

**APLICAÇÕES PRÁTICAS DE SISTEMAS EMBARCADOS PARA A  
CONSERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS MARINHOS**

Uinnie Paula da Cruz dos **Anjos**<sup>1\*</sup>, Danille dos Santos **Rosendo**<sup>2</sup>, Iramaia De **Santana**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas da Universidade do Estado da Bahia - UNEB

<sup>2</sup> Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas da Universidade do Estado da Bahia - UNEB

<sup>3</sup> Doutora em Biologia Marinha e Aquicultura, Analista Bioenergética, é professora adjunta da Universidade do Estado da Bahia

\*Autora correspondente: E-mail: [uinniepaula@gmail.com](mailto:uinniepaula@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1899-4344>

**RESUMO:** Os sistemas embarcados fornecem uma variedade abrangente de informações que contribuem para a observação, preservação e administração dos ambientes marinhos. A integração dessas tecnologias com métodos de sensoriamento, coleta e análise de dados capacita pesquisadores, conservacionistas e responsáveis pela gestão ambiental ao aprimorar sua compreensão na salvaguarda dos ecossistemas marinhos de forma mais eficiente. Ademais, ao fornecer informações precisas e em tempo real sobre o estado dos ecossistemas, os sistemas embarcados permitem uma gestão mais eficiente e adaptativa dos recursos naturais. Isso possibilita a implementação de estratégias de conservação direcionadas e baseadas em evidências, contribuindo para a proteção da biodiversidade marinha, a manutenção da saúde dos mares e a promoção da sustentabilidade ambiental. Este artigo explora o uso de sistemas embarcados como ferramentas para a conservação dos ecossistemas marinhos, com foco no monitoramento ambiental e na gestão sustentável dos recursos, com base em uma revisão bibliográfica, investigando o potencial dos sistemas embarcados como ferramentas de conservação em ecossistemas marinhos. Foram realizadas leituras de artigos científicos e análises de projetos voltados para o monitoramento ambiental e a gestão sustentável de recursos marinhos. Os resultados indicam uma ferramenta promissora para a conservação ambiental. Sua capacidade de coleta e análise de dados em tempo real facilita respostas rápidas a eventos críticos e apoia estratégias de preservação baseadas em evidências. Dessa forma, essas tecnologias surgem como indispensáveis para a sustentabilidade dos ecossistemas marinhos facilitando a identificação dessas alterações e fornecendo subsídios para estratégias de conservação adaptativas.

**Palavras-chave:** Bioindicadores Marinhos; Monitoramento Ambiental; Sustentabilidade; Sensoriamento Remoto; Arduino.

---

## PRACTICAL APPLICATIONS OF EMBEDDED SYSTEMS FOR MARINE ECOSYSTEM CONSERVATION

**ABSTRACT:** Embedded systems provide a comprehensive range of information that contributes to the observation, preservation, and management of marine environments. The integration of these technologies with sensing, data collection, and analysis methods empowers researchers, conservationists, and environmental managers by enhancing their understanding of safeguarding marine ecosystems more efficiently. Moreover, by delivering accurate, real-time information on ecosystem status, embedded systems enable more efficient and adaptive management of natural resources. This facilitates the implementation of targeted, evidence-based conservation strategies, contributing to the protection of marine biodiversity, the maintenance of ocean health, and the promotion of environmental sustainability. This article explores the use of embedded systems as tools for marine ecosystem conservation, focusing on environmental monitoring and sustainable resource management. Based on a literature review, it investigates the potential of embedded systems as conservation tools in marine ecosystems. Scientific articles and project analyses focused on environmental monitoring and sustainable marine resource management were reviewed. The results indicate that embedded systems are a promising tool for environmental conservation. Their capacity for real-time data collection and analysis facilitates rapid responses to critical events and supports evidence-based preservation strategies. Thus, these technologies emerge as indispensable for the sustainability of marine ecosystems, enabling the identification of changes and providing a foundation for adaptive conservation strategies.

**Keywords:** Marine Bioindicators; Environmental Monitoring; Sustainability; Remote Sensing; Arduino

---

## APLICACIONES PRÁCTICAS DE SISTEMAS EMBEBIDOS EN LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS

**RESUMEN:** Los sistemas embebidos proporcionan una amplia variedad de información que contribuye a la observación, preservación y gestión de los entornos marinos. La integración de estas tecnologías con métodos de prospección, recopilación y análisis de datos capacita a investigadores, conservacionistas y gestores ambientales, mejorando su comprensión para salvaguardar los ecosistemas marinos de manera más eficiente. Además, al proporcionar información precisa y en tiempo real sobre el estado de los ecosistemas, los sistemas embebidos permiten una gestión más eficiente y adaptativa de los recursos naturales. Esto facilita la implementación de estrategias de conservación dirigidas y basadas en evidencias, contribuyendo a la protección de la biodiversidad marina, el mantenimiento de la salud de los océanos y la promoción de la sostenibilidad ambiental. Este artículo explora el uso de sistemas embebidos como herramientas para la conservación de los ecosistemas marinos, con un enfoque en el monitoreo ambiental y la gestión sostenible de los recursos. Basado en una revisión bibliográfica, se investiga el potencial de los sistemas embebidos como herramientas de conservación en ecosistemas marinos. Se realizaron lecturas de artículos científicos y análisis de proyectos enfocados en el monitoreo ambiental y la gestión sostenible de recursos

marinos. Los resultados indican que los sistemas embebidos son una herramienta prometedora para la conservación ambiental. Su capacidad para recopilar y analizar datos en tiempo real puede facilitar respuestas rápidas a eventos críticos y respaldar estrategias de preservación basadas en evidencias. De esta manera, estas tecnologías surgen como posibilidades para la sostenibilidad de los ecosistemas marinos, permitiendo la identificación de cambios y proporcionando fundamentos para estrategias de conservación adaptativas.

**Palabras clave:** Bioindicadores Marinos; Monitoreo Ambiental; Sostenibilidad; Sensoriamento Remoto; Arduino.

## INTRODUÇÃO

O Brasil tem importante patrimônio de biodiversidade marinha, distribuído entre praias arenosas, costões rochosos, manguezais, estuários, lagoas costeiras, recifes de algas calcárias e corais endêmicos, ilhas e bancos oceânicos. Essa complexidade fisiográfica abriga um estoque de recursos genéticos de valor inestimável e pouco explorado. O uso dos recursos concentra-se nas atividades de pesca, na exploração de óleo e gás, na maricultura, no turismo e no lazer. A conservação dos ecossistemas marinhos é um tema de extrema importância considerando os desafios crescentes que esses ambientes enfrentam devido às atividades humanas e às mudanças ambientais globais. Nesse contexto, as aplicações práticas de sistemas embarcados surgem como uma ferramenta promissora para a proteção e preservação desses ecossistemas delicados.

Um Sistema Embarcado é definido pela IEEE como “um sistema computacional que faz parte de um sistema maior e implementa alguns dos requerimentos deste mesmo sistema”. Esta definição, estabelecida há mais de duas décadas, permanece válida. Contudo, a revolução vivenciada pela engenharia de *software* nos últimos anos incentivou alguns autores a complementá-la. (Zurita, 2014). A utilização de tecnologias embarcadas tem ganhado destaque como uma abordagem inovadora e eficaz para monitorar e gerenciar áreas marinhas protegidas, habitats sensíveis e espécies ameaçadas. A capacidade desses sistemas de coleta de dados em tempo real e de forma remota fornece uma compreensão mais abrangente e detalhada dos ecossistemas marinhos, permitindo uma resposta mais rápida e eficaz a eventos de manipulação ambiental.

Existe uma necessidade urgente de implementar estratégias para proteger e preservar os ecossistemas marinhos diante das crescentes pressões humanas e

ambientais, posto isto, neste capítulo exploraremos as aplicações práticas de sistemas embarcados na conservação desses ecossistemas, destacando como essa tecnologia pode ajudar a monitorar, preservar e restaurar esses ambientes.

## **UMA BREVE JORNADA PELOS SISTEMAS EMBARCADOS**

De acordo com Vahid e Givargis (1999), sistemas embarcados são dispositivos com capacidade de processamento de dados e que estão inseridos em um determinado equipamento ou produto, de forma a desempenhar uma função ou servir a uma aplicação específica. O núcleo destes sistemas são os microcontroladores, que nada mais são que unidades de processamento bastante flexíveis em termos de sua utilização e facilidade de aplicação. Por definição, um sistema embarcado contém processador e *software*. Certamente, devido ao *software*, também deve haver memória para armazenar o código executável e os dados temporários gerados durante seu funcionamento. Ela pode ser do tipo ROM ou RAM; mas geralmente todo sistema embarcado possui ambas. Se apenas uma pequena quantidade de memória for necessária, ela estará contida no mesmo chip do processador. Caso contrário, as duas se encontrarão em chips de memória externos. Um bom exemplo da aplicação de um sistema embarcado são os “*smartphones*” ou telefones celulares, que atualmente possuem incontáveis aplicações. Essas tecnologias oferecem uma ampla gama de aplicações práticas que desempenham um papel fundamental na conservação dos ecossistemas marinhos.

Apesar de ter dito sua origem na década de 60, durante o desenvolvimento do Projeto Apollo (conjunto de missões espaciais da Nasa para enviar o homem à lua), foi durante a década de 1970, que os sistemas embarcados evoluíram graças à indústria de defesa militar. Todavia, devido à difusão dos sistemas embarcados, outras áreas estimulam o desenvolvimento desses sistemas como a indústria de jogos, a medicina e a aviação. Outro fator que ajudou na difusão dos sistemas embarcados foi a criação do Consórcio PC/104 pela Ampro, RTD e outros fabricantes. Esse grupo estabeleceu um formato para microprocessadores Intel baseado em uma placa-mãe de aproximadamente quatro polegadas quadradas, e um pouco menos de uma polegada de altura, o que tornaram as repostas operacionais mais rápidas.

Desde suas primeiras aplicações, os sistemas embarcados vêm reduzindo seu

preço e aumentando o seu poder de processamento e funcionalidade, principalmente após a década de 80, onde vários componentes externos foram integrados no mesmo chip do processador, o que resultou em circuitos integrados chamados microcontroladores. Essa redução no custo de montagem torna o sistema embarcado mais acessível, estimulando a inovação e o desenvolvimento de novas aplicações e funcionalidades para estes sistemas.

Uma dessas aplicações é o monitoramento da qualidade do ambiente marinho que enfrenta ameaças crescentes devido à atividade humana e às mudanças ambientais globais, ressaltando a necessidade urgente de estratégias eficazes de conservação. O uso de tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas embarcados permite coletar dados precisos sobre a qualidade da água, a saúde dos recifes de coral, a distribuição de espécies marinhas e outros parâmetros ambientais. Esses dados são essenciais para avaliar o estado dos ecossistemas marinhos, identificar tendências preocupantes e orientar a tomada de decisões informadas para a conservação. Ademais, é importante promover a pesquisa científica e o desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios da conservação marinha. Investir em pesquisa e tecnologia pode levar a descobertas importantes sobre ecologia marinha, restauração de habitats, conservação genética e adaptação às mudanças climáticas, impulsionando esforços de conservação mais eficazes e sustentáveis. Em suma, os sistemas embarcados podem ser ferramentas consideradas indispensáveis para auxiliar na conservação dos ecossistemas marinhos, fornecendo dados e informações essenciais.

## **COMPONENTES BIOTICOS E ICTIOFAUNA MARINHA COMO BIOINDICADORES DA SAÚDE DOS ECOSISTEMAS MARINHOS**

Nas últimas décadas, tem sido evidente a vasta dimensão das alterações do ambiente marinho; o aumento das temperaturas a nível global, a poluição marinha, a destruição do habitat costeiro, a sobrepesca e a pesca ilegal, são exemplos dos estragos causados principalmente pelas atividades antropogênicas, assim como as inúmeras respostas destas alterações que tendem a impactar os processos ecológicos, pondo em risco de extinção várias espécies sensíveis e produzindo doenças na população humana (Brown & McLachlan, 1990). Ademais, segundo o último Panorama Global da Biodiversidade, editado pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)

da ONU, os ecossistemas costeiros e marinhos continuam tendo sua extensão reduzida, o que ameaça serviços ecossistêmicos altamente valiosos e imprescindíveis.

Diante disso, a busca por métodos eficientes de monitoramento e avaliação dos mares tornou-se um estado para além de emergencial e fundamental tomada de decisões assertivas em prol da conservação e recuperação desse ecossistema. Nesse contexto, os componentes biogênicos podem se destacar como potenciais bioindicadores da saúde das praias (Ginsburg 1956), pois as respostas fisiológicas e comportamentais de sua morte refletem as condições ambientais presentes em seus habitats como por exemplo a qualidade da água, a presença de determinadas classes de poluentes, fenômenos de eutrofização e outros aspectos relevantes para a saúde dos mares (Purdy, 1963). A análise do ambiente marinho torna-se possível visto que os sedimentos biogênicos não costumam sofrer deslocamento e permanecem no local de origem (Ginsburg 1956, Ginsburg et al. 1963, Purdy, 1963, Swinchatt 1965).

Os ecossistemas marinhos saudáveis, além de disporem de grande diversidade biológica, exercem papel essencial na regulação da temperatura da Terra, na ciclagem de nutrientes e no fornecimento de alimentos. Porém, apesar de sua suma importância, historicamente os ambientes marinhos não têm sido devidamente preservados e consequências como impactos a biodiversidade e danos aos ecossistemas costeiros têm sido observadas. Apesar da grande resiliência das praias decorrente do seu grande volume hídrico e da sua composição química, os ambientes marinhos vêm recebendo taxas de poluição maiores do que a sua capacidade de regeneração (Leon et al., 2020).

De forma geral, o maior problema relacionado às formas de poluição dos ecossistemas marinhos é o prejuízo trazido para as formas de vida que ali habitam, sobretudo pela liberação de poluentes domésticos e industriais aos mares, como também pela presença de embarcações nessa área (Oliveira et al. 2002, Leon et al. 2020). Alguns dos problemas gerados pelos poluentes à vida marinha são o desequilíbrio ecológico, a contaminação dos animais que são utilizados como alimento, como peixes e mariscos, a modificação na excelência da qualidade da água, a morte de pássaros e outros animais que se alimentam da ictiofauna contaminada, a degradação de mangues, o fechamento de praias de banho, entre outros (Tommasi, 1989; Santos et al., 2005).

Os sedimentos de praias são formados por um conjunto de componentes biogênicos, incluindo matéria orgânica em decomposição, restos de organismos marinhos e microrganismos. A presença e a dinâmica desses materiais são



fundamentais para a estruturação dos ecossistemas costeiros e para o funcionamento dos processos biogeoquímicos que ocorrem nesses ambientes (Illing 1954, Wilson 1979, Halfar et al., 2000, Farina e Amado Filho, 2009) e nos sedimentos de praias, atuando como importantes reservatórios de carbono orgânico, ajudando a mitigar as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) e, conseqüentemente, o aquecimento global (Perry, 1996; Suguio, 2003).

A decomposição da matéria orgânica libera compostos ricos em nitrogênio, fósforo e outros nutrientes essenciais, que são utilizados para o crescimento e desenvolvimento dos organismos que ocupam a posição da base da cadeia trófica, como algas e plantas marinhas, proporcionando um habitat vital para a fauna bentônica, que inclui uma variedade de organismos como isópodes, bivalves e poliquetas, além de outros seres vivos de níveis tróficos superiores. Esses organismos, além de desempenhar papel fundamental na cadeia trófica costeira, de importância para a manutenção do equilíbrio ecológico, estão envolvidos nos ciclos biogeoquímicos, promovendo a reciclagem de nutrientes e contribuindo para a produtividade biológica dos ecossistemas costeiros.

As alterações no ecossistema marinho, afetam diferentes organismos que se conectam principalmente pelas relações tróficas e correntes oceânicas, pensando nisso, as tecnologias embarcadas permitem monitorar alterações que atingem diferentes escalas, as investigações podem identificar até mesmo as catastróficas, visto que, informações sobre abundância de uma espécie pode informar dados sobre outras. A estrutura trófica de uma zona marítima pode abranger organismos desde a base da cadeia, até o seu topo (Levinton, 1982), as zonas se conectam por alimentação e principalmente nidificação, em virtude da disponibilidade de alimentos e condições do ambiente, que favorecem o suporte a espécies em fases iniciais da vida. A estrutura trófica dos peixes é fundamental para dinâmica e equilíbrio dos ecossistemas e tem desempenho no papel crucial da sustentação da vida marinha, provocar alterações na composição das espécies e na estrutura do habitat, afeta a capacidade regenerativa desses ecossistemas (Pauly, 2009). Os níveis tróficos mais altos determinam os níveis tróficos inferiores (*top-down*), através de efeitos diretos e indiretos das interações entre consumidores e recursos, assim como níveis tróficos baixos. Do mesmo modo que, espécies de alto nível trófico ou topo de cadeia a redução de baixo para cima (*bottom-up*), ou seja, espécies da base da cadeia trófica, pode desencadear uma erosão em toda a cadeia alimentar.

Os sensores Arduino como ferramenta para monitoramento da qualidade da água do mar desempenham um papel crucial na verificação da saúde da ictiofauna marinha, visto que, a distribuição de espécies e a estrutura das comunidades ícticas são influenciadas por um conjunto de fatores abióticos que atuam sob diferentes escalas (Albieri, 2016). Então, mudanças nos padrões da estrutura trófica dos peixes, podem sinalizar problemas ambientais, como poluição, variações de temperatura e baixa disponibilidade de alimentos (Pauly et al., 2000).

Além da contribuição dos sensores Arduino para a ictiofauna marinha, o uso de bioindicadores por pesquisadores para avaliar a condição do ambiente marinho, incluindo os componentes biogênicos que são encontrados nos sedimentos das praias, é essencial para a avaliação e monitoramento da saúde dos ecossistemas costeiros. A integração de abordagens bioindicadoras com outras técnicas de monitoramento é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de preservação e manejo adequado dos recursos naturais. (Ricklefs, 2003; Ponzi 2004; Wright & Burgess 2005).

Os bioindicadores do meio ambiente são organismos, que desempenham um papel fundamental na avaliação da qualidade e integridade dos ecossistemas, quando vivos são sensíveis a mudanças ambientais, cujas respostas comportamentais, fisiológicas ou bioquímica refletem as condições do meio em que habitam e assumem um papel proeminente na ecologia. Esses indicadores biológicos fornecem informações sobre o estado ambiental, incluindo a presença de poluentes, perturbações ecológicas e mudanças climáticas (Arias et al., 2007), informações que são valiosas para a gestão sustentável e a conservação das praias e ambientes costeiros. A capacidade desses indicadores biológicos de refletir as respostas a múltiplos estressores ambientais torna-os valiosos para a detecção precoce de distúrbios ecológicos, impactos antrópicos e mudanças nos ecossistemas. O interesse pela avaliação da saúde dos ecossistemas impulsionou a utilização de bioindicadores como ferramentas eficazes para monitorar a qualidade ambiental.

O estudo de bioindicadores envolve a identificação das espécies mais adequadas para a avaliação do meio ambiente específico em questão, a coleta de dados ocorre em campo, em alguns casos, análises laboratoriais são necessárias para detectar a presença de substâncias químicas ou elementos indicativos da saúde do organismo e do ambiente em que está inserido. A contínua pesquisa e monitoramento são cruciais para enfrentar os desafios emergentes e garantir a sustentabilidade das áreas costeiras no contexto das mudanças globais.



## **EXPLORANDO O POTENCIAL DOS SISTEMAS EMBARCADOS COM ARDUINO**

Para maximizar a eficácia dos bioindicadores biogênicos como bioindicadores é importante integrar dados biológicos e ambientais coletados por meio de diferentes métodos de amostragem e análise. Isso pode incluir o uso de técnicas de monitoramento tradicionais, como amostragem de campo e observação visual, juntamente com métodos mais avançados, como análise genética e sensoriamento remoto.

Os sistemas embarcados quando associados ao uso de componentes biogênicos como bioindicadores, ampliam ainda mais suas aplicações práticas e eficácia; a partir de sensores integrados podem medir parâmetros como temperatura, salinidade, pH e níveis de oxigênio dissolvido, fornecendo informações cruciais sobre os ecossistemas marinhos. Essas tecnologias são fundamentais para monitorar e compreender os ecossistemas marinhos de forma abrangente e detalhada.

Os sensores do sistema seriam acoplados ao Arduino, que segundo o site Embarcados, é uma plataforma de código aberto (*hardware* e *software*) criada em 2005 pelo italiano Massimo Banzi (e outros colaboradores) para auxiliar no ensino de eletrônica para estudantes de design e artistas. O objetivo principal dos criadores ao desenvolver um sistema de código aberto, foi o de criar uma plataforma de baixo custo, para que os estudantes pudessem desenvolver seus protótipos com o menor custo possível.

Sensores de temperatura podem ser usados para monitorar variações na temperatura da água, para entender os padrões de circulação oceânica e os efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas. Sensores de salinidade podem fornecer informações sobre a salinidade da água, que por sua vez afeta a distribuição de espécies marinhas e a densidade da água. O pH da água é um indicador importante da acidez ou alcalinidade do ambiente, influenciando a saúde dos organismos marinhos, como corais e moluscos. Sensores de turbidez podem ser empregados para medir a claridade da água, para entender a penetração da luz solar e seu papel na fotossíntese e na distribuição de organismos. Isso é especialmente relevante em áreas costeiras e estuários, onde a turbidez pode ser influenciada por fatores como o escoamento de água doce e a atividade humana. A acidificação dos oceanos pode ter consequências graves para os organismos marinhos, como corais, moluscos e crustáceos, cujos esqueletos e conchas podem se dissolver em condições mais ácidas. Sensores de pH integrados a

sistemas embarcados podem monitorar as mudanças na acidez da água e seu impacto nos ecossistemas marinhos.

Por se tratar de uma plataforma de baixo custo e de código aberto, o Arduino vinculado ao sistema embarcados, pode ser facilmente utilizado para diversos projetos incluindo o monitoramento ambiental, além disso, sua flexibilidade e facilidade de programação permitem a personalização e adaptação dos projetos às necessidades específicas de monitoramento de diferentes ambientes. Essa combinação de acessibilidade e poder de processamento torna esta ferramenta valiosa para pesquisadores em seus esforços para compreender, proteger e preservar o meio ambiente.

## **EFEITO DA ALTERAÇÃO DE PADRÕES DE SAZONALIDADE DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA A ICTIOFAUNA MARINHA: DESAFIOS DO CONTINENTE AO MAR**

Evidências demonstram que as espécies exploram habitats específicos, determinando padrões de distribuição característicos conforme as condições locais (Gatz, 1979; Uieda, 1984). Desta forma, alterações nas condições ambientais promovem uma reestruturação das assembleias icticas, refletindo as condições vigentes do ambiente (Fausch et al., 1990, Onorato et al., 1998).

Alguns habitats apresentam condições benéficas para espécies em determinados estágios de vida, como aumento da eficiência metabólica para aquisição de calor, que ocorre em função da abundância de alimento, concentrada pela ação de correntes. A brusca alteração dessa taxa, por fatores artificiais, permite a depleção principalmente de juvenis no ambiente (LASIAK, 1983).

Os peixes teleósteos apresentam diferenças interespecíficas quanto à temperatura, salinidade, teor de oxigênio, pH, luminosidade ideais para seu desenvolvimento. Neste contexto, a ação individual ou a interação destes fatores ambientais afeta todos os sistemas fisiológicos dos peixes.

Os processos fisiológicos essenciais para a reprodução abrangem uma série de etapas fundamentais, como, a diferenciação das gônadas, gametogênese, liberação de gametas, fertilização e eclosão dos ovos. Todas essas fases cruciais da reprodução são minuciosamente reguladas por uma complexa rede de fatores endócrinos que atuam ao

longo do eixo Hipotálamo-Hipófise-Gônadas. Além de sua importância intrínseca, esses eventos reprodutivos interagem de maneira significativa com outras funções fisiológicas vitais, como nutrição e crescimento (Izquierdo et al., 2001), osmorregulação (Haffray et al., 1995; Le François & Blier, 2003) e respostas ao estresse (Schreck et al., 2001).

Ademais, é crucial considerar a influência dos fatores abióticos, os quais podem impactar diretamente todas as etapas do processo reprodutivo dos peixes (Cossins & Crawford, 2005). Esses fatores agem através de diferentes formas de poluição, desde acidentes por derramamento de petróleo, resultando em alterações nos parâmetros de oxigenação da água, entre outros prejuízos, à acidificação de oceanos, causando redução do PH da água, para isso, as contribuições catastróficas são rotineiras.

A alta quantidade de derramamento de petróleo, como o ocorrido no litoral nordestino no ano de 2019, deixou um rastro tóxico por milhares de quilômetros no mar, o petróleo trouxe prejuízos a diversos ecossistemas, como manguezais e recifes de corais que apresentam um estágio mais difícil de serem limpos com alto risco de contaminação durante anos (Uchôa, 2019). Porém, além do derramamento abrupto de substâncias químicas e oleosas, existe um derrame rotineiros, ocasionada pelo fluxo intenso de embarcações em oceanos e regiões costeiras, o que faz com que o derramamento de óleo torne-se uma consequência natural ao processo e assim surge as originadas “manchas órfãs”, as quais não possuem autores definidos, pois nem sempre é possível identificar quem originou um derramamento de óleo.

Além dessas, existem outras formas de poluição contínua, como a poluição dos mares por esgotos domésticos e plásticos, sendo que o último, que representa o maior e mais prejudicial resíduo produzido por ação antrópica, representando 85% do total nos ecossistemas marinhos (PNUMA, 2021). Considerando que o mar provém proteína para continente, ao analisar amostras de alimentos da categoria, a base de plantas ou animais, o estudo da *Ocean Conservancy* identificou a presença das partículas de plástico em cerca de 90% delas. Ao encontrar microplásticos na corrente sanguínea e no coração de humanos, pesquisadores descobriram que eles já dominaram também os alimentos, competindo com as proteínas.

Do ponto de vista econômico, o mar fornece proteína animal para dieta das populações costeiras, sendo essa, a maior fonte de renda para comunidades litorâneas que sobrevivem da pesca artesanal. A pesca também pode contribuir para mudanças da estrutura populacional dos peixes, como pode ser afetada, assim a perda de biomassa de peixes indica perda de renda para a pesca artesanal (De Santana, 2019).

A destruição das forças da natureza em ecossistemas aquáticos atinge primordialmente os pequenos pescadores, visto que o mar é o meio basal de subsistência (Diegues, 1974). É importante ressaltar, que o desaparecimento de inúmeras espécies de pescado ocorre pelas mudanças de padrões de sazonalidade dos aspectos físico-químicos, como também, pela sobrepesca, podendo um ser efeito do outro. As mudanças podem ser facilitadas pela introdução do maquinismo e técnicas cada vez mais predatórias, como também pelos efeitos negativos da poluição proveniente dos dejetos urbanos.

A poluição pode levar à redução da diversidade de espécies nos ecossistemas marinhos. Isso pode ocorrer devido à morte direta de organismos sensíveis à poluição ou à redução da qualidade do habitat, tornando-o inadequado para muitas espécies e comprometendo sobremaneira a saúde e qualidade de vida das comunidades que vivem em proximidade das águas ou da pesca artesanal.

A pesca artesanal atualmente é caracterizada por Chuenpagdee et al., 2006, o que define os pescadores artesanais como verdadeiras bibliotecas sobre a dinâmica do ecossistema marinho (Hall,2010). Entretanto, essa atividade extrativista, que tem altos indícios de pobreza e vulnerabilidade, é detentora de um saber ecológico distante da capacidade de produção da ciência formal (De Santana,2019).

Os alimentos oriundos dessa atividade são um dos serviços mais importantes derivados dos ecossistemas costeiros e garantem a sobrevivência da pesca artesanal (Gladstone, 2009). O mar é considerado uma entidade viva por inúmeras populações marítimas que mantêm com ele um contato estreito e dele retiram sua subsistência (Diegues,1974). Sustentar a pescaria requer o sustento do ecossistema. Existe uma grande variedade de ecossistemas costeiros nos quais vivem e trabalham diversas comunidades de trabalhadores da pesca artesanal.

Os conceitos modernos de natureza selvagem, biodiversidade e ecossistemas primitivos não são capazes de explicar as relações complexas entre as comunidades tradicionais e os seus ambientes, Diegues(2021) defende essa ideia afirmando que na visão de mundo destas comunidades e culturas, a diversidade existente de espécies não é apenas um fenômeno natural, mas também cultural, resultante de uma interação a longo prazo entre humanos, habitats e seres não humanos.

A sobrepesca causa declínio dos três objetos de interação. A carne é cara e os ovos são usados para fazer caviar, assim, fêmeas grávidas são especialmente procuradas e mortas antes que se reproduzam (Pough et al., 2003), o preço aumenta a

cada nível catastrófico dos estoques pesqueiros. “Oferta e demanda”, o esforço de pesca caracteriza o preço ao peixe, ou seja, quanto maior a dificuldade de encontrar espécies de valor comercial devido a baixa diversidade da mesma, principalmente as importantes comercialmente, maior valor econômico terá. Porém, esse sistema não é necessariamente justo para o pescador artesanal que “perde” seus clientes para o mercado, no qual grande parte dos pescadores são oriundos da pesca industrial.

Muitas das mais ricas companhias pesqueiras estão à beira o colapso, o que eleva a reflexão sobre as comunidades litorâneas que dependem dessa proteína animal para sobrevivência. Talvez, a mais ameaçada das espécies de peixe seja uma com a menor distribuição dentre os vertebrados. O colapso atinge o patrimônio histórico “pesca artesanal”, trazendo um cenário catastrófico de extrema pobreza e vulnerabilidade, resultando na necessidade de redirecionamento do mercado de trabalho, com a falta de oportunidades de trabalho, surge a marginalização (De Santana, 2013).

A avaliação de fatores abióticos é fundamental para contribuir com a sustentabilidade da pesca na região, bem como para a proteção dos ecossistemas e diversidade que o sustentam, além disso, pode ajudar a identificar áreas que precisam de proteção especial e desenvolver estratégias de gestão para garantir a conservação desses recursos.

Os ecossistemas do bioma marinho proporcionam serviços essenciais à sobrevivência humana, e além de alimentos, fornecem equilíbrio do clima, purificação da água, controle de inundações e proteção costeira, além da possibilidade de uso recreativo (Marques, 2001). Compreender e monitorar o ecossistema marinho, através da dinâmica biológica, e de parâmetros físico-químicos e parâmetros da ecologia humana, além de sua importância para o entendimento acerca da biologia das espécies, pode subsidiar avaliações futuras sobre demais espécies exploradas pela pesca artesanal em diversas regiões do Brasil.

## **CONCLUSÃO**

O constante impacto das atividades humanas, como a poluição e as mudanças climáticas, tem desencadeado alterações em diversos aspectos no ecossistema marinho. Entre evidências visíveis dessas mudanças, os sedimentos biogênicos, não

apenas refletem a diversidade biológica do ambiente marinho, como também podem fornecer pistas importantes sobre a influência de ações antrópicas no ambiente. As mudanças na dinâmica da estrutura trófica da ictiofauna de ecossistemas marinhos, quando visíveis, afetam inicialmente e diretamente a comunidade pesqueira, quando procura pelo peixe e não o encontra nas suas artes de pesca e tão pouco na sua mesa.

Torna-se crucial mitigar os impactos das atividades humanas no ecossistema marinho, considerando que, o mar fornece informações valiosas sobre a saúde e integridade dos ecossistemas costeiros e auxilia no desenvolvimento de estratégias de conservação e gestão sustentável dos recursos marinhos. Como contribuição, a utilização de tecnologias embarcadas tem ganhado destaque como uma abordagem inovadora e eficaz para monitorar e gerenciar áreas marinhas protegidas, habitats sensíveis e espécies ameaçadas. A capacidade desses sistemas de coleta de dados em tempo real e de forma remota fornece uma compreensão mais abrangente e detalhada dos ecossistemas marinhos, permitindo uma resposta mais rápida e eficaz a eventos de manipulação ambiental.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Arias, Ana Rosa et al. **Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos**. Ciência e Saúde Coletiva, [s. l.], p. 61-72, 2007.

Brown, A. C. & Mclachlan, A. **Ecology of Sandy Shores**. Amsterdam: Elsevier, 327p. 1990.

**CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR**, 3., New York, abr. 1982. Declaração do Embaixador Carlos Calero Rodrigues, Chefe da Delegação do Brasil. In: DOCUMENTO A/CONF.62/SR 170. United Nations, New York, 1982

Albieri, R. J., & Rebelato, F. (2016). **Uso de Plataforma Arduino para Monitoramento de Variáveis Ambientais em Aquicultura**. IX Workshop de Tecnologias de Computação Aplicadas à Educação (WTA), 29-34.

Barbieri, Edison. **Biodiversidade: a variedade de vida no planeta terra**. APTA. São Paulo, p1-19, 2010.

Barbieri, E. **Biodiversidade: a variedade de vida no planeta Terra**. In: Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. 16 p. 2010.



Batista, J. da S. Estimativa da variabilidade genética intra-específica da dourada – *Brachyplatystoma rousseauxii* Castelnau 1855 (Pimelodidae – Siluriformes) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. *Biota Neotrop.*, Campinas, v. 6, n. 1, 2006. Disponível em: Acesso em: 16 / Nov / 2012.

Claydon, John. **Spawning aggregations of coral reef fishes: characteristics, hypotheses, threats and management.** *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v. 42, p. 265-302, 2004.

De Santana, I. 2001. **A Pesca Artesanal na APA Litoral Norte da Bahia: um olhar sobre a exploração comercial da ictiofauna marinha e estuarina e sobre as relações pesca – pescador.** João Pessoa: UFPB. 2001. xvi + 106p il. Mestrado.

De Santana, I. O Mar de Fora: Peixes e Pessoas no Manejo da Pesca de Linha no Litoral Norte da Bahia. 1. ed. Salvador: EDUNEB, 2019. 121p. DE SANTANA, I. **Os peixes de Subaúma: Uma visão preliminar das espécies desembarcadas pela pesca artesanal na APA do Litoral Norte da Bahia.** 1999. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Zoologia) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 1999.

De Santana, I.; Santos, G. O.; Nogueira, E. M. S.; Saborido-Rey, J. F.. Riqueza e diversidade de peixes explorados pela pesca artesanal na APA Litoral Norte, Bahia, Brasil. In: José Marcos de Castro Nunes; Mara Rojane Mattos. (Org.). **Litoral Norte da Bahia: Caracterização ambiental, biodiversidade e conservação.** 1ed. Salvador: EDUFBA, 2017, v. 01, p. 331-356.

Dulvy, Nicholas K.; Sadovy, Yvonne; Reynolds, John D. **Extinction vulnerability in marine populations.** *Fish and fisheries*, v. 4, n. 1, p. 25-64, 2003.

Begon, M.; Harper, J.; Townsend, C. **Ecology.** New York: Blackwell, 1996.

COSTA, Monica F. et al. **Poluição marinha.** Clube de Autores, 2015.

Pauly, D., Christensen, V., & Walters, C. (2000). **Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries.** *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(3), 697-706.

Nagelkerken, I., 2009. **Ecological Connectivity Among Tropical Coastal Ecosystems.** Springer, Dordrecht, p. 615.

Gibson RN, Robb L, Burrows MT, Ansell AD (1996). **Mudanças de maré, diel e de longo prazo na distribuição de peixes em uma praia arenosa escocesa.** *Mar Ecol Prog Ser* 130:1–17.

Levin, S.A. (1999). **Towards a science of ecological management.** *Conservation Ecology*, 3, 6. (<http://www.consecol.org/vol3/iss2/art6/>).

Levinton, J. S. 1982. **Marine Ecology.** Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc. 526p.

Fairbridge, R. W. 1980. The Estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Olausson, E.; Cato, I. (Eds). **Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries** New York, John

Wiley and Sons, p. 1-35.

**IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology**, em *IEEE Std 610.12-1990*, vol., no., pp.1-84, 31 de dezembro de 1990, doi: 10.1109/IEEESTD.1990.101064.

Mclusky, D. S. & M. Elliott, 2007. **Transitional waters: a new approach, semantics or just muddying the waters?** *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71: 359–363.

Monteiro-Neto, C.; Tubino, R.A.; Moraes, L.E.S.; Neto, J.P.M.; Esteves, G.V.; Fortes, W.L. 2008. **Associações de peixes na região costeira de Itaipu, Niterói, RJ.** *Iheringia, Série Zoologia*, 98(1): 50-59.

Pauly, D., and R. Watson. 2009. **Spatial dynamics of fisheries**. p. 501-509 + plate 14 In: S. Levin (ed.) *The Princeton Guide to Ecology*. Princeton University Press, Princeton, N.J. Pauly, Daniel et al. **Fishing down marine food webs**. *Science*, v. 279, n. 5352, p. 860-863, 1998.

Farina M & Amado Filho GM 2009. **Biomíneralização em organismos marinhos**. Capítulo 7. In: RC Pereira & A Soares-Gomes (Ed.). *Biologia Marinha*. 2ª Edição, Interciência, p. 155-182.

Ginsburg RN 1956. **Environmental relationship of grains size and constituent particles in some South Florida carbonates sediments**. *American Association Geological of Petroleum Geologists Bulletin* 40: 2381-2427.

Ginsburg RN, Lloyd RM, Stockman KW, Mccellum JS 1963. **Shallow- water carbonates sediments**. In: MN HILL (Ed.). *The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas. The earth beneath the sea history*, Vol.3. Interscience publishers, p. 554-582.

Halfar J, Godinez-Orta L, Ingle JR. JC 2000. **Microfacies analysis of Recent Carbonate Environments in the Southern Glf of California, Mexico** – A model for warm-temperate to subtropical carbonate formation. *Palaios* 15: 323-342.

Illing LV 1954. **Bahaman calcareous sands**. *American Association Geological of Petroleum Geologists Bulletin* 38: 1-95.

Leon, Lucas et al. **Poluição dos ecossistemas marinhos brasileiros: Uma breve revisão sobre as principais fontes de impacto e importância do monitoramento ambiental**. *Biociências*, [s. l.], v. 9, ed. 3, p. 166-173, 202

Oliveira EC, Horta PA, Amâncio CE, Sant'anna CL (2002). **Algas e angiospermas marinhasbênticas do litoral brasileiro: diversidade, exploração e conservação**. In: *Workshop sobre Avaliação e ações prioritárias para a conservação da Biodiversidade das zonas costeiras e marinha*, Brasília, Ministério do Meio Ambiente (1): 411-416

Perry CT 1996. **The response of reef sediments to changes in community composition: implications for time-averaging and sediment accumulation**. *Journal of Sedimentary Research* 66(3): 459-467.

Ponzi VRA 2004. **Sedimentologia marinha**. Cap. 9. In: JA Baptista Neto, VRA Ponzi & SE Sichel (Org.). Introdução à geologia marinha. Interciência, p. 217-241.

Ricklefs RE 2003. **A economia da natureza**. Guanabara-Koogan SA, RJ, 5ª edição, 503p.

**Sistemas Embarcados**: Conceitos e Aplicações. Pernambuco, 2009. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~rfp3/2009.1/IC/se%20-%20completo.docx>. Acesso em: 15 abr. 2024.

Souza, Fábio. **Introdução ao Arduino**: Primeiros passos na plataforma. 2013. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

Suguio K 2003. **Geologia Sedimentar**. Editora Blücher, São Paulo, 400p.

Tommasi LR (1989). **Tendências da poluição dos oceanos**. Boletim IG-USP: Publicação Especial (6): 94-99.

Vahid, Frank; GIVARGIS, Tony. **Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Approach**. Riverside, CA: [s. n.], 1999. 103 p.

Wilson JB 1979. **Biogenic carbonate sediments on the Scottish continental shelf and on Rockall bank**. Marine Geology 33: M85-M93.

Wright VP & Burgess PM 2005. **The carbonate factory continuum, facies mosaics and microfácies: an appraisal of some of some of the key concepts underpinning carbonate sedimentology**. Facies 51: 17-23

Zurita, Marcos E. P. V. Projeto de Sistemas Embarcados. **Researchgate**, Teresina - PI, 20 nov. 2014.

### **Agradecimentos**

Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia, com concessão da bolsa.

Universidade do Estado da Bahia através do Programa de Pós – Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas e com concessão da Bolsa de Pesquisa (PROGPESQ).