível com a rede, ou pode ocorrer o rebaixamento da rede, em que o peixe é empurrado de forma a passar por cima da cortiça. Estas modalidades de *slipping* são geralmente aplicadas quando se pretende rejeitar parte ou a totalidade da captura, respetivamente.

Por razões técnicas, e uma vez que se pretendia contabilizar ao máximo os indivíduos transferidos para as jangadas, não foi possível simular a manobra de *slipping* completa da rede de cerco para as jangadas. Deste modo, o método utilizado na presente experiência foi o método mais adequado para simular ao máximo o stress associado à concentração de indivíduos dentro da rede antes da manobra de *slipping*.

Foi realizada uma experiência no mar para avaliar o impacto do *slipping* na sobrevivência da cavala, na qual uma cercadora efetuou um lance de pesca e simulou a manobra de *slipping* (destombar ou desenvasar da rede), em que o peixe desenvasado foi transferido para duas jangadas flutuantes, tendo sido monitorizado durante cinco dias.

A escolha do local para a realização da experiência teve em conta os seguintes critérios: proximidade de um porto de pesca importante na pesca do cerco, significativos desembarques de cavala provenientes dessa pescaria e facilidade de colocação de jangadas no mar e com proteção em caso de mau tempo (neste caso, Serra de Arrábida). A experiência decorreu de 21 a 26 de Julho (5 dias), na zona de Sesimbra (em frente a Tróia) com o apoio do N/I Diplodus do IPMA para o fundeamento das jangadas e a recolha de amostras. Foram utilizadas duas jangadas flutuantes (Fig. 2), com 3 m de diâmetro e 7,0 m de altura, contendo na base um saco coletor de 15 m, com uma malhagem de 21 mm na rede da jangada e 13 mm no saco coletor.

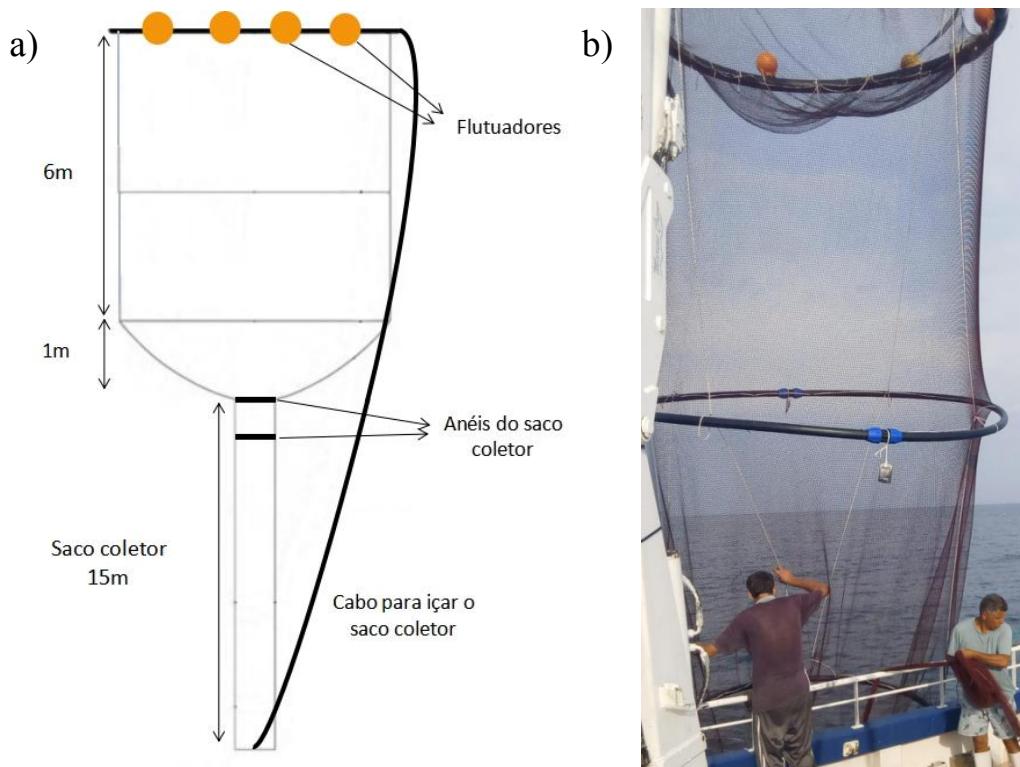


Figura 2 - Esquema da jangada (a) e jangada a ser manuseada durante a experiência (b).

Figure 2 - Net pen scheme (a) and being handled during the experiment (b).

A traineira Mestre Horácio (cercadora de Sesimbra) tinha como objetivo procurar marcações de cavala do tamanho comercial, de forma a que o lance de pesca fosse o mais típico e normal possível (Fig. 3). O lance de pesca foi realizado às 23h57m do dia 22 de Julho de 2020, a Sul de Tróia (coordenadas geográficas: N 38° 25.007', W 08° 50.870'). Durante a operação de alagem da rede, as jangadas foram colocadas à deriva na proximidade da rede de cerco.

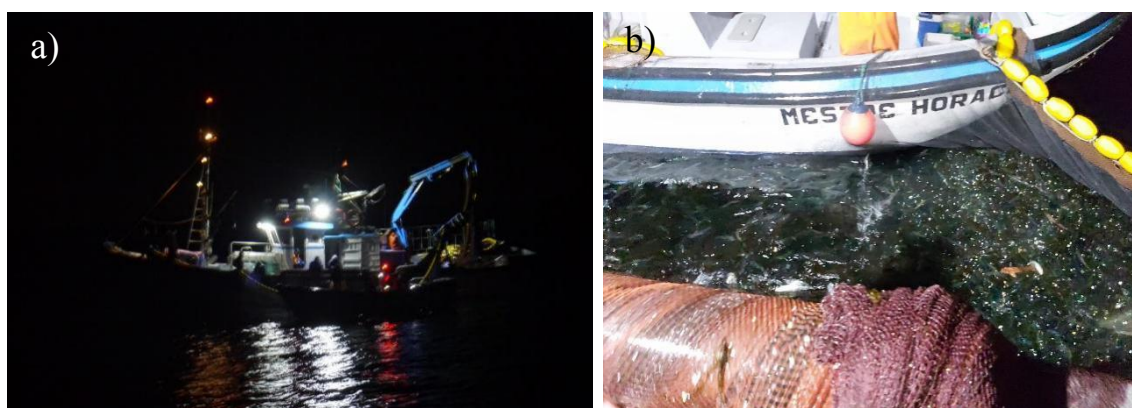


Figura 3 - Lance de pesca realizado pela traineira Mestre Horácio (a). Pormenor da rede durante o enxugamento da rede (b).

Figure 3 - Fishing set by the purse seiner Mestre Horácio (a). Detail of the net during the drying operation (b).

Uma das jangadas funcionou como “controle”, contendo o peixe, rapidamente transferido da rede de cerco numa fase inicial do enxugamento, isto é, que não foi sujeito a aglomeração. Outra jangada funcionou como tratamento “*slipping*”, contendo peixe transferido na fase final do enxugamento da rede de cerco, isto é, que foi sendo aglomerado gradualmente ao longo de cerca de uma hora. Foram colocadas em cada jangada cerca de 250 cavalas capturadas no mesmo lance de pesca. Baldes foram utilizados para a transfega de cerca de 10-20 indivíduos por balde e sempre envoltos em água, reduzindo os danos físicos na transferência.

Após a colocação do peixe, as jangadas foram rebocadas para uma zona à profundidade de 30 m com a ajuda da chalandra da cercadora e fundeadas na proximidade uma da outra (distância entre jangadas 50 a 100 m). Foram ainda colocados dois pesos de 2 kg cada, no final do saco coletor de cada jangada para garantir que mantivesse a orientação vertical. O lance apresentou mistura de espécies, o que resultou na colocação não intencional de alguns carapaus e sardinhas dentro das jangadas.

A bordo do N/I Diplodus, foram realizadas várias amostragens biológicas às cavalas recolhidas durante a transferência do pescado da rede de cerco para as jangadas. No decorrer da experiência, a deslocação do navio até às jangadas foi realizada com o bote auxiliar do N/I Diplodus (Fig. 4), tendo sido visitadas diariamente para a verificação da presença de indivíduos mortos e a sua recolha, sendo posteriormente sujeitos a amostragem biológica a bordo do navio. Estipulou-se que a recolha diária de indivíduos mortos ocorresse duas vezes ao dia, uma ao nascer do sol e outra ao pôr do sol. A recolha destes indivíduos ocorreu através do içar do saco coletor, com auxílio do bote auxiliar.

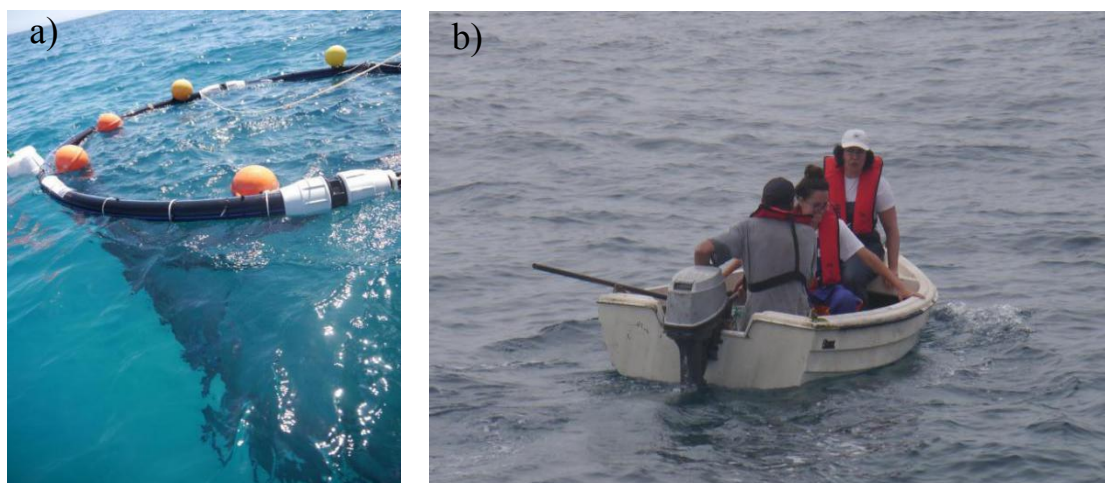


Figura 4 - Visualização do funcionamento da jangada (a) e deslocação no bote auxiliar do N/I Diplodus para a recolha de animais mortos, durante a experiência (b).

Figure 4 - Visualization of the operation of the net pen (a) and the collection of dead animals using a boat of N/I Diplodus, during the experiment (b).

Nas recolhas diárias dos indivíduos mortos, as jangadas foram inspecionadas com uma câmara de vídeo estanque (Fig. 5), com o objetivo de se observar o estado dos indivíduos vivos, verificar o funcionamento e as condições das estruturas submersas da jangada.

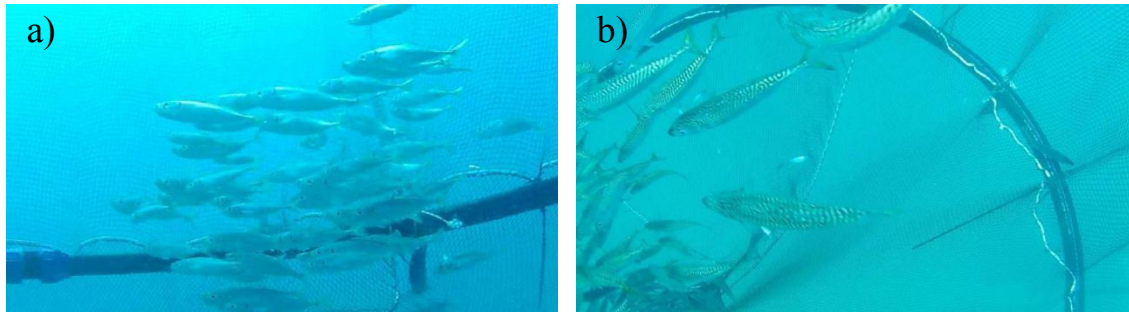


Figura 5 - Visualização de cardumes de carapau-branco (a) e cavala (b) dentro das jangadas.

Figure 5 - Visualization of schools of horse mackerel (a) and chub mackerel (b) inside the net pens.

No final da experiência, todos os indivíduos presentes nas jangadas foram recolhidos e sacrificados, tendo sido separados por espécie (maioritariamente cavala e carapau-branco), contados e medidos. E, por fim, a recolha de uma amostra final de 20 indivíduos de cada jangada para amostragem física e biológica.

Durante a transferência do peixe da rede de cerco para as jangadas e, no final da experiência, foram recolhidas amostras de sangue para futuramente avaliar o stress fisiológico, através da análise de parâmetros tais como cortisol, glucose, lactato, iões e hematócrito. Os procedimentos e metodologias adotadas para a recolha e preparação das amostras de sangue estão descritas no Anexo I.

Durante a experiência, foram registados vários parâmetros físicos e químicos da água do mar, usando uma sonda multi-paramétrica. Foram também recolhidas amostras de água, com o objetivo de quantificar os nutrientes. Os procedimentos e metodologias utilizadas na análise dos parâmetros físicos e nutrientes da água do mar, como os resultados obtidos, estão descritos no Anexo II.

O resumo de algumas tarefas/procedimentos realizados ao longo da experiência estão presentes na tabela I do Anexo III.

Amostragem física e biológica

Durante a experiência, foram recolhidos vários dados do ponto de vista físico e biológico, para avaliar a taxa de sobrevivência dos animais e a capacidade de resistência após o stress da libertação pós pesca, o *slipping*.

Para a amostragem física, cada indivíduo foi fotografado para posterior análise dos dados corporais. Foi feita a avaliação do estado do corpo (presença de hemorragias, perda de pele, visibilidade do músculo) e erosão da barbatana caudal de cada indivíduo, com auxílio de um guia (Marçalo, 2009) (Anexo V). Foram, ainda, desenvolvidos guias de apoio à amostragem, em termos de avaliação do estado do corpo e erosão da barbatana caudal para cavala e carapau-branco, com base no anexo V (Anexos VI e VII). Em paralelo, foi registado a medida da barbatana caudal (0,1 mm) para avaliar o possível trauma pós *slipping* e posteriormente, o cálculo do índice caudal, através da seguinte fórmula (Latremouille, 2003):

$$F_{Fin} (\%) = \frac{100L_{Fin}}{L_T}$$

Onde F_{Fin} corresponde ao índice caudal (valores apresentados em %), L_{Fin} ao comprimento da barbatana caudal (cm) e L_T ao comprimento total do indivíduo (cm).

Seguindo-se a amostragem biológica, com a recolha da seguinte informação para cada indivíduo: comprimento total (cm), pesos totais e eviscerados (g), estado de maturação, sexo, gordura, coloração e enchimento do estômago e recolha de otólitos. Foi calculado o fator de condição de cada indivíduo através da seguinte fórmula (Froese, 2006):

$$F_C = \frac{100M_T}{L_T^3}$$

Onde F_C representa o fator de condição e M_T e L_T correspondem ao peso (g) e ao comprimento total (cm) do indivíduo, respetivamente.

Por razões de logística, a amostragem biológica de parte do pescado sobrevivente, quer de cavala e de carapau-branco, foi realizada em laboratório com a utilização de uma balança de maior precisão (0,01g), ao contrário do dinamómetro (5g) utilizado a bordo.

As características da amostragem física, biológica e fisiológica encontram-se apresentadas na tabela seguinte (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da amostragem fisiológica, física e biológica dos indivíduos, ao longo da experiência.

Table 1 - Summary of the physiological, physical and biological sampling of individuals throughout the experiment.

Data	Dia	Momento pesca	Estações	Tratamento	Tipo Amostra	N indiv.	Física e biológica	Fisiologia	Observações
22-Jul	-1	Alagem	Tpesca	Início	Vivos	20	X	X	Obter indivíduos o mais cedo possível nas operações de pesca durante a alagem.
		Alagem final	Tpesca	Controlo	Vivos	20	X	X	No final da alagem da rede, amostrar indivíduos que serão inseridos na jangada "controlo".
		Enxugar final	Tpesca	<i>Slipping</i>	Vivos	20	X	X	No final do enxugar da rede e no processo de " <i>slipping</i> ", amostrar indivíduos que serão inseridos na jangada " <i>slipping</i> ".
		Extra para obter máximo	Tpesca	Máx	Vivos	20		X	Estes indivíduos serão colocados num balde e propositadamente mantidos até cerca de 30 minutos em que lhes é induzido stress regularmente (e.g. bater no balde) para obtenção de um ponto máximo de stress.
22-Jul	0	Início do dia (i)	T0	C + S	Mortos	N variável	X		Recolha e amostragem (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
		Final do dia (f)	T0	C + S	Mortos	N variável	X		Recolha e amostragem (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
23-Jul	1	Final do dia (f)	T1	C + S	Mortos	N variável	X		Recolha e amostragem (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
24-Jul	2	Início do dia (i)	T2	C + S	Mortos	N variável	X		Recolha e amostragem (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
25-Jul	3	Início do dia (f)	T3	C + S	Mortos	N variável	X		Recolha e amostragem (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
26-Jul	Final	Início do dia (i)	TF	C + S	Vivos	20 + 20	X	X	Amostragem sobreviventes último dia da experiência (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
					Vivos	20 + 20	X		Amostragem sobreviventes último dia da experiência (C = controlo/ S = <i>slipping</i>).
				Vivos	Todos				Contagem e medição de todos os indivíduos em cada jangada.

Análise de dados

Após correção e verificação da base de dados, recorreu-se à análise descritiva da amostra de indivíduos recolhidos durante a experiência, através da realização de curvas da relação peso-comprimento da cavala e carapau-branco. Com o objetivo de comparar os vários parâmetros físicos e biológicos da cavala e do carapau-branco, foram realizadas várias análises de diferentes fatores, através da utilização de *boxplots*. Em primeiro lugar, o comprimento e peso dos indivíduos, bem como o fator de condição e o índice caudal foram comparados entre os indivíduos mortos e os sobreviventes. De seguida, agruparam-se os mortos e sobreviventes por tratamentos (pré e pós-stress, controlo e *slipping*), tendo-se considerado mais relevante juntar os indivíduos recolhidos imediatamente antes e após o stress da atividade de *slipping*, considerando como “pesca”.

Com o objetivo verificar a existência de diferenças significativas dos parâmetros analisados: comprimento e peso amostrados, fator de condição e índice caudal, entre tratamentos (controlo e *slipping*) e entre o estado dos indivíduos (mortos e sobreviventes), utilizou-se o teste não paramétrico *Wilcoxon-Mann-Whitney*, para comparar a mediana de cada parâmetro entre os múltiplos grupos, através do pacote do R - *ggpubr*. O valor do *p-value* global da relação entre o parâmetro e os múltiplos grupos, foi obtido pelo teste *Kruskal-Wallis* sendo que, para cada par de comparações entre os vários níveis, o *p-value* foi obtido pelo teste de *Wilcoxon*.

Por fim e, com o objetivo de avaliar a variação da sobrevivência dos indivíduos ao longo da experiência, foram calculadas curvas da taxa de sobrevivência para o controlo e tratamento *slipping*.

A análise estatística foi realizada no *software* R (R Development Core Team, 2019). Considerou-se um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A jangada controlo apresentou 6,5% de mortalidade total (N = 18), tendo 44% sido carapaus-brancos (N = 8), 28% cavalas (N = 5) e 28% indivíduos pertencentes a outras espécies (N = 5), de um total de 276 indivíduos colocados inicialmente dentro da jangada (213 cavalas; 55 carapaus-brancos e 8 indivíduos pertencentes a outras espécies) (Tabela 2).

No tratamento *slipping*, devido à ruptura do saco coletor no último dia da experiência, algum peixe vivo escapou pelo que não foi possível determinar o total de indivíduos colocados inicialmente na jangada. Uma vez que, a metodologia adotada e a contabilização das cavalas colocadas no início da experiência foi igual em ambas as jangadas, assumiu-se que o número de cavalas inicial foi o mesmo nas duas jangadas, em relação às 250 cavalas que se supõe terem sido transferidas no início. Deste modo, considera-se que o número de cavalas colocadas inicialmente na jangada *slipping* será igual ao número de cavalas colocadas no controlo (N = 213). Seguindo o mesmo método para as restantes espécies, foram também colocados 55 carapaus-brancos e 8 indivíduos pertencentes a outras espécies. O tratamento *slipping* apresentou, assim, uma mortalidade total de 17% (N = 47), sendo que cerca de 70% foram carapaus-brancos (N = 33), 28% cavalas (N = 13) e 2% de indivíduos de outras espécies (Tabela 2).

As duas recolhas diárias de indivíduos mortos só ocorreram no dia 0, tendo sido realizada apenas uma recolha por dia nos restantes dias, devido às condições atmosféricas e marítimas que se fizeram sentir durante a experiência. De referir que, no último dia, devido à rapidez e logística na manobra de recolha das jangadas para bordo e às condições atmosféricas e marítimas adversas, não foi possível quantificar o número de indivíduos que morreram no último dia (dia 4).

Tabela 2 - Número de indivíduos por espécie, recolhidos durante a experiência em cada tratamento (controlo e *slipping*). Foram contabilizados os indivíduos mortos em cada dia, os sobreviventes no último dia da experiência e o número total de indivíduos (mortos e sobreviventes). (Código FAO: VMA - Cavala e HOM - Carapau-branco).

Table 2 - Number of individuals per species collected during the experiment in each treatment (control and *slipping*). Dead individuals on each day, survivors on the last day of the experiment and the total number of individuals (dead and survivors) were counted. (FAO code: VMA - Chub mackerel and HOM - Horse mackerel).

Nº indivíduos mortos	Controlo			<i>Slipping</i>		
	VMA	HOM	Outros	VMA	HOM	Outros
Dia						
0	0	0	1	1	6	0
1	0	3	3	4	21	0
2	4	2	0	1	4	1
3	1	3	1	7	2	0
Sobreviventes	208	47	3	79	18	1
Total	213	55	8	213*	55*	8*

(*) Estes valores são aproximações.

Parâmetros biológicos dos peixes

Tanto as amostras de cavala como as de carapau-branco apresentaram alguma variabilidade em termos de comprimento e peso dos indivíduos, tendo sido amostrados tanto juvenis como adultos, visível pela curva de relação peso-comprimento de todos os indivíduos amostrados durante o estudo (Fig. 6).

Foram amostrados um total de 195 indivíduos de cavala, com uma proporção entre sexos de 1,35:1 (M:F) (Fig. 6a) e uma classe de comprimento modal de 22 cm.

Em relação ao carapau-branco, dada a elevada concentração de indivíduos de reduzidas dimensões e peso (Fig. 6b), considerou-se relevante fazer a análise para 2 grupos de comprimentos diferentes. Numa perspetiva da atividade de pesca e no facto de ser mais relevante para o propósito do presente estudo, considerou-se o tamanho mínimo de desembarque (TMD = 15 cm) para a divisão entre indivíduos de comprimentos inferior e superior ao TMD. Numa perspetiva biológica, considerou-se o comprimento da 1ª maturação (L50 = 18 cm) para a divisão entre juvenis e adultos (ICES, 2017).

Considerando o tamanho mínimo de desembarque para carapau-branco (15 cm), dos 106 indivíduos amostrados, 73% apresentaram comprimento inferior ao TMD e 27% superior ao TMD. Em contrapartida e considerando o comprimento de 1º maturação (18 cm), obteve-se

uma proporção de 92% juvenis versus 8% adultos. A amostra de carapau-branco apresentou uma proporção entre sexos de 2:1 (M:F) (Fig. 6b) e uma classe de comprimento modal de 11 cm.

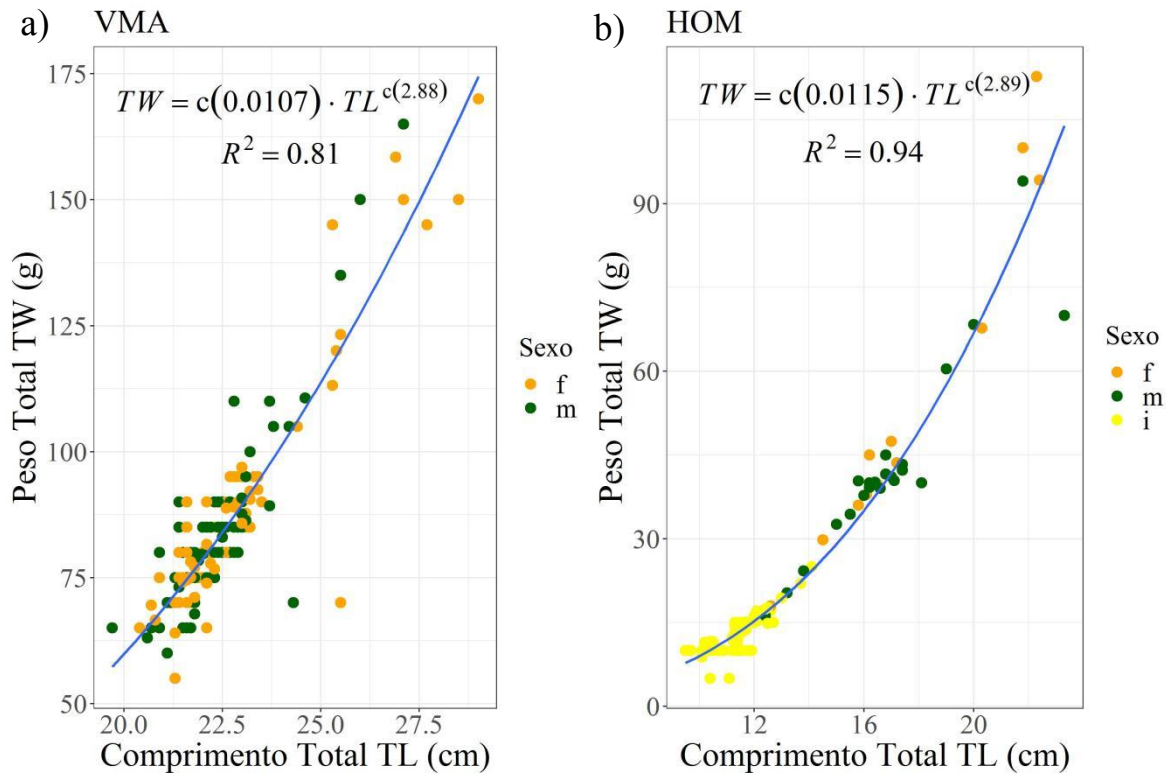


Figura 6 - Relação de peso-comprimento (para ambos os sexos) de cavala (VMA, N=195) (a) e de carapau-branco (HOM, N=106) (b) dos indivíduos amostrados desde o evento da pesca até ao final da experiência. Nos gráficos estão apresentadas as equações da relação peso-comprimento (TW - Total weight e TL - Total length) e o respetivo valor do R^2 , para cada espécie.

Figure 6 - Length-weight relationship (for both sex) of chub mackerel (VMA, N=195) (a) and horse mackerel (HOM, N=106) (b) individuals sampled from the fishing event until the end of the experiment. In both plots, equations of the length-weight relationship are presented (TW - Total weight e TL - Total length) and the respective R^2 value for each species.

Comprimento e peso dos indivíduos

Cavala

Pela observação dos gráficos, verifica-se que, tanto no controlo como no tratamento *slipping*, os indivíduos mortos apresentaram um comprimento e peso mediano inferior aos sobreviventes (Fig. 7). Verificou-se que os sobreviventes de ambas as jangadas apresentaram um comprimento e peso semelhantes entre si e próximos dos indivíduos da pesca, expectáveis tendo em conta que são provenientes do mesmo lance de pesca (Fig. 7). Através da análise de

testes não paramétricos *Wilcoxon-Mann-Whitney* (Anexo IV), verificou-se a existência de diferenças significativas para o comprimento entre os indivíduos mortos e sobreviventes provenientes do tratamento *slipping* (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} < 0,05$). Relativamente ao peso, não existem diferenças significativas quer entre o controlo e o tratamento *slipping*, quer entre os indivíduos mortos e sobreviventes (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$).

Comparando o controlo com o tratamento *slipping*, não houve diferenças significativas (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$) (Anexo IV), o que indica que as amostras de indivíduos colocadas em ambas as jangadas são homogéneas.

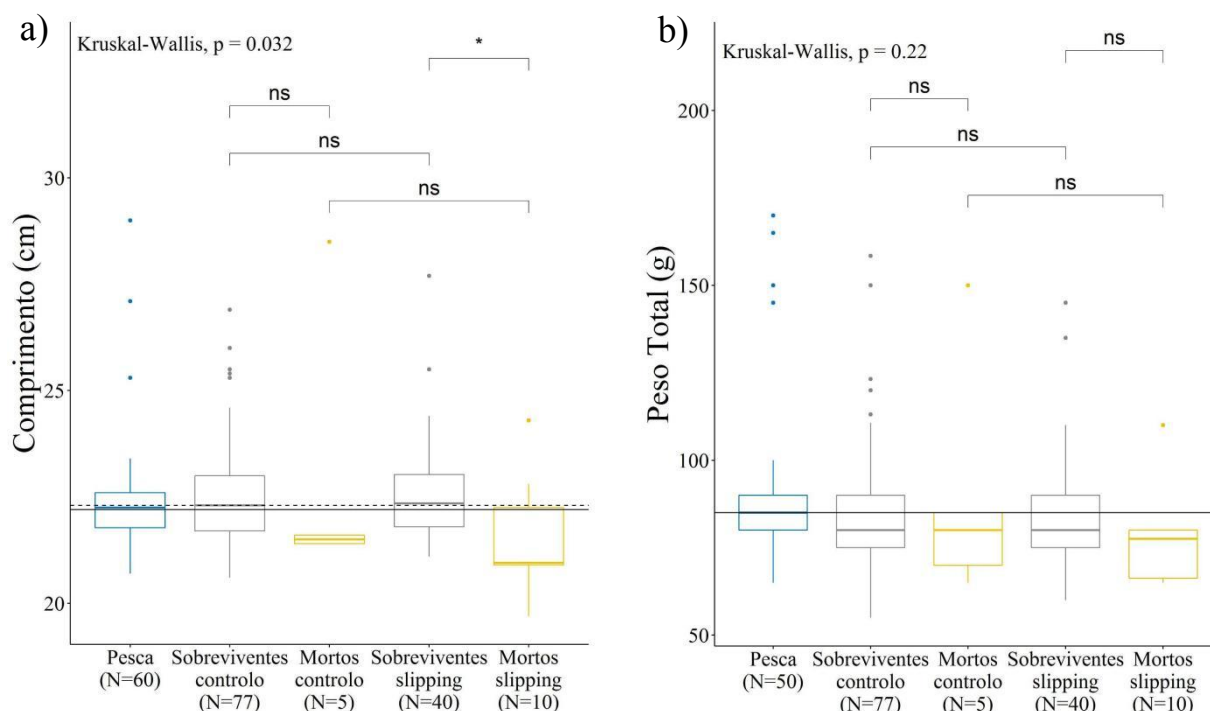


Figura 7 - *Boxplots* dos valores observados para comprimento (cm) (a) e peso total (g) (b) dos indivíduos mortos e dos sobreviventes de cavala (VMA), em cada jangada (controlo e *slipping*). Na área do gráfico, é apresentado o *p-value* global do teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* e a significância para cada par de comparação entre os vários níveis, obtido pelo teste de *Wilcoxon* (*p-value* < 0,05 (*); *p-value* < 0,01 (**); *p-value* < 0,001 (***) e ns - não significativo). Os limites inferior e superior da caixa correspondem ao percentil 25 e ao percentil 75, respetivamente. A linha horizontal dentro da caixa corresponde à mediana e no final das linhas verticais está representado o valor mínimo e máximo do conjunto de dados. Estão ainda representados os valores medianos para as amostras dos indivíduos do pré-stress (linha sólida) e do pós-stress (linha a tracejado) da atividade de pesca. No eixo do x, é apresentado o tamanho da amostra para cada momento.

Figure 7 - *Boxplots* of the observed values for length (cm) (a) and total weight (g) (b) of dead and survivors individuals of chub mackerel (VMA) in each net pen (control and *slipping*). In the plots, is presented the overall *p-value* from the non-parametric *Kruskal-Wallis* test and the significance for each pairwise comparison between the levels obtained by the *Wilcoxon* test (*p-value* < 0,05 (*); *p-value* < 0,01 (**); *p-value* < 0,001 (***) e ns - non significant). The lower and upper boundaries of the box correspond to the 25th percentile and 75th percentile, respectively. The horizontal line inside the box correspond to the median and at the end of the vertical lines (whiskers) are represented the minimum and maximum value of the data set. Is also represented the median values of the sampled individuals in the pre-stress (solid lines) and in the post-stress (dashed line) of the fishing activity. On the x-axis, the sample size for each moment are presented.

Carapau-branco

De acordo com os gráficos, à semelhança da cavala, os indivíduos mortos do controlo e do tratamento *slipping* apresentaram um comprimento e peso mediano inferior aos sobreviventes (Fig. 8). Estatisticamente, apenas se verificou diferenças significativas para o peso entre os

indivíduos mortos e sobreviventes do *slipping* (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} < 0,05$) (Anexo IV). Para esta espécie, não foram amostrados indivíduos para o pré e pós-stress, uma vez que não eram alvo deste estudo.

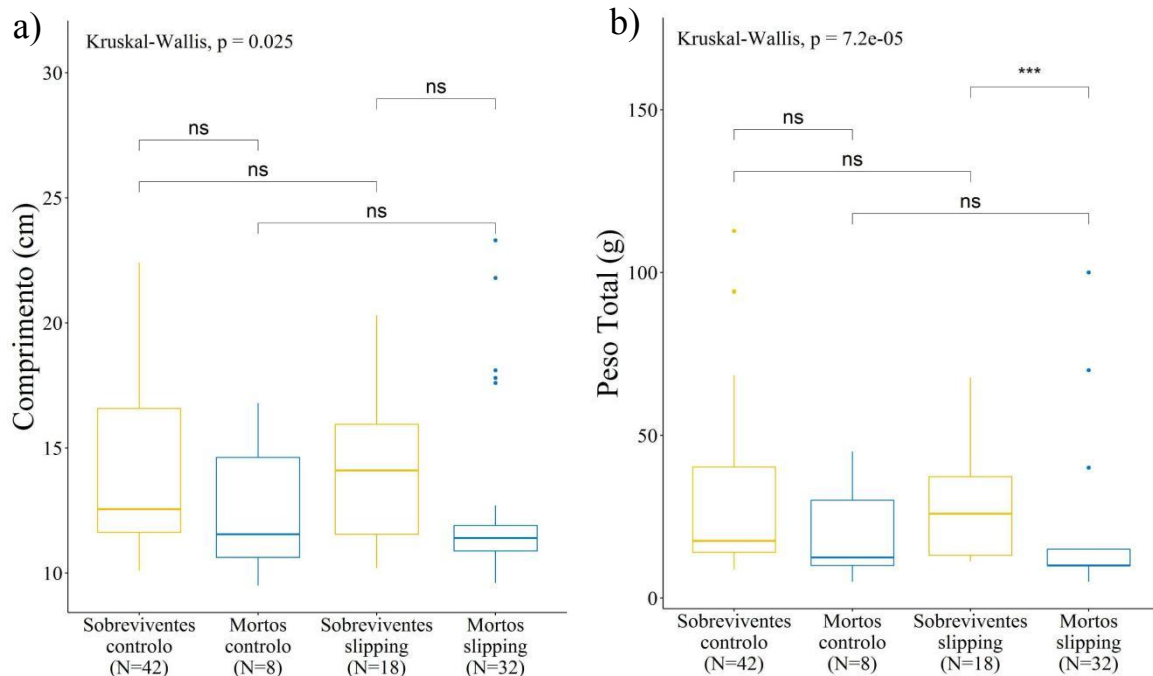


Figura 8 - *Boxplots* dos valores observados para comprimento (cm) (a) e peso total (g) (b) dos indivíduos mortos e dos sobreviventes de carapau-branco (HOM), em cada jangada (controlo e *slipping*). Na área do gráfico, é apresentada o $p\text{-value}$ global do teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* e a significância para cada par de comparação entre os vários níveis, obtido pelo teste de *Wilcoxon* ($p\text{-value} < 0,05$ (*); $p\text{-value} < 0,01$ (**); $p\text{-value} < 0,001$ (***) e ns - não significativo). Os limites inferior e superior da caixa correspondem ao percentil 25 e ao percentil 75, respetivamente. A linha horizontal dentro da caixa corresponde à mediana e no final das linhas verticais, está representado o valor mínimo e máximo do conjunto de dados. No eixo do x, é apresentado o tamanho da amostra para cada momento.

Figure 8 - *Boxplots* of the observed values for length (cm) (a) and total weight (g) (b) of dead and survivors individuals of horse mackerel (HOM) in each net pen (control and *slipping*). In the plots, is presented the overall $p\text{-value}$ from the non-parametric *Kruskal-Wallis* test and the significance for each pairwise comparison between the levels obtained by the *Wilcoxon* test ($p\text{-value} < 0,05$ (*); $p\text{-value} < 0,01$ (**); $p\text{-value} < 0,001$ (***) e ns - non significant). The lower and upper boundaries of the box correspond to the 25th percentile and 75th percentile, respectively. The horizontal line inside the box correspond to the median and at the end of the vertical lines (whiskers) are represented the minimum and maximum value of the data set. On the x-axis, the sample size for each moment are presented.

Parâmetros físicos dos peixes

Estado do corpo e erosão da barbatana caudal

Com o objetivo de analisar o stress físico dos indivíduos sujeitos à prática de *slipping*, foi feita uma avaliação do estado do corpo (presença de hemorragias, perda de pele, músculo visível, etc) e erosão da barbatana caudal de cada indivíduo com auxílio de um guia (Anexo V (Marçalo, 2009), Anexo VI e VII foram elaborados para o presente trabalho). No final da experiência, quer no controlo quer no tratamento *slipping*, os indivíduos mortos revelaram uma maior erosão da barbatana caudal e uma maior degradação do estado do corpo (ex: perda de pele) do que os indivíduos amostrados imediatamente antes e após o stress (durante a pesca) e os sobreviventes.

Relativamente à cavala, todos os indivíduos mortos do controlo apresentaram alguma erosão da barbatana caudal e, em relação ao estado do corpo, 100% dos indivíduos apresentou o estágio 3 (Anexo VI), ou seja, a perda de pele em mais de 50% do corpo, tornando o músculo visível (Tabela 3). No tratamento *slipping*, apenas 23% dos indivíduos mortos não apresentaram qualquer erosão da barbatana caudal. Observou-se também uma perda de pele e vários danos nos corpos desses indivíduos, sendo que 38% apresentou o último estágio (perda de pele em mais de 50% do corpo) (Tabela 3 e Anexo VI). Neste tratamento, houve 3 indivíduos em que não foi possível classificar quanto à erosão da barbatana caudal ou estado do corpo, uma vez que um deles encontrava-se dividido ao meio e os restantes dois foram ingeridos por gaivotas, durante o processo de recolha de amostras.

Tabela 3 - Número de indivíduos mortos e sobreviventes de cavala (VMA), em cada jangada (controlo e *slipping*), em cada estágio de erosão da barbatana caudal e estado do corpo.

Table 3 - Number of dead and survivors individuals of chub mackerel (VMA) in each net pen (control and *slipping*), in each stage of caudal fin erosion and physical condition.

Parâmetros físicos	Estádios	Controlo		<i>Slipping</i>	
		Mortos	Sobreviventes	Mortos	Sobreviventes
Erosão da barbatana caudal	0	0	75	3	40
	1	1	1	2	0
	2	2	0	2	0
	3	2	1	3	0
Estado do corpo	0	0	75	1	29
	1	0	1	1	6
	2	0	1	3	5
	3	5	0	5	0

Em relação ao carapau-branco, tanto no controlo como no tratamento *slipping*, os indivíduos mortos apresentaram alguns danos tanto ao nível da barbatana caudal como do corpo. No entanto, foi no tratamento *slipping* onde houve uma maior percentagem de indivíduos mortos sem danos na barbatana caudal e no corpo (N=22; 67% e N=17; 52%, respetivamente) (Tabela 4 e Anexo VII).

Tabela 4 - Número de indivíduos mortos e sobreviventes de carapau-branco (HOM), em cada jangada (controlo e *slipping*), em cada estágio de erosão da barbatana caudal e estado do corpo.

Table 4 - Number of dead and survivors individuals of horse mackerel (HOM) in each net pen (control and *slipping*), in each stage of caudal fin erosion and physical condition.

Parâmetros físicos	Estádios	Controlo		<i>Slipping</i>	
		Mortos	Sobreviventes	Mortos	Sobreviventes
Erosão da barbatana caudal	0	3	47	22	18
	1	2	0	5	0
	2	0	0	0	0
	3	3	0	6	0
Estado do corpo	0	1	47	17	18
	1	1	0	3	0
	2	3	0	6	0
	3	3	0	7	0

De uma maneira geral e em ambas as espécies, não se observaram lesões na maioria dos indivíduos sobreviventes (Tabela 3 e 4). No entanto, as lesões no corpo observadas, nos sobreviventes de cavala do tratamento *slipping* (Tabela 3), poderão ter sido causadas durante o manuseamento e ruptura da jangada no último dia da experiência.

Fator de condição

Para a cavala, observa-se um fator de condição semelhante no controlo, sendo ligeiramente superior nos indivíduos sobreviventes. Em contrapartida, no tratamento *slipping*, o fator de condição foi superior nos indivíduos mortos ($F_c = 0,79$) comparativamente aos sobreviventes ($F_c = 0,72$) (Fig. 9a). Estatisticamente, existem diferenças para o fator de condição entre os indivíduos mortos e sobreviventes do tratamento *slipping* (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} < 0,05$).

Em relação ao carapau-branco, o padrão observado é diferente, comparativamente ao da cavala, sendo que os sobreviventes do tratamento *slipping* ($F_c = 0,92$), apresentaram um fator de condição superior aos indivíduos mortos ($F_c = 0,71$). Enquanto no controlo, os indivíduos mortos apresentam um fator de condição ligeiramente superior aos sobreviventes (Fig. 9b). Existem diferenças significativas entre os mortos e sobreviventes do tratamento *slipping*

(*Wilcoxon test*; $p\text{-value} < 0,001$) e entre os sobreviventes de ambos os tratamentos (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} < 0,05$) (Anexo IV).

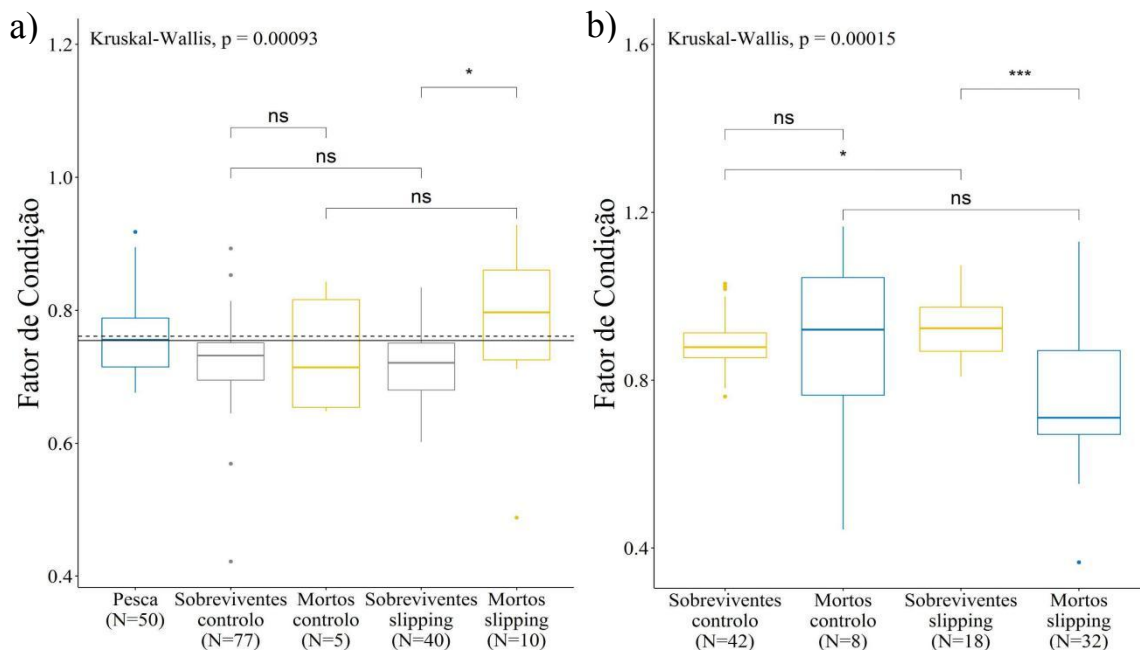


Figura 9 - *Boxplots* do fator de condição dos indivíduos mortos e dos sobreviventes de cavala (VMA) (a) e carapau-branco (HOM) (b), em cada jangada (controlo e *slipping*). Na área do gráfico, é apresentado o $p\text{-value}$ global do teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* e a significância para cada par de comparação entre os vários níveis, obtido pelo teste de *Wilcoxon* ($p\text{-value} < 0,05$ (*); $p\text{-value} < 0,01$ (**); $p\text{-value} < 0,001$ (***) e ns - não significativo). Os limites inferior e superior da caixa correspondem ao percentil 25 e ao percentil 75, respetivamente. A linha horizontal dentro da caixa corresponde à mediana e no final das linhas verticais está representado o valor mínimo e máximo do conjunto de dados. Estão ainda representado os valores medianos para as amostras de indivíduos do pré-stress (linha sólida) e pós-stress (linha a tracejado) da atividade de pesca. No eixo do x, é apresentado o tamanho da amostra para cada momento.

Figure 9 - *Boxplots* of the condition factor of dead and survivors individuals of chub mackerel (VMA) (a) and horse mackerel (HOM) (b) in each net pen (control and *slipping*). In the plots, is presented the overall $p\text{-value}$ from the non-parametric *Kruskal-Wallis* test and the significance for each pairwise comparison between the levels obtained by the *Wilcoxon* test ($p\text{-value} < 0,05$ (*); $p\text{-value} < 0,01$ (**); $p\text{-value} < 0,001$ (***) e ns - non significant). The lower and upper boundaries of the box correspond to the 25th percentile and 75th percentile, respectively. The horizontal line inside the box correspond to the median and at the end of the vertical lines (whiskers) are represented the minimum and maximum value of the data set. Is also represented the condition factor median values of the sampled individuals in the pre-stress (solid lines) and in the post-stress (dashed line) of the fishing activity. On the x-axis the sample size for each moment are presented.

Índice caudal

Relativamente aos indivíduos de cavala amostrados antes e após a prática de *slipping*, os indivíduos do pós-stress apresentaram um índice caudal mediano ligeiramente superior aos do pré-stress ($F_{Fin} = 16,7\%$ e $F_{Fin} = 16,1\%$, respetivamente) (Fig. 10a), não havendo diferenças significativas entre as duas amostras (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$).

Os indivíduos mortos, quer no controlo como no tratamento *slipping*, apresentaram um índice caudal consideravelmente inferior ao dos sobreviventes. Os sobreviventes do tratamento *slipping* praticamente não apresentaram erosão da barbatana caudal, com um índice caudal próximo ao dos indivíduos amostrados no momento da pesca ($F_{Fin} = 16,4\%$), não havendo diferenças significativas entre as duas amostras (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$) (Fig. 10a). Entre tratamentos, os indivíduos mortos do tratamento *slipping* apresentaram um índice caudal superior aos mortos do controlo. Esta situação dever-se-á a uma maior amplitude de comprimentos amostrados no tratamento *slipping* e por isso, uma maior variabilidade de comprimentos de cauda, o que justifica o elevado intervalo do índice caudal. Estatisticamente, todas as combinações apresentam diferenças significativas do índice caudal, excepto os mortos de ambos os tratamentos (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$) (Anexo IV).

Na amostragem dos sobreviventes de carapau-branco, verificou-se que estes não apresentaram erosão da barbatana caudal. Por lapso, não foi registado o comprimento caudal dos indivíduos sobreviventes. Para estimar o valor mediano do índice caudal, utilizou-se as medições do comprimento caudal dos indivíduos mortos (independentemente do tratamento), que não apresentavam danos na barbatana caudal, ou seja, com o estágio 0. Na figura 10b, o traço horizontal apresentado corresponde a esse índice caudal mediano dos sobreviventes (19,3%), sendo que os indivíduos mortos do tratamento *slipping* apresentaram um índice caudal mediano superior aos mortos do controlo, não havendo diferenças significativas (*Wilcoxon test*; $p\text{-value} > 0,05$).

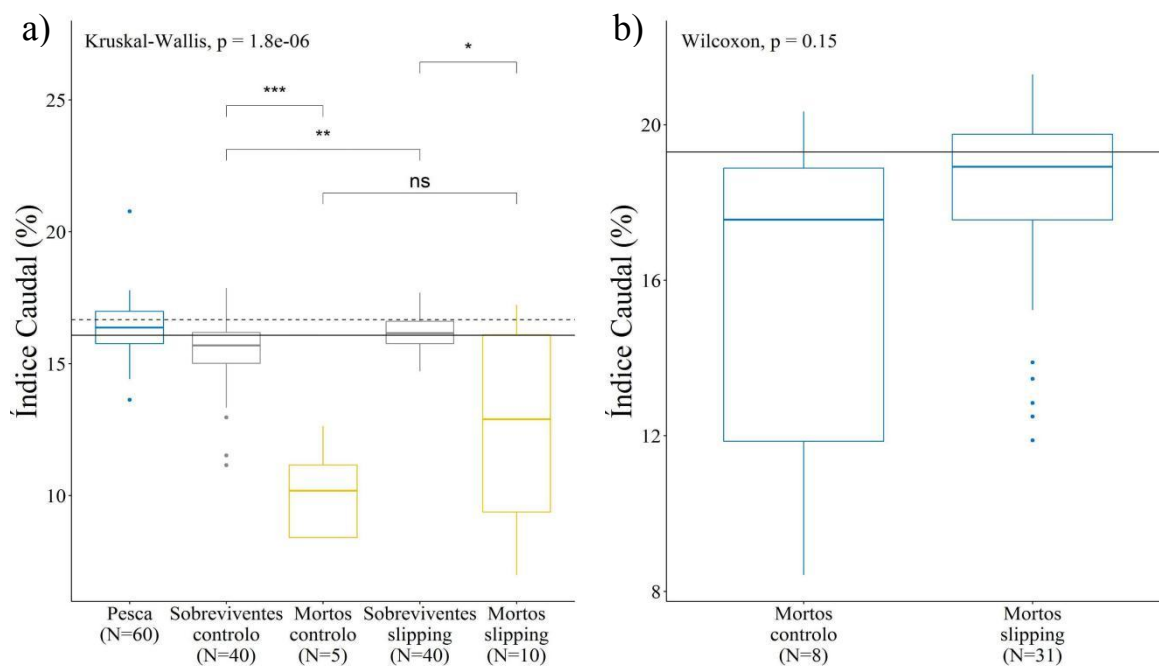


Figura 10 - *Boxplots* do índice caudal dos indivíduos mortos e dos sobreviventes de cavala (VMA) (a) e carapau-branco (HOM) (b), em cada jangada (controlo e *slipping*). Na área do gráfico, é apresentado o *p-value* global do teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* e a significância para cada par de comparação entre os vários níveis, obtido pelo teste de *Wilcoxon* (*p-value* < 0,05 (*); *p-value* < 0,01 (**); *p-value* < 0,001 (***) e ns - não significativo). Os limites inferior e superior da caixa correspondem ao percentil 25 e ao percentil 75, respetivamente. A linha horizontal dentro da caixa corresponde à mediana e no final das linhas verticais está representado o valor mínimo e máximo do conjunto de dados. Está ainda representado, no gráfico da esquerda, os valores medianos do índice caudal dos indivíduos de cavala do pré-stress (linha sólida) e pós-stress (linha a tracejado) da atividade de pesca. No gráfico da direita, está representado o valor mediano do índice caudal dos sobreviventes do carapau-branco (linha sólida). No eixo do x, é apresentado o tamanho da amostra para cada momento.

Figure 10 - *Boxplots* of the caudal index of dead and survivors individuals of chub mackerel (VMA) (a) and horse mackerel (HOM) (b) in each net pen (control and *slipping*). In the plots, is presented the overall *p-value* from the non-parametric *Kruskal-Wallis* test and the significance for each pairwise comparison between the levels obtained by the *Wilcoxon* test (*p-value* < 0,05 (*); *p-value* < 0,01 (**); *p-value* < 0,001 (***) e ns - non significant). The lower and upper boundaries of the box correspond to the 25th percentile and 75th percentile, respectively. The horizontal line inside the box correspond to the median and at the end of the vertical lines (whiskers) are represented the minimum and maximum value of the data set. In the left plot, is also represented the caudal index median values of the sampled individuals of chub mackerel in the pre-stress (solid lines) and post-stress (dashed line) of the fishing activity. In the right plot, is represented the caudal index median value of horse mackerel survivors (solid line). On the x-axis, the sample size for each moment are presented.

Sobrevivência

Durante os 5 dias de experiência, em ambas as jangadas, observou-se uma reduzida mortalidade de cavala, tendo a mortalidade atingido o máximo no dia 3 da experiência, no tratamento *slipping*. No caso do carapau-branco, no tratamento *slipping*, apresentou uma mortalidade elevada no dia 1 da experiência (Fig. 11).

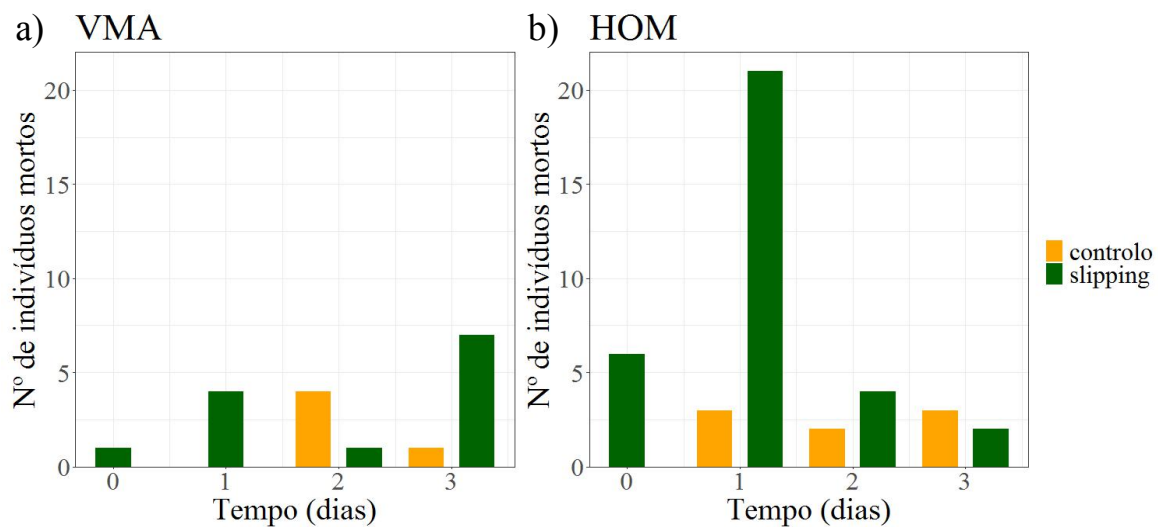


Figura 11 - Número de indivíduos mortos de cavala (a) e de carapau-branco (b), por dia e por jangada (controlo e *slipping*), durante a experiência.

Figure 11 - Number of dead individuals of chub mackerel (a) and horse mackerel (b) per day and net pen (control and *slipping*) during the experiment.

O efeito de *slipping* apresentou um reduzido impacto sobre a cavala uma vez que, esta espécie apresentou uma taxa de sobrevivência elevada em ambas as jangadas, tendo apresentado um maior decréscimo no tratamento *slipping* (94%) (Fig. 12a). Para o carapau-branco, observa-se uma elevada taxa de sobrevivência no controlo, com valores a variar entre os 100% (primeiro dia) e os 85% (quarto dia), contrariamente ao tratamento *slipping*, com a taxa de sobrevivência acumulada a reduzir para 40% no quarto dia (Fig. 12b).

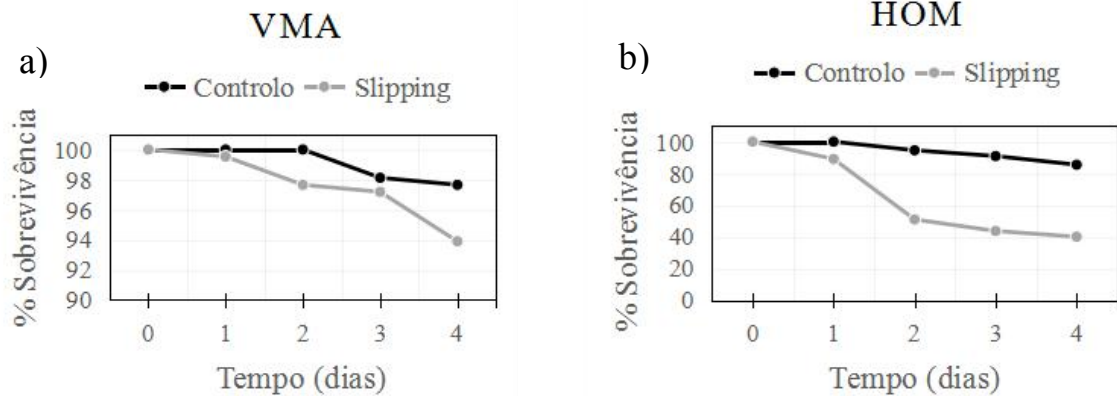


Figura 12 - Taxa de sobrevivência da cavala (a) e do carapau-branco (b), durante os 5 dias da experiência, no controlo (linha preta) e no tratamento *slipping* (linha cinzenta). Nota: as escalas da taxa de sobrevivência (eixo do y) são diferentes.

Figure 12 - Survival rate of chub mackerel (a) and horse mackerel (b) during the 5 days of the experiment, in control (black line) and in slipping treatment (grey line). Note: the scales of the survival rate (y-axis) are different.

Dado que a morte de indivíduos de reduzidas dimensões de carapau-branco foi elevada, considerou-se relevante analisar separadamente a sobrevivência para os indivíduos inferiores e superiores ao tamanho mínimo de desembarque (TMD) e para o comprimento de 1ª maturação (L50). Considerando o TMD no controlo, a taxa de sobrevivência entre os dois grupos é muito semelhante ao longo dos dias, atingindo uma sobrevivência acumulada de 83% e 89% no último dia, para os indivíduos abaixo e acima do TMD respetivamente (Fig. 13a). No tratamento *slipping*, observa-se uma maior diferença na taxa de sobrevivência entre os dois grupos do 2º até ao 4º dia da experiência, com os indivíduos acima do TMD a atingirem uma sobrevivência de 53,8% e os indivíduos abaixo do TMD com uma sobrevivência de 29,7%, no último dia da experiência (Fig. 13a). Considerando o L50, não foi observada a morte de indivíduos adultos no controlo. No tratamento *slipping*, a taxa de sobrevivência entre os juvenis e adultos decresce, destacando que os adultos atingiram uma taxa de sobrevivência (33%) inferior aos juvenis (36%), no último dia de experiência (Fig. 13b).

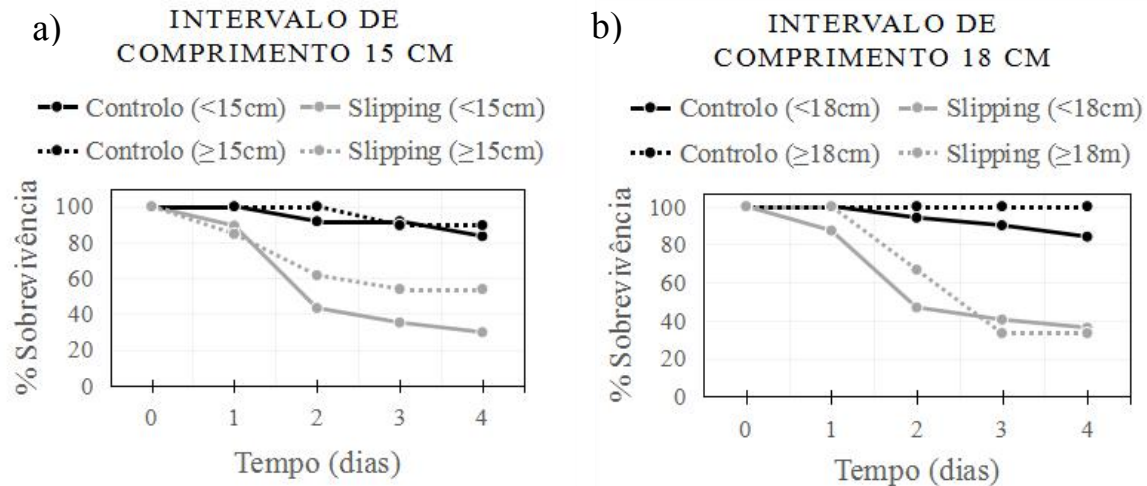


Figura 13 - Taxa de sobrevivência do carapau-branco entre os dois grupos de comprimento: tamanho mínimo de desembarque (TMD) - 15 cm (a) e comprimento de 1ª maturação (L50) - 18 cm (b), durante os 5 dias da experiência. Controlo representado com linha preta e tratamento *slipping* com linha a cinzento. Indivíduos abaixo do TMD (<15 cm) e juvenis (<18 cm) representados com linha a cheio e indivíduos acima do TMD (≥15 cm) e adultos (≥18 cm) com linha a tracejado.

Figure 13 - Survival rate of horse mackerel between the two length groups: minimum landing size (MLS, in Portuguese, TMD) - 15 cm (a) and size at first maturity (L50) - 18 cm (b) during the 5 days experiment. Control is represented with the black line and slipping treatment with the grey line. Individuals below TMD (<15 cm) and juveniles (<18 cm) are represented with solid line and individuals above TMD (≥15 cm) and adults (≥18 cm) are represented with dashed line.

DISCUSSÃO

Este estudo permitiu, pela primeira vez, recolher informação sobre a taxa de sobrevivência da cavala e carapau-branco após a prática de *slipping* realizada pelas cercadoras em Portugal, através da realização de uma experiência em mar aberto, o que permitiu aproximar as condições naturais a que o peixe fica sujeito após a libertação pela pesca. Toda a atividade de pesca decorreu de forma normal, nomeadamente a captura do cardume, a duração das operações e a libertação do pescado. A manobra de enxugamento da rede, situação em que o peixe se encontra em elevadas densidades dentro da rede de pesca, teve uma duração de cerca de 10-15 min de modo a refletir o tempo normal que a embarcação demoraria a fazer parte do transbordo do peixe para bordo, em caso de uma captura elevada e, de seguida, o rebaixamento da rede e libertação da restante captura. O facto de o lance de pesca ter ocorrido durante a noite e com mistura de espécies dificultou a execução de alguns procedimentos, como a transferência de cavalas da rede de cerco para as jangadas. A mistura de espécies no lance (cavala, carapau-branco, sardinha, entre outras) dificultou a triagem, resultando na colocação não intencional de espécies que não eram alvo de estudo, dentro das jangadas. Assim sendo, os resultados obtidos neste estudo em relação ao carapau-branco são preliminares e terão de ser interpretados com cuidado considerando que a amostra tem uma dimensão reduzida.

A prática de *slipping* não revelou um impacto negativo substancial para a cavala com uma taxa de sobrevivência de 94% comparativamente a 97,7% no controlo. Estes resultados contrariam as experiências semelhantes realizadas com a sarda, alvo de *slipping* após captura por cercadoras no Mar do Norte (Huse & Vold, 2010), onde concluem que a atividade de *slipping* constitui um impacto substancial na sobrevivência da sarda após a sua libertação. Estas experiências revelaram que a mortalidade de sarda foi superior para os indivíduos sujeitos a densidades de aglomeração elevadas do que para os indivíduos mantidos no controlo. Relativamente ao carapau-branco, os presentes resultados sugerem que a prática de *slipping* teve um impacto substancial, pois resultou numa taxa de sobrevivência de 40% comparativamente a 85% no controlo. Na perspetiva da atividade de pesca e considerando o tamanho mínimo de desembarque (TMD = 15cm), observou-se uma reduzida sobrevivência para os indivíduos de comprimento inferior ao TMD, cerca de 30% no tratamento *slipping*, comparativamente a 53,8% para os de comprimento superior ao TMD. A prática de *slipping* apresenta, por isso, um impacto substancial na mortalidade dos indivíduos de menores dimensões. Esta situação poderá ser crítica, não sendo possível o desembarque de indivíduos

abaixo do TMD, poderá levar frequentemente a situações de *slipping* e consequentemente mortalidade não quantificada. Numa perspetiva biológica e considerando o comprimento de 18 cm, no tratamento *slipping*, o padrão observado é muito semelhante com uma reduzida sobrevivência dos indivíduos de ambos os grupos.

O comprimento e o peso dos peixes têm sido considerados fatores importantes com influência na mortalidade dos indivíduos. Esta teoria foi comprovada por várias experiências dirigidas a outras espécies pelágicas alvo da prática de *slipping* pela pesca de cerco, como a sardinha (Marçalo et al., 2010), a sarda (Lockwood et al., 1983; Huse & Vold, 2010) e o arenque (*Clupea harengus*) (Olsen et al., 2012). No presente estudo, tanto para a cavala como para o carapau-branco, os indivíduos mortos apresentaram um comprimento e peso inferior aos sobreviventes. Estes indivíduos de menores dimensões estão mais suscetíveis de sofrer danos no corpo, por exemplo visível pelo índice caudal inferior, que indivíduos maiores e mais robustos durante aglomeração do cardume dentro da rede. O reduzido tamanho dos indivíduos, entre outros fatores não discutidos presentemente (fatores fisiológicos, por exemplo) poderão aumentar a probabilidade de morrerem após a prática de *slipping* pelas cercadoras.

Ao longo da experiência, foi notória uma degradação das condições físicas da cavala (Figura I do Anexo VIII), o que pode ter tido uma influência a médio prazo na mortalidade da espécie. No final da experiência, os indivíduos mortos revelaram um fator de condição inferior aos sobreviventes no controlo enquanto que, no tratamento *slipping*, verifica-se o oposto. Esta relação poderá ser influenciada pela maior variabilidade dos comprimentos amostrados. Segundo a bibliografia, o resultado expectável seria, quanto maior o tempo de permanência dentro das jangadas menor o alimento disponível, traduzindo-se no decréscimo do peso e, por conseguinte, redução do fator de condição dos indivíduos sobreviventes recolhidos no final da experiência (Olsen et al., 2012; Tenningen et al., 2012b). Resultados semelhantes foram observados em experiências com o arenque, com o decréscimo do fator de condição no final do período de monitorização (Tenningen et al., 2012b). Em ambas as jangadas, os indivíduos mortos apresentaram um índice caudal inferior ao dos sobreviventes, o que reflete a abrasão e os danos a que estiveram sujeitos provocado pelo contacto com a rede e, consequentemente o seu emalhamento e pela fricção entre corpos devido ao aperto da rede, aumentando a probabilidade de morrerem. O facto do índice caudal ter sido muito semelhante entre os indivíduos amostrados antes e após o stress, revela que o stress da atividade de pesca não parece apresentar um efeito de stress imediato aos indivíduos de cavala. Adicionalmente, comparando os índices caudais dos indivíduos mortos e dos sobreviventes de ambos os

tratamentos (com índice semelhante aos indivíduos da pesca), verificou-se que os mortos apresentaram um índice caudal inferior revelando que, danos e abrasão ao nível da barbatana caudal que reduzem a capacidade natatória, poderão ter preponderantes na mortalidade da cavala a médio prazo. Com o objetivo de preparar o maneiio dos indivíduos em futuros estudos de sobrevivência, após a prática de *slipping* pela pesca de cerco portuguesa, foram realizadas experiências em tanques com sardinha onde foi avaliada a erosão da barbatana caudal, onde os resultados demonstraram que existe uma probabilidade associada entre a erosão e a morte dos animais na primeira semana em cativeiro (Marçalo et al., 2008).

Relativamente ao carapau-branco, os indivíduos mortos do tratamento *slipping* apresentaram um fator de condição consideravelmente inferior aos indivíduos do controlo, o que sugere uma condição mais débil dos indivíduos do tratamento *slipping*, um fator preponderante na mortalidade desta espécie. O facto dos sobreviventes do tratamento *slipping* terem apresentado um fator de condição superior ao dos indivíduos mortos, poderá estar relacionado com a mortalidade predominantemente de indivíduos de menor dimensão. No geral e devido ao desenho experimental desequilibrado, será prematuro concluir que, para o carapau-branco, o fator de condição tem relação direta com a perda de peso causada pelo stress. Em relação ao índice caudal, os indivíduos mortos, em particular do tratamento *slipping*, não revelaram uma considerável erosão da barbatana caudal, tendo apresentado um índice caudal ligeiramente inferior ao dos sobreviventes, o que sugere que, para esta espécie, é prematuro associar os danos e abrasão ao nível da barbatana caudal com o stress do *slipping* e conseqüentemente, com a mortalidade da espécie. Sem mais estudos, não é possível afirmar, mas poderá existir uma relação direta entre a malha da rede das jangadas e o tamanho reduzido dos animais, no entanto este facto teria de ser mais investigado.

Resumidamente, comparando os dados recolhidos na observação do estado do corpo das cavalas entre indivíduos provenientes da pesca (antes e após o stress) com os indivíduos estabulados nas jangadas (sobreviventes e mortos), verificou-se uma perda considerável de pele, danos no corpo e erosão da barbatana caudal nos indivíduos mortos. Durante as observações diárias (com observação direta e vídeo), foram registados comportamentos de cardume e natação tranquila de ambas as espécies. Em experiências em mar aberto com a sarda (*Scombrus scombrus*), Misund & Beltestad (2000) observaram reações de pânico durante o confinamento dentro da rede de cerco, o que provocou stress e danos severos na pele devido ao contacto físico com a rede, resultando numa mortalidade substancial a longo prazo. Mitchell et al. (2002), ao estudar o nível de mortalidade de *Sardinops sagax* após

libertação por cima da rede de cerco, concluiu que a remoção do muco e escamas associados à abrasão que os peixes estão sujeitos na rede de cerco, seguindo-se de danos na pele, parecem ser a causa de mortalidade de *S. sagax*. Resultados semelhantes foram também obtidos em experiências com o arenque, em que a causa de morte foi associada à perda de escamas (Olsen et al., 2012). No entanto, não é possível afirmar que os danos físicos observados no presente estudo tenham sido causados inteiramente pela atividade de *slipping* uma vez que, no 2º dia da experiência, ocorreu um incidente causado pelas condições atmosféricas e marítimas adversas. As jangadas foram arrastadas para junto da costa e a baixas profundidades (cerca de 10 m), o que pode ter provocado danos no saco coletor (profundidade mínima sem danos da estrutura flutuante seria de 25 metros). Foi necessário o reboque de ambas as jangadas para maiores profundidades, processo que poderá ter provocado atrito com coluna de água e com a própria rede rebocada, podendo ter contribuído para o aparecimento de alguns danos físicos extras nos peixes. Outra explicação possível para a observação de alguns dos danos físicos extremos (carcaça bastante destruída), poderá estar relacionada com a presença de pulga-do-mar devido à permanência do saco coletor junto ao fundo do mar (durante a noite). Dado que o incidente afetou ambas as jangadas, podemos concluir que as diferenças na taxa de sobrevivência observadas entre o tratamento e o controlo foram semelhantes e por isso, as suas consequências tiveram o mesmo peso nos resultados.

Estudos experimentais de pequena (Lockwood et al., 1983; Marçalo et al., 2010) e grande escala (Mitchell et al., 2002; Huse & Vold, 2010; Tenningen et al., 2012a,b) revelaram que, a maioria da mortalidade ocorre nos primeiros dias após a exposição ao stress pela prática de *slipping*. No presente estudo, esta situação não se observou para a cavala, com um máximo de mortalidade atingido no penúltimo dia da experiência. No entanto, este valor foi consideravelmente reduzido, tendo em conta o número de indivíduos colocados inicialmente dentro das jangadas. Contrariamente ao carapau-branco que, apresentou uma mortalidade máxima no primeiro dia da experiência, decrescendo posteriormente. Deste modo, e uma vez que não houve estabilização da taxa de sobrevivência, sugere-se um aumento da duração em experiências futuras para um mínimo de 7 dias, como sugerido por Marçalo et al. (2018), ao estudar a sobrevivência da sardinha. Ao manter os animais em condições naturais, a taxa de sobrevivência poderá ser influenciada por fatores não testados previamente e por isso, o aumento do período experimental poderá ajudar na estabilização.

CONCLUSÃO

Pela primeira vez, foi possível estudar a sobrevivência da cavala após a prática de *slipping* pela pesca de cerco em Portugal Continental, com recurso a experiências em mar aberto. Este estudo revelou algumas das dificuldades associadas às experiências realizadas em mar aberto, como as condições marítimas adversas e imprevistos logísticos, tornando extremamente complexo todo o procedimento. No entanto, este método permite aproximar as condições naturais após a libertação pela pesca e reduzir o stress animal provocado pelo transporte e colocação num novo ambiente. No futuro e como sugerido por Davis (2002), a mortalidade não contabilizada pela prática de *slipping* poderá ser melhor abordada através da combinação de procedimentos laboratoriais e experiências em mar aberto sobre condições de pesca reais. Conhecendo melhor a mortalidade causada pela pesca, poder-se-á melhorar as estimativas de stocks de pequenos pelágicos durante a sua avaliação.

Para além dos parâmetros físicos, biológicos e fisiológicos analisados no presente estudo, é provável que efeitos comportamentais de longa duração como alimentação, reprodução, comportamento no cardume, habilidade para evitar predadores, etc, não analisados no presente estudo, possam contribuir para a mortalidade não contabilizada após o *slipping* pelas cercadoras. Mitchell et al. (2002), ao estudar os níveis de mortalidade de *S. sagax* após a libertação por cima da rede de cerco observou que, indivíduos com grande perda de escamas e infeções na pele, apresentaram dificuldades em manter a formação do cardume e uma alimentação menos ativa, comparativamente os indivíduos com pouca ou nenhuma perda de escamas observados a alimentarem-se ativamente. Marçalo et al. (2013), ao estudar a sobrevivência da sardinha em cativeiro, após a simulação de *slipping* pela pesca de cerco, observou que, após o confinamento, a sardinha apresentou mudanças comportamentais significativas como: velocidade de natação reduzida, distância sardinha-predador reduzida e maior da distância ao vizinho mais próximo durante maiores períodos de tempo (dificuldade em formar cardume), comparativamente ao controlo. Assim, futuramente, torna-se necessário avaliar informações sobre a capacidade de formação de cardume durante a experiência, tal como verificar se os animais estabulados durante a experiência ingeriram alimento, observando os conteúdos estomacais, por exemplo. No futuro, o carapau-branco poderá tornar-se alvo de estudo uma vez que, para além de ser uma das espécies com algum desenvase pela pesca de cerco, revelou uma reduzida taxa de sobrevivência durante este estudo, o que demonstra que é uma espécie suscetível de morrer após a prática de *slipping* pelas cercadoras. Relativamente à análise dos parâmetros físicos da água do mar e, apesar de

não terem sido discutidos no presente estudo, as recolhas de água permitiram avaliar as condições físico-químicas do local das experiências e permitiram avaliar e melhorar o desenho amostral no delineamento de experiências futuras.

AGRADECIMENTOS

A toda a tripulação da embarcação Mestre Horácio e armador pela disponibilidade e colaboração durante a pesca experimental. Joaquim Parente pelo aconselhamento técnico para a concepção, construção, fluabilidade e ancoragem das jangadas desenhadas para a experiência. Aos colegas Cristina Nunes e Hugo Mendes pelos comentários e sugestões, aos colegas Alberto Rocha e Andreia V. Silva por sugestões e ajuda no R. À tripulação N/I Diplodus pela colaboração durante a experiência. Ao projecto SARDINHA 2020 - Abordagem Ecosistémica para a gestão da pesca da sardinha (Mar 2020). Ao MARE (Centro de Ciências do Mar e do Ambiente) financiado pelo projeto UID/MAR/04292/2013 da Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT). Adicionalmente, este trabalho recebeu fundos nacionais da Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do projeto CCMAR UIDB/04326/2020. Aproveitamos para agradecer aos dois revisores anónimos, cujos comentários e revisões contribuíram para a melhoria significativa da versão final do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTESTAD, A. K.; MISUND, O. A., 1996. Survival of mackerel and saithe escaping through sorting grids in purse seines. ICES Fish Capture Committee C.M. 1996/B:24.

BREEN, M.; ISAKSEN, B.; ONAL, E.; PEDERSEN, A. O.; PEDERSON, G.; SALTSKARL, J.; SVARDAL, B.; TENNINGEN, M.; THOMAS, P. J.; TOTLAND, B.; ØVREDALL, J. T.; VOLD, A., 2012. A review of possible mitigation measures for reducing mortality caused by slipping from purse-seine fisheries. ICES CM 2012/C:12.

CASTILLO, J.; ROBOTHAM, H., 2004. Spatial structure and geometry of schools of sardine (*Sardinops sagax*) in relation to abundance, fishing effort, and catch in northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1113 – 1119.

DAVIS, M. W., 2002. Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1834–1843.

DGRM, 2018. Multiannual Management and Recovery Plan for the Iberian Sardine (2018-2023). Direção-Geral dos Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, Lisboa. Download em 10 Dezembro de 2020 in: <https://www.dgrm.mm.gov.pt/documents/20143/121101/MULTIANNUAL+MANAGEMENT+AND+RECOVERY+PLAN+FOR+THE+IBERIAN+SARDINE+final+1....pdf/2e28d495-f125-fc1b-2d9e-a234c36a66e6>.

DGRM, 2019. Recursos de Pesca. Série Estatística Volume nº Série Estatística Volume 32 A-B ANO 2019, Ano 2020. Direção-Geral dos Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, Lisboa: 181 p.

FEIJÓ, D., 2013. Caracterização da pesca de cerco na costa Portuguesa. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Porto, 93 p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3102.4241>.

FEIJÓ, D.; MARÇALO, A.; BENTO, T.; BARRA, J.; MARUJO, D.; CORREIA, M.; SILVA, A., 2018. Trends in the activity pattern, fishing yields, catch and landing composition between 2009 and 2013 from onboard observations in the Portuguese purse seine fleet. *Regional Studies in Marine Science*, 23: 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.12.007>

- FROESE, R., 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4): 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- GONÇALVES, J.; BENTES, L.; MONTEIRO, P.; COELHO, R.; CORADO, M.; ERZINI, K., 2008. Reducing discards in a demersal purse-seine fishery. *Aquatic Living Resources*, 21: 135-144.
- HUSE, I.; VOLD, A., 2010. Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L.) after pursing and slipping from a purse seine. *Fisheries Research*, 106: 54–59.
- ICES, 2007. Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystems, 2007. ICES Advice. Book 9. 129 p.
- ICES. 2017. Report of the Benchmark Workshop on Pelagic Stocks (WKPELA), 6–10 February 2017, Lisbon, Portugal. ICES CM 2017/ACOM:35. 294 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.5350>.
- LATREMOUILLE, D. N., 2003. Fin erosion in aquaculture and natural environments. *Reviews in Fisheries Science* 11: 315–335.
- LOCKWOOD, S. J.; PAWSON, M. G.; EATON, D. R., 1983. The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L.) - physical condition and mortality. *Fisheries Research*, 2: 129–147.
- MARÇALO, A.; MATEUS, L.; CORREIA, J. H. D.; SERRA, P.; FRYER, R.; STRATOUDAKIS, Y., 2006. Sardine (*Sardina pilchardus*) stress reactions to purse seine fishing. *Marine Biology*, 149: 1509–1518.
- MARÇALO, A.; POUSÃO-FERREIRA, P.; MATEUS, L.; CORREIA, J. H. D.; STRATOUDAKIS, Y., 2008. Sardine early survival, physical condition and stress after live capture at sea and transport to captivity. *Journal of Fish Biology*, 72: 103-120.
- MARÇALO, A., 2009. Sardine (*Sardina pilchardus*) delayed mortality associated with purse-seine slipping: contributing stressors and responses. Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 189 p.
- MARÇALO, A.; MARQUES, T.; ARAÚJO, J.; POUSÃO-FERREIRA, P.; ERZINI, K.; STRATOUDAKIS, Y., 2010. Fishing simulation experiments for predicting effects of purse seine capture on sardines (*Sardina pilchardus*). *ICES Journal of Marine Science*, 67: 334-344.

MARÇALO, A.; ARAÚJO, J.; POUSÃO-FERREIRA, P.; PIERCE, G. J.; STRATOUDAKIS, Y.; ERZINI, K., 2013. Behavioural responses of sardines *Sardina pilchardus* to simulated purse seine capture and slipping. *Journal of Fish Biology*, 83: 480–500. doi: 10.1111/jfb.12184.

MARÇALO, A.; GUERREIRO, P. M.; BENTES, L.; RANGEL, M.; MONTEIRO, P.; OLIVEIRA, F.; AFONSO, C.; POUSÃO-FERREIRA, P.; BENOÎT, H.; BREEN, M.; ERZINI, K.; GONÇALVES, J. M. S., 2018. Effects of different slipping methods on the mortality of sardine, *Sardina pilchardus*, after purse-seine capture off the Portuguese Southern coast (Algarve). *PLoS One*, 13(5), e0195433. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195433>.

MARÇALO, A.; BREEN, M.; TENNINGEN, M.; ONANDIA, I.; ARREGI, L.; GONÇALVES, J. M. S., 2019. Mitigating Slipping-Related Mortality from Purse Seine Fisheries for Small Pelagic Fish: Case Studies from European Atlantic Waters. In: S. S. UHLMANN, C. ULRICH, S. J. KENNELLY (Eds.), *The European Landing Obligation*, chapter 15, Springer Nature, Switzerland, pp. 297 - 318 https://doi.org/10.1007/978-3-030-03308-8_15.

MISUND, O. A.; BELTESTAD, A. K., 1994. Size-selection of mackerel and saithe in purse seines. ICES Fish Capture Committee C.M. 1994/B:28, 1±12.

MISUND, O. A.; BELTESTAD, A. K., 2000. Survival of mackerel and saithe that escape through sorting grids in purse seines. *Fisheries Research*, 48: 31–41.

MITCHELL, R. W.; BLIGHT, S. J.; GAUGHAN, D. J.; WRIGHT, I. W., 2002. Does the mortality of released *Sardinops sagax* increase if rolled over the headline of a purse seine net? *Fisheries Research*, 57: 279–285.

OLSEN, R. E.; OPPEDAL, F.; TENNINGEN, M.; VOLD, A., 2012. Physiological response and mortality caused by scale loss in Atlantic herring. *Fisheries Research*, 129–130: 21–27.

STRATOUDAKIS, Y.; MARÇALO, A., 2002. Sardine slipping during purse-seining off northern Portugal. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 1256-1262.

TENNINGEN, M.; VOLD, A.; ISAKSEN, B.; SVALHEIM, R.; OLSEN, R. E.; BREEN, M., 2012a. Magnitude and causes of mortality of Atlantic herring (*Clupea harengus*) induced by crowding in purse seines. ICES CM 2012/C:34.

TENNINGEN, M.; VOLD, A.; OLSEN, R. E., 2012b. The response of herring to high crowding densities in purse-seines: Survival and stress reaction. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1523–1531.

TENNINGEN, M.; PENA, H.; MACAULAY, G. J., 2015. Estimates of net volume available for fish shoals during commercial mackerel (*Scomber scombrus*) purse seining. *Fisheries Research*, 161: 244–251.

TENNINGEN, M.; MACAULAY, G. J.; RIEUCAU, G.; PENA, H.; KORNELIUSSEN, R. J., 2017. Behaviours of Atlantic herring and mackerel in a purse-seine net, observed using multibeam sonar. *ICES Journal of Marine Science*, 74: 359–368.

WISE, L.; FERREIRA, M.; SILVA, A., 2005. Caracterização da pesca do cerco na costa oeste portuguesa. Relatório científico e técnico do IPIMAR, série digital, nº 24: 19p.

Anexo I

Preparação das amostras de sangue, análise do hematócrito (Ht) e recolha do plasma para análise de outros parâmetros de stress

As cavalas foram capturadas com um xalavar e colocadas em baldes previamente preparados com anestesia (2-fenoxietanol; concentração de 1 ml de anestésico para 1000 ml de água). Após completamente sedados, a cada indivíduo retirou-se cerca de 0.5 ml de sangue da veia caudal (Fig. I a), com uma seringa heparinizada, no intervalo de tempo mais curto possível do primeiro ao último indivíduo, com o objetivo de evitar stress acrescido. Posteriormente, e pela mesma ordem, realizou-se a amostragem física e biológica destes indivíduos, a bordo do N/I Diplodus. O sangue foi refrigerado numa arca térmica e processado assim que possível. A recolha no dia da pesca foi analisada em menos de 12 horas no laboratório de fisiologia do CCMAR, as amostras de sangue do último dia da experiência foram processadas após a refrigeração do sangue entre 24-48h a bordo do N/I Diplodus. Esta análise de sangue compreendeu o uso de capilares (Fig I b), para analisar o hematócrito. Este é determinado através da proporção de células vermelhas e o total de conteúdo no capilar (células vermelhas + células brancas + plasma) em cada indivíduo. A presença de células brancas (leucócitos) foi observado em cada capilar, sendo um indicador do estado do sistema imunitário dos indivíduos. Seguidamente, o sangue foi centrifugado à rotação máxima (3 minutos) e o plasma sobrenadante foi congelado, para posterior análise da osmolaridade, cortisol, glucose, lactato e iões realizado no CCMAR da Universidade do Algarve. A metodologia utilizada em laboratório foi semelhante à utilizada em Marçalo et al. (2018).

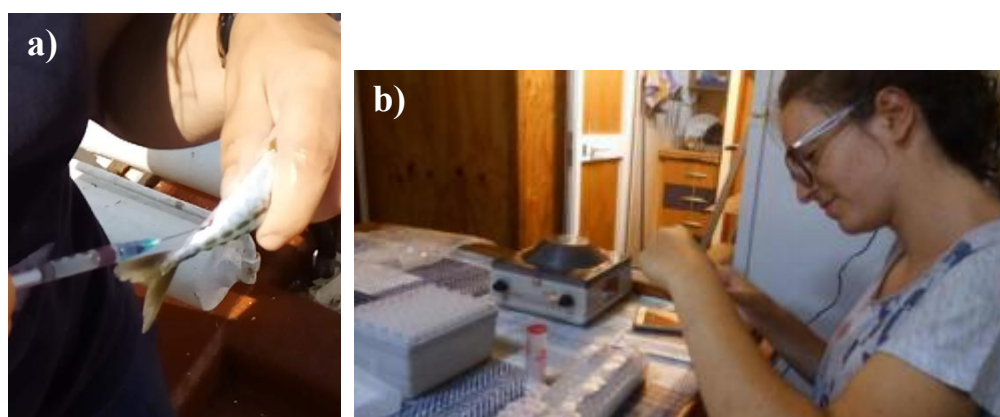


Figura I - Recolha de sangue da veia caudal de um indivíduo sobrevivente de cavala (a). Preparação das amostras de sangue de cavala para análise do hematócrito e recolha do plasma (b).

Figure I - Blood collection from the caudal vein of an individual of chub mackerel (a). Preparation of chub mackerel blood samples for hematocrit analysis and plasma collection (b).

Anexo II

Recolha de amostras de água e parâmetros físicos

Com a periodicidade de 8 horas, usando uma sonda multi-paramétrica, foram registados vários parâmetros da água do mar: temperatura, pH, salinidade e oxigénio dissolvido. A calibração do pH foi feita utilizando os padrões NIST de pH 4, pH 7 e pH 9. Para calibração e validação da salinidade medida pela sonda, foi recolhida diariamente uma amostra de água de mar (frasco de vidro castanho de 250 ml), armazenada num local seco e escuro. As amostras de salinidade foram medidas num Salinómetro *Guildline* Modelo 8400B, utilizando soluções de calibração, Padrões de água do mar *IAPSO*, de salinidade 10 e 35. Para a quantificação dos nutrientes (nitrato + nitrito, amónio, fosfato e silicato), foram recolhidas amostras de água de mar (frasco de 25 ml). Estas amostras foram imediatamente congeladas até à sua análise em laboratório. Por questões de logística, não foi possível realizar esta recolha diretamente das jangadas e por isso, a recolha foi realizada junto ao N/I Diplodus, que se encontrava nas proximidades das mesmas. Os nutrientes dissolvidos foram analisados por colorimetria num auto-analisador *SKALAR SAN+*: ião nitrato - NO_3^- , nitritos - NO_2^- , amónio - NH_4^+ e silicatos - SiO_2 com um limite de detecção de $0,1 \mu\text{mol/l}$ e fosfatos - PO_4^{3-} com um limite de detecção de $0,01 \mu\text{mol/l}$. Devido ao agravamento das condições meteorológicas (N/I Diplodus teve buscar abrigo no Porto de Sesimbra), não foi possível realizar o registo de parâmetros e a recolha de água em todos os momentos.

Resultados dos parâmetros físicos da água

Durante a experiência, a temperatura variou entre 18°C e $20,7^\circ\text{C}$, apresentando uma média de $19,7^\circ\text{C}$ (DP = 0,82); o pH aumentou até ao 2º dia registando o valor máximo de 8,08, decrescendo até ao penúltimo dia. A percentagem e o valor absoluto de O_2 dissolvido na água foi variável ao longo da experiência, apresentando uma média de 94,15% (DP = 1,87) e $7,30\text{mg/L}$ (DP = 0,30), respetivamente. Por fim, tanto a salinidade como a turbidez (TDS) apresentaram uma tendência crescente, variando entre 35,78 e 36,24 e $35,35\text{g/L}$ e $48,08\text{g/L}$, respetivamente. Na tabela I, apresentam-se os valores médios registados para os vários parâmetros e observa-se um desvio-padrão reduzido, devendo-se provavelmente à variação natural diária da água do mar.

Tabela I - Parâmetros físicos da água do mar observados, com o uso de sonda multi-paramétrica (média e desvio-padrão), durante a experiência.

Table I - Physical parameters of seawater using a multi-parametric sensor (mean and standard deviation), during the experiment.

Nº amostras N = 10	Temp (°C)	pH	O ₂ dissolvido (mg/L)	O ₂ dissolvido (%)	Salinidade (psu)*	TDS (g/L)
Média	19,7	7,98	7,30	94,15	35,92	41,77
Desvio Padrão (DP)	0,82	0,06	0,30	1,87	0,18	4,40

* Para o parâmetro salinidade, foram utilizadas 8 amostras.

A quantificação dos nutrientes ocorreu nas proximidades das jangadas. Relativamente ao ião amónio, os valores variaram entre 2,64 µM e 7,02 µM, apresentando uma média de 3,36 µM (DP = 1,30). Destaca-se que o valor mais elevado foi observado no dia da pesca (T0), provavelmente o reflexo do stress a que os peixes foram sujeitos durante a pesca, observando-se uma estabilização nos dias seguintes. Os nitratos, nitritos e fosfatos apresentaram um valor médio de 3,02 µM (DP = 0,16) e 0,31 µM (DP = 0,01), respetivamente. Observou-se também que a sua variação foi oposta durante a experiência. No 2º dia da experiência, os nitratos atingiram o mínimo (2,79 µM), com tendência crescente, enquanto que os fosfatos atingiram o máximo (0,33 µM) nesse mesmo dia, decrescendo posteriormente. Por fim, a sílica apresentou um valor médio de 3,26 µM (DP = 0,33) (Tabela II).

Tabela II - Quantificação dos nutrientes da água do mar (média e desvio-padrão).

Table II - Quantification of seawater nutrients (mean and standard deviation).

Nº amostras N = 10	NO ₃ +NO ₂ [µM]	NH ₄ [µM]	PO ₄ [µM]	SiO ₂ [µM]
Média	3,02	3,36	0,31	3,26
Desvio Padrão (DP)	0,16	1,30	0,01	0,33

Anexo III

Tabela I - Resumo de alguns procedimentos realizados durante os dias da experiência.

Table I - Summary of some procedures performed during the experiment.

Dia	Tarefas
21-Jul	Saída da Doca de Pedrouços Teste à jangada (ao largo de Sesimbra) Início da pesca: realização de dois lances, o 2º lance de pesca dirigido à cavala (23h57) em frente a Tróia
22-Jul	Colocação das cavalas nas jangadas controlo e <i>slipping</i> Recolha de cavalas vivas, seguindo-se a recolha de sangue a 20 indivíduos anestesiados antes da transferência para cada jangada do controlo e do tratamento <i>slipping</i> Jangadas fundeadas em frente a Tróia (4h da manhã) Recolhas dos indivíduos mortos (11h e 16h)
23-Jul	Recolha dos indivíduos mortos (1x dia, 18h)
24-Jul	Recolha dos indivíduos mortos (1x dia, 9h)
25-Jul	Recolha dos indivíduos mortos (1x dia, 9h)
26-Jul	Recolha de cavalas vivas, seguindo-se a recolha de sangue a 20 indivíduos anestesiados proveniente do controlo e do tratamento <i>slipping</i> Recolha das jangadas para bordo Contabilização dos sobreviventes Viagem de regresso à Doca de Pedrouços (16h30) Finalização da preparação das amostras de sangue recolhidas ao início da manhã



Figura I - Equipa técnica a bordo do N/I Diplodus.

Figure I - Technical team on board the N/I Diplodus.

Anexo IV

Tabela I - Resultado do teste *Wilcoxon* para os pares de comparações entre os vários níveis, por parâmetro (p -value < 0,05 (*); p -value < 0,01 (**); p -value < 0,001 (***) ; p -value < 0,0001 (****) e ns - não significativo).

Table I - Wilcoxon test results for the pairwise comparisons between the different levels, by parameter (p -value < 0,05 (*); p -value < 0,01 (**); p -value < 0,001 (***) ; p -value < 0,0001 (****) and ns - non significant).

		Cavala		Carapau-branco	
Comprimento		<i>p</i> -value		<i>p</i> -value	
Sobreviventes Controlo	Mortos Controlo	0,109	ns	0,121	ns
Sobreviventes Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,791	ns	0,693	ns
Sobreviventes Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,011	*	0,004	**
Mortos Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,164	ns	0,304	ns
Mortos Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,296	ns	0,839	ns
Sobreviventes <i>Slipping</i>	Mortos <i>Slipping</i>	0,010	*	0,095	ns
Peso Total					
Sobreviventes Controlo	Mortos Controlo	0,648	ns	0,1647	ns
Sobreviventes Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,756	ns	0,7432	ns
Sobreviventes Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,088	ns	1,1e-05	****
Mortos Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,855	ns	0,1731	ns
Mortos Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,488	ns	0,5279	ns
Sobreviventes <i>Slipping</i>	Mortos <i>Slipping</i>	0,137	ns	0,0004	***
Fator de Condição					
Sobreviventes Controlo	Mortos Controlo	0,844	ns	0,5167	ns
Sobreviventes Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,140	ns	0,0405	*
Sobreviventes Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,022	*	0,0001	***
Mortos Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,914	ns	0,8919	ns
Mortos Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,297	ns	0,1551	ns
Sobreviventes <i>Slipping</i>	Mortos <i>Slipping</i>	0,015	*	0,0003	***
Índice Caudal					
Sobreviventes Controlo	Mortos Controlo	0,0005	***	-	-
Sobreviventes Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,0096	**	-	-
Sobreviventes Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,0440	*	-	-
Mortos Controlo	Sobreviventes <i>Slipping</i>	0,0003	***	-	-
Mortos Controlo	Mortos <i>Slipping</i>	0,4252	ns	0,15	ns
Sobreviventes <i>Slipping</i>	Mortos <i>Slipping</i>	0,0169	*	-	-

Anexo V (Marçalo, 2009)

ESCALAS FÍSICAS MACROSCÓPICAS EM SARDINHA

(Sardina pilchardus)

1. BARBATANA CAUDAL



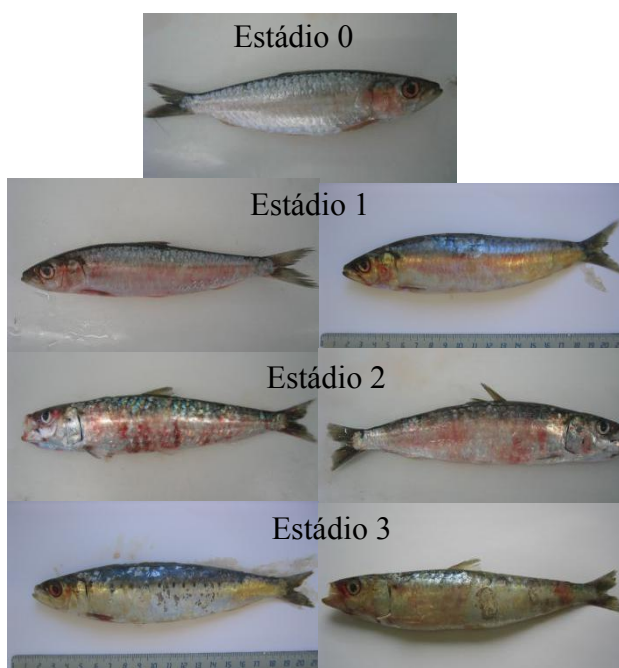
Estádio 0 – Barbatana caudal normal

Estádio 1 – Redução até 25 %

Estádio 2 – Redução de 25-50 %

Estádio 3 – Redução de mais de 50 %

2. HEMORRAGIAS



Estádio 0 – Sem sinais de hemorragias

Estádio 1 – Manchas hemorrágicas não muito intensas

Estádio 2 – Manchas hemorrágicas muito intensas

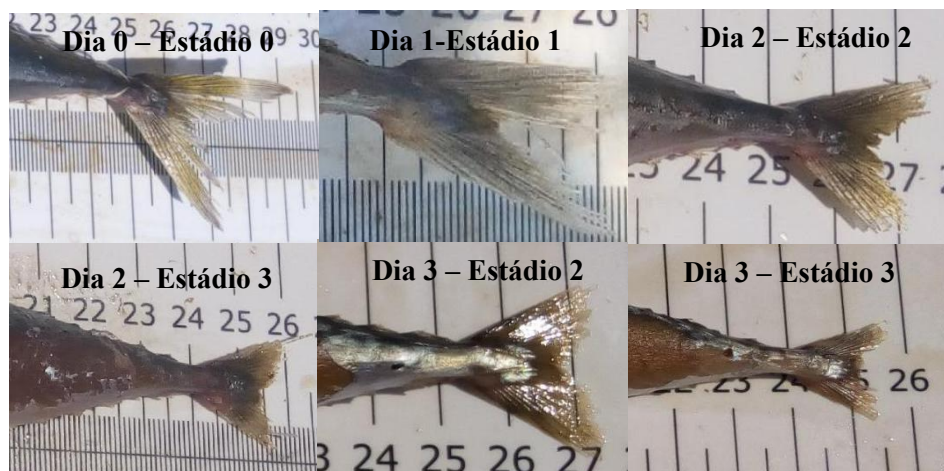
Estádio 3 – Pele e/ou músculo visíveis

Anexo VI

ESCALAS FÍSICAS MACROSCÓPICAS EM CAVALA

(*Scomber colias*)

1. BARBATANA CAUDAL



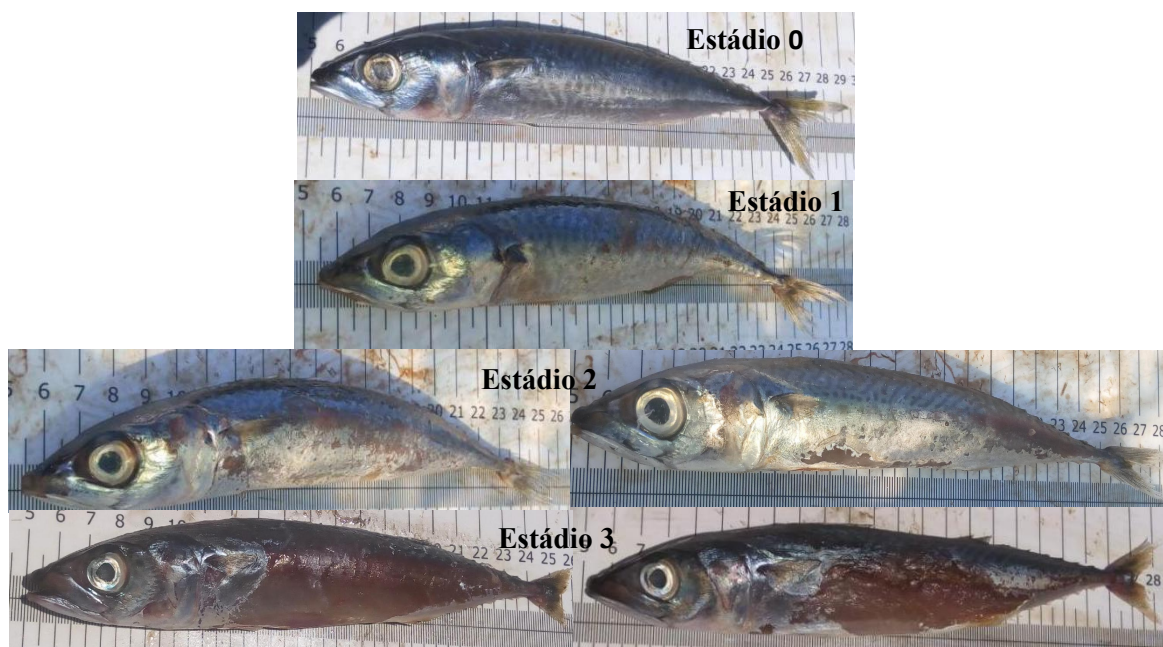
Estádio 0 – Barbatana caudal normal

Estádio 1 – Redução até 25 %

Estádio 2 – Redução de 25-50 %

Estádio 3 – Redução de mais de 50 %

2. HEMORRAGIAS



Estádio 0 – Sem sinais de hemorragias

Estádio 1 – Manchas hemorrágicas não muito intensas

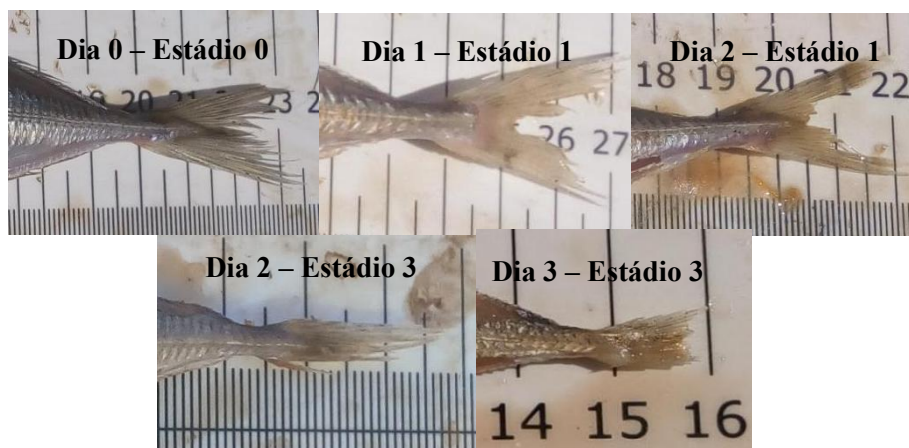
Estádio 2 – Manchas hemorrágicas muito intensas

Estádio 3 – Pele e/ou músculo visíveis

Anexo VII

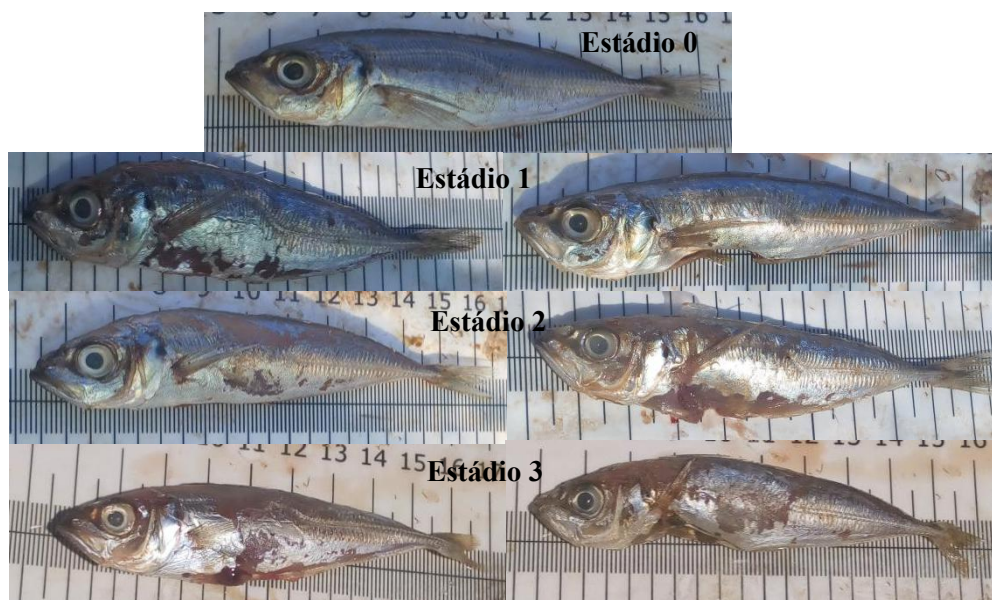
ESCALAS FÍSICAS MACROSCÓPICAS EM CARAPAU-BRANCO (*Trachurus trachurus*)

1. BARBATANA CAUDAL



- Estádio 0 – Barbatana caudal normal
Estádio 1 – Redução até 25 %
Estádio 2 – Redução de 25-50 % (estádio não observado)
Estádio 3 – Redução de mais de 50 %

2. HEMORRAGIAS



- Estádio 0 – Sem sinais de hemorragias
Estádio 1 – Manchas hemorrágicas não muito intensas
Estádio 2 – Manchas hemorrágicas muito intensas
Estádio 3 – Pele e/ou músculo visíveis

Anexo VIII

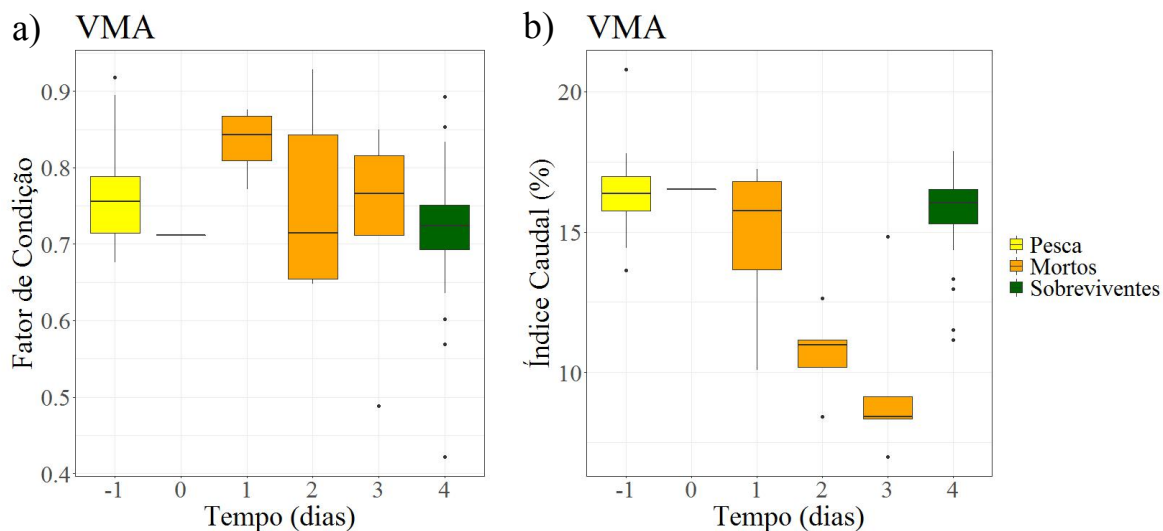


Figura I - Evolução diária do fator de condição (a) e índice caudal (b) dos indivíduos mortos, dos indivíduos sobreviventes e provenientes da pesca de cavala.

Figure I - Daily evolution of condition factor (a) and caudal index (b) of dead individuals, survivors and individuals from the chub mackerel fishery.

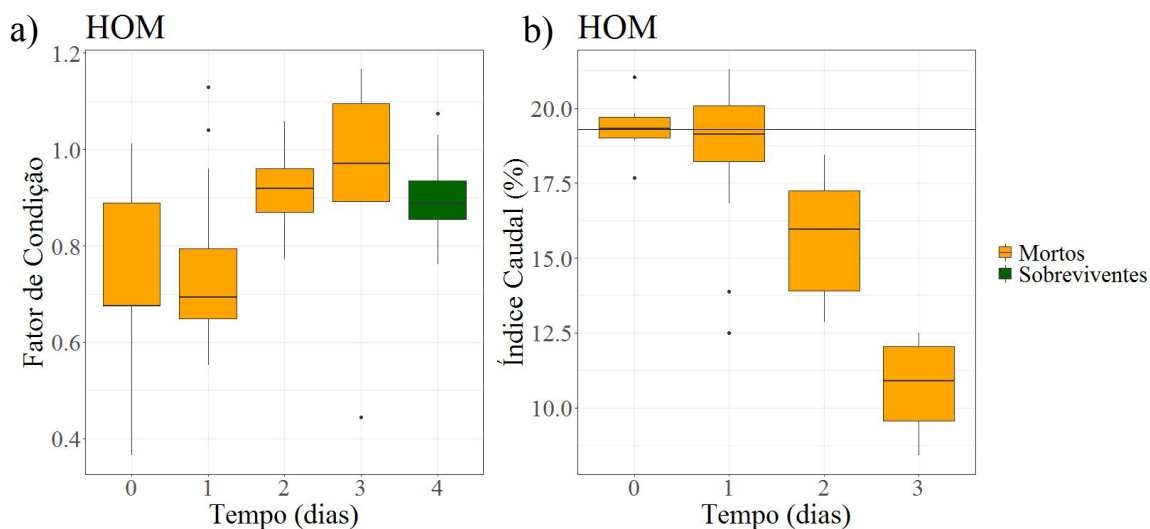


Figura II - Evolução diária do fator de condição (a) e índice caudal (b) dos indivíduos mortos e dos indivíduos sobreviventes de carapau-branco.

Figure II - Daily evolution of condition factor (a) and caudal index (b) of dead individuals and survivors of horse mackerel.

