

EFEITOS DO MERGULHO RECREATIVO EM PEIXES SEDENTÁRIOS: ALTERAÇÕES NO COMPORTAMENTO DE CAVALOS-MARINHOS PERANTE A APROXIMAÇÃO DE MERGULHADORES COM CÂMERAS

Vinicius J. Giglio¹, Maria L.F. Ternes², Alexandre D. Kassuga³ & Carlos E. L. Ferreira⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; Laboratório de Ecologia e Conservação de Ambientes Recifais, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil;

² Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil;

³ Divisão de Bioincrustação e Bioinvasão, Departamento de Biotecnologia Marinha, Superintendência de Pesquisas, Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, Arraial do Cabo, Brasil

⁴ Laboratório de Ecologia e Conservação de Ambientes Recifais, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil

Como citar este artigo:

Vinicius J. Giglio, Maria L.F. Ternes, Alexandre D. Kassuga & Carlos E.L. Ferreira (2018). Scuba diving and sedentary fish watching: effects of photographer approach on seahorse behavior, *Journal of Ecotourism*, DOI: 10.1080/14724049.2018.1490302.

Link para acessar a publicação original: <https://doi.org/10.1080/14724049.2018.1490302>

RESUMO

O turismo de mergulho representa uma crescente modalidade de uso não-extrativista do ambiente aquático, além de ser uma importante fonte de renda em áreas costeiras em todo o mundo. No entanto, a atividade pode causar impactos no ambiente e na fauna marinha. Em organismos sésseis bentônicos, como os corais, o impacto geralmente se dá por meio da abrasão de tecidos ou por estruturas físicas dos microhabitats que são quebradas devido ao contato físico do mergulhador e seus equipamentos, de forma intencional ou não. Em organismos como os peixes, os efeitos do mergulho são menos estudados e não há consenso sobre os impactos causados. No presente estudo, investigamos se mergulhadores estão causando perturbações que alterem o comportamento de cavalos-marinhos em Arraial do Cabo/RJ, um dos principais destinos de mergulho do Brasil. Mergulhadores usando e não usando câmeras foram acompanhados enquanto observavam cavalos-marinhos. Registramos a distância mínima que os mergulhadores se aproximavam, a duração da interação, os contatos físicos com os cavalos-marinhos e a resposta comportamental que este peixe apresentava. Os resultados mostraram que mergulhadores usando câmeras de ação acopladas a um bastão extensor aproximaram-se mais dos cavalos-marinhos, causando significativamente mais reações comportamentais de fuga (interrompendo o comportamento exibido pelo animal anteriormente à chegada do mergulhador), além de fazerem contato físico com os cavalos-marinhos. Essas interrupções comportamentais repetidas podem afetar negativamente os hábitos dos cavalos-marinhos, como alimentação, reprodução e repouso. Para mitigar impactos potenciais sobre estes peixes, recomendamos o estabelecimento de uma distância mínima de 36 centímetros, o uso de instruções pré-mergulho para reforçar as técnicas de mergulho de baixo impacto e a supervisão rigorosa dos instrutores e guias de mergulho para garantir o comportamento apropriado dos mergulhadores.

INTRODUÇÃO

O mergulho é um dos usos recreativos mais populares do ambiente marinho. A atividade constitui uma importante fonte de renda para certas comunidades costeiras e tem alto potencial para aumentar a conscientização sobre as questões de conservação dos oceanos (Dearden, Bennett, & Rollins, 2007; Spalding *et al.*, 2017). Apesar do mergulho autônomo ser reconhecido como uma atividade recreativa de baixo impacto, após sua crescente popularização desde a década de 1990, os danos causados a organismos bentônicos tem sido motivo de preocupação (Hawkins & Roberts, 1992; Zakai e Chadwick-Furman, 2002). Os mergulhadores podem ter contato com o recife principalmente por toques com as nadadeiras, causando danos aos corais, esponjas, gorgônias e outros organismos bentônicos. (Roche *et al.*, 2016). Entretanto, o impacto dos mergulhadores no comportamento dos peixes é assunto pouco estudado.

Pesquisas revelaram efeitos do turismo de mergulho sobre a fisiologia e comportamento dos peixes de recife (Albuquerque *et al.*, 2014; Dearden, Theberge, & Yasué, 2010; Titus, Daly e Exton, 2015); no entanto, não há consenso sobre os impactos de longo prazo (Bradley, Papastamatiou e Caselle, 2017; Hasler & Ott, 2008; Hawkins *et al.*, 1999). Portanto, algumas questões permanecem mal avaliadas, por exemplo, se fotógrafos subaquáticos estão mais propensos a causar mais distúrbios comportamentais em peixes do que mergulhadores não-fotógrafos.

Os cavalos-marinhos são considerados um grupo icônico e carismático de peixes e são altamente procurados por mergulhadores e fotógrafos subaquáticos (Cater, 2007; Goffredo, Piccinetti, & Zaccanti, 2004; Uyarra & Côté, 2007). No entanto, preocupações de gestão têm emergido, decorrentes dos efeitos dos mergulhadores sobre o comportamento dos cavalos-marinhos (MMO, 2014) e potenciais danos ao seu habitat (Uyarra & Côté, 2007). Como cavalos-marinhos são crípticos, o uso do flash é

frequente para obter bons registros. No entanto, o uso do flash não é recomendado no Reino Unido para fotografar cavalos-marinhos desde 2011 devido ao potencial impacto sobre o comportamento prejudicando sua visão, podendo causar dano e deficiência visual temporária (MMO, 2014).

O bastão extensor (bastão de selfie) é um acessório comum entre fotógrafos subaquáticos que usam câmeras de ação (ex. Go Pro). Ele tornou mais fácil para os mergulhadores tirarem fotos melhores do que segurar a câmera no comprimento do braço. No entanto, evidências sugerem que mergulhadores usando bastões extensores estão mais predispostos a perseguir a biota marinha, alterando o comportamento de tartarugas, cavalos-marinhos e outras espécies de peixes (ICMBio, 2017; autores pers. obs.) Inclusive, o uso de bastões extensores conectados a câmeras durante mergulho foi proibido no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (ICMBio,2017). No entanto, a relação entre a sua utilização por mergulhadores de características variadas e as respostas comportamentais resultantes em espécies de peixes sedentários são desconhecidas. Este estudo teve como objetivo verificar se fotógrafos utilizando bastões extensores causam alterações comportamentais de curto prazo em uma espécie de peixe sedentário, o cavalo-marinho, *Hippocampus reidi*.

Usamos cavalos-marinhos como modelo para verificar mudanças comportamentais devido à sua pequena área de vida e altos níveis de fidelidade territorial (menos de 100 m²; Foster & Vincent, 2004). Uma vez que esta espécie é críptica e depende de camuflagem (Garrick-Maidment, 1997), o simples fato de fazê-la soltar-se de seu abrigo do substrato de apoio e nadar em fuga para outro local a tornaria mais visível e vulnerável para predadores, além de perturbar seu comportamento. Adicionalmente, examinamos se mergulhadores usando diferentes

equipamentos de fotografia e mergulhadores não-fotógrafos exibiram comportamentos diferentes enquanto observavam os cavalos-marinhos.

MÉTODOS

Local de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Extrativista Marinha do Cabo Arraial do Cabo, uma unidade de conservação – UC, localizada em um recife subtropical marginal no sudeste do Brasil (22 ° 57'57"S, 42 ° 1'40"W). Na UC, a pesca comercial, recreativa e turismo são permitidos sob diretrizes específicas de manejo, incluindo restrições de ações, zoneamento espacial e capacidade de carga para o turismo. Arraial do Cabo é um dos destinos mais populares de mergulho no Brasil, com 13 empresas de mergulho que atendem mergulhadores dentro do AMP. O uso de câmeras e bastões extensores são comuns entre os mergulhadores (obs. pes.). Os mergulhos são conduzidos ao longo de recifes rochosos rasos com profundidades de 5 a 15 m que variam de 3 a 11 m de visibilidade subaquática. Estes recifes abrigam uma alta diversidade de peixes e organismos sésseis bentônicos, como corais, gorgônias, zoantídeos e esponjas (Ferreira, Gonçalves, & Coutinho, 2001; Rogers *et al.*, 2014). A taxa de visitação anual foi estimada em 25.000 mergulhos por ano (Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro, & Ferreira, 2017).

As espécies pesquisadas

Hippocampus reidi é a espécie de cavalo-marinho mais abundante no Brasil, atualmente classificado como Vulnerável na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2014). A espécie exibe forte fidelidade ao

sítio e é comumente encontrada em águas rasas associadas a organismos como gorgônias, corais, esponjas, e tunicados (Rosa, Dias, & Baum, 2002). Cavalos-marinhos são particularmente susceptíveis a impactos de pesca e comércio para aquarismo devido a características do seu histórico de vida, como alta fidelidade ao sítio, comportamento social altamente estruturado e distribuições relativamente escassas (Foster & Vincent, 2004). Em Arraial do Cabo, *H. reidi* é encontrado em baixas densidades, com 0,04 indivíduos por metro quadrado (Oliveira & Freret-Meurer, 2012). A espécie é uma das principais atrações entre mergulhadores e são geralmente encontrados associados com a esponja *Aplysina* spp em águas rasas (obs. pes.).

Coleta e análise de dados

Mergulhadores foram observados durante 51 operações de mergulho entre julho e outubro de 2015. O observador participou do grupo de mergulho como se fosse um visitante regular. Os dados foram coletados por um mesmo pesquisador para evitar um potencial viés entre mais de um observador. Para cada mergulhador observado, foram registradas as duas primeiras interações com cavalos-marinhos. Uma interação começava quando mergulhadores avistavam um cavalo-marinho e se aproximavam para observar ou tirar fotos, e terminava quando o mergulhador se afastava do cavalo-marinho e retomava seu percurso de mergulho. Quando uma interação era verificada, o observador registrava; (1) Se o mergulhador estava carregando uma câmera ou não; (2) o tipo de câmera, categorizado como; (a) câmeras compactas; (b) câmeras de ação; e (c) câmera de ação conectada a um bastão de extensão de mais de 15 cm (extensores inferiores a 15 cm são utilizados como suporte para manusear a câmera e não foram considerados); (3) a duração da interação (descrita em segundos); (4) a distância mínima de aproximação do mergulhador ou da câmera com relação ao

cavalo-marinho (estimada visualmente pelo pesquisador já treinado); (5) se o mergulhador ou seu equipamento teve contato físico com o cavalo-marinho; e (6) se a interação interrompeu o comportamento do cavalo-marinho (por exemplo, nadou para longe quando o mergulhador se aproximou ou fez contato físico).

ANOVAS não-paramétricas (teste de Kruskal-Wallis) foram realizadas para verificar se o tempo da interação entre cavalos-marinhos e mergulhadores diferiu de acordo com o tipo de equipamento fotográfico utilizado e de mergulhadores não fotógrafos. Testes de Mann-Whitney foram realizadas para verificar se a aproximação da distância mínima difere para as interações que resultaram em distúrbio comportamental ou não, e se o mergulhador em questão portava equipamento fotográfico ou não. O teste exato de Fisher foi usado para testar as diferenças entre os tipos de fotógrafos ou os não usuários de câmaras e a frequência de contactos físicos com cavalos-marinhos, bem como as perturbações de comportamento causadas pelas interações. As análises foram conduzidas ao nível de significância de 5% no software R (R Core Team versão 3.3.1, 2016).

RESULTADOS

Um total de 203 interações entre 144 mergulhadores e cavalos-marinhos foram observadas. Vinte-cinco por cento das interações ($n = 52$) foram causadas por mergulhadores com câmera compacta, 21% ($n = 42$) com câmera de ação, e 32% ($n = 65$) com câmera de ação acoplada ao bastão extensor, enquanto 22% ($n = 44$) não eram usuários de câmera. A duração média do tempo das interações foi de 27,33 ($\pm 11,7$ DP) segundos. Não foram encontradas diferenças significativas no tempo de interação, independentemente do tipo de equipamento fotográfico utilizado ($df = 3$, $\chi^2 =$

4,7, $p = 0,1$). A distância mínima média das interações que não resultaram em perturbações comportamentais foi de 36 ± 23 cm, $n = 179$. Este valor foi significativamente maior do que as interações que causaram alterações comportamentais ($4 \pm 7,4$ cm, $n = 24$; $df = 1$, $\chi^2 = 51,2$, $p < 0,001$; ver Figura 1). A distância mínima que os mergulhadores se aproximaram dos cavalos-marinhos também foi significativamente diferente entre os tipos de equipamentos fotográficos usados e entre não usuários de câmera ($df = 3$, $\chi^2 = 97,9$, $p < 0,001$; Figura 2). Mergulhadores usando câmeras de ação acopladas a bastões extensores aproximaram-se mais dos cavalos-marinhos (média = $10,7 \pm 9,15$ cm), causando significativamente mais contatos físicos ($p < 0,001$; Figura 3 (a)) e alteração do comportamento dos cavalos-marinhos quando comparados com mergulhadores usando câmera compacta e não usuários de câmera (21%; $p < 0,001$; Figura 3 (b)), mas não diferiu para usuários de câmera de ação ($p > 0,05$).

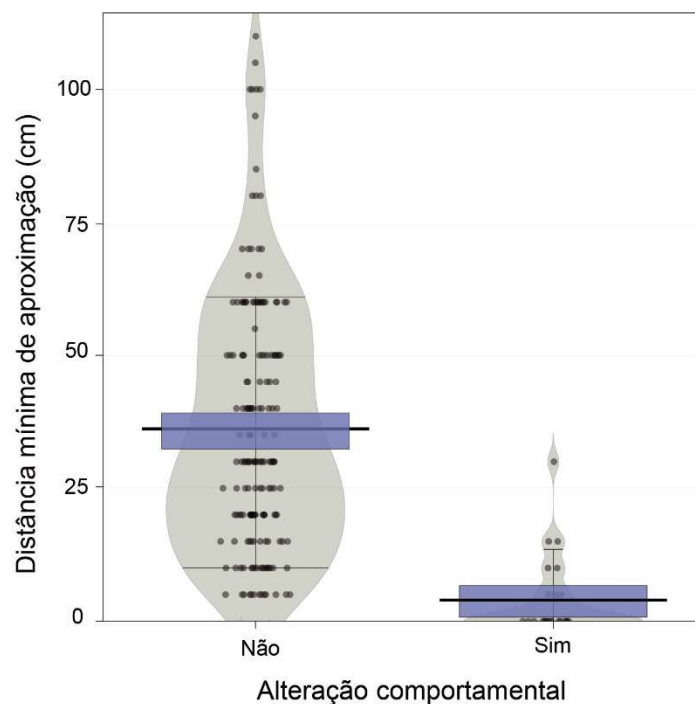


Figura 1. Distância mínima entre mergulhadores e cavalos-marinhos durante a observação e ocorrência ou não de alteração comportamental. Os pontos são os dados brutos, a linha preta representa

a média, a área em cinza representa a densidade, banda é o intervalo de inferência e desvios dos percentis 10 e 90.

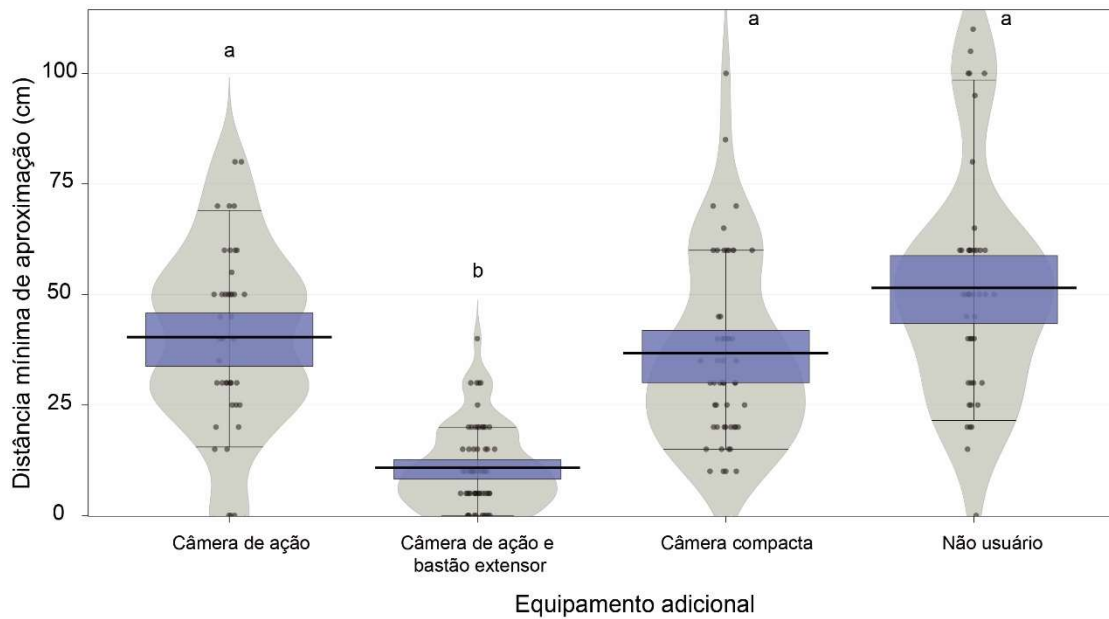


Figura 2. Distância mínima de aproximação dos mergulhadores aos cavalos-marinhos segundo os tipos de fotógrafos e não fotógrafos. Os pontos são os dados brutos, a linha preta representa a média, a área em cinza representa a densidade, banda é o intervalo de inferência e desvios dos percentis 10 e 90. Letras diferentes acima das barras indicam diferenças significativas (teste de Dunn, $p < 0,05$).

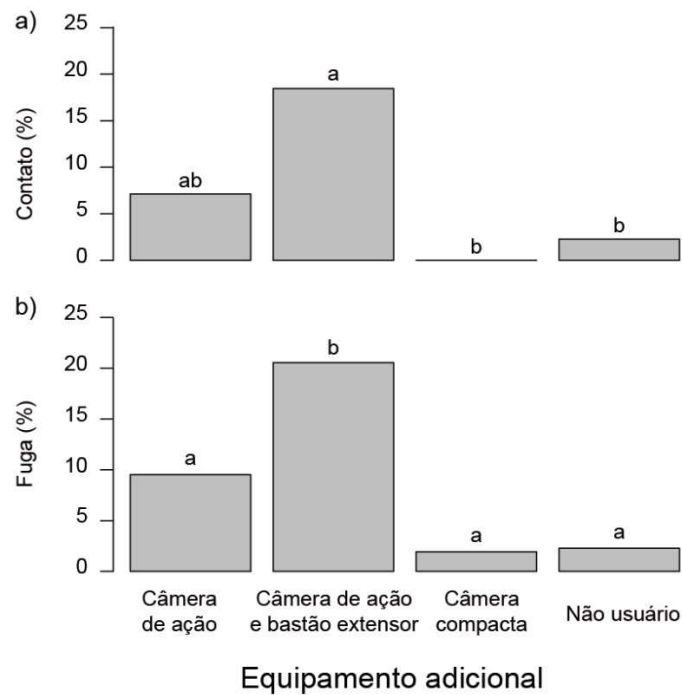


Figura 3. Comportamento dos mergulhadores durante a observação de cavalos-marinhos de acordo com o tipo de equipamento de fotografia ou não uso de equipamentos. a) Frequência em que os

mergulhadores causaram contato físico com os cavalos-marinhos; b) alteração do comportamento dos cavalos-marinhos (desprender-se do substrato de apoio e começar a nadar ao longo do recife, em fuga). Letras diferentes acima das barras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Este estudo revelou que mergulhadores usando câmeras de ação (e.g. Go Pro) acopladas a bastões extensores causaram maior frequência de perturbações comportamentais de curto prazo em cavalos-marinhos. As maiores perturbações foram causadas por comportamentos indevidos por parte dos mergulhadores, como tocar ou mover indivíduos para obter uma imagem melhor, uma vez que não é permitido tocar nos animais dentro da AMP. Cavalos-marinhos são sedentários e ocupam uma área de vida pequena (Foster & Vincent, 2004), depois de ter contato físico com um mergulhador, o cavalo-marinho costuma nadar para longe, o que é descrito como resposta ao estresse comportamental, onde o indivíduo se afasta para escapar (Garrick-Maidment, 1997). Indivíduos estressados também mudam sua vocalização aumentando o número de cliques que eles produzem. A vocalização de cliques é gerada por um mecanismo estridulatório do crânio (Colson, Patek, Brainerd, & Lewis, 1998). Os cavalos-marinhos geram sons em uma variedade de circunstâncias, p. ex. durante a alimentação, reprodução, competição e estresse (Oliveira, Ladich, Abed-Navandi, Souto, & Rosa, 2014). A mudança nos padrões de som pode resultar no distanciamento de indivíduos que estariam formando pares reprodutivos (Anderson, Berzins, Fogarty, Hamlin, & Guillette, 2011).

Acredita-se que estresses comportamentais que influenciem os cavalos-marinhos, como flashes, ruído e interferência podem vir a impactar negativamente a alimentação, reprodução e descanso (Claassens & Hodgson, 2017; MMO, 2014).

Pesquisas também revelaram efeitos similares para outras espécies de peixes de recife, como as donzelas, que são territorialistas (Bracciali, Campobello, Giacomini & Sarà, 2012). Interações invasivas com animais silvestres crípticos diminuem a capacidade do indivíduo camuflar-se contra predadores porque ele sai do seu habitat em fuga quando perturbado (Geffroy, Samia, Bessa, & Blumstein, 2015). Como verificado neste estudo, fotógrafos estão mais propensos a causar estresse comportamental em peixes ao se aproximarem demasiadamente e perseguirem a fauna marinha no intuito de obter imagens próximas e melhores (De Brauwer *et al.*, 2018; Uyarra & Côté, 2007).

As mudanças comportamentais nos cavalos-marinhos causadas por mergulhadores usando bastões extensores observados neste estudo estão de acordo com as percepções dos gestores de outros destinos turísticos que proibiram o uso de bastões extensores, como no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha, no Nordeste do Brasil (ICMBio, 2017). Na presente pesquisa, esses sujeitos estavam mais dispostos a abordar muito de perto os cavalos-marinhos, sem precisar correr o risco de colidir ao se aproximarem do recife como mergulhadores usando compactas câmeras o fazem (veja a Figura 4). Na maioria dos avistamentos de cavalos-marinhos, os guias de mergulho não estavam presentes (obs. pes. VJ Giglio), mas muitas vezes intervieram quando testemunhavam comportamentos inadequados.

No entanto, na RESEXMar de Arraial do Cabo, não há limite para o número de mergulhadores em grupo e os guias de mergulho orientam grupos com mais de seis mergulhadores, sendo difícil supervisionar o grupo inteiro. Em grupos menores, os guias de mergulho podem facilmente intervir se detectarem comportamentos indesejáveis (Roche *et al.*, 2016). Sendo assim, sugerimos o estabelecimento de um número máximo de seis mergulhadores por cada guia de mergulho durante as

operações. A redução de tamanho do grupo também pode contribuir para uma maior supervisão dos mergulhadores e facilitar intervenção quando é observado um comportamento prejudicial (Hammerton & Bucher, 2015).

Durante a coleta de dados, mergulhadores usando uma câmera de ação e bastão extensor foram flagrados perseguindo outros animais para obter imagens mais próximas ou selfies com eles, principalmente tartarugas e raias. Estes animais se assustavam com esta aproximação, nadando rapidamente para longe. Esta resposta de fuga devido ao comportamento invasivo dos mergulhadores prejudicava a experiência das outras pessoas do mesmo grupo, que perdiam a oportunidade de encontro com estes animais. Espécies carismáticas têm alto valor como atrações em destinos de mergulho (Giglio, Luiz & Schiavetti, 2015; Uyarra, Watkinson e Côté, 2009) e a redução de avistamentos também pode resultar em perdas econômicas.

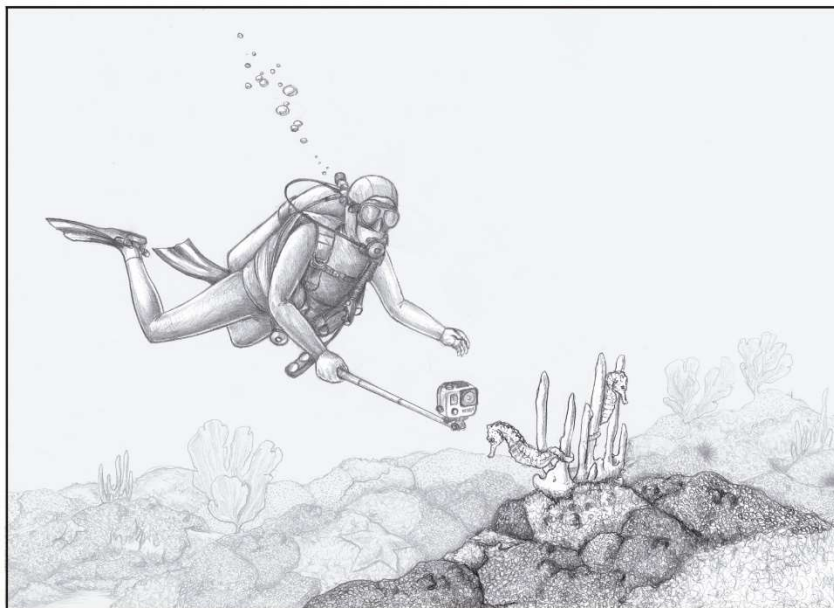


Figura 4. Ilustração de mergulhador usando câmera de ação com bastão extensor, aproximando-se de cavalos marinhos para obter imagens.

O mergulho autônomo recreativo surgiu como uma alternativa econômica sustentável para a pesca em Arraial do Cabo, onde a maior parte dos recursos

pesqueiros é superexplorada (Bender *et al.*, 2014; Giglio, Bender, Zapelini e Ferreira, 2017). No entanto, os impactos potenciais causados pelo setor de mergulho em organismos bentônicos são motivo de preocupação, como danos feitos por ancoragem (Giglio, Ternes, *et al.*, 2017) e por mergulhadores, considerando os altos níveis de uso em Arraial do Cabo (Rogers *et al.*, 2014).

Existe uma necessidade urgente de rever as normas para mergulho na RESEXMar de Arraial do Cabo. Sugerimos o uso de iniciativas educacionais para informar os fotógrafos sobre potenciais efeitos negativos causados por perturbações repetidas no comportamento dos peixes recifais. Em Arraial do Cabo, um vídeo educativo foi criado de maneira colaborativa envolvendo pesquisadores e partes interessadas em mergulho para servir como um briefing pré-mergulho para garantir que o comportamento do mergulhador seja de baixo impacto - www.youtube.com/watch?v=GrGT7fvnqaw (veja detalhes em Giglio *et al.*, 2018). O vídeo mostra a abordagem correta que se deve ter diante da biota marinha, enfatizando que os mergulhadores devem contemplar a vida marinha sem perturbar o comportamento natural dos animais e evitando tocar no recife. O uso experimental do vídeo teve um impacto positivo significativo no comportamento dos fotógrafos, resultando em menos contatos com organismos bentônicos sésseis (Giglio *et al.*, 2018).

Conclusões e Recomendações

Mergulhadores usando bastões extensores são potenciais estressores para os cavalos-marinhos. Este estudo tem implicações gerais para o mergulho porque o uso de bastões extensores é popular entre os mergulhadores recreativos. Com base em nossos resultados, recomendamos o estabelecimento de uma distância mínima de 36

centímetros para reduzir a probabilidade de perturbações comportamentais em cavalos-marinhos.

Para promover o comportamento adequado dos mergulhadores recomendamos; (1) o uso de briefings pré-mergulho para reforçar técnicas de baixo impacto, principalmente entre os usuários de equipamentos fotográficos; e (2) supervisão rigorosa por líderes de mergulho para assegurar o comportamento apropriado debaixo d'água. O turismo de mergulho precisa ser efetivamente gerenciado para alcançar sustentabilidade e continuar a proporcionar benefícios socioeconômicos para comunidades costeiras.

Agradecimentos

Ao apoio fornecido pela Associação das Operadoras de Mergulho de Arraial do Cabo e ICMBio - Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (através de V. Lasmar e R. Farias). E Faria- Júnior, CAMM Cordeiro, B Paradis e dois revisores anônimos que forneceram comentários no manuscrito. Este trabalho teve apoio de FUNBIO Pesquisa Marinha [020/2017] e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro [111.210 / 2014].

Referências

Albuquerque, T., Loiola, M., Nunes, J. A. C. C., Reis-Filho, J. A., Sampaio, C. L. S., & Leduc, O. H. C. (2014). In situ effects of human disturbances on coral reef-fish assemblage structure: Temporary and persisting changes are reflected as a result of intensive tourism. *Marine and Freshwater Research*, 66(1), 23–32.

Anderson, P. A., Berzins, I. K., Fogarty, F., Hamlin, H. J., & Guillette, L. J. (2011). Sound, stress, and seahorses: The consequences of a noisy environment to animal health. *Aquaculture*, 311, 129–138.

Bender, M. G., Machado, G. R., Silva, P. J. A., Floeter, S. R., Monteiro-Netto, C., Luiz, O. J., & Ferreira, C. E. L. (2014). Local ecological knowledge and scientific data reveal overexploitation by multigear artisanal fisheries in the Southwestern Atlantic. *Plos One*, 9(10), e110332.

Bracciali, C., Campobello, D., Giacomini, C., & Sarà, G. (2012). Effects of nautical traffic and noise on foraging patterns of Mediterranean damselfish (*Chromis chromis*). *Plos One*, 7(7), e40582.

- Bradley, D., Papastamatiou, Y. P., & Caselle, J. E. (2017). No persistent behavioural effects of SCUBA diving on reef sharks. *Marine Ecology Progress Series*, 567, 173–184.
- Cater, C. (2007). Perceptions of and interactions with marine environments: Diving attractions from great whites to pygmy seahorses. In B. Garrod & S. Gössling (Eds.), *New frontiers in marine tourism: Diving experiences, sustainability, management* (pp. 49–64). Oxford: Elsevier.
- Claassens, L., & Hodgson, A. N. (2017). Gaining insights into in situ behaviour of an endangered seahorse using action cameras. *Journal of Zoology*, 304(2), 98–108.
- Colson, D. J., Patek, S. N., Brainerd, E. L., & Lewis, S. M. (1998). Sound production during feeding in *Hippocampus seahorses* (syngnathidae). *Environmental Biology of Fishes*, 51, 221–229.
- Dearden, P., Bennett, M., & Rollins, R. (2007). Perceptions of diving impacts and implications for reef conservation. *Coastal Management*, 35(2), 305–317.
- Dearden, P., Theberge, M., & Yasué, M. (2010). Using underwater cameras to assess the effects of snorkeler and SCUBA diver presence on coral reef fish abundance, family richness, and species composition. *Environmental Monitoring and Assessment*, 163, 531–538.
- De Brauwer, M., Saunders, B. J., Ambo-Rappe, R., Jompa, J., McIlwain, L., & Harvey, E. S. (2018). Time to stop mucking around? Impacts of underwater photography on cryptobenthic fauna found in soft sediment habitats. *Journal of Environmental Management*, 218, 14–22.
- Ferreira, C. E. L., Gonçalves, J. E. A., & Coutinho, R. (2001). Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fishes*, 61(4), 353–369.
- Foster, S. J., & Vincent, A. C. J. (2004). Life history and ecology of seahorses: Implications for conservation and management. *Journal of Fish Biology*, 65(1), 1–61.
- Garrick-Maidment, N. (1997). *Seahorses: Conservation and care*. London: T.F.H. Kingdom Books. 48 p.
- Geffroy, B., Samia, D. S. M., Bessa, E., & Blumstein, D. T. (2015). How nature-based tourism might increase prey vulnerability to predators. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(12), 755–765.
- Giglio, V. J., Bender, M. G., Zapelini, C., & Ferreira, C. E. L. (2017). The end of the line? Rapid depletion of a large-sized grouper through spearfishing in a subtropical marginal reef. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15, 115–118.
- Giglio, V. J., Luiz, O. J., Chadwick, N. E., & Ferreira, C. E. L. (2017). Using an educational videobriefing to mitigate the ecological impacts of scuba diving. *Journal of Sustainable Tourism*, 26(5), 782–797.
- Giglio, V. J., Luiz, O. J., & Schiavetti, A. (2015). Marine life preferences and perceptions among recreational divers in Brazilian coral reefs. *Tourism Management*, 51, 49–57.
- Giglio, V. J., Ternes, M. L. F., Mendes, T. C., Cordeiro, C. A. M. M., & Ferreira, C. E. L. (2017). Anchoring damages to benthic organisms in a subtropical scuba dive hotspot. *Journal of Coastal Conservation*, 21(2), 311–316.
- Goffredo, S., Piccinetti, C., & Zaccanti, F. (2004). Volunteers in marine conservation monitoring: A study of the distribution of seahorses carried out in collaboration with recreational scuba divers. *Conservation Biology*, 18(6), 1492–1503.
- Hammerton, D., & Bucher, D. (2015). Levels of intervention – reducing SCUBA-diver impact within subtropical marine protected areas. *Journal of Ecotourism*, 14, 3–20.
- Hasler, H., & Ott, J. A. (2008). Diving down the reefs? Intensive diving tourism threatens the reefs of the northern Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 56(10), 1788–1794.

- Hawkins, J. P., & Roberts, C. M. (1992). Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation*, 62(3), 171–178.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., Van'T Hof, T., De Meyer, K., Tratalos, J., & Aldam, C. (1999). Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology*, 13 (4), 888–897.
- ICMBio. (2017). Plano de manejo de Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 121 p.
- MMA. (2014). Portaria MMA N445, de 17 de dezembro de 2014. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- MMO. (2014). The effects of flash photography on UK seahorse species. London: The Marine Management Organisation. 21 p.
- Oliveira, V. O., & Freret-Meurer, N. V. (2012). Distribuição vertical do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 na região de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil. *Biotemas*, 25(2), 59–66.
- Oliveira, T. P. R., Ladich, F., Abed-Navandi, D., Souto, A. S., & Rosa, I. L. (2014). Sounds produced by the longsnout seahorse: A study of their structure and functions. *Journal of Zoology*, 294, 114–121.
- R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Roche, R. C., Harvey, C. V., Harvey, J. J., Kavanagh, A. P., McDonald, M., Stein-Rostaing, V. R., & Turner, J. R. (2016). Recreational diving impacts on coral reefs and the adoption of environmentally responsible practices within the scuba diving industry. *Environmental Management*, 58(1), 107–116.
- Rogers, R., Correal, G. O., Oliveira, T. C., Carvalho, L. L., Mazurek, P., Barbosa, J. E. F.,...Ferreira, C. E. L. (2014). Coral health rapid assessment in marginal reef sites. *Marine Biology Research*, 10 (6), 612–624.
- Rosa, I. L., Dias, T. L., & Baum, J. K. (2002). Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (syngnathidae). *Environmental Biology of Fishes*, 64(4), 378–378.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & Ermgassen, P. Z. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82, 104–113.
- Titus, B. M., Daly, M., & Exton, D. A. (2015). Do reef fish habituate to diver presence? Evidence from two reef sites with contrasting historical levels of SCUBA intensity in the Bay Islands, Honduras. *PLoS One*, 10(3), e0119645.
- Uyarra, M. C., & Côté, I. M. (2007). The quest for cryptic creatures: Impacts of species-focused recreational diving on corals. *Biological Conservation*, 136(1), 77–84.
- Uyarra, M. C., Watkinson, A. R., & Côté, I. M. (2009). Managing dive tourism for the sustainable use of coral reefs: Validating diver perceptions of attractive site features. *Environmental Management*, 43(1), 1–16.
- Zakai, D., & Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105(2), 179–187.