



POÇAS DE MARÉ SOB OS RISCOS DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS: UMA CRÍTICA SOBRE A LACUNA DA GESTÃO COSTEIRA E CONSERVAÇÃO

Autor correspondente:

Jorge Luiz Silva Nunes

email: jorge.nunes@ufma.br

Submissão: 07/03/2026

Aceite: 28/07/2026

Publicação: 02/08/2026

Jorge Luiz Silva Nunes¹, Glínia Kelle Fernandes Coelho de Carvalho¹, Naíla Arraes de Araújo², Eduardo de Sene Tavares³, Ana Rita Onodera Palmeira Nunes¹

¹Laboratório de Organismos Aquáticos, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966. Cidade Universitária Dom Delgado. São Luís – MA, Brasil.

²Laboratório de Pesquisa Socioambiental. Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966. Cidade Universitária Dom Delgado. São Luís – MA, Brasil.

³Laboratório de Tecnologia Aplicada à Reprodução e Produção de Organismos Nectônicos. Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966. Cidade Universitária Dom Delgado. São Luís – MA, Brasil.

Resumo

As zonas costeiras constituem ambientes dinâmicos e transicionais, caracterizados por intensas interações entre sistemas marinhos e terrestres, apresentando elevada vulnerabilidade às pressões antrópicas. Nesse contexto, as poças de maré configuram-se como “habitats ilha” formados pela dinâmica das marés, submetidos a variações físico-químicas que selecionam organismos com adaptações específicas. Esses ecossistemas desempenham relevante papel ecológico, funcionando como importantes modelos para estudos evolutivos e de biodiversidade. No litoral do Maranhão, a biodiversidade das poças de maré é influenciada por fatores locais, como temperatura e heterogeneidade ambiental, e por processos ecológicos diretos, incluindo competição e predação. Inserida no Litoral Amazônico Brasileiro, a região apresenta elevado endemismo e importância biogeográfica. Contudo, as pesquisas concentram-se em áreas urbanizadas da Ilha do Maranhão, com ênfase na ictiofauna e no registro de espécies não-nativas. Impactos como lançamento de esgoto, resíduos sólidos, drenagem pluvial, contaminação por óleo, tráfego de veículos e poluição sonora têm comprometido a integridade desses ambientes, afetando a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a saúde humana. Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de fortalecimento da gestão costeira, visando à conservação ambiental e à manutenção dos processos ecológicos essenciais.

Palavras-chave: Biodiversidade, zona costeira, contaminação, resíduos sólidos.

TIDAL POOLS AT RISK FROM ANTHROPOGENIC IMPACTS: A CRITIQUE OF GAP IN COASTAL MANAGEMENT AND CONSERVATION

Abstract

Coastal zones constitute dynamic and transitional environments, characterized by intense interactions between marine and terrestrial systems, exhibiting high vulnerability to anthropogenic pressures. In this context, tide pools are configured as “island habitats”

formed by tidal dynamics, subjected to physicochemical variations that select organisms with specific adaptations. These ecosystems play a relevant ecological role, functioning as important models for evolutionary and biodiversity studies. On the coast of Maranhão, the biodiversity of tide pools is influenced by local factors, such as temperature and environmental heterogeneity, and by direct ecological processes, including competition and predation. Located within the Brazilian Amazonian Coast, the region presents high endemism and biogeographical importance. However, research focuses on urbanized areas of Maranhão Island, with an emphasis on ichthyofauna and the recording of non-native species. Impacts such as sewage discharge, solid waste, stormwater runoff, oil contamination, vehicle traffic, and noise pollution have compromised the integrity of these environments, affecting biodiversity, ecosystem services, and human health. Given this scenario, the need to strengthen coastal management is evident, aiming at environmental conservation and the maintenance of essential ecological processes.

Keywords: Biodiversity, coastal zone, contamination, debris

As zonas costeiras são ambientes dinâmicos e transicionais caracterizados pelas trocas de energia, biomassa e genética entre ecossistemas marinhos e terrestres (Cunha *et al.*, 2008). À primeira vista podem ser considerados muito hostis, mas são considerados frágeis apesar de possuir intensas associações entre fatores oceanográficos, hidrológicos, climáticos, geológicos e antrópicos (Carvalho, 2013). Além disso, a zona costeira se encontra em grande risco de existência devido às mudanças ambientais constantes causadas pela pressão antropogênica.

A dinâmica de marés é um dos responsáveis pela configuração das poças de maré, atuando periodicamente entre a baixamar e a preamar preenchendo as depressões com a água do mar e as renovando em cada ciclo de maré (Horn *et al.*, 1999; Davis, 2000; Day, 2006). Nesse sentido, Griffiths (2003) define ainda as poças de maré como “habitats ilha” que se encontram irregularmente distribuídas ao longo de uma costa rochosa. A complexidade ecológica, promovida pela troca da massa de água, seleciona organismos que possam apresentar adaptações comportamentais, morfológicas e/ou fisiológicas em função dos vários estressores ambientais (*e. g.* temperatura, salinidade, pH, OD, dessecação, anoxia e ondas), além das interações com outros organismos (Brow e McLachlan, 1990; Viana *et al.*, 2005; Gonzales-Murcia *et al.*, 2020).

As poças de maré consistem em ecossistemas complexos que se apresentam como grandes laboratórios em tempo real de processos evolutivos e ecológicos, documentados por meio de muitos estudos científicos em várias partes do planeta (Horn *et al.*, 1999). São habitats importantes para a manutenção da diversidade biológica da zona costeira abrigando espécies que têm sua distribuição fortemente influenciada por fatores ambientais, como temperatura e salinidade, e servem de modelos naturais relevantes para estudos sobre ecologia de comunidades e respostas às mudanças ambientais (Jofré-Madariaga *et al.*, 2024).

No entanto, as poças de maré estão diante de um paradoxo causado pela urbanização e pelo crescimento populacional que avançam sobre as praias, configurando em um risco iminente em escala global à sua biodiversidade. A urbanização é uma das principais ameaças à integridade ecológica das poças de maré. As indústrias e atividades portuárias potencializam os impactos antrópicos, tendo em vista que estes efeitos são preocupantes porque geram muitos distúrbios, como contaminação e introdução de espécies exóticas (Bullari & Chapman, 2020; Dafforn *et al.*, 2025).

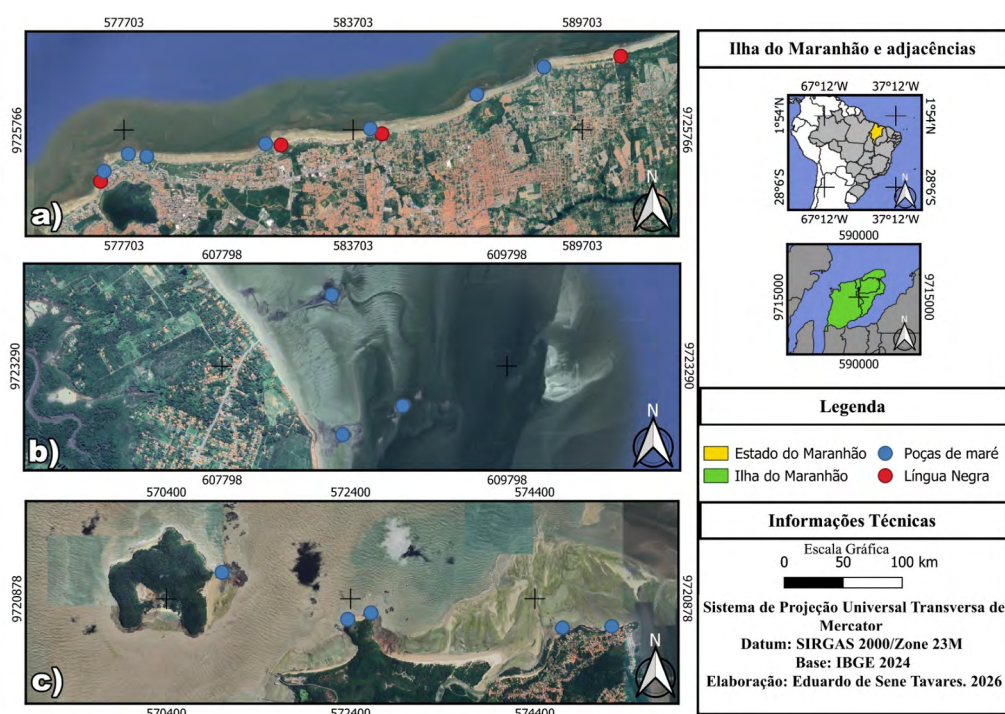
As poças de maré do Maranhão foram ecologicamente descritas a partir de estudo sobre a ictiocenose ao longo do litoral brasileiro (Andrades *et al.* 2018) e análises da biodiversidade de comunidades bentônicas (macroalgas e invertebrados) em substratos consolidados

de todo o litoral da América do Sul (Cruz- Motta *et al.*, 2020). A classificação das poças de maré em diferentes províncias biogeográficas se baseou em variáveis ambientais como preditoras da estruturação das assembleias de peixes, com destaque para a salinidade que foi a principal variável ambiental seguida por amplitude de maré, configuração do costão, cobertura de macroalgas, distância da zona submersa, latitude e precipitação. As poças de maré do Maranhão pertencente à província dos Manguezais do Norte, por terem influência direta dos manguezais e estuários amazônicos, macromaré (4–6 m), elevada pluviosidade (~2.500 mm anuais) e salinidade muito variável (15–35). Por fim, foi verificado que a maioria das espécies de peixes das poças de maré possui o comportamento alimentar onívoro, o que corresponde a grande disponibilidade de matéria orgânica como fonte de alimento e a sua conexão com manguezais e estuários (Andrades *et al.* 2018).

As comunidades bênticas também possuem papel fundamental em ambientes costeiros, bem como as poças de maré. Resultados acerca do padrão de distribuição de macroalgas e invertebrados em toda a América do Sul indicam um panorama da influência das condições ambientais, com a temperatura superficial apontada como o maior fator controlador nos padrões de diversidade do continente, mas as principais variáveis que atuaram de forma local foram a influência estuarina, amplitude de maré, ressurgência, correntes marinhas e pressão antrópica (Cruz- Motta *et al.*, 2020). Desta forma, os ambientes marinhos localizados no Litoral Amazônico Brasileiro sofrem elevada descarga de rios, a influência da pluma do rio Amazonas, macromaré e heterogeneidade de habitats que favorecem comunidades bênticas particulares diante dos ambientes costeiros da América do Sul (Cruz- Motta *et al.*, 2020).

Assim, a biodiversidade de ambientes de poças de maré é influenciada pelos preditores locais (temperatura, produtividade e heterogeneidade), enquanto a sua riqueza é dirigida pelos processos ecológicos diretos (competição, predação e recrutamento). Portanto, o Litoral Amazônico Brasileiro, que possui o padrão de biodiversidade típico para regiões de baixa latitude (alta biodiversidade gama), também está inserido em uma importante província biogeográfica, que lhe garante o reconhecimento fundamental do seu papel como um dos principais *hotspots* da biodiversidade global devido às suas características evolutivas e ecológicas que resultaram em elevado nível de endemismo e distinção transicional entre o Caribe e a província continental brasileira (Spalding *et al.*, 2007).

Figura 1 – Localização das poças de maré e impactos antrópicos (língua negra) em praias da Ilha do Maranhão. a) Destaque das poças de maré e línguas negras ao longo das praias urbanas; b) Ênfase na configuração das línguas negras; c) Poças de maré na Ilha do Medo, Ponta da Espera, Praia do Amor, Praia da Guia e Ponta do Bonfim.



A maioria dos estudos sobre as poças de maré realizados no estado do Maranhão se concentra em terraços consolidados presentes em praias de São Luís (Ponta d'Areia, São Marcos, Calhau) e São José de Ribamar (Araçagy, Panaquatira), sendo a maioria presente na literatura cinza (Figura 1). Em geral, os artigos publicados enfatizam a ictiofauna, abordando a sua assembleia (Aguiar *et al.*, 2021), ecologia de meiofauna (Santos *et al.*, 2026), registro de espécies não-nativas de peixes (Lasso-Alcalá *et al.*, 2011; Bonfim *et al.*, 2017; Cabezas *et al.*, 2022; Jowers *et al.*, 2023) e não-nativas de crustáceos (Feres *et al.*, 2007), destacando a presença de espécies com importância econômica que utilizam as poças nas fases iniciais do ciclo de vida, bem como espécies ameaçadas (Aguiar *et al.*, 2021).

Apesar dos inúmeros serviços ecológicos promovidos pelas poças de maré, como serviços de suporte (manutenção da biodiversidade, berçário de organismos marinhos, conectividade ecológica, habitat para interações ecológicas); serviços de provisão (fonte de recursos pesqueiros, recursos genéticos, produção de biomassa); serviços de regulação (reciclagem de matéria orgânica, dissipação de energias de ondas, aumento da resiliência costeira); serviços culturais (pesquisa científica, educação ambiental, valor paisagístico, valor cultural e recreativo) (Elliff & Kukuchi, 2015), os processos ecológicos locais destes ambientes são totalmente desconhecidos diante das mudanças ambientais observadas em várias praias do estado do Maranhão (Nunes *et al.*, 2011; Coelho, 2013).

Alguns estudos sobre impactos antrópicos nas praias urbanas do Maranhão têm sido realizados nos últimos anos, revelando que a zona costeira está cercada de problemas, com ênfase em resíduos sólidos, descarga de esgoto e contaminação (Figura 2). As praias estuarinas urbanizadas são as que mais recebem aporte de resíduos sólidos do continente através dos rios (Figura 3) e neste sentido, as praias da Ilha do Maranhão se destacam negativamente no cenário nacional (Andrades *et al.*, 2020), apesar da presença de estruturas de descarte e coleta de resíduos ao longo da orla. Também foram observadas muitas anilhas de descarga da drenagem pluvial e identificações de pontos de lançamento de esgoto (Trindade *et al.*, 2011), apresentando coliformes totais (*Escherichia coli* 2700; *Enterococcus* spp. ≥ 22.000) com valores muito além do máximo permitido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Vasconcelos *et al.* 2025).

Figura 2 – Diversos tipos de impactos antrópicos sobre as praias da Ilha do Maranhão. a) Tráfego de automóveis na praia do Araçagy (<https://oimparcial.com.br/noticias/2025/11/justica-permite-continuidade-de-obras-na-litoranea/>) b) Descarga de esgotamento sanitário junto ao rio Calhau na praia, conhecida como língua negra (<https://www.netoferreira.com.br/justica-federal-condena-caema-por-lingua-negra-em-praia-de-sao-luis/>) c) Obras de prolongamento de pistas de rolamento de acessos às praias (<https://oimparcial.com.br/cidades/2020/07/acesso-de-carros-a-faixa-litoranea-da-praia-do-meio-e-aracagi-poder-ser-proibido/>).



Figura 3 – Presença de resíduos sólidos nas poças de maré em praias da Ilha do Maranhão. a) garrafa de vidro; b) frasco plástico; c) resíduos de construção civil (cerâmica, metal); d) resíduos de construção civil (tijolo, madeira).



No litoral do Maranhão, as poças de marés são particularmente sensíveis à poluição decorrente do crescimento urbano e da disposição inadequada de resíduos, o que compromete a biodiversidade local e pode afetar atividades socioeconômicas dependentes dos recursos marinhos, como a pesca e o turismo em comunidades costeiras (Reis & Santos, 2020; Sousa, 2020; Sousa, 2024). É possível notar o quão as poças de maré são vulneráveis, pois são ambientes rasos, confinados durante a baixamar e reduzida renovação de água, contudo ainda pode ter a maximização da resiliência dos seus habitantes a partir da entrada de componentes poluentes como acontece com esgotos domésticos lançados nas praias e/ou lençóis freáticos costeiros, contaminação por metais e/ou metalóides decorrentes do descarte incorreto de alguns componentes eletrônicos, impacto por hidrocarboneto de combustíveis, graxas e lubrificantes de automóveis que circulam na areia da praia, poluição sonora no uso de autofalantes e caixas de som portáteis etc (Leduc et al., 2021; Teixeira et al., 2022; Rangel-Buitrago et al., 2024; El-Sharkawy et al., 2025).

Dessa forma, os impactos sobre os organismos costeiros, em especial aqueles que vivem em poças de maré são extremamente numerosos e variados; o aumento de fontes orgânicas contidas no esgoto doméstico reduz o oxigênio dissolvido e promove efeito cascata nos parâmetros físico-químicos das poças e elevando o custo da sobrevivência dos organismos devido a modificação das estratégias fisiológicas (McCabe et al., 2021); a presença de metais e/ou metalóides são assimilados e bioacumulados por vários organismos que biomagnificam na cadeia alimentar marinha e que também são fonte de consumo humano (Jeong et al., 2023); os combustíveis fisicamente podem sufocar vários organismos, além de contaminar

com compostos tóxicos presentes na sua composição e resultar em grande mortalidade por sufocamento (Kuppusamy et al., 2020); por fim a poluição sonora notoriamente eleva os níveis de estresses em vários organismos, principalmente naqueles confinados (Landrigan et al., 2020).

Portanto, estes impactos ameaçam a biodiversidade das poças de maré por modificarem drasticamente esses ambientes e maximizarem as ações naturais da própria morfodinâmica praial. Entre os exemplos, destacam-se a drenagem pluvial, que concentra água doce em determinados trechos da praia, e o fenômeno local conhecido como “língua negra”, caracterizado pelo acúmulo de matéria orgânica e microrganismos, que reúne diversas espécies de bactérias com elevado potencial de contaminação. De forma preocupante, este cenário tende a se agravar diante das mudanças ambientais globais, uma vez que favorece a ampliação da distribuição de determinadas espécies, como já observado entre a praia do Calhau e Olho d'Água (Vasconcelos, 2024).

Outros problemas recorrentes que colocam as poças de maré em risco incluem o constante trânsito de veículos nas praias, que provoca o pisoteamento de organismos bentônicos (Santos et al., 2025), além da contaminação por óleo e combustível. Esses poluentes podem reduzir a disponibilidade de recursos alimentares e, consequentemente, afetar a dinâmica de transferência de energia e matéria na teia trófica da praia como um todo. Ademais, o uso intensivo da faixa de areia por banhistas e frequentadores que estacionam seus veículos no local acrescenta outro fator agravante: a poluição sonora (antropofonia) gerada por alto-falantes automotivos e caixas de som portáteis, a qual tem sido objeto de estudos científicos que avaliam seus impactos sobre o comportamento dos peixes (Leduc et al., 2021).

Associados ao uso inadequado das praias, o acúmulo de resíduos sólidos nas poças de maré também constitui um impacto significativo, abrangendo diversos materiais, como plásticos em geral, vidro, tecido, madeira, material de construção civil, entre outros. Esse acúmulo não só deteriora a qualidade do ambiente, mas também afeta a saúde da biota. Além disso, a contaminação do solo e da água pode impactar diretamente a população humana, causando riscos à saúde, como intoxicações e doenças crônicas, e alterando a qualidade de vida nas áreas costeiras.

Os impactos nas poças de maré contrariam a função ecológica e socioambiental desse tipo de ambiente no âmbito da Saúde Única, conceito que reconhece a interdependência entre a saúde humana, a saúde animal, a saúde das plantas e a integridade dos ecossistemas defendendo que o bem-estar depende da qualidade de todos estes componentes (Bruno et al., 2024). Dessa forma, a degradação das poças de maré evidencia falhas na promoção de saúde dos ecossistemas por comprometer a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e, consequentemente, a qualidade de vida das pessoas que dependem ou fazem uso desses ambientes (Soares, 2020). Tal cenário decorre, em grande medida, da fragilidade ou inoperância da gestão costeira, que compromete a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos (Lima et al., 2017) e resulta na violação dos direitos da natureza (Gomes et al., 2013), enfraquecendo as inter-relações entre saúde ambiental, animal e humana.

Por fim, torna-se imperativo fortalecer as políticas e os instrumentos de gerenciamento costeiro voltados à conservação da Zona Costeira, com especial atenção aos ambientes de poças de maré, cuja biodiversidade e funcionalidade ecológica encontram-se crescentemente ameaçadas por pressões antrópicas. A degradação desses ecossistemas compromete a integridade dos processos ecológicos e reduz sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como a manutenção da biodiversidade, a ciclagem de nutrientes, o suporte às cadeias alimentares, a proteção costeira e o bem-estar das populações humanas.

Embora constituam ambientes de uso público, amplamente utilizados para lazer, turismo, educação ambiental e pesquisa científica, sua conservação extrapola a dimensão ambiental, configurando-se como um compromisso ético, social e intergeracional. Sob a perspectiva da Saúde Única (One Health), pois a proteção das poças de maré representa também a promoção da saúde dos ecossistemas, dos animais e das populações humanas, reconhecendo a interdependência entre esses componentes. Assim, conservar as poças de maré significa salvaguardar a biodiversidade, assegurar a continuidade dos processos ecológicos e preservar os benefícios que eles proporcionam às gerações presentes e futuras.

Diante do atual cenário de degradação da Zona Costeira, particularmente no litoral do Maranhão, torna-se urgente integrar o conhecimento científico, a gestão ambiental, o ordenamento territorial, a educação ambiental e a participação social na formulação e implementação de estratégias efetivas de conservação. Entre as principais medidas recomendadas destacam-se a criação de programas permanentes de monitoramento ecológico das poças de maré, incluindo indicadores físicos, químicos e biológicos; a fiscalização e o cumprimento da legislação ambiental; o controle das fontes de poluição, especialmente esgoto doméstico e resíduos sólidos; a recuperação de áreas degradadas e a proteção de afloramentos rochosos costeiros (terraços consolidados); a inserção das poças de maré em planos de manejo de unidades de conservação e instrumentos de gestão costeira; o incentivo a pesquisas de longo prazo sobre biodiversidade, mudanças climáticas e serviços ecossistêmicos; e o desenvolvimento de ações contínuas de educação ambiental e ciência cidadã envolvendo escolas, comunidades tradicionais, pescadores, turistas e gestores públicos.

Além disso, recomenda-se que esses ambientes sejam reconhecidos como ecossistemas prioritários para a conservação no litoral amazônico, considerando sua elevada importância ecológica, seu papel como berçário e refúgio para inúmeras espécies e sua vulnerabilidade às pressões antrópicas e às mudanças climáticas. Somente por meio de uma governança costeira integrada, baseada em evidências científicas, participação social e políticas públicas efetivas, será possível assegurar a conservação das poças de maré e dos serviços ecossistêmicos que elas fornecem, contribuindo para a manutenção da biodiversidade, para a promoção da Saúde Única e para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 13 (Ação Climática), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.G., GUIMARÃES, E.C., SILVA, O.T., OTTONI, F.P. & NUNES, J.L.S. (2021). Ictiofauna de poças de maré em terraços consolidados do litoral amazônico brasileiro. *Oecologia Australis*, 25(4), 880–888.
- ANDRADES, R., MACHADO, F.S., REIS-FILHO, J.A., MACIEIRA, R.M. & GIARRIZZO, T. (2018). Intertidal biogeographic subprovinces: Local and regional factors shaping fish assemblages. *Frontiers in Marine Science*, 5, 412.
- ANDRADES, R., PEGADO, T., GODOY, B.S., REIS-FILHO, J.A., NUNES, J.L.S., GRILLO, A.C., MACHADO, R.C., SANTOS, R.G., DALCIN, R.H., FREITAS, M.O., KUHNEN, V.V., BARBOSA, N.D., ADELIR-ALVES, J., ALBUQUERQUE, T., BENTES, B. & GIARRIZZO, T. (2020). Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110842.

- BONFIM, M., MARTINS, A.P.B., COELHO, G.K.F., PIORSKI, N.M. & NUNES, J.L.S. (2017). Non-native mud sleeper *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1849) (Perciformes: Eleotridae) in Eastern Amazon coastal region: An additional occurrence for the Brazilian coast and urgency for ecological assessment. *BioInvasions Records*, 6, 111–117.
- BROWN, A.C. & MCLACHLAN, A. (1990). Ecology of sandy shores. Elsevier, Oxford, 328 p.
- BRUNO, A., ARNOLDI, I., BARZAGHI, B., BOFFI, M., CASIRAGHI, M., COLOMBO, B. & LABRA, M. (2024). The One Health approach in urban ecosystem rehabilitation: An evidence-based framework for designing sustainable cities. *iScience*, 27(10), 110959.
- BULLERI, F. & CHAPMAN, M.G. (2010). The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 26–35.
- CABEZAS, M.P., LASSO-ALCALÁ, O.M., QUINTERO-T, E., XAVIER, R., GIARRIZZO, T., NUNES, J.L.S., MACHADO, F.S., GÓMEZ, J., SILVA PEDROZA, W. & JOWERS, M.J. (2022). Clarifying the taxonomy of some cryptic blennies (Blenniidae) in their native and introduced range. *Scientific Reports*, 12, 1–14.
- COELHO, G.K.F. (2013). Estrutura de comunidade de peixes de poças de marés em praias arenosas da Ilha do Maranhão. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 85 p.
- CRUZ-MOTTA, J.J., MILOSLAVICH, P., GUERRA-CASTRO, E., HERNANDEZ-AGREDA, A., HERRERA, C., BARROS, F., NAVARRETE, S.A., SEPÚLVEDA, R.D., GLASBY, T.M., BIGATTI, G., CÁRDENAS-CALLE, M., BASTOS, P., CARRANZA, A., GIL-KODAKA, A., GOBIN, J., GUTIÉRREZ, J.L., KLEIN, E., KRULL, M. & LAZARUS, J.F. (2020). Latitudinal patterns of species diversity on South American rocky shores: Local processes lead to contrasting trends in regional and local species diversity. *Journal of Biogeography*, 47(9), 1966–1979.
- CUNHA, E.A., CARVALHO, R.A.A., MONTEIRO-NETO, C., MORAES, L.E.S. & ARAÚJO, M.E. (2008). Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at State of Ceará, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 98(3), 379–390.
- DAFFORN, K.A., GLASBY, T.M., AIROLDI, L., RIVERO, N.K., MAYER-PINTO, M. & JOHNSTON, E.L. (2015). Marine urbanization: An ecological framework for designing multifunctional artificial structures. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(2), 82–90.
- DAVIS, J.L.D. (2000). Spatial and seasonal patterns of habitat partitioning in a guild of southern California tidepool fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 196, 253–268.
- DAY, T. (2006). Oceans: Biomes of the Earth. Chelsea House Publishers, New York, 216 p.
- ELLIFF, C.I. & KIKUCHI, R.K.P. (2015). The ecosystem service approach and its application as a tool for integrated coastal management. *Natureza & Conservação*, 13, 105–111.
- EL-SHARKAWY, M., ALOTAIBI, M.O., LI, J., DU, D. & MAHMOUD, E. (2025). Heavy Metal Pollution in Coastal Environments: Ecological Implications and Management Strategies: A Review. *Sustainability*, 17(2), 701.

- FERES, S.J.C., LOPES, A.T.L. & SANTOS, L.A. (2007). Primeiro registro de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) para o litoral maranhense-Brasil (Crustacea, Decapoda, Portunidae). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 20, 77–82.
- GOMES, A.K. (2013). Direito Ambiental: Natureza como um Bem da Humanidade ou como Sujeito de Direitos? *Campo Jurídico*, 1(2), 95–124.
- GONZÁLEZ-MURCIA, S., ERDMANN, S. & ALVARADO-LARIOS, R. (2020). Is this rock pool suitable habitat? Fish diversity in intertidal rock pools of El Zonte, El Salvador. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913099.
- GRIFFITHS, S.P. (2003). Rockpool ichthyofauna of temperate Australia: Species composition, residency and biogeography. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58, 173–186.
- HORN, M.H., MARTIN, K.L.M. & CHOTKOWSKI, M.A. (1999). Introduction. In: HORN, M.H., MARTIN, K.L.M. & CHOTKOWSKI, M.A. (Eds.). *Intertidal fishes: Life in two worlds*. Academic Press, San Diego, p. 1–6.
- JEONG, H., BYEON, E., KIM, D.H., MASZCZYK, P. & LEE, J.S. (2023). Heavy metals and metalloid in aquatic invertebrates: A review of single/mixed forms, combination with other pollutants, and environmental factors. *Marine Pollution Bulletin*, 191, 114959.
- JOFRÉ-MADARIAGA, D., AGUILERA MOYA, M.A., ALVES-DE-SOUZA, C., ARIAS, R.M., GUTOW, L., JELDRES POLANCO, R.A., MACAYA, E.C., MUNIZAGA KAPPES, M., ORTIZ ARANCIBIA, L.N., PINO, O., RECH, S., ROTHÄUSLER, E., HARROD, C. & THIEL, M. (2024). Non-indigenous species and their realized niche in tidepools along the South-East Pacific coast. *Marine Environmental Research*, 199, 106541.
- JOWERS, M.J., XAVIER, R., LASSO-ALCALÁ, O.M., QUINTERO-T, E., NUNES, J.L.S., GIARRIZZO, T., MACHADO, F.S., GÓMEZ, J. & CABEZAS, M.P. (2023). First molecular identification of a *Goussia* parasite from a New World invasive blenny. *Acta Parasitologica*, 68, 1–5.
- KUPPUSAMY, S., MADDELA, N.R., MEGHARAJ, M. & VENKATESWARLU, K. (2020). Ecological Impacts of Total Petroleum Hydrocarbons. In: KUPPUSAMY, S. et al. (Eds.). *Total Petroleum Hydrocarbons*. Springer, Cham, p. 95–138.
- LANDRIGAN, P.J., STEGEMAN, J.J., FLEMING, L.E., ALKERMIM, D., BANCİ, N., DELANEY, S.E. & SINKO, A. (2020). Human Health and Ocean Pollution. *Annals of Global Health*, 86(1), 151, 1–64.
- LASSO-ALCALÁ, O., NUNES, J.L.S., LASSO, C., POSADA, J., ROBERTSON, R., PIORSKI, N.M., TASSELL, J., GIARRIZZO, T. & GONDOLO, G. (2011). Invasion of the Indo-Pacific blenny (Perciformes, Blenniidae) on the Atlantic coast of Central and South America. *Neotropical Ichthyology*, 9, 571–578.
- LEDUC, A.O.H.C., NUNES, J.A.C.C., ARAÚJO, C.B., QUADROS, A.L.S., BARROS, F., OLIVEIRA, H.H.Q., SIMÕES, C.R.M.A., WINANDY, G.S.M. & SLABBEKOORN, H. (2021). Land-based noise pollution impairs reef fish behavior: A case study with a Brazilian carnival. *Biological Conservation*, 253, 108910.
- LIMA, J.C. & DE PAULA, D.P. (2017). Serviços ecossistêmicos em litorais urbanos: O caso de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 1, 2940–2945.

- MCCABE, K.A., SMITH, E.M., LANG, S.Q., OSBURN, C.L. & BENITEZ-NELSON, C.R. (2021). Particulate and Dissolved Organic Matter in Stormwater Runoff Influences Oxygen Demand in Urbanized Headwater Catchments. *Environmental Science & Technology*, 55(2), 952–961.
- NUNES, J.L.S., PASCOAL, N.G.A. & PIORSKI, N.M. (2011). Peixes intertidais do Maranhão. In: NUNES, J.L.S. & PIORSKI, N.M. (Orgs.). Peixes marinhos e estuarinos do Maranhão. Café & Lápis, São Luís, p. 105–124.
- RANGEL-BUITRAGO, N., GALGANI, F. & NEAL, W.J. (2024). Addressing the global challenge of coastal sewage pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116232.
- REIS, N.S.S. & SANTOS, P.V.C.J. (2020). Caracterização das condições de manutenção e dos usos da zona costeira do município de São Luís (MA): A educação ambiental como alternativa de amenização de impactos. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 15(4), 333–344.
- SANTOS, M.E.M., BONFIM, R.G., PAIVA, R.L.F. & NUNES, J.L.S. (2026). Influence of the structural complexity of phytal substrates on intertidal meiofaunal community structure in a tropical system (NE Brazil). *Community Ecology*, (no prelo).
- SANTOS, T.M.T., PETRACCO, M. & VENEKEY, V. (2025). Human trampling and vehicle traffic affect meiofauna and Nematoda distribution patterns in Amazonian macrotidal sandy beaches. *Continental Shelf Research*, 293, 105533.
- SOARES, T.F. (2020). Meio ambiente e saúde única: O que podemos esperar? *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 8(4), 1–12.
- SOUSA, L.V.P. (2024). Análise do grau de vulnerabilidade da zona costeira do Maranhão às mudanças climáticas. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 110 p.
- SOUZA, S.M.A.R. (2020). Poças de maré: Análise da pesquisa ecológica e estudo dos padrões de biodiversidade. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 145 p.
- SPALDING, M.D., FOX, H.E., ALLEN, G.R., DAVIDSON, N., FERDAÑA, Z.A., FINLAYSON, M., HALPERN, B.S., JORGE, M.A., LOMBANA, A., LOURIE, S.A., MARTIN, K.D., MCMANUS, E., MOLNAR, J., RECCHIA, C.A. & ROBERTSON, J. (2007). Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573–583.
- TEIXEIRA, M., CESAR, R., ABESSA, D. & CAMARGO, M. (2023). Avaliação do risco ecológico da poluição por metais e hidrocarbonetos em sedimentos de um estuário tropical urbano: Lagoa da Tijuca (Rio de Janeiro, Brasil). *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 184–200.
- TRINDADE, W.N., SILVA, F.J., SANTOS, M.L. & NUNES, J.L.S. (2011). The effects of sewage discharge on the water quality of the beaches of São Luís (Maranhão, Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI 64, 1425–1429.
- VASCONCELOS, O.L.S. (2024). Avaliação de metodologias aplicadas para estudos de balneabilidade em praias de macromaré. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 95 p.

VASCONCELOS, O.L.S., BASTOS, L.D., AGUIAR-SANTOS, J. & NUNES, J.L.S. (2025). Fecal contamination in an Amazonian macrotidal beach. *Thalassas*, 41, 241.

VIANA, M.G., ROCHA-BARREIRA, C.A. & GROSSI HIJO, C.A. (2005). Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracuru (Ceará, Brasil). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 9(1), 75–82.