

Avaliação dos efeitos dos recifes artificiais na atração e/ou produção de peixes

Atração versus produção é uma discussão muito debatida acerca da funcionalidade dos recifes artificiais (RAs) para a biodiversidade, especialmente de peixes. Nesse sentido, realizou-se uma revisão sistemática da literatura para avaliar o paradoxo “atração vs. produção” de peixes em RAs em escala global. Um total de 98 artigos foi publicado entre 1968 e 2021, com 52% realizados no continente americano, seguido pela Europa (20%), Ásia (15%), Oceania (11%) e África (2%). O debate ainda é objeto de discussão, visto que grande parte (66%) se enquadra na categoria “imprecisos” quando ao potencial atrator ou produtor dos RAs, independentemente do tamanho, localização e complexidade das estruturas artificiais e atributos da paisagem. Além disso, observa-se que a maioria dos estudos focados na produtividade dos RAs é restrita a curtos períodos de tempo após sua implantação, especialmente devido à limitação de financiamento em longo prazo de programas de monitoramento em nível global.

Palavras-chave: Ecologia pesqueira; Manejo; Habitat marinho; Recife artificial.

Evaluation of the effects of artificial reefs on the attraction and/or production of fish

Attraction versus production is a broadly debated discussion about the functionality of artificial reefs (ARs) for biodiversity, especially fish. In this sense, a systematic literature review was carried out to assess the “attraction vs. production” of fish in ARs on a global scale. A total of 98 articles were published between 1962 and 2021, with 52% carried out in the American continent, followed by Europe (20%), Asia (15%), Oceania (11%) and Africa (2%). The debate is still an object of discussion, since a large part (66%) falls into the “inaccurate” category regarding the potential attractor or producer of RAs, regardless of the size, location and complexity of artificial structures and landscape attributes. Furthermore, it is observed that most studies focused on the productivity of RAs are restricted to short periods of time after their implementation, especially due to the limitation of long-term funding of monitoring programs at a global level.

Keywords: Fisheries ecology; Management; Marine habitat; Artificial reef.

Topic: **Uso Sustentável da Biodiversidade**

Received: **12/10/2022**

Approved: **21/10/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Jorge Luís da Silva Santos 
Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/48983833512535228>
<http://orcid.org/0000-0001-9073-5024>
jluisantos88@gmail.com

Igor David da Costa 
Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4524004537624671>
<http://orcid.org/0000-0002-8556-5507>
igorbiologia@yahoo.com.br

Juliano Silva Lima 
Instituto Federal de Sergipe, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5502200533762569>
<http://orcid.org/0000-0002-8729-2995>
julianobios@yahoo.com.br

Phillipe Mota Machado 
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2656166996451855>
<http://orcid.org/0000-0002-5500-5867>
phillipe.machado@ufes.br

Ilana Rosental Zalmon 
Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4483904257316600>
<http://orcid.org/0000-0001-5888-9875>
ilana@uenf.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0010

Referencing this:

SANTOS, J. L. S.; COSTA, I. D.; LIMA, J. S.; MACHADO, P. M.; ZALMON, I. R.. Avaliação dos efeitos dos recifes artificiais na atração e/ou produção de peixes. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.10, p.98-110, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0010>

INTRODUÇÃO

Recifes artificiais (RAs) são estruturas submersas implantadas no substrato marinho para mimetizar as condições e recursos dos recifes naturais. Sua finalidade é auxiliar no incremento da biomassa e abundância de peixes (LEITÃO, 2013; LECLAIR et al., 2016; STREICH et al., 2017), assim como na mitigação de impactos (perda da diversidade marinha por pesca, declínio na reprodução e alimentação das espécies locais) e na conservação da biodiversidade (KATSANEVAKIS et al., 2014; LIMA et al., 2019). A funcionalidade dos RAs depende de três fatores principais: (i) disponibilidade de superfície livre para a colonização; (ii) disponibilidade larval e (iii) fatores ecológicos que potencializam o recrutamento e a sucessão ecológica (DAGORN et al., 2013; SEMPRUCCI et al., 2017; CHAPMAN et al., 2018; ONAT et al., 2018).

Os RAs variam em tamanho, desde pequenas esferas de concreto a grandes plataformas de petróleo em alto mar (SEAMAN JUNIOR, 2000). Nessa perspectiva, características como tamanho do recife, rugosidade, área de superfície, complexidade dos módulos, organização das estruturas artificiais e localização na paisagem marinha são cruciais para os RAs fomentarem um aumento na produção pesqueira (BOHNSACK et al., 1991; KIM et al., 1994; GATTS et al., 2015; FUKUNAGA et al., 2020; COSTA et al., 2022). Além disso, a eficácia dos planos de manejo com o uso de RAs, em particular para mitigar os impactos da pesca, depende da capacidade atratora e/ou produtora de biomassa íctica a partir dos módulos artificiais (OSENBERG et al., 2002; BRICKHILL et al., 2005).

A repercussão da temática atração *versus* produção ganhou impulso após a Conferência Internacional de Recifes Artificiais em 1983, quando se questionou o tamanho do RA como único fator limitante para o incremento populacional das espécies associadas (BOHNSACK et al., 1997; LINDBERG, 1997; BORTONE, 1998). As argumentações se baseavam na quantidade de módulos artificiais disponíveis, que não restringia a ocorrência e a abundância das espécies associadas, visto que nem sempre o tamanho do habitat é o fator limitante. Características ambientais, atributos espécie-específicos como nicho ecológico das espécies e interações como competição e predação inter- e intraespecífica dos indivíduos também são relevantes (ROUSE et al., 2020). Consequentemente, a adição de novos módulos foi considerada uma estratégia pouco eficiente para aumentar a produção pesqueira, se não acoplada com estudos ecológicos mais aprofundados. Porém, o padrão de maior densidade de peixes em torno de RAs era recorrente e explicações mecanicistas tornaram-se necessárias para ações de manejo baseadas em ciência (BRICKHILL et al., 2005).

Diante disso, dois modelos foram propostos para explicar o aumento da abundância de peixes em habitats artificiais. A hipótese de atração sugere que os RAs atraem a ictiofauna do habitat circundante, como consequência do comportamento individual dos peixes (BOHNSACK, 1989). Nesse caso, os RAs agem somente como dispositivos de agregação, aumentando a abundância de peixes em curto prazo (GROSSMAN et al., 1997). Segundo Callier et al. (2018), os mecanismos que justificam a atração da ictiofauna podem incluir maiores oportunidades de alimentação e abrigo contra predadores.

Alternativamente, a hipótese de produção propõe que, em vez de concentrar as assembleias de

peixes existentes em uma área menor, os RAs podem fornecer habitat adicional, aumentando a capacidade de suporte e a diversidade de nichos de uma área, conforme defendem Brickhill et al. (2005). Nesse caso, assume-se que maiores oportunidades de alimentação e abrigo contribuem para o estabelecimento dos peixes nas estruturas artificiais, onde um maior número de juvenis é capaz de sobreviver, atingir a fase adulta e se reproduzir (COSTA et al., 2022). Assim, o RA promove um aumento líquido na abundância local e regional de peixes, porque novos indivíduos são produzidos nessa área (BRICKHILL et al., 2005).

Desde 1997, LINDBERG destaca o questionamento dos cientistas referente à hipótese de produção dos RAs, interrogando se estes ambientes produziam mais peixes ou somente agregavam indivíduos do entorno, tornando-os mais susceptíveis à pesca e, por consequência, promovendo a diminuição de suas populações. Ainda segundo o autor, os RAs têm potencial para se tornarem ferramentas úteis no manejo pesqueiro quando usados adequadamente em conjunto com outras práticas de manejo. Para tal, o papel dos RAs enquanto atratores e/ou produtores precisa ser desvendado, embora essa solução pareça ser desafiante.

Independentemente do papel produtor ou atrator, os RAs oferecem recursos (e.g. disponibilidade de áreas de alimentação, refúgios anti-predação e ambiente seguro para ser utilizado como sítio reprodutivo de espécies marinhas). Por exemplo, a maioria dos estudos tem registrado um aumento de organismos bênticos, que são recursos alimentares para a ictiofauna associada (PICKERING et al., 1997; GLASBY, 1999; JEREZ et al., 2000; FAGUNDES-NETO et al., 2011; MACHADO et al., 2013; ZALMON et al., 2014). Esse incremento favorece a alocação de energia para a reprodução de indivíduos adultos que são atraídos para os RAs, que, por consequência, também atuam na sobrevivência da prole (ROGERS et al., 2019). Portanto, o aumento na riqueza, abundância e diversidade de espécies em áreas com RAs é observado tanto pelo processo de atração, quanto pela produção de novos indivíduos, sugerindo que o paradoxo de tal dualidade pode ser uma complementação entre processos (HARRISON et al., 2020).

O efeito imediato da atração de peixes para os RAs promove a redução na densidade de peixes jovens e adultos nos recifes naturais ou outros ecossistemas próximos (dentro da área de movimentação das espécies). Em seguida à migração, os indivíduos podem colonizar e se reproduzir nos RAs, o que caracteriza também um papel produtor dessas estruturas (COSTA et al., 2022). Outro aspecto importante está relacionado à permanência e aumento de predadores e competidores nos RAs, que promove a elevação nas taxas de mortalidade da ictiofauna associada, podendo em longo prazo, acarretar o declínio dos estoques pesqueiros (SAMPLES et al., 1985; BOHNSACK, 1989). Por outro lado, o aumento do número de indivíduos por atração pode promover o efeito de diluição, reduzindo as chances de predação individual em grupos grandes (BEAUCHAMP, 2008). Dessa maneira, observa-se que o antagonismo ou complementaridade dos processos de atração e produção de peixes podem ser regulados por fatores dependentes da densidade, definindo aspectos da estrutura e composição da ictiofauna associada aos RAs (WILSON et al., 2001).

Segundo Blishop (2019), o balanço entre atração e produção após a implantação do RA depende também das características do habitat circundante, particularmente, relacionados à disponibilidade de nutrientes e heterogeneidade de habitats. Percebe-se, que eventos de atração são preponderantes quando um único recife é introduzido em um ambiente oligotrófico. Assumindo um fluxo de energia ascendente na

teia trófica, a menor disponibilidade de nutrientes influencia na produção primária do ambiente, que resulta na capacidade de suporte insuficiente para produção de novos indivíduos (HOLT et al., 1997). Todavia, a implantação de RAs em paisagens homogêneas favorece a produção imediata, pelo aumento da diversidade de nichos ecológicos e menor disponibilidade de fontes (e.g. recifes naturais) para atração de peixes (FOLPP et al., 2020). De fato, acredita-se que a produção em RAs será mais provável com o aumento da complexidade do recife pela adição de mais estruturas artificiais, devido à relação da produção pesqueira com a capacidade de suporte e com a diversidade de nichos ecológicos (TAYLOR et al., 2018).

Adicionalmente, a implantação de RAs também modifica as condições hidrodinâmicas e topográficas em substratos não consolidados (LORENZI, 2004), influenciando as populações ícticas de acordo com a tolerância ecológica das espécies e disponibilidade de recursos alimentares da infauna (REINECK et al., 1973; FRITZ et al., 1988). Por exemplo, sabe-se que a presença dos RAs promove um decréscimo na velocidade das correntes no entorno, permitindo um maior assentamento de material fino, incluindo partículas orgânicas (MACHADO et al., 2013). Tal enriquecimento pode interferir primeiro na estrutura da macrofauna bêntica e, conseqüentemente, em toda a teia trófica (MACHADO et al., 2013).

Finalmente, Fine et al. (2019) ratificam que a contribuição dos processos de atração e produção para o aumento da biomassa de peixes no entorno dos RAs também é influenciada pelo manejo, como a implantação de estruturas artificiais em áreas marinhas protegidas (AMPs) ou em zonas onde a pesca não é regulamentada. RAs implantados em AMPs funcionam, preponderantemente, como atratores, uma vez que estas áreas não sofrem exploração pesqueira, retirando indivíduos em idade de reprodução (LIMA et al., 2020a).

Partindo das considerações realizadas, o presente estudo fornece uma revisão da literatura científica, buscando avaliar resultados de artigos científicos que apontam para a função dos RAs como áreas de atração ou produção das assembleias de peixes. Apesar de amplamente debatido e de dúvidas acerca do antagonismo ou complementaridade de tais processos, os RAs ainda seguem alvo de investigações quanto à sua funcionalidade ecológica e, conseqüentemente, estratégias de manejo e gestão baseadas em ciência ainda são incipientes.

METODOLOGIA

Os artigos que avaliaram o potencial de 'atração *versus* produção' em RAs foram compilados por meio de revisão sistemática em cinco bases científicas online: *Scopus*, *Web of Science (WoS)*, *Science Direct*, *Google Acadêmico* e *Springer Link*. O banco de dados foi gerado a partir da seleção de artigos científicos utilizando as seguintes palavras-chave no título e resumo: '*attraction + artificial reef*', '*production + artificial reef*', '*productivity + artificial reef*'.

Para a listagem final foram resgatados todos os artigos publicados entre o período de 1962 (data do primeiro artigo publicado na área) a 2021, totalizando 151 artigos científicos. Desse total, 98 artigos que analisaram as características dos RAs em relação ao seu potencial atrator e/ou produtor foram selecionados para esta revisão. Os demais artigos (n = 53) foram excluídos da revisão porque, apesar de constarem na lista

da pesquisa com as palavras-chave buscadas, não abordavam os temas avaliados por este estudo.

A tabulação dos dados incluiu as seguintes informações: 1) quantitativo de estudos existentes sobre “atração *versus* produção”; 2) ano de publicação; 3) país de implantação dos RAs; 4) objetivo específico do estudo; 5) distância (Km) em relação ao substrato consolidado natural e; 6) resultados/conclusão relativos ao potencial “atrator”, “produtor” ou “inconcluso” dos RAs, quando a funcionalidade dos RAs não foi identificada. Por fim, o número de artigos foi expresso em valores percentuais e a variação temporal no número de pesquisas com a temática “atração *versus* produção” foi avaliada por análise de regressão linear no programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 98 artigos foi selecionado revelando um aumento significativo ($p = 0,0002$, $R^2 = 0,36$) no número de publicações nas últimas décadas. Em média, foram publicados ao menos três artigos por ano sobre a temática “atração *versus* produção”, o que demonstra o interesse mundial em estudos relacionados as duas hipóteses. Os primeiros estudos, nesta questão, foram realizados no Japão ($n = 2$), onde Oka (1962) descreveu a capacidade de estoque da ictiofauna associada a estruturas artificiais, destacando o seu potencial atrator. Em seguida, Ogawa (1968) corroborou o potencial atrator de certas espécies da ictiofauna. Cerca de 20 anos depois, Bohnsack et al. (1985) verificaram que o paradoxo “atração *versus* produção” em RAs ainda não era abordado adequadamente, e que recifes projetados para aumentar o recrutamento, a sobrevivência e o crescimento de larvas e juvenis deveriam ser considerados.

O número de publicações sobre RAs teve aumento principalmente a partir da década de 80. De lá para cá, os estudos mantêm um padrão: os que tratam de ‘atração’ avaliam principalmente o potencial de uso dos RAs como refúgio de peixes em geral adultos provenientes de áreas próximas; aqueles que tratam de ‘produção’ avaliam a reprodução e/ou recrutamento de peixes juvenis.

Do total de estudos publicados, 49% foram realizados no continente americano (52%, $n = 50$), seguido pela Europa (20%, $n = 20$), Ásia (15%, $n = 16$), Oceania (11%, $n = 10$) e África (2%, $n = 2$) (Fig. 1).

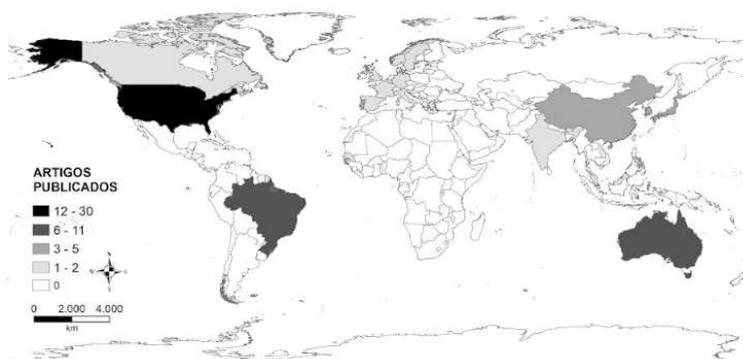


Figura 1: Distribuição mundial de artigos com enfoque em atração *versus* produção no período de 1962 a 2021.

Os EUA ($n = 35$), Brasil ($n = 11$), Austrália ($n = 10$), China ($n = 5$), Japão ($n = 4$) e Coreia do Sul ($n = 4$) são os principais países no desenvolvimento de estudos sobre atração *versus* produção em estruturas artificiais (Fig. 2). Quando analisado somente o continente americano, os EUA apresentaram 36% ($n = 35$) do

número de publicações, seguido do Brasil com 11% (n = 11), Bahamas com 3% (n = 3) e Canadá com 1% (n = 1).

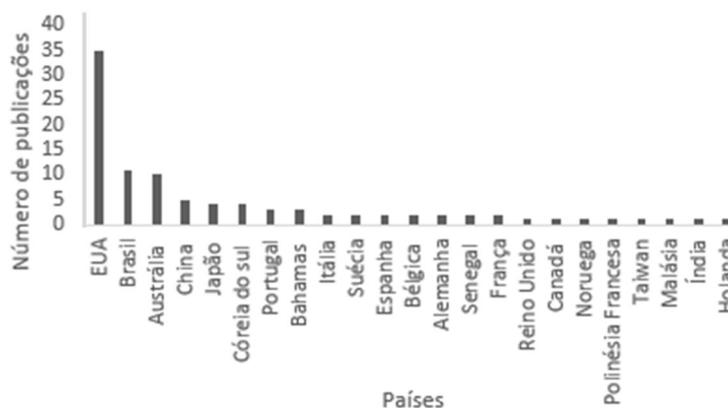


Figura 2: Número de publicações por países (1962 – 2021) com a temática atração *versus* produção.

Os EUA despontam no ranking pela maior disponibilidade de tecnologias e pesquisas com RAs, avaliando comunidades associadas, principalmente, a plataformas de petróleo e gás (KASPRZARK, 1998; LIMA et al., 2019). No Brasil, a maior parte dos estudos investigou o potencial atrator das assembleias de peixes e comunidades bêmicas com destaque para a costa norte do estado do Rio de Janeiro em RAs implantados desde 1995 (ZALMON et al., 2002; BROTO et al., 2006a, b; KROHLING et al., 2006, 2008; SANTOS et al., 2010; ROCHA et al., 2014; SANTOS et al., 2015; LIMA et al., 2020a,b). Mais recentemente, Costa et al. (2022) avaliaram o potencial produtor dos RAs nesta região. Ainda no sudeste do Brasil, no Espírito Santo, Simon et al. (2011) investigaram o impacto do potencial atrator e/ou produtor de RAs em ambientes naturais próximos. Já na região Sul do Brasil, Alegreti et al. (2021), através da avaliação do ictioplâncton em RAs, caracterizaram o potencial atrator e produtor em função da ictiofauna residente.

Na Austrália, terceiro país com mais estudos nesta temática, tem-se investigado o potencial de atração dos RAs e o uso das estruturas artificiais como áreas de pesca e mergulho (FOLPP et al., 2013; LOWRY et al., 2014; CHAMPION et al., 2015; KELLER et al., 2017; SMITH et al., 2017). Recentemente, Folpp et al. (2020) forneceram evidências que os peixes vistos em RAs estuarinos não eram atraídos de recifes rochosos próximos, mas provavelmente produzidos decorrente da adição das estruturas artificiais.

Na China, Japão e Coreia do Sul, os estudos estão direcionados, principalmente, às mudanças por atração na composição de peixes associados a RAs. Para esses países, a maioria das publicações foi categorizada como “inconclusos”, pois não definem exatamente qual processo (atração *versus* produção) é preponderante para as modificações das comunidades ícticas (SUZUKI et al., 2011; HUANG et al., 2016; KIM et al., 2016).

Itália, Portugal, França e Espanha concentraram seus estudos no Mar Mediterrâneo, avaliando o potencial dos RAs como atratores para pesca e mergulho (FABI et al., 2011; BONALDO et al., 2014; CARRAL et al., 2018). Já o Reino Unido, Alemanha e Bélgica (n = 4) avaliaram o uso de usinas eólicas como RAs na atração de comunidades biológicas (HOOPER et al., 2015; KRONE et al., 2017).

Na costa da África, Brochier et al. (2015, 2021) apontam processos de atração e produção íctica em área de pesca e área marinha protegida (AMP) ocorrendo em escalas temporais distintas. Os autores

verificaram que a reprodução de peixes ocorre em escala de tempo mais lenta em AMP, enquanto a atração íctica ocorre mais rapidamente nas duas áreas.

Avanços nos estudos sobre os mecanismos que promovem a atração e/ou produção em RAs indicam que os RAs têm a atração como função primária ($n = 22$), não sendo possível afirmar o potencial produtor desses recifes. Quando analisadas em conjunto, as regressões lineares (Fig. 3) indicam que existe um aumento no número de artigos publicados ao longo do tempo, porém a maioria foi caracterizada como inconclusos ($p < 0,0001$). Isto demonstra que estudos que testam as hipóteses de atração e/ou produção como processos antagônicos e não conseguem chegar a uma definição precisa sobre o papel dos RAs ainda domina a literatura.

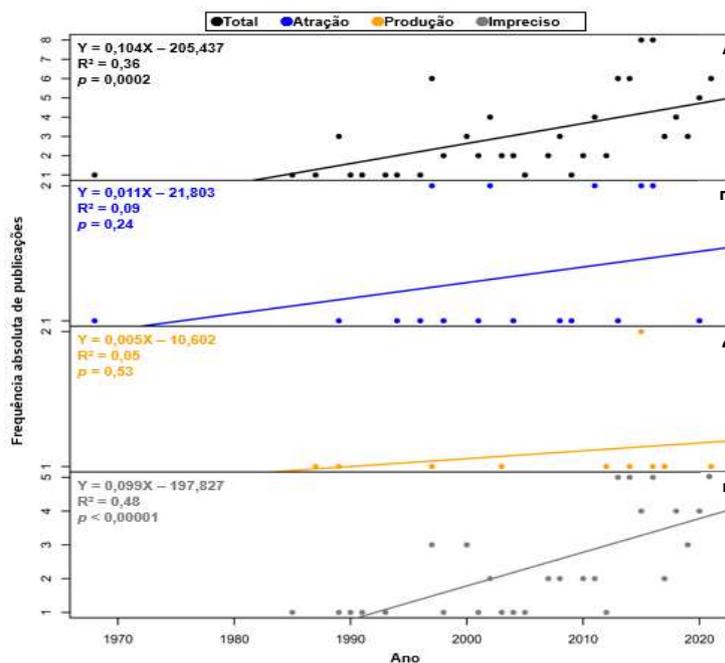


Figura 3: Evolução temporal dos artigos com a temática atração vs. produção em recifes artificiais. (A) Tendência temporal total, (B) Tendência temporal dos estudos sobre atração em RAs, (C) Tendência temporal dos estudos sobre produção em RA e (D) Tendência temporal dos estudos considerados “inconclusos” em RAs.

Em geral, a atração está relacionada a eventos pós implantação das estruturas, atraindo espécies de áreas naturais adjacentes para alimentação e abrigo de predadores. A hipótese de produção é descrita, principalmente, em estudos de longo prazo para a confirmação de que as espécies atraídas estejam utilizando tais habitats para a reprodução, com produção de ovos e larvas das espécies residentes nos RAs (SAUCEDO et al., 2019).

A hipótese de atração presume que a adição de módulos artificiais no ambiente pode fornecer habitats de maior qualidade (maior quantidade de alimento, abrigo anti-predação e área de reprodução) para as espécies de peixes, favorecendo o deslocamento de indivíduos de populações densas em sistemas adjacentes. Segundo Smith et al. (2015), o aumento na qualidade do habitat resultaria em quantidades similares de recurso entre RAs e áreas recifais naturais próximas, sem aumentar a produção local de novos indivíduos.

A dispersão das espécies entre recifes naturais e artificiais representa um importante argumento para a hipótese de atração dos RAs, especialmente se existir uma forte dinâmica de emigração de indivíduos

entre recifes naturais e estruturas artificiais recém-implantadas e menos complexas, visto que, as larvas que chegam às estruturas artificiais podem encontrar substratos propícios ao assentamento. Dependendo da posição dos RAs em relação a outros locais com substrato consolidado e do suprimento larval, as estruturas artificiais podem interceptar larvas destinadas a uma corrente natural do recife ou atrair recrutas que não encontraram uma área de assentamento apropriada (CARR et al., 1997).

Sabe-se que os RAs agregam peixes de áreas circundantes, com incremento na abundância em curto espaço de tempo. No entanto, em médio e longo prazo, o efeito da pesca sobre a sustentabilidade das populações exploradas pode ser prejudicado (GROSSMAN et al., 1997; LIMA et al., 2020a). Consequentemente, a atuação combinada entre RAs e esforço de pesca, que é aumentado com o acesso dos pescadores nestas áreas, pode afetar os recursos pesqueiros locais de forma deletéria, reduzindo a biomassa regional.

Uma forma de analisar o efeito da atração e/ou produção em RAs é avaliar as taxas de crescimento e o ciclo de vida das espécies ícticas associadas. Fowler et al. (2012) investigaram os estágios do ciclo de vida do serranídeo *Pseudanthias rubrizonatus* capturado em estruturas artificiais no noroeste da Austrália, e registraram a ocorrência de juvenis recém-assentados até indivíduos adultos, sendo juvenis e adultos significativamente mais abundantes nos RAs em relação a áreas naturais, demonstrando um equilíbrio entre atração e reprodução/produção de peixes nas estruturas artificiais.

Visto que, em geral, larvas pelágicas se estabelecem no primeiro habitat disponível (SHAPIRO, 1987), a presença de juvenis nos RAs pode ser resultante da ausência de habitats adequados em áreas adjacentes e, portanto, a utilização de estruturas artificiais no assentamento larval não deve ser excluída (SMITH et al., 2016; ARNEY et al., 2017; BROCHIER et al., 2021). O habitat adicional fornecido pelos RAs pode aumentar a capacidade de carga regional, permitindo que um maior número de juvenis se estabeleça, sobreviva até a idade adulta e contribua reprodutivamente no incremento de novos indivíduos aos estoques locais de peixes (BOHNSACK, 1989; POWERS et al., 2003; BRICKHILL et al., 2005;). Tal produtividade também é atribuída à maior conectividade entre RAs e recifes naturais, quando comparada a áreas isoladas (CENCI et al., 2011).

Segundo Lindberg (1997) e Stephens Junior et al. (2002), o estabelecimento de uma comunidade de peixes em um RA pode aumentar a produção larval de uma área. Quando instalados em áreas com ausência de substrato consolidado, os RAs, possivelmente, terão um papel produtor, atuando como uma ferramenta para aumentar a abundância das comunidades associadas. O aumento na abundância, biomassa e fecundidade de peixes nestas estruturas está relacionado à maior variedade de habitats e existências de refúgios, favorecendo a reprodução local (GRANNEMAN et al., 2014; ARNEY et al., 2017; STREICH et al., 2017). Os RAs podem atuar como berçários e, portanto, facilitar a produção de novos peixes em escala local (REUBENS et al., 2013, 2014; WILHELMSSON et al., 2006). Nesse sentido, os impactos da perda de habitat e sobre-exploração por pesca em áreas costeiras poderiam ser minimizados se os RAs promovessem maior produção (BRICKHILL et al., 2005).

Na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Costa et al. (2022) indicaram que os RAs implantados em 1996, próximo a estuário em áreas sem substrato consolidado nos arredores, atuam como sítio reprodutivo

e berçário para 90% das espécies mais abundantes. Portanto, a resposta da comunidade íctica associada pode depender de características ambientais locais, da estrutura que compõem os RAs, da composição de espécies e do tempo de implantação das estruturas.

Uma das principais limitações dos estudos que avaliaram produtividade de RAs refere-se à escala temporal utilizada, visto que a maior parte (n = 87; 88,7%) é restrita ao monitoramento por até um ou dois anos após a implantação das estruturas artificiais. O debate 'produção vs. Atração' de RAs ainda é objeto de discussão e impasse, considerando que 66% dos artigos se enquadram na categoria 'inconclusos', seguindo-se estudos de atração (23%) e de produção (11%).

O baixo número de estudos conclusivos sobre a função dos RAs inviabiliza a distinção do papel dessas estruturas como área de atração e/ou produção das assembleias de peixes, apesar das implicações claras que esse paradoxo tem para o manejo dos recursos pesqueiros (SMITH et al., 2015, 2016; PUCKERIDGE et al., 2021). Em síntese, o impasse atração-produção tem sido amplamente debatido e muitos dos trabalhos aqui revisados consideram tal questão como um problema dicotômico, embora a produção e atração dos RAs sejam, provavelmente, apenas extremos de um gradiente, não caracterizando processos mutuamente exclusivos (BOHNSACK, 1989; SMITH et al., 2015).

CONCLUSÕES

Os resultados fornecem contribuições na discussão sobre a questão 'atração *versus* produção' de RAs e indicam um maior número de estudos relacionados à atração de peixes ao longo do tempo em detrimento daqueles ligados à produção, o que dificulta afirmar que eles atuam, exclusivamente, como habitats atratores ou produtores.

Os dados desta revisão evidenciam que os RAs recém-implantados funcionam principalmente como habitats atratores de peixes de áreas circundantes, e à medida que vão se desenvolvendo, podem atuar como áreas para reprodução e ou berçário. Torna-se assim fundamental avaliar o tempo médio necessário para que um RA deixe de funcionar exclusivamente como área atratora e passe a incorporar a função produtora.

O monitoramento pós-implantação de RAs é necessário para determinar seu papel funcional. Quando recém-implantados, os RAs são rapidamente colonizados por peixes adultos, com relações lineares entre a idade do recife e a riqueza, diversidade e abundância de espécies que podem se estender por até uma década ou mais após sua implantação. Já RAs mais antigos (em geral >10 anos) apresentam maior equilíbrio entre os eventos de atração e produção, a partir do aumento do número de ovos, larvas e indivíduos jovens. Na maior parte dos estudos, os resultados são imprecisos quanto a capacidade atratora e/ou produtora dos RAs.

A divergência teórica da 'atração *versus* produção' de peixes em RAs ainda é um impasse, uma vez que as mudanças geradas no ecossistema, por conta da inserção dessas estruturas, ainda não são totalmente compreendidas. Em resposta a essa lacuna, recomenda-se o esforço global no monitoramento em longo prazo de áreas com RAs, a fim de corroborar com o papel atrator e/ou produtor desses habitats artificiais. Além disso, faz-se necessário o estabelecimento de um quadro conceitual e protocolos que permitam

quantificar a produção de sistemas artificiais, particionar essa produção para os respectivos habitats (naturais e artificiais) e avaliar a sua sustentabilidade, inicialmente atraindo e, posteriormente, produzindo novos indivíduos.

AGRADECIMENTOS: À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ (processo E-26/200.454/2020).

REFERÊNCIAS

- ALEGRETTI, C. B.; GRANDE, H.; NAMIKI, C. A. P.; LOOSE, R. H.; BRANDINI, F. P.. A preliminary assessment of larval fish assemblages on artificial reefs in the nearshore Southern Brazil. **Ocean and Coastal Research**, v.69, p.1-20, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1590/2675-2824069.21-002cba>
- ARNEY, R. N.; FROELICH, C. Y. M.; KLINE, R. J.. Recruitment patterns of juvenile fish at an artificial reef area in the Gulf of Mexico. **Marine and Coastal Fisheries**, v.9, p.79-92, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1080/19425120.2016.1265031>
- BEAUCHAMP, G.. What is the magnitude of the group-size effect on vigilance? **Behavioral Ecology**, v.19, p.1361-1368, 2008.
- BISHOP, I.. Classifying human interventions in nature as a framework for ecological wisdom development. In: YANG, B.; YOUNG, R.G.. **Ecological Wisdom**. Singapore: Springer, 2019. p.69-86.
- BOHNSACK, J. A.. Are high densities of fishes at artificial structures the result of habitat limitation or behavioral preference? **Bulletin of Marine Science**, v.44, p.631-645, 1989.
- BOHNSACK, J. A.; SUTHERLAND, D. L.. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. **Bulletin of Marine Science**, v.37, p.11-39, 1985.
- BOHNSACK, J. A.; JOHNSON, D. L.; AMBROSE, R. F.. Ecology of artificial reef habitats and fishes. In: SEAMAN, W.; SPRAGUE JUNIOR, L. M.. **Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries**. New York: Academic Press Inc, 1991. p.61-107.
- BOHNSACK, J. A.; ECKLUND, A. M.; SZMANT, A. M.. Artificial reef research: Is there more than the attraction-production issue? **Fisheries**, v.22, p.14-23, 1997.
- BONALDO, D.; BENETAZZO, A.; BERGAMASCO, A.; FALCIERI, F. M.; CARNIEL, S.; AURIGHI, M.; SCLAVO, M.. Sediment transport modifications induced by submerged artificial reef systems: a case study for the Gulf of Venice. **Oceanological and Hydrobiological Studies**, v.43, p.7-20, 2004. DOI: <http://doi.org/10.2478/s13545-014-0112-4>
- BORTONE, S. A.. Resolving the attraction-production dilemma in artificial reef research: some yeas and nays. **Fisheries**, v.23, p.6-10, 1998.
- BRICKHILL, M.; LEE, S.; CONNOLLY, R.. Fishes associated with artificial reefs: attributing changes to attraction or production using novel approaches. **Journal of Fish Biology**, v.67, p.53-71, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00915.x>
- BROCHIER, T.; AUGER, P.; THIAM, N.; SOW, M.; DIOUF, S.; SLOTERDIJK, H.; BREHMER, P.. Implementation of artificial habitats: inside or outside the marine protected areas? Insights from a mathematical approach. **Ecological Modelling**, v.297, p.98-106, 2015.
- BROCHIER, T.; BREHMER, P.; MBAYE, A.; DIOP, M.; WATANUKI, N.; TERASHIMA, H.; KAPLAN, D.; AUGER, P.. Successful artificial reefs depend on getting the context right due to complex socio-bio-economic interactions. **Scientific Reports**, v.11, p.1-11, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-021-97724-3>
- BROTTO, D. S.; KROHLING, W.; ZALMON, I. R.. Usage patterns of an artificial reef by the fish community on the northern coast of Rio de Janeiro. **ICES Journal of Marine Science**, v.59, p.1277-1281, 2006a.
- BROTTO, D. S.; KROHLING, W.; ZALMON, I. R.. Fish community modeling agents on an artificial reef on the northern coast of Rio de Janeiro – Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.54, p.205-212, 2006b.
- CALLIER, M. D.; BYRON, C. J.; BENGTON, D. A.; CRANFORD, P. J.; CROSS, S. F.; FOCKEN, U.; JANSEN, H. M.; KAMERMANS, P.; KIESSLING, A.; LANDRY, T.; O'BEIRN, F.; PETERSSON, E.; RHEAULT, R. B.; STRAND, O.; SUNDELL, K.; SVASAND, T.; WIKFORS, G. H.; MCKINDSEY, C. W.. Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. **Reviews in Aquaculture**, v.10, p.924-949, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1111/raq.12208>
- CARR, M. H.; HIXON, M.A.. Artificial reefs: the importance of comparisons with natural reefs. **Fisheries**, v.22, p.28-33, 1997.
- CARRAL, L.; ALVAREZ-FEAL, J. C.; TARRIO-SAAVEDRA, J.; RODRIGUEZ GUERREIRO, M. J.; FRAGUELA, J. Á.. Social interest in developing a green modular artificial reef structure in concrete for the ecosystems of the Galician rías. **Journal of Cleaner Production**, v.172, p.1881-1898, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.252>
- CENCI, E.; PIZZOLON, M.; CHIMENTO, N.; MAZZOLDI, C.. The influence of a new artificial structure on fish assemblages of adjacent hard substrata. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.91, p.133-149, 2011.
- CHAMPION, C.; SUTHERS, I. M.; SMITH, J. A.. Zooplanktivory is a key process for fish production on a coastal artificial

reef. **Marine Ecology Progress Series**, v.541, p 1-14, 2015.

CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J.; BROWNE, M. A.. An assessment of the current usage of ecological engineering and reconciliation ecology in managing alterations to habitats in urban estuaries. **Ecological Engineering**, v.120, p.560-573, 2018.

COSTA, I. D.; DA SILVA SANTOS, J. L.; COSTA, L. L.; LIMA, J. S.; ZALMON, I. R.. Reproductive potential and production role of artificial reefs-Southeastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.265, p.107710, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107710>

DAGORN, L.; BEZ, N.; FAUVEL, T.; WALKER, E.. How much do fish aggregating devices (FADs) modify the floating object environment in the ocean? **Fisheries Oceanography**, v.22, p.147-153, 2013.

FABI, G.; SPAGNOLO, A.; BELLAN-SANTINI, D.; CHARBONNEL, E.; ÇIÇEK, B. A.; GARCÍA, J. J. G.; JENSEN, A. C.; KALLIANIOTIS, A.; SANTOS, M.. Overview on artificial reefs in Europe. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.59, p.155-166, 2011.

FAGUNDES-NETTO, E. B.; GAELZER, L. R.; COUTINHO, R.; ZALMON, I. R.. Influence of a shipwreck on a nearshore-reef fish assemblages off the coast of Rio de Janeiro, Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.39, p.103-116, 2011.

FINE, M.; CINAR, M.; VOOLSTRA, C. R.; SAFA, A.; RINKEVICH, B.; LAFFOLEY, D.; HILMI, N.; ALLEMAND, D.. Coral reefs of the Red Sea-Challenges and potential solutions. **Regional Studies in Marine Science**, v.25, p.100498, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.100498>

FRITZ, W. J.; MOORE, J. N.. **Basics of physical stratigraphy and sedimentology**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

FOLPP, H.; LOWRY, M.; GREGSON, M.; SUTHERS, I.. Fish assemblages on estuarine artificial reefs: Natural rocky-reef mimics or discrete assemblages? **PLoS One**, v.8, p.63505, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0063505>

FOLPP, H.; SCHILLING, H. T.; CLARK, G. F.; LOWRY, M. B.; MASLEN, B.; GREGSON, M.; SUTHERS, I.M.. Artificial reefs increase fish abundance in habitat-limited estuaries. **Journal of Applied Ecology**, v.57, p.1752-1761, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1111/1365-2664.13666>

FOBERT, E. K.; SWEARER, S. E.. The nose knows: linking sensory cue use, settlement decisions, and post-settlement survival in a temperate reef fish. **Oecologia**, v.183, p.1041-1051, 2017.

FOWLER, A. M.; BOOTH, D. J.. Evidence of sustained populations of a small reef fish on artificial structures. Does depth affect production on artificial reefs? **Journal of Fish Biology**, v.80, p.613-629, 2012.

FUKUNAGA, A.; BURNS, J. H.; PASCOE, K. H.; KOSAKI, R. K.. Associations between benthic cover and habitat complexity metrics obtained from 3D reconstruction of coral reefs at different resolutions. **Remote Sensing**, v.12, p.1011, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs12061011>

GATTS, P.; FRANCO, M.; DOS SANTOS, L.; ROCHA, D.; DE SÁ,

F.; NETTO, E.; MACHADO, P.; MASI, B.; ZALMON, I.. Impact of artificial patchy reef design on the ichthyofauna community of seasonally influenced shores at Southeastern Brazil. **Aquatic Ecology**, v.49, p.343-355, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10452-015-9530-7>

GLASBY, T. M.. Differences between subtidal epibiota on pier pilings and rocky reefs at marinas in Sydney, Australia. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v.48, p.281-290, 1999.

GRANNEMAN, J.; STEELE, M.. Fish growth, reproduction, and tissue production on artificial reefs relative to natural reefs. **ICES Journal of Marine Science**, v.71, p.2494-2504, 2014.

GROSSMAN, G. D.; JONES, G. P.; SEAMAN JUNIOR, W. J.. Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existing data. **Fisheries**, v.22, p.17-23, 1997.

HARRISON, S.; ROUSSEAU, M.. Comparison of artificial and natural reef productivity in Nantucket Sound, MA, USA. **Estuaries and Coasts**, v.43, p.2092-2105, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12237-020-00749-6>

HOLT, R. D.; POLIS, G. A.. A theoretical framework for intraguild predation. **The American Naturalist**, v.149, p.745-764, 1997.

HUANG, X.; WANG, Z.; LIU, Y.; HU, W.; NI, W.. On the use of blast furnace slag and steel slag in the preparation of green artificial reef concrete. **Construction and Building Materials**, v.112, p.241-246, 2016.

HOOPER, T.; ASHLEY, M.; AUSTEN, M.. Perceptions of Fishers and developers on the colocation of offshore wind farms and decapod fisheries in the UK. **Marine Policy**, v.61, p.16-22, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.031>

JEREZ, P. S.; ESPLÁ, A. R.. Changes in fish assemblages associated with the deployment of an antitrawling reef in seagrass meadows. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.129, p.1150-1159, 2000.

KASPRZAK, R.. Use of oil and gas platforms as habitat in Louisiana's artificial reef program. **Gulf of Mexico Science**, v.16, p.37e45, 1998.

KATSANEVAKIS, S.; WALLENTINUS, I.; ZENETOS, A.; LEPPÄKOSKI, E.; ÇINAR, M. E.; ÖZTÜRK, B.; GRABOWSKI, M.; GOLANI, M.; CARDOSO, A. C.. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. **Aquatic Invasions**, v.9, p.391-423, 2014.

KELLER, K.; STEFFE, A. S.; LOWRY, M. B.; MURPHY, J. J.; SMITH, J. A.; SUTHERS, I. M.. Estimating the recreational harvest of fish from a nearshore designed artificial reef using a pragmatic approach. **Fisheries Research**, v.187, p.158-167, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.11.022>

KIM, C. G.; LEE, J. W.; PARK, J. S.. Artificial reef designs for Korean coastal waters. **Bulletin of Marine Science**, v.55, p.858-866, 1994.

KIM, D.; WOO, J.; YOON, H. S.; NA, W. B.. Efficiency, tranquillity and stability indices to evaluate performance in the artificial reef wake region. **Ocean Engineering**, v.122, p.253-261, 2016.

- KROHLING, W.; ZALMON, I. R.; BROTTTO, D. S.. Fouling community recruitment on an artificial reef in the north coast of Rio de Janeiro State. **Journal of Coastal Research**, v.39, p.1118-1121, 2006.
- KROHLING, W.; ZALMON, I. R.. Epibenthic colonization on an artificial reef in a stressed environment off the north coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.213-221, 2008.
- KRONE, R.; DEDERER, G.; KANSTINGER, P.; KRÄMER, P.; SCHNEIDER, C.; SCHMALENBACH, I.. Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment - increased production rate of *Cancer pagurus*. **Marine Environmental Research**, v.123, p.53-61, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.11.011>
- LECLAIR, L. L.; EVENINGSO, O.; SCHULTZ, J. M.. Seasonal changes in abundance and compelling evidence of migration for 2 rockfish species (*Sebastes auriculatus* and *S. caurinus*) inhabiting a nearshore, temperate-water artificial reef. **Fishery Bulletin**, v.114, p.302-316, 2016.
- LEITÃO, F.. Artificial reefs: from ecological processes to fishing enhancement tools. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.61, p.77-81, 2013.
- LIMA, J. S.; ZALMON, I. R.; LOVE, M.. Overview and trends of ecological and socioeconomic research on artificial reefs. **Marine Environmental Research**, v.145, p.81-96, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.01.010>
- LIMA, J. S.; ATALAH, J.; SANCHEZ-JEREZ, P.; ZALMON, I.R.. Evaluating the performance and management of artificial reefs using artificial reef multimetric index (ARMI). **Ocean and Coastal Management**, v.198, p.105350, 2020a. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105350>
- LIMA, J. S.; SANCHEZ-JEREZ, P.; DOS SANTOS, L. N.; ZALMON, I. R.. Could artificial reefs increase access to estuarine fishery resources? Insights from a long-term assessment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.242, p.106858, 2020b. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106858>
- LINDBERG, W. J.. Can science resolve the attraction-production issue? **Fisheries**, v.22, p.10-13, 1997.
- LORENZI, L.. **Estrutura das associações infaunais sublitorais de Substrato inconsolidado adjacente a recifes artificiais e naturais (Paraná, Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LOWRY, M. B.; GLASBY, T. M.; BOYS, C. A.; FOLPP, H.; SUTHERS, I.; GREGSON, M.. Response of fish communities to the deployment of estuarine artificial reefs for fisheries enhancement. **Fisheries Management and Ecology**, v.21, p.42-56, 2014.
- MACHADO, P. M.; SÁ, F. S.; REZENDE, C. E.; ZALMON, I. R.. Artificial reef impact on macrobenthic community on south-eastern Brazil coast. **Marine Biodiversity Records**, v.6, p.1-9, 2013.
- OGAWA, Y.. Artificial Reef and Fish. **Propagation of Fisheries**, v.7, p.1-21, 1968.
- OKA, M.. Studies on the estimation of the stock capacity of "gyoshō". **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**, v.28, p.477-483, 1962.
- ONAT, Y.; FRANCIS, O. P.; KIM, K.. Vulnerability assessment and adaptation to sea level rise in high-wave environments: a case study on O'ahu, Hawai'i. **Ocean & Coastal Management**, v.157, p.147-159, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.02.021>
- ONSENBERG, C. W.; ST MARY, C. M.; WILSON, J. A.; LINDBERG, W. J.. A quantitative framework to evaluate the attraction-production controversy. **ICES Journal of Marine Science**, v.59, p.S214-S221, 2002.
- PICKERING, H.; WHITMARSH, D.. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy. **Fisheries Research**, v.31, p.39-59, 1997.
- POWERS, S. P.; GRABOWSKI, J. H.; PETERSON, C. H.; LINDBERG, W. J.. Estimating enhancement of fish production by offshore artificial reefs: uncertainty exhibited by divergent scenarios. **Marine Ecology Progress Series**, v.264, p.265-277, 2003.
- PUCKERIDGE, A. C.; BECKER, A.; TAYLOR, M. D.; LOWRY, M. B.; MCLEOD, J.; SCHILLING, H. T.; SUTHERS, I. M.. Foraging behaviour and movements of an ambush predator reveal benthopelagic coupling on artificial reefs. **Marine Ecology Progress Series**, v.666, p.171-182, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3354/meps13691>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM.. **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2009.
- REINECK, H. E.; SINGH, I. B.. **Depositional sedimentary environments**. New York: Springer-Verlag, 1973.
- REUBENS, J. T.; BRAECKMAN, U.; VANNAVERBEKE, J.; VAN COLEN, C.; DEGRAER, S.; VINCX, M.. Aggregation at windmill artificial reefs: CPUE of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and pouting (*Trisopterus luscus*) at different habitats in the Belgian part of the North Sea. **Fisheries Research**, v.139, p.28-34, 2013.
- REUBENS, J. T.; DE RIJCKE, M.; DEGRAER, S.; VINCX, M.. Diel variation in feeding and movement patterns of juvenile Atlantic cod at offshore wind farms. **Journal of Sea Research**, v.85, p.214-221, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.seares.2013.05.005>
- ROCHA, D. F.; FRANCO, M. A. L.; GATTS, P. V.; ZALMON, I. R.. The effect of an artificial reef system on the transient fish assemblages – south-eastern coast of Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.95, p.635-646, 2014.
- ROGERS, A.; MUMBY, P. J.. Mangroves reduce the vulnerability of coral reef fisheries to habitat degradation. **PLoS Biology**, v.17, p.e3000510, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000510>
- ROUSE, S.; PORTER, J. S.; WILDING, T. A.. Artificial reef design affects benthic secondary productivity and provision of

functional habitat. **Ecology and Evolution**, v.10, p.2122-2130, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1002/ece3.6047>

SAMPLES, K. C.; SPROUL, J. T.. Fish aggregating devices and open-access commercial fisheries: 1985 A theoretical inquiry. **Bulletin of Marine Science**, v.37, p.305-317, 1985.

SAUCEDO, C. E.; PAPPALARDO, P.. Testing adaptive hypotheses on the evolution of larval life history in acorn and stalked barnacles. **Ecology and Evolution**, v.9, p.11434-11447, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1002/ece3.5645>

SANTOS, L. N.; BROTTTO, D. S.; ZALMON, I. R.. Fish responses to increasing distance from artificial reefs on the Southeastern Brazilian Coast. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.386, p.54-60, 2010.

SANTOS, L. N.; ZALMON, I. R.. Long-term changes of fish assemblages associated with artificial reefs off the northern coast of Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v.31, p.15-23, 2015.

SEAMAN JUNIOR, W.. **Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats**. Boca Raton: CRC Press, 2000.

SEMPRUCCI, F.; SBROCCA, C.; BALDELLI, G.; TRAMONTANA, M.; BALSAMO, M.. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact? **Marine Biodiversity**, v.47, p.511-520, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12526-016-0484-3>

SHAPIRO, D. Y.. Inferring larval recruitment strategies from the distributional ecology of settled Individuals of a coral reef fish. **Bulletin of Marine Science**, v.41, p.289-295, 1987.

SIMON, T.; PINHEIRO, H. T.; JOYEUX, J. C.. Target fishes on artificial reefs: evidences of impacts over nearby natural environments. **Science of the Total Environment**, v.409, p.4579-4584, 2011.

SMITH, J. A.; LOWRY, M. B.; SUTHERS, I. M.. Fish attraction to artificial structures not always harmful: a simulation study. **Ecology Evolution**, v.5, p.4590-4602, 2015.

SMITH, J. A.; LOWRY, M. B.; CHAMPION, C.; SUTHERS, I. M.. A designed artificial reef is among the most productive marine fish habitats: New metrics to address 'production

versus attraction'. **Marine Biology**, v.163, p.1-8, 2016.

SMITH, J. A.; CORNWELL, W. K.; LOWRY, M. B.; SUTHERS, I. M.. Modelling the distribution of fish around an artificial reef. **Marine and Freshwater Research**, v.68, p.1955-1964, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1071/MF16019>

STEPHENS JUNIOR, J.; PONDELLA, D. I. I.. Larval productivity of a mature artificial reef: the ichthyoplankton of King Harbor, California, 1974e1997. **ICES Journal of Marine Science**, v.59, p.S51-S58, 2002.

STREICH, M.; AJEMIAN, M. J.; WETZ, J. J.; WILLIAMS, J. A.; SHIPLEY, J. B.; STUNZ, G. W.. A comparison of size structure, age, and growth of red snapper from artificial and natural habitats in the Western Gulf of Mexico. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.146, p.762-777, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1080/00028487.2017.1308884>

SUZUKI, G.; KAI, S.; YAMASHITA, H.; SUZUKI, K.; IEHISA, Y.; HAYASHIBARA, T.. Narrower grid structure of artificial reef enhances initial survival of in situ settled coral. **Marine Pollution Bulletin**, v.62, p.2803-2812, 2011.

TAYLOR, M. D.; BECKER, A.; LOWRY, M. B.. Investigating the functional role of an artificial reef within an estuarine seascape: a case study of yellowfin bream (*Acanthopagrus australis*). **Estuaries and Coasts**, v.41, p.1782-1792, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12237-018-0395-6>

WILHELMSSON, D.; MALM, T.; ÖHMAN, M. C.. The influence of offshore windpower on demersal fish. **ICES Journal of Marine Science**, v.63, p.775-784, 2006.

WILSON, J.; OSENBURG, C. W.; ST. MARY, C. M.; WATSON, C. A.; LINDBERG, W. J.. Artificial structures, the attraction-production issue, and density dependence in marine ornamental fish. **Aquarium Sciences and Conservation**, v.3, p.95-105, 2001.

ZALMON, I. R.; SÁ, F. S.; NETO, E. J. D.; REZENDE, C. E.; MOTA, P. M.; ALMEIDA, T. C. M.. Impacts of artificial reef spatial configuration on in faunal community structure Southern Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.454, p.9-17, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.01.015>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.