

## 3.2.4 RECIFES ARTIFICIAIS

### 3.2.4.1 DEFINIÇÃO DE CONCEITOS E POTENCIAL PARA A PROTEÇÃO DE HABITATS MARINHOS

Qualquer objeto submerso no mar representa um novo substrato (**Figura 3.2.4.1-1**) cujo potencial de atração e assentamento de organismos marinhos se manifesta quase que instantaneamente. O revestimento da sua superfície com uma cobertura inicial de moléculas orgânicas dissolvidas na água atrai bactérias e em seguida alguns protistas heterótrofos. Em questão de dias ocorrem os primeiros assentamentos larvais de invertebrados sésseis, geralmente poliquetas, cracas e moluscos, como constatado em estudos clássicos sobre o tema em regiões temperadas (SCHEER, 1945; OSMAN, 1977; GREENE & SCHOENER, 1982) e em regiões subtropicais (SILVA, 2001). Protistas autótrofos também fazem parte dessa comunidade pioneira se o novo habitat estiver na zona eufótica. Independente do desenvolvimento desse biofilme incrustante, pequenos peixes crípticos (p.ex., Maria da Toca) e cardumes de pequenos pelágicos são rapidamente atraídos por novos habitats como proteção contra predadores (JARDEWESKI & ALMEIDA, 2005).

Figura 3.2.4.1-1 – O poder da colonização biológica de objetos submersos.



Fonte: Frederico Pereira Brandini

A sucessão ecológica em substratos aquáticos consolidados, descrita acima, depende de três fatores principais: (i) disponibilidade de superfície livre para a colonização, (ii) disponibilidade larval e (iii) condições ambientais que potencializam o recrutamento. Em habitats rochosos a competição para o assentamento de larvas da comunidade epilítica por cada mm<sup>2</sup> de superfície e o grau de complexidade do substrato determina sua estrutura biológica. A limitação por recrutamento se intensifica com a distância da costa devido a redução do *pool* larval de comunidades epilíticas costeiras. A característica do ciclo de vida do tipo “r” estrategista, como a dos invertebrados aquáticos epilíticos, é a produção e dispersão de um

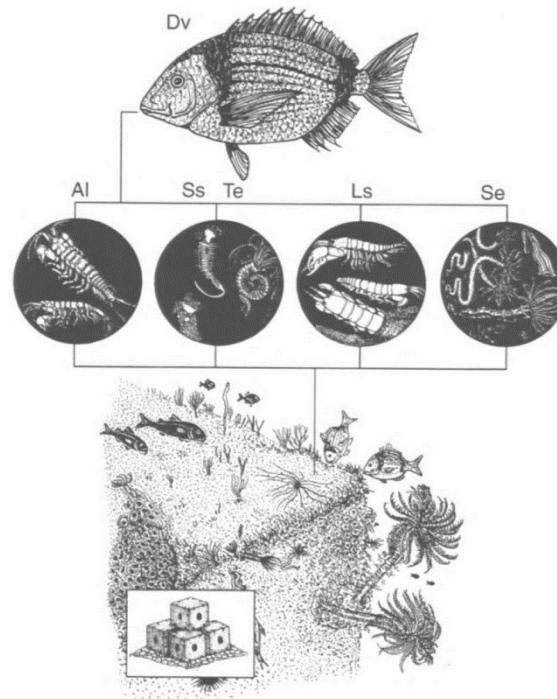
grande número de larvas pelas correntes de maré, com o potencial de serem recrutadas em habitats costeiros adjacentes. Parte desse *pool* larval irá certamente recrutar em novos habitats, sejam eles naturais ou artificiais.

O que diferencia um “recife artificial” de um simples substrato de colonização microbiana e de assentamento larval, normalmente utilizado em estudos de recrutamento e colonização bêntica, é a escala de tamanho. A sucessão biológica em substratos pequenos limita-se quase que exclusivamente ao assentamento de invertebrados sésseis, ao passo que em estruturas de maior porte e complexidade estrutural, a sucessão continua com a ocupação de suas cavidades por peixes crípticos e demersais, peixes pelágicos de passagem seduzidos pelo efeito atrator do novo habitat, além de predadores de topo de cadeia em busca de alimento (**Figura 3.2.4.1-2**). De acordo com a posição na zona eufótica em relação ao ponto de compensação, macroalgas podem ocupar os estratos superiores, servindo de alimento e refúgio para invertebrados e peixes da comunidade fital.

O termo “recife artificial” refere-se, portanto, a um grupo de estruturas assentadas no assoalho marinho criando substrato para a colonização biológica que, sujeitas às forçantes físicas, químicas e biológicas naturais, desenvolve-se gradualmente em um ecossistema semelhante aos dos habitats naturais adjacentes e dos quais seus organismos se originaram. Sua implantação remodela o cenário do fundo marinho com estruturas rígidas de grande porte e de diversas origens tais como blocos rochosos, detritos industriais e de construção civil ou estruturas especialmente confeccionadas (DUCLERC & DUVAL, 1986). Japão, Taiwan, Canadá, Estados Unidos, França, Espanha e Portugal são líderes na prática de manejo costeiro através da implantação de habitats artificiais com objetivos diversos, seja como proteção do fundo marinho contra o arrasto de pesca ilegal, como atratores de peixes e invertebrados de interesse comercial ou como mecanismos de manipulação do ecossistema local visando o aumento da biomassa de pesca. Também são usados para recuperar a diversidade biológica em regiões costeiras impactadas (MCLINTOSH, 1981; RISK, 1981; HUECKEL *et al.*, 1989) trazendo benefícios socioeconômicos através da indústria do turismo (pesca desportiva, mergulho), aquicultura, conservação ambiental e proteção contra a erosão.

Evidentemente o tempo que se leva para atingir o grau de diversidade biológica e o clímax ecológico do novo habitat depende não apenas do potencial de recrutamento, mas também da circulação local, responsável pela renovação de nutrientes e do transporte de comunidades do meroplâncton e do ictioplâncton. Dependendo da disponibilidade de luz e nutrientes, e da renovação dos recursos pela circulação, a atividade dos autótrofos torna o novo habitat cada vez menos atrator e mais produtor até atingir o equilíbrio dos ecossistemas naturais, mantendo simultaneamente sua capacidade de atrair peixes migratórios e grupos de passagem, e de produzir *in situ* sua própria biomassa vegetal e animal. Se o novo ecossistema em equilíbrio estiver localizado em locais acessíveis ao uso público com manejo sustentável, o novo habitat criado com a interferência humana tem chances de se tornar alvo de usos múltiplos com benefícios socioambientais e econômicos para a zona costeira. Do contrário torna-se tão impactado quanto a maior parte da zona costeira dos continentes habitados.

Figura 3.2.4.1-2 – Esquema de blocos de concreto colonizados por todos os níveis tróficos A oferta de mais cavidades entre as unidades recifais, dispostas de acordo com as correntes de maré, e a possibilidade de melhores condições luminosas para o crescimento in situ de biomassa vegetal, aumenta o potencial de recrutamento e a colonização do novo habitat, compondo todos os níveis tróficos de um ecossistema marinho.



Fonte: BADALAMENTI *et al.*, 2000.

Com base nesses princípios de colonização biológica e uso sustentável de seus novos recursos, as seguintes definições de “recife artificial” são aceitas atualmente pela comunidade científica internacional:

“..... estruturas submersas deliberadamente sobre o fundo marinho para simular algumas características de um recife Natural” (EARRN WORKSHOP, 1996).

“..... objetos de origem natural ou humana assentados propositalmente no fundo marinho para influenciar processos físicos, biológicos e socioeconômicos relacionados aos recursos vivos marinhos” (SEAMAN & SPRAGUE, 1991; SEAMAN, 2000).

“.....Recifes artificiais são estruturas submersas voluntariamente com o objetivo de criar, proteger ou restaurar um ecossistema rico e diversificado. Essas estruturas podem induzir nos animais repostas de atração, concentração, proteção e, em alguns casos, o aumento da biomassa de certas espécies” (IFREMER, 2000).

“.....Qualquer estrutura construída ou colocada no fundo marinho, na coluna de água ou flutuando na superfície do mar, com o propósito tanto de criar uma nova atração para mergulhadores, ou para concentrar ou atrair plantas e animais para pesca” (THE AUSTRALIAN GREAT BARRIER REEF MARINE PARK AUTHORITY).

### 3.2.4.2 TIPOLOGIA DE UNIDADES: FORMAS, MATERIAIS E ARRANJOS ESPACIAIS

Durante séculos e até hoje habitats artificiais feitos de galhos e troncos têm sido assentados no leito do habitat aquático por comunidades tradicionais para atrair e facilitar a captura de peixes (INO, 1974; MCGURRIN *et al.*, 1989; SEAMAN & JENSEN, 2000). A variedade de formas e materiais usados em projetos de recifes artificiais é enorme e devem ser definidas com base nos objetivos do programa e na durabilidade, evitando-se materiais tóxicos ou que provoquem danos ao meio ambiente.

Os primeiros registros de assentamentos artesanais nos EUA datam de 1835 nas costas da Carolina do Sul onde foram assentados restos de troncos de madeira usados na construção de cabanas. Assentamentos em larga escala iniciaram em 1935 com o naufrágio programado de 4 embarcações nas costas da Nova Jersey (MCGURRIN *et al.*, 1989). Todos os tipos de materiais já foram utilizados nos EUA, desde restos industriais, ferro velho, restos de píeres e de construção civil, pneus, vagões de trem, de metro, bondes, aviões e até tanques de guerra (MCGURRIN *et al.*, 1989; SEAMAN & SPRAGUE, 1991; SEAMAN & JENSEN, 2000). A prática de submergir entulhos começou na Florida em 1966, através de um programa conjunto entre a Nova University, associações locais e a Prefeitura de Port Everglades. Entretanto, o uso desses materiais de oportunidade foi abandonado e atualmente existem manuais de materiais e formas de unidades e grupos de arranjo mais adequados e aceitos pelos órgãos que regulam os assentamentos na costa americana.

Atualmente, os projetos norte-americanos visam principalmente o turismo aquático e a pesca esportiva. Estruturas de concreto são as mais comuns na escala local, usados por associações de pesca, prefeituras porque pode ser moldado de acordo com a complexidade desejada, e repetido e produzido em escala industrial. Projetos não governamentais tornaram-se modelos para diversos países como, por exemplo, o da Reef Ball Foundation que idealizou um tipo específico de estrutura hemisférica e vazada que quando colonizada se assemelha a formas naturais. *Reef balls* tem sido exportado para diversos países com objetivos diversos (<http://www.reefball.org/>) e são recomendados nos manuais de assentamentos de habitats artificiais na Austrália. Também já foram usados em projetos no Brasil (ALENCAR *et al.*, 2003).

Navios descomissionados e plataformas de óleo e gás desativadas são usados na costa da Califórnia e no Golfo do México em projetos de grande escala com impacto socioeconômico direto na zona costeira. Por exemplo, o programa “rigs-to-reefs” no Golfo do México representa cerca de 80% do substrato rígido na região, ofertando novas oportunidades de pesca e lazer na região antes dominada por organismos de fundo arenoso e menos biodiversidade. Esse programa é conduzido por departamentos ambientais dos estados do Texas e Louisiana e chegam a diminuir o custo médio de remoção de plataformas de US\$ 50 milhões para até US\$ 10 milhões, dependendo das condições e distância de assentamento em relação ao ponto original. Parte dos recursos economizados é aplicada em programas de monitoramento ambiental e gerenciamento da pesca e do turismo nos novos habitats, como solução compensatória. Recentemente a Califórnia também aderiu ao programa nacional de transformação de plataformas em recifes artificiais. Até agora foram assentadas cerca de 100 plataformas no Golfo do México e 24 na Califórnia. O assentamento de embarcações e plataformas de petróleo como habitats artificiais para uso turístico e recreacional seguem o manual editado pela Atlantic and Gulf States Marine Fisheries Commissions (2004).

Na Europa o material mais utilizado atualmente é o concreto usado na confecção de manilhas (**Figura 3.2.4.2-3a**), módulos de proteção costeira (**Figura 3.2.4.2-3b**) ou em módulos de médio e grande porte, específicos para a colonização e proteção de organismos marinhos (**Figura 3.2.4.2-3c, i e j**). Alguns países também usaram pneus (**Figura 3.2.4.2-3k**) ou módulos menores com caráter mais experimental do que em larga escala, como é o caso do projeto ao largo de Mônaco, nas costas da Grécia e Noruega

(Figura 3.2.4.2-3d, e e g). Módulos quadriláteros existem nas costas da Espanha e Itália para proteger bancos de gramas marinhas contra arrasto (Figura 3.2.4.2-3f).

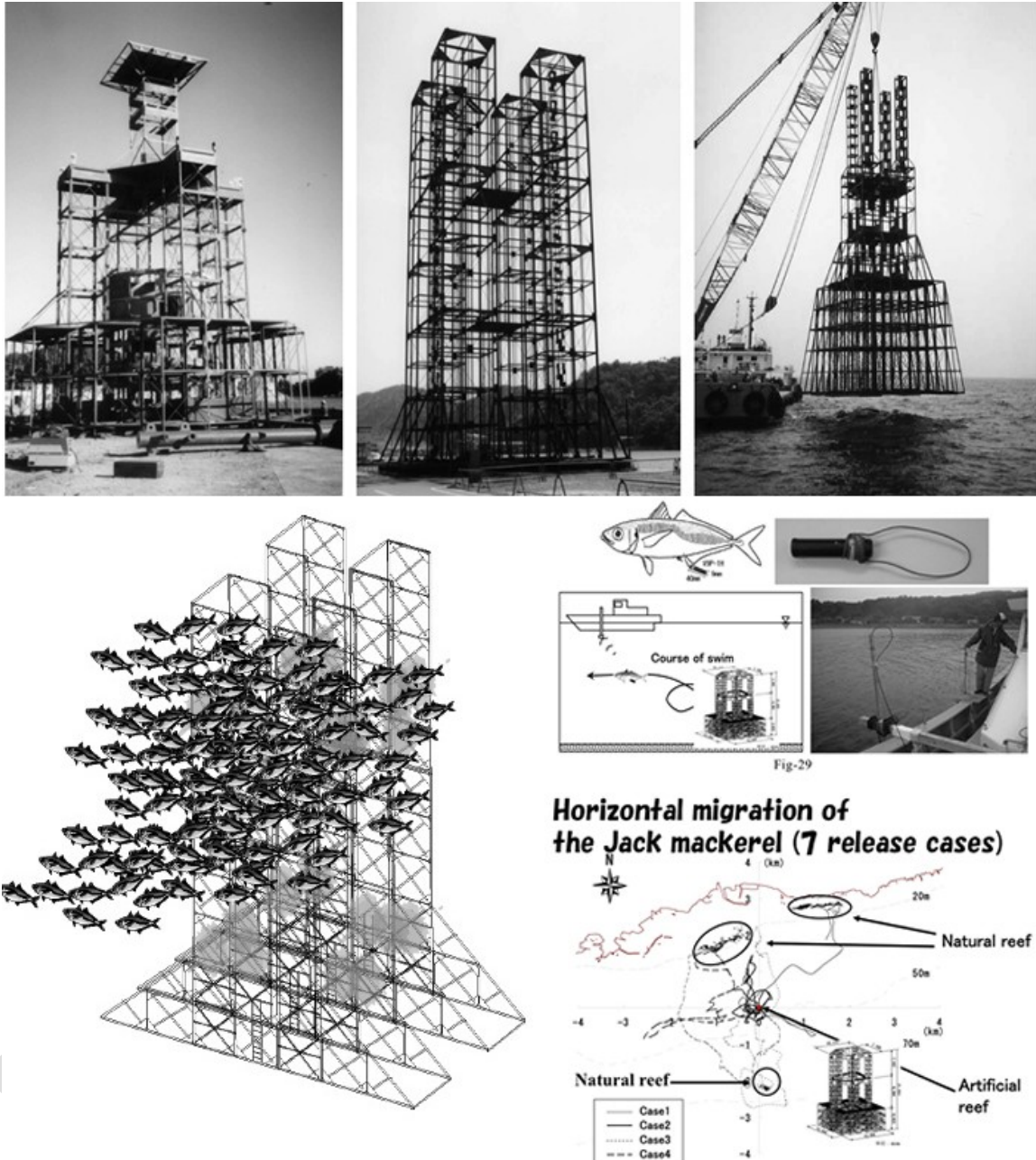
Figura 3.2.4.2-3 – Exemplos de tipologias e materiais mais usadas na Europa em assentamentos de recifes artificiais em larga escala. Além do concreto, também se usam pneus e tijolos feitos com restos de cinzas da indústria de cimento (a – França; b e c – Alemanha; d e e – Grécia; f – Itália (Sicília); g – Mônaco; h – Noruega; i e j – Portugal; k – Ucrânia (Odessa); l – Pool Bay, UK.



Fonte: ITO, 2011.

Na Ásia dois países se destacam em projetos de larga escala: Austrália e Japão. Apesar da abundância de recifes naturais, por exemplo, os da Grande Barreira de Coral, os projetos na Austrália são comuns e bem orientados do ponto de vista técnico e legal. Os interessados (governo ou iniciativa privada) devem seguir manuais específicos ([http://www.msscience.net.au/wp-content/uploads/2015/06/AR-Guide-Current\\_online.pdf](http://www.msscience.net.au/wp-content/uploads/2015/06/AR-Guide-Current_online.pdf)) com orientação sobre materiais apropriados, avaliação ambiental e monitoramento biológico dos novos habitats. Mas é no Japão onde se assentam megaestruturas de aço e concreto armado com objetivos de atração e produção pesqueira (Figura 3.2.4.2-4).

Figura 3.2.4.2-4 – Exemplos de tipologias e materiais mais usados no Japão em assentamentos de recifes artificiais em larga escala. Megaestruturas de aço são utilizadas como atratores pelágicos de peixes de valor comercial com fins de pesquisa, além da pesca. A figura ilustra a marcação da Cavala e como ela utiliza os novos habitats em suas rotas migratórias, como local de abrigo e forrageio.



Fonte: ITO, 2011.

### 3.2.4.3 APLICAÇÕES GERAIS

O uso de recifes artificiais em habitats aquáticos é ainda controverso e desperta desconfiança nos foros de discussão sobre conservação marinha porque algumas de suas funções básicas têm sido confundidas com as de um atrativo para peixes. Atratores de pesca artesanal são armadilhas de peixes usadas há

séculos em lagos, rios e estuários por comunidades tradicionais indígenas e costeiras (INO, 1974; BUCKLEY, 1985; SIMARD, 1995). Ino (1974) relata o assentamento galhos de árvores e varas de bambu como criadouros de peixes na ilha de Awaji (Japão) entre 1789 e 1801. Após a II Guerra Mundial o governo japonês atendeu a indústria pesqueira, investindo massivamente na construção e assentamento de estruturas de concreto como substrato de colonização de moluscos (p.ex., abalone), macroalgas e peixes pelágicos (ITO, 2011). Rapidamente a indústria pesqueira internacional desenvolveu atratores pelágicos (FADs: fishing aggregating devices) usados para reduzir o esforço pesqueiro e manter a mesma quantidade de captura na pesca de atum, e atender a demanda crescente do consumo de pescado pela população global. Esse tipo de armadilha de pesca industrial aumenta a taxa de captura e, portanto, aumenta a vulnerabilidade dos estoques de espécies ameaçadas de extinção na zona costeira. Trata-se de um método muito eficaz de captura, com potencial de gerar desequilíbrio nos estoques pesqueiros, logo, seu uso como ferramenta de gestão socioambiental, é de difícil aceitação por parte de ambientalistas e gestores. Portanto, o tema “recife artificial” precisa ser melhor esclarecido.

As causas da agregação de animais em habitats assentados pelo homem no meio aquático (produção ou atração?) têm sido debatidas há décadas (BOHNSACK, 1989; PICKERING & WHITMARSH, 1997; BRICKHILL *et al.*, 2005). Vale ressaltar que mesmo os habitats naturais têm poder de atração, além do potencial natural de sustentar suas comunidades autóctones. De fato, os artificiais são 100% atratores no momento do assentamento. No entanto, se a escolha dos materiais e dos locais de assentamento forem planejados com base em diagnósticos ambientais e socioeconômicos, conduzidos com o rigor da metodologia científica, aos poucos eles também desenvolvem sua própria biodiversidade e biomassa como recursos alternativos reduzindo o impacto antropogênico nos habitats naturais adjacentes. Se forem manejados corretamente serão uma ferramenta poderosa de gestão pesqueira e de conservação marinha, a exemplo do que ocorre em diversos países da Ásia, Europa e Norte América onde programas de recifes artificiais, de natureza e função diversas, têm sido aplicados com sucesso (JENSEN, 1996; JENSEN *et al.*, 1999; SEAMAN & SPRAGUE, 1991; SEAMAN, 2000).

Recifes artificiais também têm sido usados como sistemas anti-arrasto, sobretudo no Mar Mediterrâneo onde a função principal é proteger os bancos naturais de grama marinha (*Posidonea oceânica*) contra o arrasto de pesca que destrói um bioma importante como berçário de peixes e invertebrados (ALLEMAND *et al.*, 2000; RAMOS-SPLA *et al.*, 2000). Apesar da resiliência ecológica em habitats dinâmicos, como os fundos arenosos do mar aberto, a frequência do arrasto mantém o estrago aparentemente irreversível. Entretanto, se o arrasto for controlado e ordenado, a recuperação física e biológica do sedimento marinho ocorre em questão de alguns anos, ou até meses, dependendo da dinâmica da circulação e do potencial de recrutamento da biota local, uma vez que a biodiversidade normalmente se recupera pela colonização de espécies migradoras ou larvas de comunidades adjacentes.

Vale ressaltar que nem todo anti-arrasto tem as características e as funções de um recife artificial. Por exemplo, uma barra de ferro cravada verticalmente no sedimento marinho é um anti-arrasto eficiente. No entanto, não tem tamanho e nem complexidade estrutural suficientes para desenvolver um novo ecossistema na mesma escala de habitats rochosos naturais, que é exatamente a função de um “recife artificial”.

As funções e aplicações de recifes artificiais são muito mais do que desenvolver novos habitats de uso alternativo ou impedir o arrasto de fundo por barcos de pesca comercial. Recifes artificiais podem ter diversas funções nos habitats naturais, dependendo da necessidade e do tipo de manejo pretendido, todas bem exemplificadas em literatura específica sobre o tema (SEAMAN & SPRAGUE, 1991; BOMBACE, 1996; SEAMAN, 2000; ALENCAR *et al.*, 2003). Existem quatro aplicações fundamentais que dependem

das características ambientais e da demanda socioeconômica da região: (i) produção pesqueira e maricultura, (ii) turismo, (iii) proteção ambiental e (i) pesquisa.

O aumento da biomassa pesqueira pode beneficiar a pesca artesanal e comercial de pequena escala, a pesca industrial com manejo ecossistêmico (o que é raro), ancorar sistemas de maricultura em mar aberto (BOMBACE *et al.*, 2000), alterar a circulação da água criando ressurgências artificiais em áreas de maricultura de macroalgas marinhas e moluscos (ITO, 2011; OKANO *et al.*, 2011). O turismo usa recifes artificiais na pesca recreacional de anzol, caça submarina e turismo subaquático (BROCK, 1994; BRANDINI, 2013). Serve, portanto, de alternativa recreacional da indústria hoteleira em regiões desprovidas de habitats consolidados. A pesquisa científica usa habitats artificiais como ferramenta de estudo sobre a dinâmica populacional de comunidades bênticas incrustantes desde a década de 1950. Os objetivos desses estudos são diversos, tais como a compreensão dos processos ecológicos que interferem no ciclo de vida dessas comunidades, muitas delas de interesse da pesca comercial. Aplicações industriais também tem sido alvo desses estudos de bioincrustação, com foco no desenvolvimento de tintas anti-incrustantes em dutos de refrigeração em usinas atômicas, cascos de navios, plataformas de petróleo, cais de píeres e outras obras portuárias (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2002).

#### 3.2.4.4 EXEMPLOS EM OUTROS PAÍSES

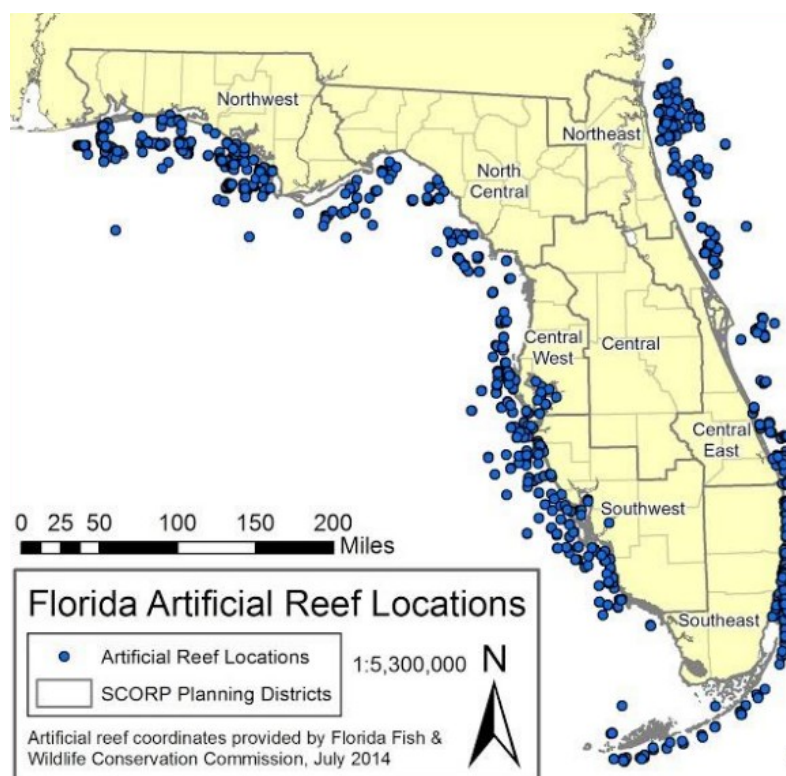
O uso de recifes artificiais na proteção ambiental é diversificado. Além de proteger comunidades bênticas de fundo arenoso contra o arrasto de pesca em áreas protegidas e períodos de defeso, dependendo do grid espacial de assentamento, também reduz o impacto antropogênico dos habitats naturais oferecendo alternativas de locais de pesca recreacional e turismo subaquático reduzindo o impacto nos habitats naturais (SEAMAN, 2007). Ao largo do sudeste americano, por exemplo, programas governamentais de recifes artificiais reduziram em pelo menos 50% o impacto do turismo nos recifes naturais do estado da Flórida, uma vez que o turismo em geral sente maior atração por embarcações afundadas e habitats artificiais desenhados com complexidade definidas especificamente para o turismo (HAZEN & SAWYER ASSOCIATES, 2001). Iniciativas semelhantes foram desenvolvidas nas Bahamas. Habitats severamente impactados por acidentes foram recuperados com habitats artificiais quando um acidente com o submarino Memphis em fevereiro de 2003 provocou a destruição de 2310 m<sup>2</sup> de recifes naturais no sudeste do estado da Florida. A Marinha dos Estados Unidos remediou a perda desses habitats com a implantação de *reef balls* em cuja superfície foram “enxertados” pedaços de corais hermatípicos retirados dos habitats adjacentes. Os enxertos se multiplicaram e em questão de meses recuperando o substrato calcáreo e a comunidade recifal associada (QUINN *et al.*, 2003).

No Golfo do México muitas embarcações exploram exclusivamente áreas ao redor de plataformas oceânicas, onde a concentração de pesca é muito maior (US DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1981). Desde o início da década de 80 os EUA mantêm uma política de aumentar a pesca na Florida utilizando-se plataformas de petróleo e gás obsoletas. A Empresa Exxon mantém cerca de 3000 plataformas no Golfo do México, das quais cerca de 40 tornam-se obsoletas todos os anos. Os custos de remoção são elevados, cerca de US\$ 10 milhões por plataforma. Entretanto, o transporte para áreas mais rasa próximas da costa é bem mais barato, além do retorno socioeconômico que as estruturas submersas podem trazer a curto prazo, aumentando a biomassa pesqueira das áreas ao redor. O programa Rigs-to-Reefs (<http://www.rig2reefexploration.org>) coordena os assentamentos com base na legislação aprovada pelo Congresso Americano. A experiência americana com recifes artificiais é sem dúvida a mais desenvolvida do ponto de vista turístico e ambiental. Atualmente, existem centenas de pontos no entorno da península da Flórida focado sobretudo na indústria do turismo subaquático e pesca recreativa



(Figura 3.2.4.4-5). O impacto que essas instalações têm sobre os habitats naturais adjacentes é positivo, aliviando substancialmente o uso do habitats naturais pela comunidade costeira.

Figura 3.2.4.4-5 – Mapa com a localização de recifes artificiais instalados na península da Flórida (USA).



Fonte: <http://flseagrant.ifas.ufl.edu/artificialreefs/Huth.pdf>

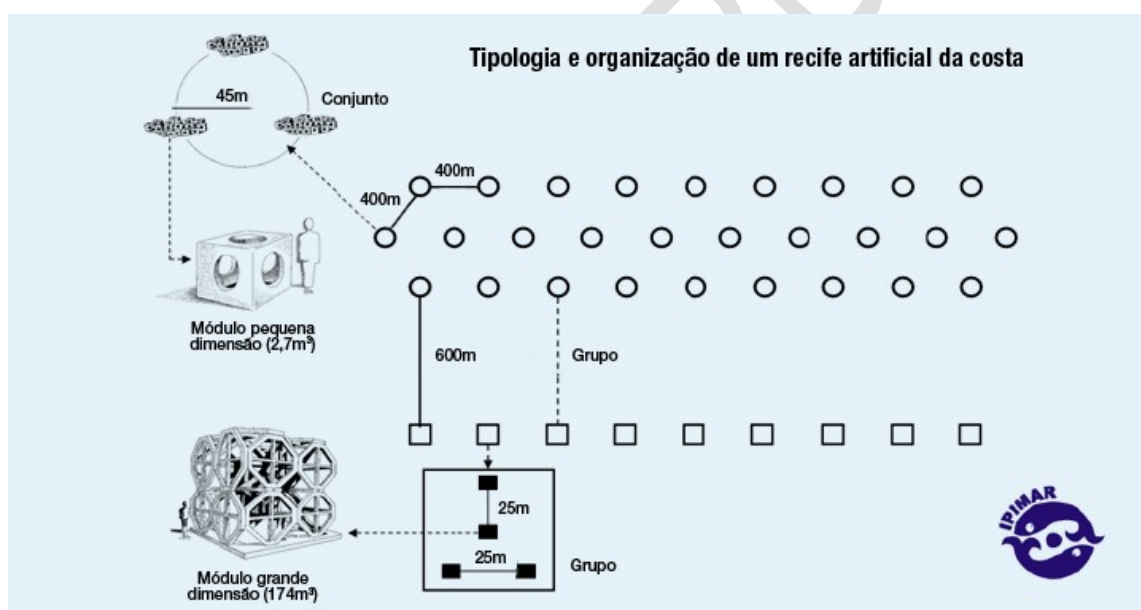
Recifes artificiais têm sido utilizados na Europa há décadas no Mar Mediterrâneo, mas hoje os programas se estenderam por países do norte e leste da Europa. Em 1991 cientistas europeus se reuniram informalmente na quinta Conferência Internacional Sobre Recifes Artificiais para discutir e relatar suas experiências individuais com esse tema em seus países. Nesse encontro consolidou-se a importância de programas de recifes artificiais para a União Europeia em termos de conservação marinha, gestão costeira, manejo pesqueiro e defesa contra a erosão e perda de habitats. Como resultado surgiu a ideia da criação de uma rede de pesquisa e divulgação sobre o potencial socioeconômico e ambiental de programas de recifes artificiais. Em maio de 1995 foi criada a European Artificial Reef Research network (EARRN) com apoio da Comunidade Europeia, visando integrar iniciativas isoladas de pesquisa e desenvolvimento de recifes artificiais em diversos países, até então liderados por Espanha, Portugal e Itália. A rede reuniu inicialmente 51 cientistas de 36 laboratórios, visando padronizar vários aspectos da pesquisa sobre recifes artificiais, tipologias mais apropriadas, monitoramento ambiental e econômico.

Outro papel importante da EARRN é recomendar a Comissão Europeia as linhas prioritárias de pesquisa e desenvolvimento de programas de recifes artificiais (JENSEN, 1996; JENSEN *et al.*, 1999; JENSEN *et al.*, 2000; JENSEN, 2002). Atualmente existem programas em 19 países com aplicações distintas, mas focados sobretudo no aumento de estoques pesqueiros na costa Atlântica da Península Ibérica e na preservação ambiental associado ao turismo subaquático nas costas mediterrâneas (DUCLERC & DUVAL, 1986; FABI *et al.*, 2011; CHARBONNEL *et al.*, 2011). Um dos projetos de maior magnitude em termos de

escala espacial e custos foi desenvolvido no Parque Nacional Calanques na Baía do Prado ao largo das costas de Marseille (França) com o assentamento de 27.300 m<sup>3</sup> de recifes artificiais entre outubro de 2007 e julho de 2008. Estruturas de concreto associadas a armações de ferro foram dispostas em forma de triângulo em duas áreas de 110 hectares cada. O programa vem sendo monitorado em relação a dinâmica da ictiofauna. O objetivo do programa foi recuperar recursos da pesca artesanal ameaçados por conta da destruição de bancos de *Posidonia oceânica* pela pesca comercial de arrasto. O monitoramento da ictiofauna entre 2009 e 2013 constatou a recuperação de estoques de espécies de valor comercial (CHARBONNEL *et al.*, 2011).

Em Portugal os programas de larga escala vem sendo desenvolvidos há décadas por cientistas do Instituto Português de Investigações Marinhas (IPIMAR) nas costas do Algarve entre 1998 e 2008 e hoje é o maior deste tipo na Europa e um dos maiores em todo o Mundo destinado a pesca esportiva e comercial de pequena escala (MONTEIRO & SANTOS 2000). Seus 20.000 módulos de concreto, com um volume superior a 100.000m<sup>3</sup> ocupam mais 43km<sup>2</sup> e estão organizados em conjuntos de grupos recifais (Figura 3.2.4.4-6).

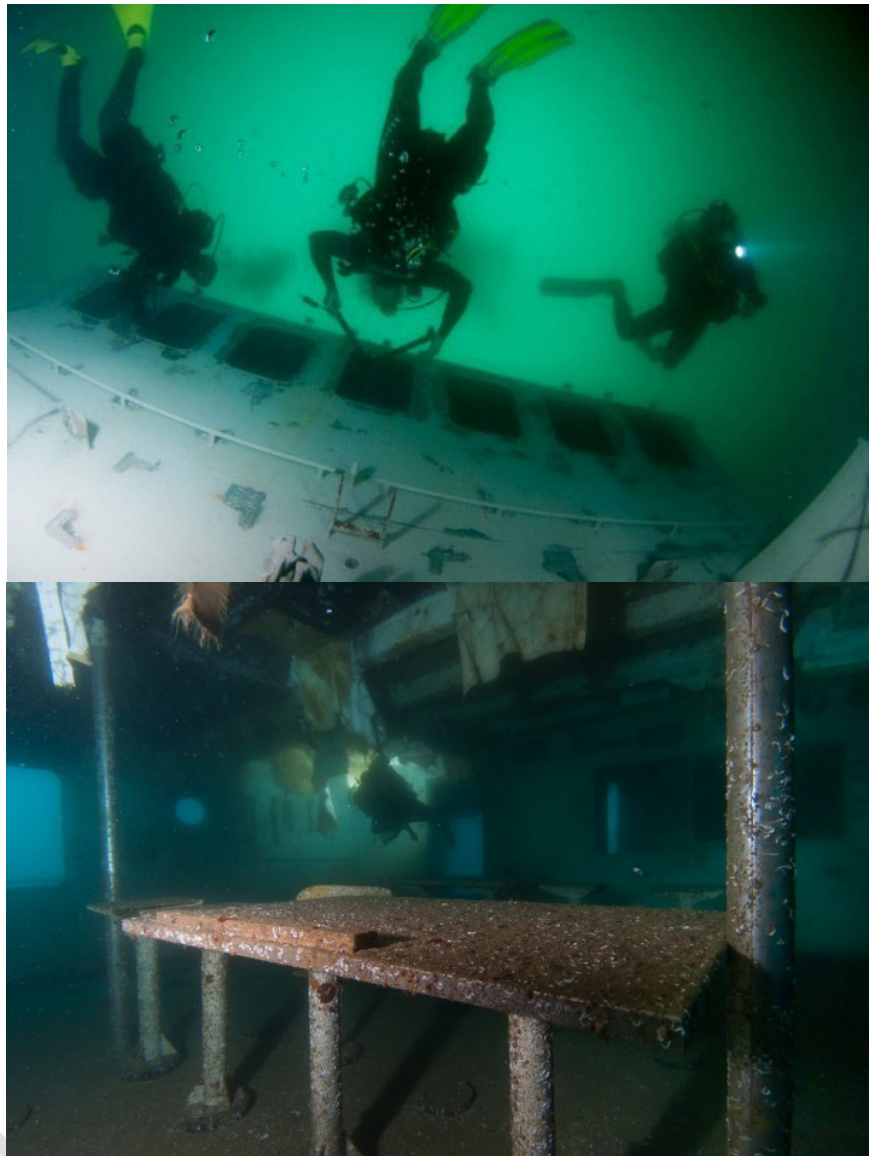
Figura 3.2.4.4-6 – Tipologia e arranjos espaciais de projetos de recifes artificiais desenvolvidos há décadas na costa do Algarve (Portugal) pelo Instituto Português de Investigações Marinhas.



Fonte: Miguel Neves dos Santos, <http://www.oceanrevival.org/pt/projecto/recifes-artificias.html>.

Atualmente aos vários projetos implantados pelo IPIMAR desde 1990 na costa mediterrânea somam-se iniciativas governamentais e de Câmaras de Comércio local que visam desenvolver o turismo subaquático internacional usando, além dos sistemas recifais já implantados, diversos navios descomissionados cedidos pela marinha portuguesa. Este programa de incentivo da socioeconomia costeira no Algarve, denominado Ocean Revival (Figura 3.2.4.4-7) é coordenado pela Associação para a Promoção e Desenvolvimento do Turismo Subaquático, em parceria com a marinha portuguesa e órgãos governamentais (mais informações em <http://www.oceanrevival.org/pt/projecto/recifes-artificias.html>)

Figura 3.2.4.4-7 – Turismo subaquático em habitats artificiais criados com o naufrágio programado de cascos de navios descomissionados.



Fonte: <http://www.oceanrevival.org/pt/projecto/recifes-artificias.html>.

Existem exemplos específicos no Mar Vermelho onde espécies consideradas extintas pelo impacto antropogênico (poluição costeira, perda de habitats naturais, etc.) foram encontradas no interior de navios afundados, com acesso restrito a predadores de topo. Recifes artificiais também têm sido usados para recuperação de habitats poluídos. No Mar Báltico cientistas poloneses usam redes de pesca estendidas em armações especiais como habitats artificiais para assentamento de moluscos filtradores de modo a reduzir a eutrofização provocada por excesso de nutrientes oriundos da agricultura (SZATYBELKO & MATULANIEC, 1994)

### 3.2.4.5 EXPERIÊNCIAS PRETÉRITAS EM TERRITÓRIO NACIONAL

No Brasil a maioria dos projetos de assentamento de Recifes Artificiais não atendeu a Instrução Normativa 22/09 do IBAMA que regulamenta o assentamento de estruturas de concreto e embarcações decomissionadas como recifes artificiais uma vez que foram iniciados quando ainda não havia esse arcabouço legal e os projetos receberam a anuência dos órgãos ambientais, associações de pescadores e autorização da Marinha.

Com base nos projetos de recifes artificiais desenvolvidos ao longo da costa brasileira, Alencar *et al.* (2003) descreveram as formas e materiais mais utilizados em projetos de conservação, produção pesqueira, recrutamento de organismos epilíticos, ordenamento pesqueiro (dispositivo de exclusão de arrasto), maricultura, pesquisa, proteção da orla (anti-erosão), mergulho recreacional e pesca esportiva. Em resumo a experiência nacional se divide em quatro categorias gerais:

- (i) atratores de pesca artesanal;
- (ii) pesquisa com substratos experimentais;
- (iii) turismo subaquático;
- (iv) projetos de larga escala com objetivos socioambientais.

#### *I - Atratores de pesca artesanal*

O uso de habitats artificiais como atratores de pesca é uma prática tradicional em todas as comunidades costeiras do mundo, e das comunidades de pescadores ao longo da costa brasileira, sobretudo no Nordeste (CONCEIÇÃO *et al.* 2007) onde as condições oligotróficas suportam apenas uma pesca de pequena escala desde os ambientes estuarino-lagunares da região costeira por toda a extensão da plataforma continental, abundante em habitats recifais calcários, até a quebra da plataforma continental (“no beirão” como dizem os pescadores de jangada).

A sobrepesca no Nordeste, uma região naturalmente limitada em recursos pesqueiros e de alto valor social, intensificou as pesquisas sobre habitats artificiais com foco no potencial de atração de peixes e, sobretudo, de lagosta com as “marambaias” cujo princípio atrator de lagostas são os mesmos das “casitas” feitas inicialmente com troncos de palmeira e pneus por pescadores tradicionais do Caribe (GUTZLER *et al.*, 2015). Atualmente as casitas são feitas de placas redondas feitas de concreto, semelhantes a uma tampa de fossa asséptica, que quando assentadas no assoalho não consolidado e calcáreo cria resistência as correntes e facilita a erosão por baixo com a criação de cavidades usadas como refúgio por lagostas. No Nordeste as marambaias são feitas de troncos de árvores de manguezais e tambores de ferro (**Figura 3.2.4.5-8a e d**). No recôncavo baiano Bahia, a prática também é ainda usada por pescadores artesanais que utilizam galhos e troncos de mangues na orla da praia durante a maré baixa. Na maré alta os peixes buscam refúgio nos galhos. Antes da vazante da maré os pescadores rodeiam os galhos com uma rede para impedir a fuga dos peixes que são coletados na maré baixa (**Figura 3.2.4.5-8b e c**).

Figura 3.2.4.5-8 – Atratores artesanais comumente usados por comunidades costeiras: a – casitas usadas no Caribe para atração de lagosta; b – galhos de mangue assentados na maré baixa. Na maré alta os peixes se protegem entre os galhos e uma rede de pesca os aprisiona para serem coletados na maré baixa; c – atratores com restos vegetais usados em países asiáticos; d – No Brasil marambaias estão sendo feitas com tambores de metal.



Fonte: a) Acervo pessoal de Frederico Pereira Brandini b) Eduardo Simões c) ALENCAR *et al* 2003 d) Renée Schärer.

Em 1994 o Grupo de Estudos sobre Recifes Artificiais (GERA) do Laboratório de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará desenvolveu um projeto em larga escala no qual 512 pneus foram assentados em grupos e dispostos de forma circular no assoalho marinho visando aumentar a oferta de refúgio para lagosta e atender a pesca artesanal. Posteriormente a prática de assentar grupos de pneus e restos de plataforma de prospecção de petróleo foi intensificada na região nordeste visando a atração de peixes e lagostas (CONCEIÇÃO & MONTEIRO-NETO, 1998; SANTOS *et al.*, 2010c).

## II - Pesquisa com substratos experimentais

São raros os programas que ultrapassam a escala experimental e se desenvolvem em um programa de gestão. Em geral são utilizadas unidades experimentais na metodologia de projetos piloto de pesquisa com o objetivo de subsidiar programas de maior escala visando a gestão socioambiental. Existe um histórico desses projetos desenvolvidos ao longo da costa brasileira compilado por Alencar *et al.* (2003). O melhor exemplo é o do Paraná implantado inicialmente pelo Centro de Estudos do Mar com apoio do programa CIAMB (MCT/CNPq) em 1999 e atualmente pela Associação MarBrasil ([www.marbrasil.org](http://www.marbrasil.org)).

Vários experimentos pilotos foram feitos no Ceará visando aumentar a biomassa de peixes e lagosta usando materiais diversos, tais como pneus, “marambaias” de troncos de mangue e tambores, barcos afundados (CONCEIÇÃO, 2003; CONCEIÇÃO & FRANKLIN-JÚNIOR, 2001; CONCEIÇÃO & NASCIMENTO, 2009; CONCEIÇÃO & PEREIRA, 2006; CONCEIÇÃO *et al.*, 2007). No litoral norte e sul fluminense foram feitos diversos estudos sobre a dinâmica da ictiofauna em habitats artificiais usando módulos de concreto de pequena escala (BROTTO & ARAUJO, 2001; GODOY *et al.*, 2002; BROTTO & ZALMON, 2007; 2008; BROTTO *et al.*, 2006a, 2006b, 2007; SANTOS *et al.*, 2010b; ZALMON *et al.*, 2002;

FARIA *et al.*, 2001; KROHLING *et al.*, 2006; GOMES *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 2004; GODOY & COUTINHO, 2002).

No Rio de Janeiro, destaca-se o projeto da Universidade Norte Fluminense, que analisou a dinâmica sazonal da comunidade de peixes em habitats artificiais (ZALMON *et al.*, 2002). O estudo comparou a densidade e riqueza da ictiofauna em módulos feitos com pneus e concreto em relação à uma área controle afastada dos módulos experimentais. Durante os 2 anos de monitoramento, foram identificadas 51 espécies. Entre 24 e 12 % dessas espécies ocorreram exclusivamente nos habitats artificiais. Em São Paulo o projeto Proteção de Recursos Marinhos – PROMAR foi desenvolvido em 2009 na praia do Indaiá no município de Bertioga como parte do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. O projeto contou com recursos do Ministério do Meio Ambiente e parcerias com da FUNDESA, Marinha e IBAMA. O principal objetivo foi assentar módulos de concreto criando berçários naturais de espécies nativas contra o arrasto comercial (ALENCAR *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2010c). Os resultados não foram avaliados e existem relatos de embarcações do tipo “parelha” arrastando correntes de metal nos locais em que as estruturas foram instaladas com o intuito de destruí-las. O projeto foi encerrado por falta de recursos financeiros e apoio institucional.

### *III - Turismo*

Em Pernambuco os programas de assentamento de embarcações decomissionadas, visando desenvolver o turismo subaquático que tradicionalmente explora a biodiversidade marinha em mais de 70 naufrágios ocorridos na região desde o período colonial (SANTOS *et al.*, 2010c). No Espírito Santo, associações de escolas de mergulho de Guarapari, em parceria com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e a Fundação Cleanup-Day organizaram o naufrágio programado do navio grego Victory em 2003. O navio havia sido confiscado pela Secretaria da Fazenda por dívidas de docagem, manutenção e impostos devidos pelo armador e estava atracado nas docas do porto de Guarapari desde 1996. (CARVALHO, 2012). O objetivo foi incentivar o turismo subaquático na região a exemplo do que ocorre em Pernambuco. Existem relatos de estudos não publicados de monitoramento biológico no navio. Santos *et al* (2010c) e Jardewski & Almeida (2005) relatam estudos em Sergipe e em Santa Catarina sobre a sucessão de peixes em habitats artificiais ao largo de ilhas costeiras.

### *IV - Projetos de larga escala com objetivos socioambientais*

O maior projeto de assentamento de recifes artificiais de concreto foi desenvolvido no litoral do Paraná por pesquisadores do Centro de Estudos do Mar da UFPR (SILVA *et al.*, 1997). O projeto foi iniciado quando ainda não havia o arcabouço legal, ou seja a IN 125/06, com a anuência do IBAMA regional do Paraná e a Capitania dos Portos. Estudos oceanográficos entre 1999 e 2000 para determinar períodos e profundidades ideais para o assentamento, em relação às taxas de recrutamento e desenvolvimento da biodiversidade (BRANDINI & SILVA, 2001). Os resultados comprovaram que superfícies submersas em profundidades entre 15 e 18 metros, eram mais colonizadas do que as instaladas em locais mais rasos ou profundos. Esse trabalho orientou a instalação posterior de 2700 blocos quadriláteros de concreto entre 1999 e 2002 nessas isóbatas, formando 11 grupos entre as Ilhas Currais e Itacolomis. Esses assentamentos constam nas cartas de navegação editadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação e, na época, só foram possíveis com a anuência do escritório regional do IBAMA e da Capitania dos Portos do Paraná uma vez que não havia regulamentação legal para a instalação de habitats artificiais ou anti-arrastos no Brasil. As autorizações foram concedidas devido: (i) ao mérito dos projetos em resolver um conflito histórico entre diferentes segmentos sociais da zona costeira e (ii) à parceria com o meio acadêmico, especificamente com o Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, que

avaliaram tecnicamente os riscos ambientais e o potencial de resultados positivos obtidos pelos assentamentos. Muitos desses resultados foram utilizados em teses e dissertações como diagnósticos pré-lançamentos.

Os frutos desses esforços foram colhidos rapidamente. A frota de arrasto industrial reduziu significativamente suas atividades favorecendo cerca de 600 pescadores artesanais, seja pela redução da competição por um mesmo recurso ou eliminando as perdas de apetrechos artesanais que eram frequentemente destruídas pelos arrasteiros industriais. Além disso, houve retorno financeiro para a pesca recreativa e para o turismo subaquático com aumento de alguns segmentos da socioeconomia costeira (BRANDINI, 2013). No entanto, a área de 284 hectares excluída do arrasto representava menos de 0,01% da plataforma interna do Paraná, onde o interesse pelo arrasto comercial é maior por conta da descarga fértil de matéria orgânica das baías locais, o principal combustível da teia alimentar marinha. Em agosto de 2004 iniciou-se o Programa de Extensão e Apoio à Pesca e à Maricultura no Estado do Paraná (PREAMAR) com apoio financeiro da Fundação AVINA ([www.avina.net](http://www.avina.net)), do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná e da Associação MarBrasil ([www.marbrasil.org](http://www.marbrasil.org)). Os resultados das experiências anteriores colaboraram com a regulamentação do IBAMA para novos assentamentos de recifes artificiais na costa brasileira através de Instrução Normativa 125 de outubro de 2006 (Revogada pela IN IBAMA 22/2009). Sob a nova lei, cerca de 300 pescadores e pescadoras de todos os municípios litorâneos foram recrutados para discutir e opinar sobre uma malha de unidades anti-arrasto e de recifes artificiais, desenhada de acordo com suas rotinas e padrões de pesca. Foi uma experiência co-participativa única no estado para a gestão dos recursos pesqueiros tradicionais (ANDRIGUETTO-FILHO & PIERRI, 2012).

Com o sucesso e a base tecnológica das experiências anteriores a Associação MarBrasil iniciou em 2004 um programa multidisciplinar, tecnológico e socioambiental com apoio do programa PETROBRAS Ambiental. O objetivo do REBIMAR foi dar continuidade à preservação dos estoques pesqueiros e da integridade física e biológica dos biomas costeiros paranaenses. Em 2008 foi emitida a licença de instalação MMA/IBAMA nº 496 para a construção e instalação de 9480 estruturas de Recifes Artificiais de Recrutamento Larval, divididos em 79 grupos de 120 estruturas cada desenhados especificamente para aumentar a eficiência do recrutamento de larvas de peixes. Em dezembro de 2012 foram instaladas 1360 unidades recifais em 10 grupos de 350 ao longo de uma linha reta no setor central da costa paranaense, entre a Ilha do Mel no Município de Pontal do Paraná e o Município de Matinhos (SANTOS, 2014).

Dois projetos de maior escala também foram desenvolvidos simultaneamente pela unidade da PETROBRAS na Baía de Campos. Um com a utilização de estruturas vazadas feitas com restos de materiais usados na prospecção de petróleo, e outro com o naufrágio programado em novembro de 2003 do navio “Orion” cedido pela marinha do Brasil, ao largo do Município de Quissamã (ALENCAR *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2010c). O objetivo desses projetos foi o apoio a pesca artesanal cujas associações locais argumentavam que as plataformas de petróleo da Baía de Campos atraíam os peixes reduzindo os estoques nos locais de pesca tradicional.

#### **3.2.4.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DOS RECIFES ARTIFICIAIS NA GESTÃO DA APAM-LN**

Com base nos conceitos aqui relatados e na experiência obtida por outros países, e no Brasil, o uso de recifes artificiais multifuncionais, se indicado, pode ter as funções de:

- Proteger áreas de zoneamento específicos nas quais qualquer tipo de arrasto é proibido;
- Proteger a área da APAMLN, assim como seu entorno também, contra a pesca ilegal de arrasto;
- Desenvolver habitats alternativos de pesca recreacional e turismo subaquático;
- Desenvolver pesquisa básica;
- Produzir material biológico educacional.

A seguir são detalhados cada um dos usos propostos:

- Proposta de um sistema anti-arrasto

De um modo geral habitats rígidos assentados no assoalho marinho também podem cumprir metas de proteção ambiental e de apoio ao desenvolvimento socioeconômico de comunidades costeiras, uma vez que pode auxiliar na resolução de conflitos entre diferentes atividades. A pesca de arrasto seja artesanal ou industrial tem um impacto ambiental que precisa ser gerenciado devido ao seu impacto ambiental. Nesse caso, dependendo do planejamento espacial de assentamento, os novos habitats representam um poderoso sistema anti-arrasto que impede a prática da pesca em áreas de zoneamento específicos.

- Como alternativa de uso turístico recreacional

Em áreas afastadas da costa, onde a transparência da água mantém-se em níveis satisfatórios para o mergulho autônomo durante todo o ano, cria-se a possibilidade de se mergulhar em ambientes protegidos e biologicamente ricos, como é o caso de estruturas submersas naturais, o que é muito atraente para a indústria do ecoturismo. A decoração de um fundo submarino homogêneo típico do sedimento arenoso adjacente aos habitats recifais da APAMLN, através do posicionamento estratégico das estruturas de concreto, pode ser utilizada como ferramenta útil para a criação de trilhas e paisagens submarinas a serem exploradas com grande visibilidade e segurança durante o mergulho autônomo, sendo um ótimo instrumento de educação ambiental no litoral norte. A atividade de pesca pode ser um alvo da implantação de recifes artificiais, diminuindo o impacto em ambientes naturais. Mas vale ressaltar a necessidade de manejo no uso dos habitats artificiais para que eles não se degradem, o que pode ser feito restringindo-se o número e tamanho de embarcações, bem como na definição de períodos de defeso.

- Pesquisa Básica

As estruturas de concreto, pelo seu peso e formato, representam excelentes plataformas de apoio para a fixação de equipamentos oceanográficos visando o monitoramento constante das condições oceanográficas na plataforma. Os mais modernos estudos oceanográficos de campo dependem da utilização de navios, boias oceanográficas fixas ou de deriva, associados com técnicas satelitárias. Em estruturas selecionadas será possível a instalação segura de equipamentos que fornecerão dados contínuos de correntes, temperatura, salinidade, concentração de clorofila, material particulado, turbidez e transparência da água. Esses dados são fundamentais para o desenvolvimento de projetos oceanográficos regionais e o monitoramento ambiental de toda a região ocupada pelos substratos artificiais. Servirão também de subsídios para estudos sobre (i) dinâmica sazonal de colonização de

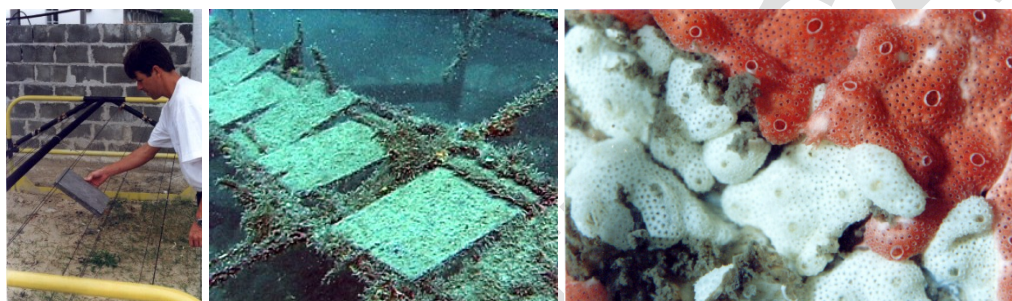


novos habitats pela comunidade epilítica e pela ictiofauna, (ii) interações entre a comunidade de fundos rochosos e não consolidados (=estudos de halo trófico).

– Educação e divulgação

Placas de recrutamento de espécies epilíticas com tamanho padronizado feitas de cimento serão assentadas nos módulos de concreto e após a incrustação máxima (**Figura 3.2.4.6-9**), serão distribuídas como material didático para aulas práticas de laboratório em escolas de ensino fundamental ou comercializados para aquários privados, gerando receita própria para as unidades gestoras da APAMLN.

**Figura 3.2.4.6-9** – Placas de cimento assentadas a 18 metros de profundidade durante 1 ano ao largo das Ilhas Currais, Paraná.



Fonte: SILVA, 2001.

### 3.2.4.7 TIPOLOGIA E ARRANJO ESPACIAL ESPECÍFICOS

Abaixo é detalhada a metodologia básica para o assentamento de recifes artificiais, com base em experiências exitosas. Esta proposta serve de subsídio para a APAMLN ao avaliar propostas que estejam de acordo com seus objetivos de gestão.

O assentamento de recifes artificiais é indubitavelmente uma ferramenta versátil na gestão dos recursos pesqueiros e da biodiversidade marinha, desde que a tipologia selecionada otimize a complexidade estrutural, em conjunto com as informações ambientais básicas (hidrografia, biota marinha, capacidade de recrutamento, etc.) e específicas para cada região. Estabilidade elevada e durabilidade são características essenciais na escolha dos materiais utilizados em programas de assentamento de recifes artificiais. Os mais comuns, e com mais vantagens do ponto de vista ambiental, são estruturas de concreto, blocos de rochas calcárias naturais e estruturas de aço naval (DUCLERC & DUVAL, 1986; BOMBACE, 1996).

Para atender aos objetivos multifuncionais sugere-se o assentamento de dois tipos de estruturas:

- (i) “Pirâmides” de 240 módulos quadriláteros de concreto com as dimensões de 40x40x50 cm, pesando cerca de 100 kg (**Figura 3.2.4.7-10**) usadas pelo projeto Recuperação da Biodiversidade Marinha no Paraná – REBIMAR atualmente em andamento sob a responsabilidade da Associação MarBrasil ([www.marbrasil.org](http://www.marbrasil.org)) e apoio financeiro da Petrobrás desde 2010 (SANTOS, 2016). Esses módulos já foram licenciados pelo IBAMA de acordo com a IN 125 de 2006 em vigor no período (Em vigor atualmente a IN 22/2009), são de porte médio facilitando a logística de assentamento e dão suficiente complexidade estrutural ao novo habitat para serem rapidamente

colonizados pela comunidade epilítica e pela ictiofauna regional. As pirâmides podem ser assentadas nos vértices das linhas limítrofes da APAMLN e sinalizadas com boias orientando os usuários sobre os limites da APAMLN., também podem ser instaladas em pontos chaves para facilitar as atividades de ecoturismo no local.

Figura 3.2.4.7-10 – Módulos quadriláteros de concreto com as dimensões de 40x40x50 cm, pesando cerca de 100 kg usadas pelo projeto Recuperação da Biodiversidade Marinha no Paraná – REBIMAR.



Fonte: <http://www.marbrasil.org/rebimar>.

- (ii) Unidades anti-arrasto feitas com tambor atravessado com barras de ferro e preenchidas com concreto (Figura 3.2.4.7-11). Essas unidades serão assentadas em um *grid* espacial definido por lideranças de pesca tradicional por meio de consultas públicas em cada região da APAMLN.

Figura 3.2.4.7-11 – Unidades anti-arrasto feitas com tambor atravessado com barras de ferro e preenchidas com concreto.



Fonte: Acervo pessoal

### 3.2.4.8 IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO USO DE RECIFES ARTIFICIAIS EM ÁREAS MARINHAS PROTEGIDAS

O potencial do impacto ambiental causado pelo assentamento de estruturas de concreto pode ser positivo ou negativo, e depende de vários fatores. Primeiro é fundamental definir os objetivos dos assentamentos e selecionar a tipologia que melhor atinja esses objetivos. Se o objetivo é impedir o arrasto de pesca ilegal, o assentamento de um grid deve ser consistente com a escala geográfica e a natureza do arrasto.

Evidentemente que nesse caso o impacto é positivo para o meio ambiente uma vez que o impacto negativo sobre a biodiversidade do fundo marinho provocado pelo arrasto será reduzido drasticamente. A estrutura física e biológica do sedimento são resilientes pela própria natureza não consolidada do substrato e a possibilidade de colonização rápida do substrato impactado pela fauna bêntica, normalmente composta por animais com ciclos de vida “r” estrategista. A estrutura e o funcionamento do ecossistema bêntico são rapidamente restabelecidos tendo em vista a dinâmica hidrográfica e biológica da plataforma rasa onde a APAMLN se localiza. O projeto beneficia a biodiversidade da APAMLN e pode proteger recursos pesqueiros.

O uso de habitats artificiais em unidades de conservação deve ser considerado uma ferramenta de manejo. Não apenas a biodiversidade, mas a biomassa de espécies alvo da pesca comercial aumentam em defesos espaciais, como é o caso de unidades de conservação de uso restrito. Fiscalizar áreas protegidas contra a proibição do arrasto deverá ser parte do Plano de Manejo, mas demandará recursos financeiros às vezes limitados tornando a APAMLN vulnerável à pesca ilegal. A instalação de “sentinelas ocultas”, como são chamadas as unidades anti-arrasto, vai eliminar permanentemente a pesca comercial ilegal, e reduzir consideravelmente os gastos com fiscalização, como já ocorreu (p.ex.) no litoral do Paraná (BRANDINI, 2013).

A implantação de um sistema de habitats artificiais na APAMLN tem enorme potencial de fortalecer o turismo de mergulho e a atividade pesqueira, a exemplo do que ocorreu no Projeto REBIMAR no estado do Paraná (BRANDINI, 2013). É uma forma de ampliar indiretamente para o público os benefícios ambientais e os serviços ecossistêmicos da APAMLN que vão exportar o *pool* larval e os peixes oriundos de suas comunidades protegidas para os novos habitats adjacentes. Estes irão dividir o interesse do público pela biodiversidade dos habitats naturais na APAM aliviando consideravelmente a pressão antrópica sobre todo o sistema.

Novos habitats assentados nos limites da APAMLN servirão de corredor ecológico e dispersão genética de populações autóctones colaborando com a recuperação da biodiversidade em habitats costeiros degradados e aumentando a capacidade de carga desses ambientes em relação ao uso dos recursos ecossistêmicos pela comunidade costeira permanente e sazonal.

Haverá impactos negativos, caso o processo de assentamento, com tipologias e espaçamento das unidades definidos de acordo com objetivos e características ambientais, não seja corretamente desenvolvido. Por exemplo, se forem assentados em áreas rasas sujeitas a ação de ondas e correntes de mare, certamente haverá grave interferência na mobilidade de sedimentos costeiros e, conseqüentemente, processos erosivos ou de assoreamento (SIMIONI & ESTEVES, 2010). Tendo em vista o efeito agregador de novos habitats, a vulnerabilidade de espécies ameaçadas deve ser uma preocupação, sobretudo se a fiscalização for deficitária e não forem tomadas as medidas necessárias para que o novo habitat. Outro fator que pode ser negativo é o uso de materiais incorretos que possam causar impactos ambientais, como carcaças de veículos, pneus e madeira.

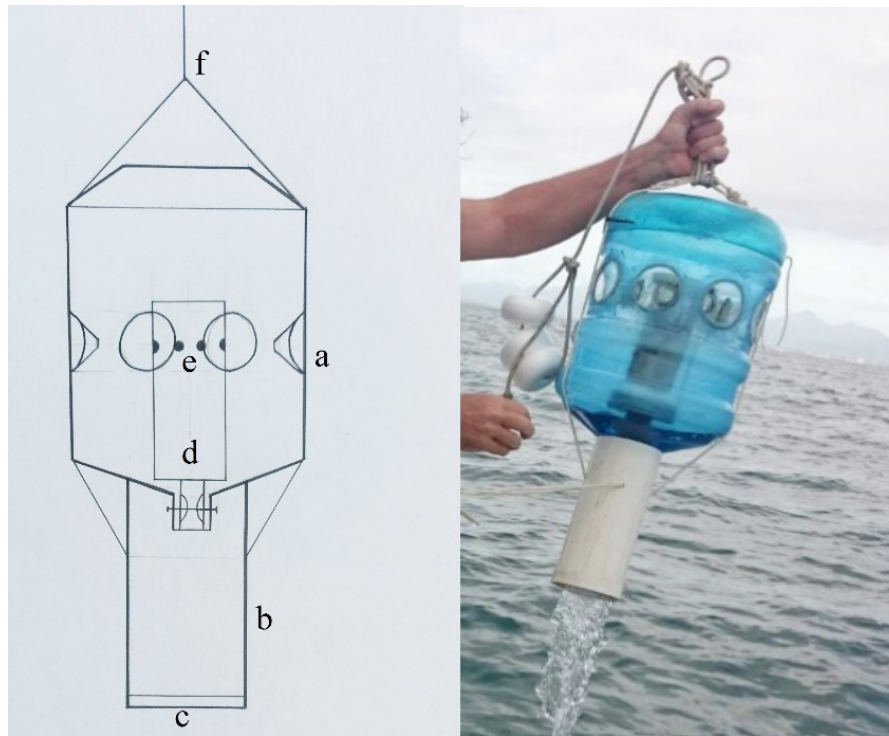
### 3.2.4.9 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

No Diagnóstico Participativo da APAMLN (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) o tema não foi muito mencionado, apenas como potencial fortalecedor da fauna em ambientes degradados e a necessidade de estudos para viabilização da implantação desses ambientes foi lembrada.

### 3.2.4.10 LACUNAS DE CONHECIMENTO COMO SUBSIDIO A GESTÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

- Programas de assentamento de recifes artificiais devem ser encarados como uma ferramenta alternativa do manejo ambiental e socioeconômico. Inicialmente deve ser avaliada a necessidade dessas estruturas e os seus objetivos com base nas categorias funcionais descritas no item 3.2.4.3. (Aplicações Gerais). Se for de interesse da comunidade local, dos órgãos públicos e gestores locais é que os assentamentos devem ser considerados. Nesse caso, os seguintes estudos devem ser realizados para garantir a eficiência da implantação de habitats artificiais: Estudos preliminares sobre a avaliação do potencial larval e da dinâmica populacional do meroplâncton em toda área da APAMLN. Esses estudos devem ser feitos antes da implantação do sistema de recifes artificiais, sobretudo para aqueles destinados exclusivamente ao turismo subaquático e a pesca de anzol. Essas informações são fundamentais para determinar áreas de concentração de larvas e períodos com maior potencial de colonização. O trabalho de Boerseth (2016) é um bom exemplo desse tipo de estudo e apresenta uma armadilha de luz eficiente e de baixo custo (**Figura 3.2.4.10-12**).

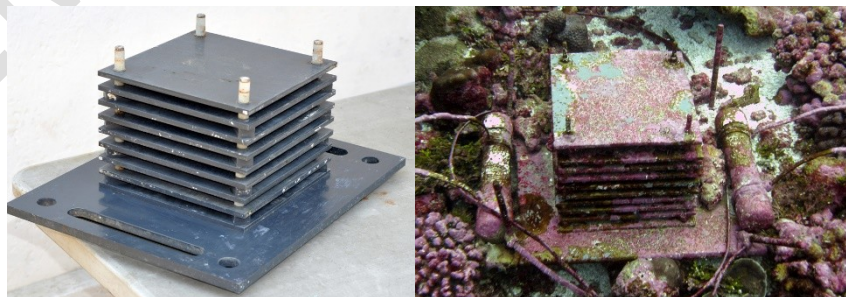
Figura 3.2.4.10-12 – Armadilha de luz construída com galões água reaproveitados. a) orifício de entrada para organismos; b) recipiente, armazenador de amostra; c) tela com malha de 350  $\mu\text{m}$ ; d) baterias, sistema eletrônico e recipiente estanque; e) sistema de luzes LED branco “frio”; f) cabo de sustentação; g) foto de um sistema prestes a ser instalado in situ.



Fonte: BOERSETH, 2016.

- Estudo de bioincrustação com placas experimentais na APAMLN para determinar a dinâmica sazonal do recrutamento da comunidade epilítica. Não basta ter as larvas. É necessário conhecer as condições de recrutamento. Estruturas experimentais do tipo “Autonomous Reef Monitoring Structures” (ARMS – **Figura 3.2.4.10-13**) deverão ser suspensas em vários níveis da coluna de água em um ou mais pontos fixos (quanto mais melhor) nos limites da APAMLN de modo a determinar a altura mínima necessária para otimizar a colonização dos futuros habitats artificiais.

Figura 3.2.4.10-13 – Autonomous Reef Monitoring Structures (ARMS) utilizadas para simular a alta complexibilidade estrutural de um ambiente natural e maximizar a colonização por organismos.



Fonte: [https://pifsc-www.irc.noaa.gov/cred/survey\\_methods/arms/overview.php](https://pifsc-www.irc.noaa.gov/cred/survey_methods/arms/overview.php).

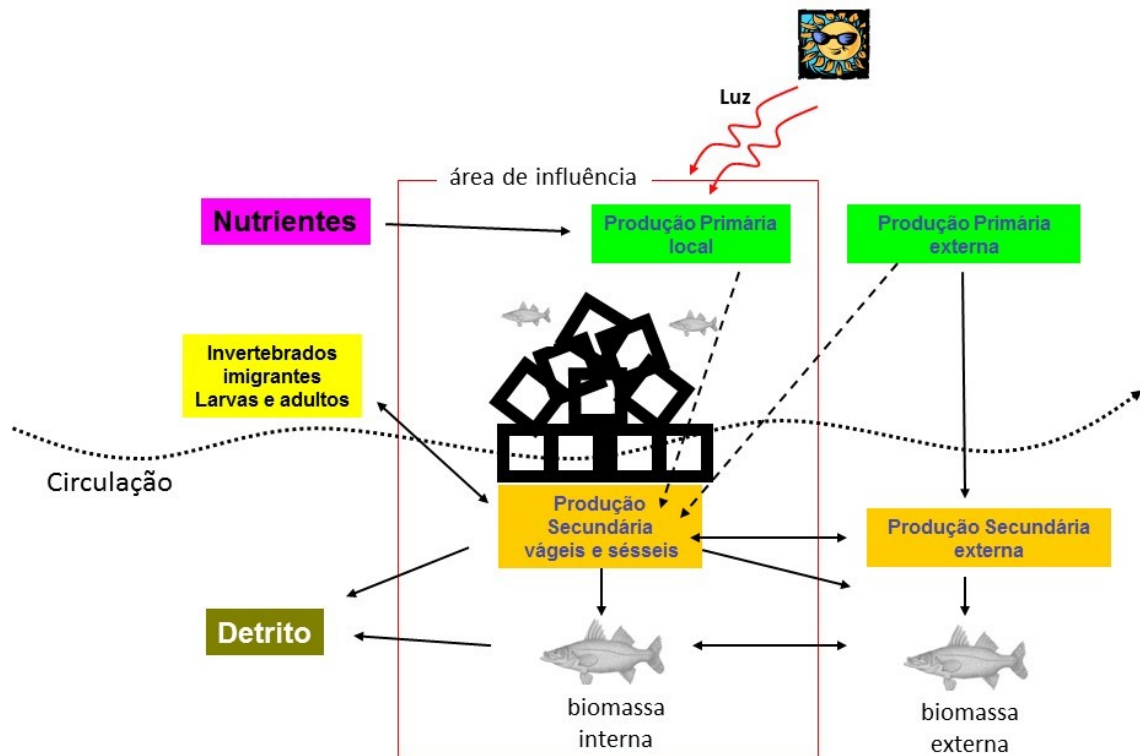
- Estudos da atuação da frota pesqueira regional e remota. Esses estudos visam entender o modo de operação dos apetrechos de pesca para subsidiar o planejamento da extensão espacial do sistema anti-arrasto, tornando-o mais eficiente.
- Estudar em quais áreas há real necessidade da instalação de habitats artificiais e, com base nas características físicas locais e nas informações da pesca profissional (artesanal e industrial) amadora e esportiva, definir objetivos, qual das duas tipologias aqui sugeridas (anti-arrasto ou módulos quadriláteros de concreto) e o grid de assentamento dessas unidades.

#### **3.2.4.11 PLANO DE MONITORAMENTO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO**

A FAO (1990) recomenda a utilização de recifes artificiais pelos países costeiros interessados no manejo ecossistêmico de seus recursos marinhos. O planejamento e a gestão do assentamento de recifes artificiais é o que determina o seu potencial para o desenvolvimento socioeconômico na zona costeira, tais como a pesca artesanal de subsistência, a pesca comercial de pequena escala, a pesca recreativa e o turismo subaquático. Atualmente há um consenso de que biodiversidade e a biomassa de peixes em recifes artificiais são maiores do que em habitats naturais (BOHNSACK *et al.*, 1991; DAN WILHELMSSON *et al.*, 1988; ARENA *et al.*, 2002; SMITH *et al.* 2016) por otimizar processos ecológicos e fatores que controlam o desenvolvimento de ecossistemas naturais.

Além do potencial de refúgio, principal fator do princípio atrator do novo habitat, o desenvolvimento de um novo ecossistema depende de fontes de energia autóctone (produção primária) e alóctone exportada para dentro do sistema (**Figura 3.2.4.11-14**). Luz e nutrientes são essenciais para a produção autótrofa e, portanto, o local de assentamento deve no mínimo garantir esses dois fatores, daí a importância do diagnóstico pretérito sobre a circulação, transporte de materiais (nutrientes e matéria orgânica particulada) e o potencial produtivo dos locais de assentamento. Garantido o fluxo de energia um novo ecossistema se desenvolve criando novos nichos ecológicos e ampliando a capacidade de carga para sustentar novos usuários.

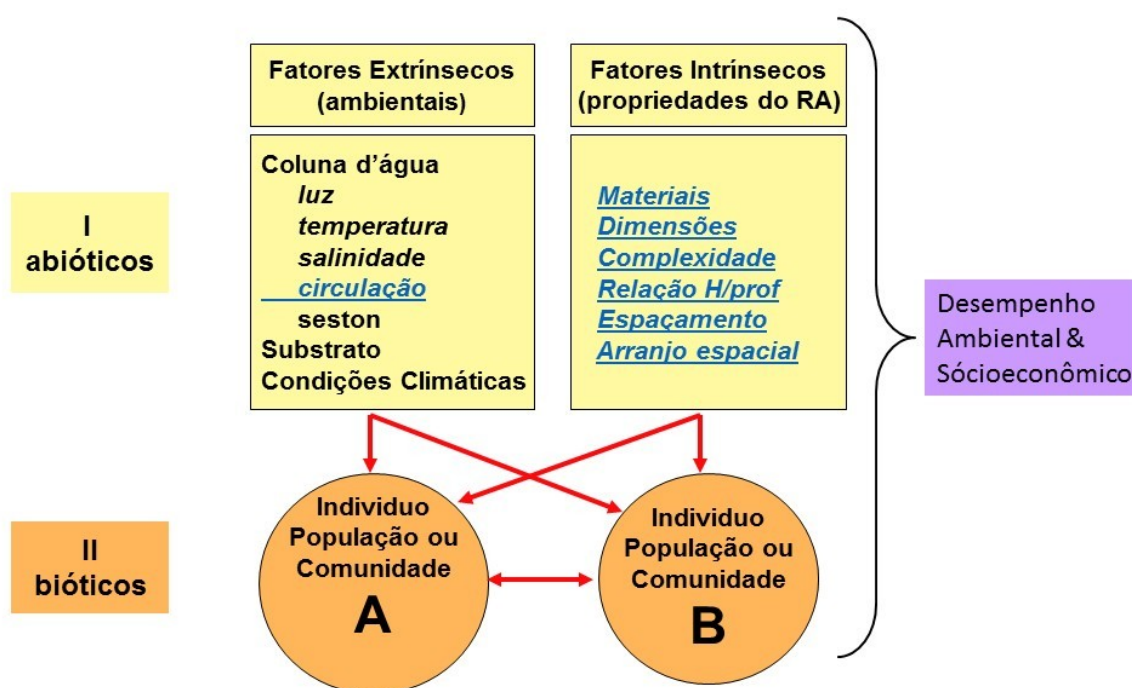
Figura 3.2.4.11-14 – Interconexões ecológicas entre recifes artificiais e o habitat adjacente.



Fonte: Acervo pessoal.

O desempenho de novos habitats assentados no ambiente marinho depende de fatores ambientais extrínsecos e intrínsecos ao novo sistema (**Figura 3.2.4.11-15**). Fatores intrínsecos abióticos são os que controlam a tipologia do novo substrato, tais como o material a ser utilizado na confecção das unidades recifais (= módulos), dimensões, complexidade estrutural, altura na coluna de água e arranjo espacial. Fatores ambientais extrínsecos representam o cenário ambiental (luz, temperatura, circulação, nutrientes, regime climático) sob a qual o novo habitat ecossistema deverá se estabelecer com estrutura e funcionamento semelhantes aos dos ecossistemas recifais naturais, de onde partem seus os novos recrutas.

Figura 3.2.4.11-15 – Fatores de dependência entre variáveis ambientais e comunidades de recifes artificiais.



Fonte: Acervo pessoal.

Portanto, o monitoramento deve ser capaz de avaliar o desempenho ecológico e, conseqüentemente, sócio ambiental dos novos habitats, sem os quais o conceito de recife artificial não se aplica. Para isso os habitats artificiais serão visitados mensalmente para estudos de povoamento e colonização biológica em relação aos parâmetros ambientais. Estudos de biodiversidade e ciclos de vida deverão ser feitos com mergulho autônomo e técnicas (não destrutivas) de vídeo e fotografia para a documentação da evolução das comunidades de invertebrados e da ictiofauna, utilizando os habitats naturais como controle. Análises de crescimento e identificação de invertebrados epilíticos e da fauna benthica de fundo arenoso adjacente deverão ser feitas com metodologia convencional usada em estudos de ecossistema benthicos naturais. Placas de cimento submersas e substituídas em intervalos regulares serão usadas nos estudos de recrutamento. Parâmetros ambientais da água serão analisados em caráter sazonal com sensores contínuos de dados biogeoquímicos instalados *in situ* em pelo menos um dos assentamentos, representativo de toda a área da APAMLN, como forma de monitorar a estrutura oceanográfica local.

Propomos os seguintes índices de desempenho ambiental e socioeconômico que deverão ser monitorados após os assentamentos:

- Ambiental – (i) análise da riqueza e diversidade específica de comunidades recifais naturais e artificiais, (ii) avaliação do pool larval de peixes (ictioplâncton) com a instalação de armadilhas de luz nos habitats naturais da APAMLN (= controle e nos novos habitats;
- Socioeconômicos – (i) número de usuários que visitam os recifes artificiais por ano, (ii) retorno financeiro para a socioeconomia regional após a implantação dos recifes artificiais, e (iii) avaliação das apreensões de barcos e praticantes de pesca ilegal na APAMLN.



### 3.2.4.12 POTENCIALIDADE/OPORTUNIDADES

Benefícios e ameaças fazem parte do desafio da implantação de sistemas de recifes artificiais. A melhoria socioeconômica depende do público alvo do projeto de implantação. Igualmente importante é a definição das áreas que receberão os recifes artificiais, por exemplo em áreas mais acessíveis podem ser utilizadas para a pesca e ecoturismo, e em áreas mais remotas serem importantes para a ampliação e manutenção dos recursos pesqueiros.

### 3.2.4.13 BENEFÍCIOS

Os benefícios oriundos de assentamentos de habitats artificiais são vários. Os mais relevantes para a conservação e uso sustentável da APAMLN são listados a seguir:

- Habitats artificiais protegem a fauna bêntica e a estrutura do sedimento contra a pesca ilegal de arrasto. Entende-se por pesca ilegal aquela praticada em áreas de restrição à pesca.
- Habitats artificiais são locais atraentes para o mergulho e a pesca recreacional de linha, anzol e caça submarina, ajudando a reduzir o impacto do turismo e da pesca sobre os habitats naturais, oferecendo um local alternativo para essas atividades.
- Habitats artificiais geram benefícios socioeconômicos para a zona costeira adjacente. No sudeste da Flórida (EUA) esses benefícios variam entre US\$0.6-1.5 bilhões/ano, sobretudo devido a embarcações afundadas, importantes como alternativa de uso turístico e redução do impacto antropogênico nos habitats naturais (HAZEN AND SAWYER ASSOCIATES, 2001).
- Habitats artificiais de concreto ou embarcações de aço naval descomissionadas são duráveis quando assentados em locais e profundidades apropriadas, sem o impacto de correntes anômalas e condições climáticas adversas. Estruturas de concreto podem durar mais de 500 anos e cascos de navios, se forem anodizados, mantem sua estrutura original por várias décadas
- Habitats artificiais mais altos, mesmo obedecendo as leis da NORMAN nº 11 da Diretoria de Portos e Costas do Ministério da Marinha, que exigem um mínimo de distância entre o topo do casco e a linha d'água para a navegação segura, ocupam níveis elevados da coluna de água atraindo grandes cardumes de peixes pelágicos, tornando-os mais atraentes para o turismo subaquático.
- Habitats artificiais podem promover correntes e zonas de remanso a jusante dos módulos recifais, atraindo cardumes de peixes forrageiros que atraem os peixes carnívoros, o que pode favorecer a atividade pesqueira. Porém é necessário realizar estudos prévios que demonstrem que este benefício não causará impacto negativo nos estoques pesqueiros.
- Habitats artificiais dão mais complexidade bêntica oferecendo refúgio e aumentando a biodiversidade em fundos marinhos homogêneos.
- Habitats artificiais aumentam a superfície de substratos de recrutamento de espécies epibênticas e a biomassa de níveis tróficos inferiores. Conseqüentemente dão início ao fluxo de energia através da teia alimentar com a atração de níveis tróficos superiores

- Dependendo do local e da estação do ano, o assentamento de navios descomissionados pode suportar maior abundância e biomassa de peixes recifais do que nos habitats naturais adjacentes, sobretudo espécies de interesse recreacional e turístico (p.ex., garoupas, badejos, meros) (SPIELER, 2001; ARENA *et al.*, 2002).
- Habitats artificiais reduzem o impacto da ancoragem de embarcações sobre a integridade física e biológica dos habitats naturais. No sudeste da Florida, cerca de 1/3 da atividade de pesca recreacional é praticada em habitats artificiais, sobretudo em naufrágios programados (HAZEN AND SAWYER ASSOCIATES, 2001).
- Habitats artificiais fornecem exemplares da biodiversidade local que podem ser usados em atividades educacionais ou mesmo no comércio do aquarismo, evitando a coleta predatória em habitats naturais.

#### **3.2.4.14 AMEAÇAS**

Habitats artificiais podem representar uma ameaça para a conservação e gestão dos recursos biológicos naturais ou mesmo não cumprir as metas pretendidas se:

- Forem usados materiais tóxicos que contaminem a biota marinha;
- For usada uma tipologia de módulos de concreto inadequada em termos de volume, rugosidade e espaços, limitando a complexidade do fundo marinho necessária para atrair a comunidade bêntica da base da pirâmide trófica e, conseqüentemente, a biodiversidade total do novo habitat;
- Não houver um planejamento adequado do grid de assentamentos baseado em estudos preliminares sobre o potencial;
- Não forem manejados corretamente, ou seja, sem com um controle sobre o uso e a capacidade de suporte das atividades que a estrutura proporciona, tornando-os tão impactados quanto os habitats naturais adjacentes;
- Podem atrair espécies ameaçadas que se tornam vulneráveis a pesca ilegal.

#### **3.2.4.15 CONTRIBUIÇÃO PARA PLANEJAMENTO DA APAMLN**

Devido a maior complexidade estrutural obtida na construção de módulos de concreto, a biodiversidade marinha pode ser ainda maior em habitats artificiais do que nos habitats naturais adjacentes, devido a otimização de processos ecológicos (SPIELER, 2001; ARENA *et al.*, 2002; ZALMON *et al.*, 2002), uma característica que pode ser aproveitada na gestão da unidade de conservação. É uma questão de planejamento técnico que envolve a decisão sobre o tipo e o tamanho das unidades recifais, o conhecimento dos padrões de circulação local e das características biogeoquímicas da coluna de água. A geomorfologia costeira e a dinâmica sazonal de propriedades biogeoquímicas variam ao longo dos setores, norte, centro e sul da costa paulista. Ambientes oligotróficos, com reduzida contribuição da drenagem continental e proximidade dos maciços da Serra do Mar são típicos das APAMs Norte e Central. Com a instalação e manejo corretos dos recifes artificiais na área da APAMLN, as atividades de pesca e

de mergulho podem ser beneficiadas, devido à criação de novos locais para estas práticas, possíveis aumentos nos estoques de recursos pesqueiros e a mitigação contra o uso de métodos ilegais de pesca, além de auxiliar no conhecimento científico, proporcionando um laboratório “natural”, onde processos de sucessão/colonização dos organismos poderão ser monitorados desde o início, auxiliando no entendimento da dinâmica ecossistêmica em substratos consolidados.

O aspecto mais difícil de ser contornado na logística de assentamentos em larga escala é a disponibilidade do meio flutuante para transporte das estruturas até os locais de assentamento. Normalmente utilizam-se balsas de travessia de veículos operadas por empresas públicas ou privadas. A logística necessita de parcerias, tendo em vista a natureza complexa e custosa das atividades operacionais. A construção de módulos de concreto requer um canteiro de obras que poderá ser viabilizado em terrenos públicos emprestado pelas Prefeituras dos municípios costeiros. Esse aspecto logístico é o mais fácil de ser equacionado. Outra possibilidade é contratar empresas privadas para a construção dos módulos. As condições meteorológicas poderão dificultar as operações de assentamento que só podem ser executados em condições de mar calmo.

### 3.2.4.16 PARÂMETROS AMBIENTAIS A SEREM CONSIDERADOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE RECIFES ARTIFICIAIS

Alguns parâmetros ambientais devem ser levados em consideração ao definir o zoneamento de áreas apropriadas para a implantação de recifes artificiais e variam de acordo com a finalidade do empreendimento (**Tabela 3.2.4.16-1**).

Tabela 3.2.4.16-1 – Sugestão de parâmetros ambientais a serem considerados na implementação de Recifes Artificiais.

Uso	Parâmetros ambientais					
	Profundidade (metros)	Tipo de fundo	Potencial larval	Turbidez (FNU)	Estrutura	Correntes
Turismo subaquático	10 a 25	Arenoso/estável	Alto	< 2	Módulos de concreto	Baixa intensidade
Pesca recreativa/esportiva	10 a 25	Arenoso/estável	Alto	Indiferente	Módulos de concreto	Baixa ou média intensidade
Estudo/Pesquisa	Avaliar caso a caso	Arenoso/estável	Alto	Avaliar caso a caso	Avaliar caso a caso	Baixa intensidade
Educação ambiental	Avaliar caso a caso	Arenoso/estável	Alto	Baixa, se possível < 2	Placas/Sistema "ARMS"	Baixa intensidade
Anti-arrasto	Nas isóbatas proibidas para a pesca de acordo com a legislação local	Estabilidade do sedimento arenoso	Indiferente	Indiferente	Tambores com barras de ferro e concreto	Avaliar caso a caso

### 3.2.4.17 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, C. A. G.; SILVA, A. S.; CONCEIÇÃO, R. N. L. Texto básico de nivelamento técnico sobre recifes artificiais marinhos. Brasília: *Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca* (SEAP-PR), 2003. 46p.
- ALLEMAND, D.; DEBERNARDI, E.; SEAMAN, W. JR. Artificial Reefs in the Principality of Monaco: Protection and Enhancement of Coastal Zones. In: JENSEN, A.C.; COLLINS, K.; LOCKWOOD, A. P. M. (eds) 2000. *Artificial Reefs in European Seas*. Springer Netherlands, 2000. p.151-166.
- ANDRIGUETTO-FILHO, J.M.; PIERRI, N. Participation of small-scale fishermen in the design of a project for creating artificial reefs in the south of Brazil. *CUHSO Cultura-Hombre-Sociedad*, 2012. p. 95-113.
- ARENA, P.T.; JORDAN, L.K.B.; HARTTUNG, F.M.; FLETCHER, P.; SPIELER, R.E. Fish census of selected artificial reefs in Broward County, Florida: Preliminary results. *Proceedings of the Florida Artificial Reef Summit*. 9p, 2002.
- ATLANTIC AND GULF STATES MARINE FISHERIES COMMISSIONS. Guidelines for Marine Artificial Reef Materials (2nd ed). Artificial Reef Subcommittees. Ronald R. Lukens and Carrie Selberg (Project Coordinators), 2004. 198p.
- BADALAMENTI, F.; D'ANNA, G.; RIGGIO, S. Artificial reefs in the Gulf of Castellammare (North-West Sicily: A Case Study. In: JENSEN, A.C.; COLLINS, K.; LOCKWOOD, A. P. M. (eds) 2000. *Artificial Reefs in European Seas*. Springer Netherlands, 2000. p. 75-96.
- BOERSETH, C. Spatial dynamics and characterization of the ichthyoplankton community of natural and artificial reef environments on the coast of Paraná state, south Brazil. Em elaboração. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- BOHNSACK, J. A.; JOHNSON, D. L.; AMBROSE, R. F. Ecology of Artificial Reef Habitats and Fishes, In: SEAMAN, W. Jr; SPRAGUE, L. M. *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, San Diego, USA, 1991. p. 61-99.
- BOHNSACK, J. A. Are high densities of fish at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? *Bulletin of Marine Science*, v. 44, p. 631–645, 1989.
- BOMBACE, G.; FABI, G.; FIORENTINI, L. Artificial reefs in the Adriatic Sea. In: JENSEN, A.C.; COLLINS, K.; LOCKWOOD, A. P. M. (eds) 2000. *Artificial Reefs in European Seas*. Springer Netherlands, 2000. p. 31-64.
- BOMBACE, G. Protection of biological habitats by artificial reefs. *Proceedings of the 1st Conference of the European Artificial Reef Research Network*, Ancona, Italy, 1996. p. 1-15.
- BRANDINI, F. P. Marine biodiversity and sustainability of fishing resources in Brazil: a case study of the coast of Paraná state. *Regional Environmental Change*, p.1-11, 2013.
- BRANDINI, F. P. Biodiversidade marinha, pesca e sustentabilidade socioambiental na costa brasileira – O exemplo do programa REBIMAR. In: *MAR BRASIL*, Auana, São Paulo, 2016. p. 317-334.

BRANDINI, F. P.; SILVA, A. S. Epilithic community development on artificial reefs deployed along a cross-shelf environmental gradient off Paraná state, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 59, p. 43-53, 2011.

BRICKHILL, M. J.; LEE, S. Y.; CONNOLLY, R. M. Fishes associated with artificial reefs: attributing changes to attraction or production using novel approaches. *Journal of Fish Biology*, v. 67, p. 53–71, 2005.

BROCK, R.E. Beyond Fisheries Enhancement: Artificial Reefs and Ecotourism. *Bulletin of Marine Science* v. 55, p. 1181-1188, 1994.

BROTTO, D. S.; ARAUJO, F. G. Habitat selection by fish in an artificial reef in Ilha Grande Bay, Brazil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 44, p. 319-324, 2001.

BROTTO, D. S.; ZALMON, I. R. The effect of artificial reef structural complexity and benthic colonization on gill net fish assemblages. *Tropical Oceanography*, v. 35, p. 1-16, 2007.

BROTTO, D. S.; ZALMON, I. R. Structural complexity of substrata effects on spatial distribution of *Conodon nobilis* Linnaeus, 1758 (Teleostei, Actinopterygii). *Brazilian Journal of Oceanography*, v.56, p. 1-12, 2008.

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, 2006a.

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. *Journal of Coastal Research*, v. 39, p. 1277-1281, 2006b.

BROTTO, D. S.; KROHLING, W.; ZALMON, I. R. Comparative evaluation of fish assemblages census on an artificial reef. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, p. 1157-1162, 2007.

BUCKLEY, R. M. Habitat enhancement and urban recreational fishing. In: ITRI, F. M. D. (Eds) *Artificial reefs: marine and freshwater applications*. Michigan, USA: Lewis Publishers, Inc., 1985. p. 365-382.

CARVALHO, M. Naufrágio do Victory 8B – Acomodação dos naufrágios. Revista Mergulho, ano XV, nº194, 2012. Disponível em: <http://www.naufragiosdobrasil.com.br/matedestinonaufrajiovictory8b.htm> Acesso em 18 de ago. 2016.

CHAGAS, F. M.; TURA, P. M.; ZACHEO, V. A. M.; DE GODÓI, S. S. Plano diretor para recifes artificiais do Vale do Ribeira: Diretrizes para o Desenvolvimento Sustentável. 2010. 48 p. Produto de Disciplina de Graduação (Projetos em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CHARBONNEL, E.; HARMELIN, J. G.; CARNUS, F.; LE DIREAC'H, L.; RUITTON, S.; LENFANT P.; BEUROIS, J. Artificial reefs in marseille (France, Mediterranean Sea): From complex natural habitats to concept of efficient artificial reef design. *Brazilian journal of oceanography* v. 59, p. 177–178, 2011.

CONCEIÇÃO, R.N.L. Ecologia de peixes em recifes artificiais de pneus instalados na costa do Estado do Ceara. 2003. 98 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos). 2003.

- CONCEIÇÃO, R. N. L.; PEREIRA, J. A. Comunidades de peixes em recifes artificiais do estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 39, p. 99-109, 2006.
- CONCEIÇÃO, R. N. L.; NASCIMENTO, M. C. Recifes artificiais instalados em Guamaré, Rio Grande do Norte: programa de apoio à pesca artesanal. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 42, p. 106-111, 2009.
- CONCEIÇÃO, R. N. L.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. A situação atual dos recifes artificiais implantados no estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 34, p. 107-115, 2001.
- CONCEIÇÃO, R. N. L.; FRANKLIN-JÚNIOR, W.; BRAGA, M. S. C. Arrecifes Artificiales para el incremento de la productividad en comunidades costeras del Nordeste de Brasil. PESCA 97 – Evaluación y Manejo de los Recursos Pesqueros. Ministério de La Industria Pesquera de Cuba. Havana, Cuba. 1997.
- CONCEIÇÃO, R. N. L.; MARINHO, R. A.; FRANKLIN-JÚNIOR, W.; LOPES, J.; CARPEGIANNI, B. Projeto Marambaia: apoio à pesca artesanal no Ceará instalação e monitoramento dos recifes artificiais em Paracuru. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, p. 78-88, 2007.
- CONCEIÇÃO, R. N. L.; Monteiro-Neto, C. Recifes Artificiais Marinhos. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 6, p. 14-17, 1998.
- WILHELMSSON, D.; ÖHMAN, M. C.; STÅHL, H.; SHLESINGER, Y. Artificial Reefs and Dive Tourism in Eilat, Israel. *Ambio*, v. 27, p. 764-766, 1998.
- DUCLERC, J.; DUVAL, C. Les recifs artificiels en Méditerranée française. *Equinoxe*, v. 11, p. 27-31, 1986.
- FABI, G.; SPAGNOLO, A.; BELLAN-SANTINI, D.; CHARBONNEL, E.; ÇIÇEK, B. A.; GARCÍA, J. J. G.; JENSEN, A. C.; KALLIANIOTIS, A.; SANTOS, M. N. Overview on Artificial Reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 59 (special issue CARAH), p. 155-166, 2011.
- FAO. 1990. Report of the First Session of the Working Group on Artificial Reefs and Mariculture. In: FAO Fisheries Report 428, Ancona, 1989.
- FARIA, V. V.; NOVELLI, R.; GOMES, M. P.; ZALMON I. R. Potencial atrator de tubarões costeiros em recife artificial no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 18, p. 813-821, 2001.
- GODOY, E. A. S.; COUTINHO, R. Can artificial beds of plastic mimics compensate for seasonal absence of natural beds of *Sargassum furcatum*? *ICES Journal of Marine Science*, v. 59, p. 111–115, 2002.
- GODOY, E. A. S.; ALMEIDA, T. C. M.; ZALMON, I. R. Fish assemblages and environmental variables on an artificial reef north of Rio de Janeiro, Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, v. 59, p. S138–S143, 2002.
- GOMES, M. P.; NOVELLI, R.; ZALMON, I. R. Potencial atrator de peixes ósseos em recife artificial no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 18, p. 779-792, 2001.
- GOMES, M. P.; NOVELLI, R.; ZALMON, I. R. Attraction of *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae) by artificial reef on the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 26, p. 1-9, 2004.

GREENE, C. H.; SCHOENER, A. Succession on Marine Hard Substrata: A Fixed Lottery. *Oecologia*, v. 55, p. 289-297, 1982.

GUTZLER, B. C.; BUTLER, M. J.; BEHRINGER, D. Casitas: a location-dependent ecological trap for juvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72(Supplement 1), p. i177–i184, 2015.

HAZEN AND SAWYER ASSOCIATES. Socioeconomic Study of Reefs in Southeast Florida: Miami-Dade County, 2001.

HOLME, N. A.; MCINTYRE, A. D. (eds) *Methods for the study of marine benthos* (2nd ed.), Blackwell, Oxford, p.140-216. 1977.

HUECKEL, G. J.; BUCLEY, R. M.; BENSON, B. L. Mitigating Rocky Habitat Loss Using Artificial Reefs. *Bull. Marine Science*, v. 44, p. 913- 922, 1989.

IFREMER. Rapport final du groupe de réflexion sur les aménagements physiques en zone côtière et leur gestion pour la pêche et l'aquaculture. Coordinateur D. Lacroix. DRV/RA/ST/2000. 140 p. + annexes. IMO-MEPC, 1999. Report of anti-fouling working group at MEPC 43 paper. MEPC 43/WP13, 32 pp, 2000.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. Anti-fouling systems. Focus on IMO, 31p, 2002. Disponível em: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Documents/FOULING2003.pdf> Acesso em 18 de ago. 2016.

INO, T. Historical review of artificial reef activities in Japan. In: COLUNGA, L.; STONE, R. B. (editors), *Proceedings of an international conference on artificial reefs*, p. 21- 23. Texas A&M Univ. Sea Grant Rep. TAMUSG-74-103, 1974.

ITO Artificial Reef Function in Fishing Grounds off Japan. In: BORTONE, S. A.; BRANDINI, F. P.; FABI, G.; OTAKE, S. (Eds), *Artificial Reefs in Fisheries Management*. CRC Marine Biology Series 2011, p. 239-254.

JARDEWESKI, C. L. F.; ALMEIDA, T. C. M. Sucessão de espécies de peixes em recifes artificiais numa ilha costeira do litoral sul brasileiro. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, v. 9, p. 57-63, 2005.

JENSEN, A. C. Artificial reefs of Europe: perspective and future. *ICES J. mar. Sci*, v. 59, p. 3-13, 2002.

JENSEN, A.C. European Artificial Reefs Research. *Proceedings of the 1st EARRN Conference*. Ancona, Italy, 1996.

JENSEN, A. C.; COLLINS K.; SMITH, P. Artificial Reefs of Europe: perspectives and future. In: *Proceedings of 7th International Conference on Artificial Reefs*, p. 3-10. San Remo Italy, 1999.

KROHLING, W.; BROTTTO, D. S.; ZALMON, I. R. Functional role of fouling community on artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 54, p. 183-191, 2006.

MCGURRIN, J. M.; STONE, R. B.; SOUSA, R.J. Profiling United States artificial reef development. *Bulletin of Marine Science*, v. 44, p. 1004-1013, 1989.

- MCLINTOSH, G. S. A concept for artificial reefs as fishery management tools in the United States. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium*, Manila, 1981, v. 1, p. 99- 103, 1981.
- MONTEIRO C. C.; SANTOS, M. N. Portuguese Artificial Reefs. In: JENSEN, A.C.; COLLINS, K.; LOCKWOOD, A. P. M. (eds) 2000. *Artificial Reefs in European Seas*. Springer Netherlands, 2000, p.249-261.
- OKANO, T.; TAKEDA, M.; NAKAGAWA, Y.; HIRATA, K.; MITSUHASHI, K.; KAWAGUCHI, S.; ITO, J. Artificial Reefs to Induce Upwelling to Increase Fishery Resources, In: BORTONE, S. A.; BRANDINI, F. P.; FABI, G.; OTAKE, S. (Eds), *Artificial Reefs in Fisheries Management*. CRC Marine Biology Series 2011, p. 265-278.
- OSMAN, R. W. The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecological Monographs*, v. 47, p. 37-63 1977.
- 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.
- QUINN, T. P.; GLYNN, E. A.; DODGE, R. E.; BANKS, K.; FISHER, L.; SPIELER, R. E. Hypothesis-based Restoration Study For Mitigation of a Damaged SE Florida Coral Reef: A Work in Progress, 2003. Disponível em: <http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/Hypothesis-based%20Restoration%20Study%20For%20Mitigation%20of%20a%20Damaged%20SE%20Florida%20Coral%20Reef%20A%20Work%20in%20Progress.htm> Acesso em 18 de ago. 2016.
- RAMOS-SPLA, A. A.; GUILLÉN, J. E.; BAYLE, J. T.; SÁNCHEZ-JÉREZ, P. Artificial Anti-trawling reefs off Alicante, South-Eastern Iberian Peninsula In: JENSEN, A.C.; COLLINS, K.; LOCKWOOD, A. P. M. (eds) 2000. *Artificial Reefs in European Seas*. Springer Netherlands, 2000, p.195-218.
- RISK, M. J. Artificial Reefs in Discovery Bay, Jamaica. *Atoll. Res. Bull.*, v. 255, p. 91- 100, 1981.
- SANTOS, L. O. REBIMAR – Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha Relatório Técnico-Científico, Licença de Instalação no887/2012 referente ao lançamento de estruturas de recifes artificiais ao longo do litoral do Estado do Paraná (Processo nº 02017.005865/2005-21), 2014, 206 p.
- 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, T. G.; CUNHA, A. G.; SANTOS, D. A. Implantação de recifes artificiais: uma forma alternativa para incrementar a produtividade pesqueira. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 5, p. 1-12, 2010.
- SCHEER, B. T. The Development of Marine Fouling Communities. *Biological Bulletin*, v. 89, n. 1, p. 103-121, 1945.
- SEAMAN, W.; JENSEN, A. C. Purposes and practices of artificial reef evaluation. In: Seaman, W. (Ed.) *Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats*. CRC Press. Boca Raton, Florida, 2000, p. 1-20.



SEAMAN, W. 2007. Artificial habitats and restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. *Hydrobiologia*, v. 580, p. 143-155.

SEAMAN, W.; SPRAGUE, L. M. Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries. Academic Press, San Diego, 1991, 285p.

SEAMAN, W. (Ed). Artificial Reef Evaluation with Application to Natural Marine Habitats, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2000, 246 p.

SEAMAN, W.; SPRAGUE, L. M. Artificial habitats practices in aquatic systems. In: SEAMAN, W.; SPRAGUE, L. M. *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press, San Diego, 1991, p. 1-29.

SILVA, A. S. Estrutura e dinâmica de comunidades epilíticas de habitats artificiais e suas relações com os fatores ambientais na plataforma rasa do Estado do Paraná. 2001. 178 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

SILVA, E. T.; SILVA, A. S.; BRANDINI, F. P.; BRUSAMOLIN, F. P. Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal na costa do Estado do Paraná. Anais da Semana Nacional de Oceanografia. UNIVALI/FACIMAR, Itajaí, 5 a 10 de out. 1997, p. 566-569.

SIMARD, F. Reflexions sur les récifs artificiels au Japon. *Biol. Mar. Medit.*, v. 2, n. 1, p. 99-109, 1995.

SIMIONI, B. I.; ESTEVES, L. S. Avaliação Qualitativa do Desempenho dos Recifes Artificiais Multifuncionais (RAM). *RGCI-Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 10, n. 1, 2010.

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'. *Mar. Biol.*, v. 188, p. 163-188, 2016.

SPIELER, R. E. Fish census of selected artificial reefs in Broward County. Report to the Florida Fish and Wildlife Conservation Commission under Grant Agreement FWCC-99054, 2001, 28 p.

SZATYBELKO, M.; MATULANIEC, M. Biological support in self-cleaning of the sea. In: UNESCO Technical Report, *Proceedings of the International Meeting "The Urbanization and the Protection of the Biocenosis of the Baltic Coasts"*, 4-8 de out. 1994, Jodkrainte, Lituania. p. 124-127.

US DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Draft Environmental Impact Statement – Proposed OCS Oil and Gas Sales. Prepared by the New Orleans Outer Continental Shelf Office, 1981. 417 p.

WILHELMSSON, D.; ÖHMAN, M. C.; STÅHL, H.; SHLESINGER, Y. Artificial Reefs and Dive Tourism in Eilat, Israel. *Ambio*, v. 27, n. 8, p. 764-766, 1998.

ZALMON, I. R.; NOVELLI, R.; GOMES, M. P.; FARIA, V. V. Experimental results of an artificial reef programme on the brazilian coast north of Rio de Janeiro. *ICES Journal of Marine Science*, v. 59, p. 83-87, 2002.

ZALMON, I.R. Programa Recifes Artificiais no Litoral Norte do Estado do Rio de Janeiro. Projeto (não publicado), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Biociências e Biotecnologia, 1995. 19 p.

EM CONSTRUÇÃO