



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

DIVERSIDADE E PAPEL FUNCIONAL DE PEIXES CRIPTOBÊNTICOS AO
LONGO DE UM GRADIENTE ESTUARINO-MARINHO NO SUL DO BRASIL

RELATÓRIO – PROJETO DE DOUTORADO

Discente: Matheus Hammerschmidt Luchese

Orientador: Maikon Di Domenico

Linha de Pesquisa: Biologia e Ecologia de Sistemas
Costeiros e Oceânicos

PONTAL DO PARANÁ

2024

Diversidade e papel funcional de peixes criptobênticos ao longo de um gradiente estuarino-marinho no Sul do Brasil

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade e a complexidade das suas relações tróficas, funcionais e moleculares são essenciais para a manutenção da nossa própria sociedade (CARDINALE et al., 2006; BYRNES et al., 2014; DIB et al., 2020). Em ecossistemas marinhos costeiros, as distribuições espaço-temporais da biodiversidade e as suas funções através da cadeia trófica desempenham um papel crucial no fluxo de carbono. Portanto, o uso de modelos experimentais torna-se uma ferramenta para compreender as respostas da biodiversidade e suas interações em uma variedade de habitats no gradiente estuarino-marinho (BELLARD et al., 2012; KOTTA et al., 2019; BRANDL et al., 2023).

Entre os componentes da biodiversidade, peixes pequenos, crípticos pelo seu comportamento ou aparência e que vivem em associação com o fundo ou entocados em estruturas submersas, são conhecidos como peixes criptobênticos (DEPCZYNSKI e BELLWOOD, 2003; BRANDL et al., 2018). Eles desempenham um papel funcional essencial nas cadeias tróficas de recifes de coral (BRANDL et al., 2018) e em poças de maré ao longo de toda a costa das Américas (ANDRADES et al., 2023). Alimentando-se de uma ampla variedade de pequenas presas, algas e detritos, estes pequenos peixes transformam energia e nutrientes num conjunto de biomassa acessível a muitos consumidores marinhos e terrestres (BRANDL et al., 2018; ANDRADES et al., 2023).

Pouco se sabe sobre o papel trófico e funcional dos peixes criptobênticos em estuários. Estes ambientes são conhecidos por apresentar uma grande diversidade de habitats e espécies de peixes que buscam áreas de refúgio, forrageamento, reprodução e berçário (ELLIOTT e HEMINGWAY, 2002). Por possuírem adaptações fisiológicas, morfológicas e comportamentais, os peixes criptobênticos, em especial gobídeos e blenídeos, ocupam diversos habitats na zona entremarés estuarina e competem melhor por recursos com outras espécies de peixes que transitam pela zona entremarés (GIBSON, 1986; GIBSON e YOSHIYAMA, 1999; OLIVEIRA et al., 2016; PIMENTEL et al., 2018). Até então, o que se sabe é que eles consomem algas (BARRILI et al., 2021) pequenos crustáceos (CORREA e UIEDA 2007; SOARES et al., 2016) e hidrozoários (POSSAMAI e FÁVARO, 2019), mas o provável consumo de detritos, uma fonte de

alimento rica e abundante em estuários subtropicais (LANA e BERNARDINO, 2018), ainda é pouco compreendido.

Os peixes criptobênticos são encontrados em recifes rochosos (MACIEIRA e JOYEUX, 2011; DALBEN e FLOETER, 2012; ANDRADES et al., 2018), de arenito (ROSA et al., 1997) e biogênicos (PIMENTEL et al., 2018), estruturas artificiais (FREITAS E VELASTIN, 2010; BRANDL et al., 2017; POSSAMAI e FÁVARO, 2019), manguezais e marismas (OLIVEIRA et al., 2016). Estes habitats fornecem estruturas submersas que dão origem a uma heterogeneidade de microhabitats que favorecem o estabelecimento dos peixes e modulam seus padrões de distribuição (DALBEN e FLOETER, 2012; OLIVEIRA et al. 2016, BRANDL et al. 2017, ANDRADES et al. 2018). Além da complexidade estrutural dos habitats, variações nas condições físico-químicas da água e da própria fauna e flora circundante também atuam como estruturadores das assembleias criptobênticas, desde poças de maré (ANDRADES et al., 2023) até ilhas da plataforma continental (DALBEN e FLOETER, 2012).

Bem como o papel trófico e funcional, os padrões de distribuição espaciais e temporais das assembleias de peixes criptobênticos estuarinos ainda necessitam de melhores compreensões, pois informações quantitativas são limitadas à estudos populacionais (POSSAMAI e FÁVARO, 2015; SOARES et al., 2016; POSSAMAI e FÁVARO, 2019; BARRILI et al., 2021) e em poças de maré (OLIVEIRA et al., 2016). A principal razão é a dificuldade de amostragem e observação destes organismos em uma diversidade de habitats que sofrem constante influência das marés e do aporte continental e marinho de detritos (BRANDL et al., 2023). Como eles vivem próximos ao fundo ou entocados em estruturas submersas, foram desenvolvidas armadilhas denominadas *fish-specific autonomous reef monitoring structures* (FARMS, ou estruturas autônomas de monitoramento de peixes recifais), que podem ser usadas para amostrar peixes criptobênticos de maneira padronizada e quantitativa (BRANDL et al., 2023).

Pretendemos utilizar os FARMS no estuário de Paranaguá, na Ilha da Figueira e no Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais (PARNAMAR Currais), estas últimas localizadas na plataforma continental interna adjacente ao estuário. O estuário é composto por diversos habitats naturais como, restingas, manguezais, marismas, costões rochosos e extensas planícies de maré (LANA e BERNARDINO, 2018). Diversas espécies de peixes criptobênticos já foram amostradas na região, incluindo os blenídeos, *Hyppleurochilus fissicornis* e *Lupinoblennius paivai* (LUCHESE, 2022), os gobídeos, *Microgobius meeki*, *Ctenogobius smaragdus*, *Ctenogobius shufeldti* e *Bathygobius*

soporator (VENDEL et al., 2002; SPACH et al., 2004; PICHLER et al., 2008; CORTELLETE et al., 2009; POSSAMAI et al., 2014), além de eleotrídeos nativos, *Dormitator maculatus* e *Guavina guavina* e não nativos, como *Butis koilomatodon* (LUCHESE, 2022).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os padrões de distribuição espaciais e temporais e o papel funcional das assembleias de peixes criptobênticos no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e em duas ilhas da plataforma continental interna do Paraná.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os padrões de distribuição espaciais e temporais das assembleias de peixes criptobênticos em gamboas e recifes rochosos da Baía de Paranaguá, Baía das Laranjeiras e Baía dos Pinheiros.

Identificar os padrões de distribuição espaciais e temporais das assembleias de peixes criptobênticos em habitats recifais da Ilha da Figueira e do PARNAMAR Currais, ambas localizadas na plataforma continental interna adjacente ao estuário.

Identificar o papel funcional das assembleias de peixes criptobênticos estuarinos.

Identificar o papel trófico das assembleias de peixes criptobênticos estuarinos.

2.2 HIPÓTESES

Testaremos dois habitats entremarés, (i) gamboas e (ii) recifes rochosos na Baía de Paranaguá, Baía das Laranjeiras e Baía dos Pinheiros, utilizando a classificação proposta por Noernberg et al. (2006), que leva em consideração características hidrológicas e morfológicas para propor uma classificação do estuário em setores. Trabalharemos com a hipótese de que a abundância de indivíduos, a riqueza de espécies, e a composição e diversidade funcional das assembleias serão moduladas pelos diferentes

setores e habitats, e que variáveis sedimentares e físico-químicas da água atuam em conjunto com os setores e habitats para moldar as assembleias no tempo e no espaço.

Testaremos um habitat de plataforma: recifes da Ilha da Figueira e do PARNAMAR Currais. Trabalharemos com a hipótese de que a abundância de indivíduos, a riqueza de espécies e a composição das assembleias serão moduladas pelas ilhas e por diferentes ranges de profundidade: 1 – 5m, 6 – 10m e 11 – 15m, e que variáveis físico-químicas da água atuam em conjunto com o perfil batimétrico para moldar as assembleias no tempo e no espaço.

A hipótese da tese será ecológica e funcional, porém conforme colaboração e disponibilidade de recursos, incluiremos análise trófica e poderemos testar a hipótese de que: dada a natureza rica e abundante de detritos em estuários, como é o caso do CEP (LANA e BERNARDINO et al., 2018), esperamos que as dietas dos peixes criptobênticos estuarinos sejam principalmente compostas por este material. Por outro lado, uma variedade de pequenos crustáceos, moluscos, anelídeos e algas, importantes recursos alimentares em recifes de coral (BRANDL et al., 2018) e em poças de maré (ANDRADES et al., 2023), podem compor em maior grau a dieta dos peixes criptobênticos estuarinos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O CEP está localizado no litoral do Estado do Paraná, Sul do Brasil (FIGURA 1). É um estuário de planície costeira (ANGULO, 1992), com área total de 612 km² (CAMARGO e HARARI, 2003; MARONE et al., 2005; LANA e BERNARDINO, 2018). Apresenta um eixo leste-oeste de 50 km de comprimento e 7 km de largura, constituindo as baías de Paranaguá e Antonina (260 km²) e um eixo norte-sul de 30 km de comprimento e 13 km de largura, constituindo as baías de Laranjeiras e Pinheiros (200 km²) (MAYERLE et al., 2015; LANA e BERNARDINO, 2018). O estuário conecta-se ao mar aberto através de três canais de maré (Galheta, Norte e Superaguí), com a área de entrada principal ao redor da Ilha do Mel (LANA e BERNARDINO, 2018).

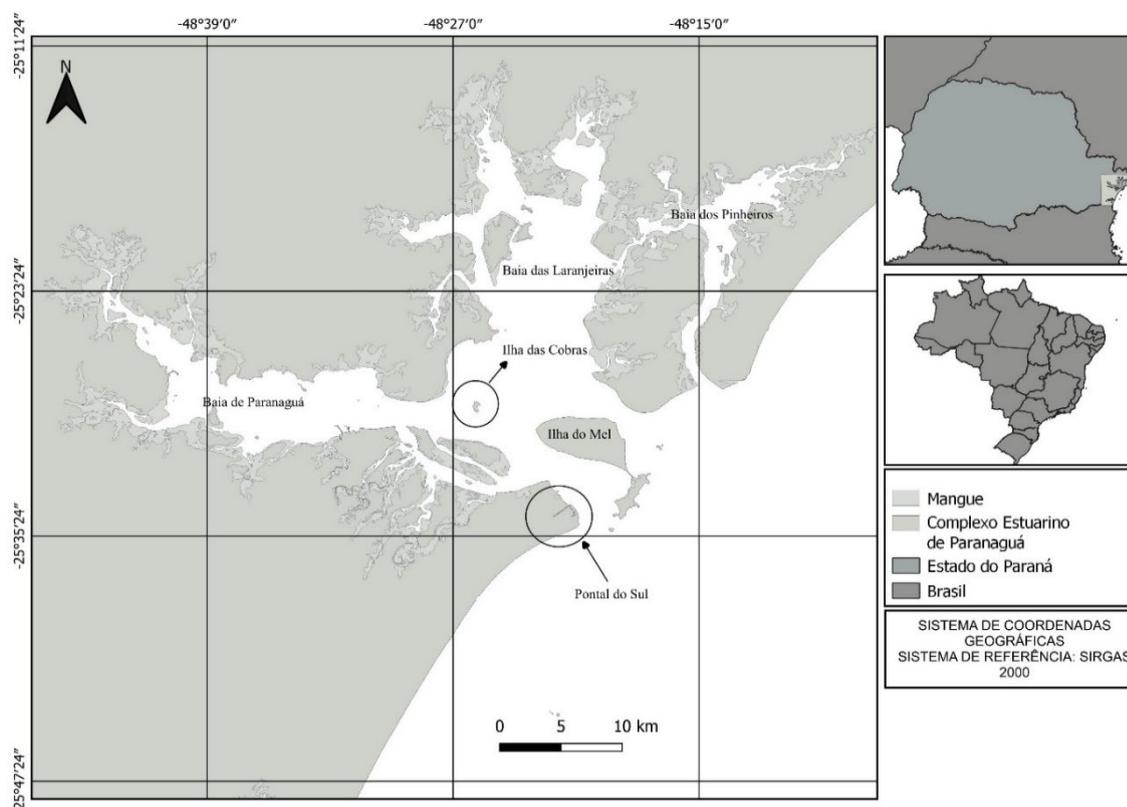


FIGURA 1 – Área de Estudo: Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Os círculos representam os locais de coleta do meu mestrado (LUCHESE, 2022).

O CEP é composto por diversos habitats naturais como, restingas, manguezais, marismas, costões rochosos e extensas planícies de maré (podem chegar a 2 km de extensão) (LANA e BERNARDINO, 2018). Diversas gamboas ocorrem ao longo das diferentes baías e a maioria das áreas entremarés (186 km²; MARTIN, 1992) são colonizadas por três espécies de árvores de mangue, *Rizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* (LANA e BERNARDINO, 2018). Grandes extensões de costões rochosos ocorrem próximos à foz do estuário e se tornam escassos nas suas porções superiores (SAUCSEN-WEISHEIMER et al., 2021), sendo encontrados frequentemente em ilhas de médio e pequeno porte espalhadas pelo estuário.

3.2 AMOSTRAGEM

As amostragens serão conduzidas em dois habitats entremarés estuarinos: gamboas e recifes rochosos na Baía de Paranaguá, Baía das Laranjeiras e Baía dos Pinheiros; e dois habitats insulares de plataforma: recifes da Ilha da Figueira e do PARNAMAR Currais.

Para as amostragens serão utilizadas armadilhas denominadas *fish-specific autonomous reef monitoring structures* (FARMS, ou estruturas autônomas de monitoramento de peixes recifais) (FIGURA 2) (BRANDL et al., 2023).

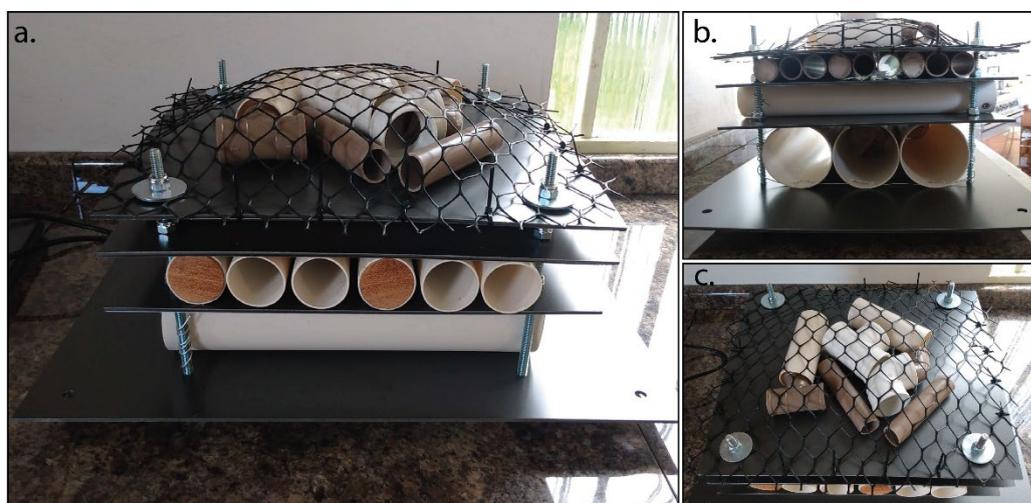


FIGURA 2. *Fish-specific autonomous reef monitoring structures* (FARMS, ou estruturas autônomas de monitoramento de peixes recifais) (BRANDL et al., 2023).

Serão instalados 54 FARMS, 18 por Baía. Em cada Baía, os dispositivos serão divididos em recifes rochosos e gamboas. Para cada habitat serão escolhidos três locais (sites) e em cada local serão instaladas 3 réplicas (FIGURA 3). As despescas serão trimestrais e realizadas ao longo de um ano, totalizando 216. Todos os FARMS serão instalados nas marés mais baixas de sizígia, buscando posicioná-los na região do mesolitoral inferior e infralitoral superior de cada um dos habitats. As despescas serão conduzidas nas marés de quadratura, utilizando o mergulho livre e uma caixa de madeira envolta por uma rede de malha fina (0,8 mm) anexada por pregos e construída precisamente para se encaixar nos FARMS.

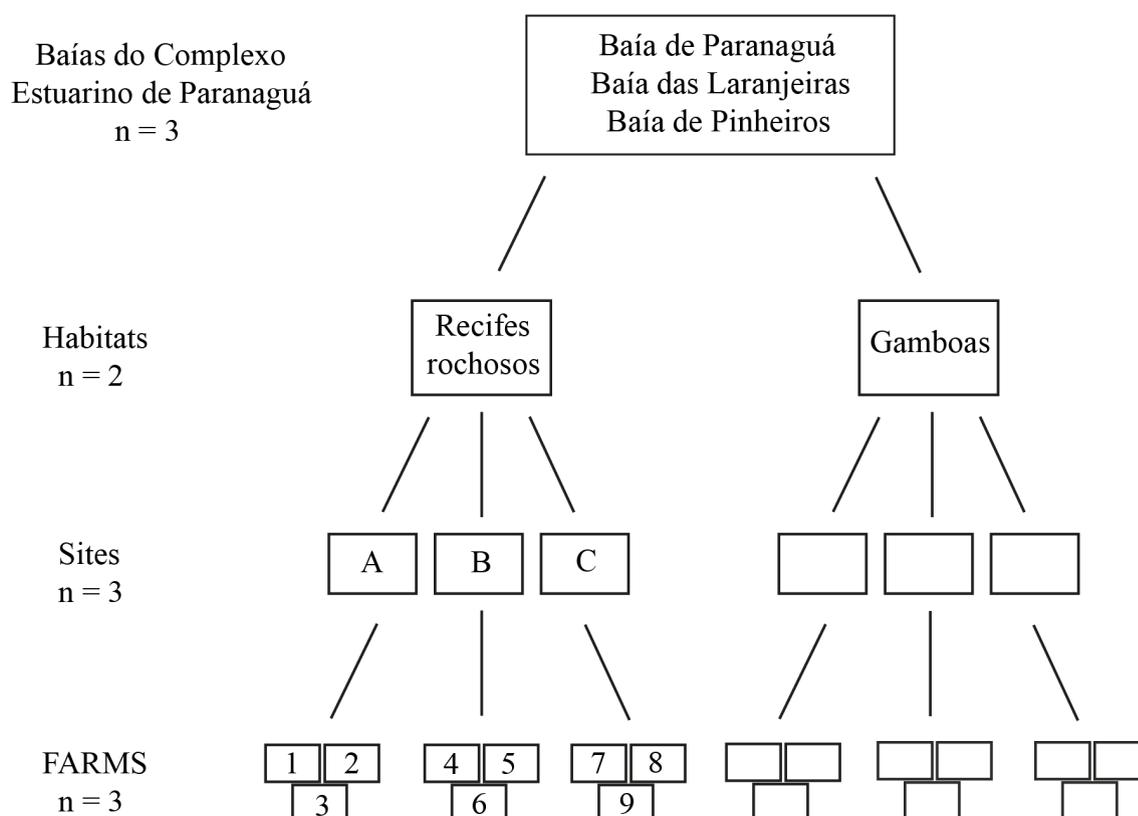


FIGURA 3. Desenho amostral para a coleta de peixes criptobênticos no Complexo Estuarino de Paranaguá.

Serão instalados seis FARMS, três por ilha. Em cada ilha, os dispositivos serão distribuídos ao longo de um gradiente de profundidade: 1 – 5m (n = 1), 6 – 10m (n = 1) e 11 – 15m (n = 1). As despescas serão trimestrais e realizadas ao longo de um ano, totalizando 24. As instalações e as despescas serão conduzidas em dias de mar calmo e de água clara utilizando o mergulho autônomo.

No estuário serão aferidos teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio do sedimento, bem como parâmetros granulométricos (diâmetro médio do grão, grau de seleção, assimetria, curtose e porcentagens relativas das classes de tamanho dos grãos). Tanto para o estuário quanto para as ilhas, serão aferidas a profundidade e variáveis físico-químicas da água, como temperatura, salinidade, concentração de oxigênio dissolvido, turbidez e pH.

Após as coletas, os peixes serão acondicionados em sacos de redes de malha de 0,8 mm e inseridos em uma caixa térmica com água do local e gelo. Em laboratório, os peixes serão eutanasiados, acondicionados em sacos plásticos etiquetados e colocados no freezer. Em seguida, cada indivíduo será identificado com um código e fotografado com o auxílio de um tripé e um fundo branco. Por fim, os indivíduos serão identificados até o nível de espécie, pesados (g), medidos (cm) e dissecados para identificação do sexo e

retirada do estômago e do tecido. Amostras de tecido e de estômago serão conservadas em álcool (> 99 %) e mantidas refrigeradas.

A partir do conteúdo gastrointestinal e conforme colaboração e disponibilidade de recursos, incluiremos análise trófica utilizando análises isotópicas ou de DNA *metabarcoding* (BRANDL et al., 2018; ANDRADES et al., 2023).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os padrões espaciais e temporais de abundância de indivíduos e de riqueza de espécies serão explorados com análises univariadas como, Modelos Lineares Generalizados (GLM) ou Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM) (ZUUR et al., 2009). A abundância de indivíduos e a riqueza de espécies serão consideradas como o número total de indivíduos e o número total de espécies, respectivamente, presentes em cada despesca.

A composição das assembleias será explorada com análises multivariadas, como a Análise de Correspondência Canônica (CCA) (TER BRAACK, 1986), Análise de Redundância (RDA) (GITTINS, 1985), ordenação de escala multidimensional não-métrica (nMDS) (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998), entre outras.

Para a definição do papel funcional das espécies estuarinas, serão selecionadas características morfológicas (por exemplo, tamanho e modificações em suas nadadeiras) e comportamentais (por exemplo, hábito alimentar e movimento) para descrever seus atributos funcionais nas gamboas e recifes rochosos. Cada característica será dividida em modalidades, por exemplo, hábito alimentar: detritívoro ou onívoro; ou tamanho do peixe: pequeno, médio ou grande; entre outras. Uma abordagem de codificação difusa (*fuzzy coding*) será utilizada para classificar cada espécie nas diferentes modalidades das características funcionais (CHEVENET et al., 1994).

As análises serão realizadas utilizando o ambiente computacional R (R Development Core Team 2023).

4. RESULTADOS ESPERADOS

Através da identificação dos padrões espaciais e temporais e do papel funcional das assembleias de peixes criptobênticos na região costeira do Paraná, esperamos trazer

a comunidade científica ao menos duas publicações em jornais indexados, um (1) que testará a hipótese da distribuição espacial e temporal e da diversidade funcional dos peixes criptobênticos entre gamboas e recifes rochosos em diferentes setores do CEP, e dois (2) que testará a profundidade como mediadora da montagem das assembleias de peixes criptobênticos em ambientes insulares recifais da plataforma continental interna adjacente ao estuário. Além das duas contribuições significativas sobre a temática, pouco explorada atualmente, mas de grande importância ecológica, esperamos avançar no conhecimento do papel trófico dessas assembleias em regiões estuarinas.

Esperamos participar de congressos científicos e cooperar através de um Doutorado sanduíche com o Dr. Simon J. Brandl do Instituto de Ciências Marinhas de Austin da Universidade do Texas, idealizador dos FARMS. Simon e sua equipe trabalham com peixes marinhos, com ênfase nas ligações entre organismos, comunidades e ecossistemas. Sempre entusiasmado e prontamente acessível para responder as nossas dúvidas durante o mestrado, nos incentivou e auxiliou na implementação dos FARMS no CEP (LUCHESE, 2022).

5. INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA E VIABILIDADE

Para a realização das coletas e processamento das amostras, o projeto conta com recursos financeiros e apoio logístico do Laboratório de Ecologia Marinha (ECOMAR – CEM/UFPR).

Pretendemos utilizar análises isotópicas ou de DNA *metabarcoding* para a identificação do papel trófico dos peixes criptobênticos no estuário de Paranaguá. Para tanto, pretendemos adquirir financiamento através de colaborações com parceiros. Uma das possibilidades é cooperarmos em um doutorado sanduíche com o Dr. Simon J. Brandl.

Atualmente, está sendo realizado um projeto de ciência cidadã da colega e pós doutoranda Dr. Barbara M. de Carvalho, vinculada ao Laboratório ECOMAR. Utilizando os próprios FARMS, serão identificados padrões espaciais e temporais das assembleias de peixes criptobênticos em três localidades/comunidades do estuário de Paranaguá (Amparo, São Miguel e Ilha do Mel) ao longo de um ano. O projeto conta com o auxílio de alunos de graduação em Oceanografia que estão trabalhando em seus projetos de Iniciação Científica na UFPR.

O crescente interesse pelos peixes criptobênticos pela comunidade científica do CEM e o seu potencial para estudos na região costeira do Paraná, torna o Laboratório ECOMAR o responsável pela viabilização e consolidação desse projeto de Doutorado.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADES, R.; MACHADO, F. S.; REIS-FILHO, J. A.; MACIEIRA, R. M.; GIARRIZZO, T. Intertidal biogeographic subprovinces: local and regional factors shaping fish assemblages. *Frontiers in Marine Science*, v. 5. 2018.

ANDRADES, R.; GONZÁLEZ-MURCIA, S.; BUSER, T. J.; MACIEIRA, R. M.; ANDRADE, J. M.; PINHEIRO, H. T.; VILAR, C. C.; PIMENTEL, C. R.; GASPARINI, J. L.; QUINTÃO, T. L.; MACHADO, F. S.; CASTELLANOS-GALINDO, G.; RUIZ-CAMPOS, G.; OJEDA, F. P.; MARTIN, K. L.; GIARRIZZO, T.; JOYEUX, J-C. Ecology, evolution and conservation of tidepool fishes of the Americas. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 33, p. 1263-1290. 2023.

ANGULO, J. R. Geologia da planície costeira do estado do Paraná. 334 f. Tese (Doutorado – Instituto de Geociências) – Universidade de São Paulo, 1992.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. *Journal of Fish Biology*, v. 61, p. 33-51. 2002.

BARRILLI, G. H. C.; VALE, J. G.; STAHELIN, G.; BRANCO, J. O. Biological and ecological aspects of *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837) (Perciformes, Gobiidae) from Santa Catarina, Southern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 61, p. 1-9. 2021.

BRANDL, S. J.; GOATLEY, C. H. R.; BELLWOOD, D. R.; TORNABENE, L. The hidden half: Ecology and evolution of cryptobenthic fishes on coral reefs. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 93, p. 1846-1873. 2018.

BRANDL, S. J.; WEIGT, L. A.; PITASSY, D. E.; COKER, D. J.; BERUMEN, M. L.; PATRICK, C. J.; BUSKEY, E. J.; DI DOMENICO, M.; LUCHESE, M. H.; SOETH, M.; CASEY, J. M.; TOPOR, Z. M.; DUFFY, J. E.; BALDWIN, C. C.; HAGEDORN, M.; PARENTI, L. R. Using standardized fish-specific autonomous reef monitoring structures (FARMS) to quantify cryptobenthic fish communities. *Methods in Ecology and Evolution, Practical Tools*, v. 00, p. 1-13. 2023.

BYRNES, J. E. K.; GAMFELDT, L.; ISBELL, F.; LEFCHECK, J. S.; GRIFFIN, J. N.; HECTOR, A.; CARDINALE, B. J.; HOOPER, D. U.; DEE, L. E.; DUFFY, J. E. Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: challenges and solutions. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 5, p. 111-124. 2014.

CAMARGO, R.; HARARI, J. Modeling the Paranaguá Estuarine Complex, Brazil: tidal circulation and cotidal charts. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 51, p. 23-31. 2003.

CARDINALE, B. J.; SRIVASTAVA, D. S.; DUFFY, J. E.; WRIGHT, J. P.; DOWNING, A. L.; SANKARAN, M.; JOUSEAU, C. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature Letters*, v. 443, p. 989-992. 2006.

CHEVENET, F.; DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater biology*, v. 31, p. 295-309. 1994.

CORREA, M. de O. D. A.; UIEDA, V. S. Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil. *Inheringia: Série Biologia*, v. 97, n. 4, p. 486-497. 2007.

CORTELLETE, G. M.; GODEFROID, R. S.; DA SILVA, A. L. C.; CATTANI, A. P.; DAROS, F. A.; SPACH, H. L. Fishes of an area of deposition of dragged material in Antonina Bay, Paraná, Brazil. *Cadernos da Escola de Saúde*, v. 2, p. 1-19. 2009.

DALBEN, A.; FLOETER, S. R. Cryptobenthic reef fishes: depth distribution and correlations with habitat complexity and sea urchins. *Journal of fish biology*, v. 60, p. 852-865. 2012.

DEPCZYNSKI, M.; BELLWOOD, D. R. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Marine Ecology Progress Series*, v. 256, p. 183-191. 2003.

DIB, V.; PIRES, A. P. F.; CASA NOVA, C.; BOZELLI, R. L.; FARJALLA, V. F. Biodiversity-mediated effects on ecosystem functioning depend on the type and intensity of environmental disturbances. *Oikos*, v. 129, p. 433-443. 2020.

ELLIOTT, M.; HEMINGWAY, K. L. *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford, 2002, 656 p.

GIBSON, R. N. Intertidal teleosts: life in a fluctuating environment. In: PITCHER, T. J. (Ed.). *The behavior of teleosts fishes*. Springer New York, New York, 1986, p. 388-407.

GIBSON, R. N.; YOSHIYAMA, R. M. Intertidal fishes communities. In: HORN, M. H.; MARTIN, K. L. M.; CHOTKOWSKI, M. A. (Eds.). *Intertidal fishes: life in two worlds*. Academic Press, San Diego, CA, 1999, p. 264-296.

GITTINS, R. *Canonical analysis – A review with applications in ecology*. Springer, 1985, 351 p.

LANA, P. C.; CHRISTOFOLETTI, R.; GUSMÃO JR, J. B.; BARROS, T. L.; SPIER, D.; COSTA, T. M.; GOMES, A. S.; SANTOS, C. S. G. Benthic Estuarine Assemblages of the Southeastern Brazil Marine Ecoregion (SBME). In: LANA, P. C., BERNARDINO, A. (Eds.), *Brazilian Estuaries. Brazilian Marine Biodiversity*. Springer, Cham, 2018, p. 117-175.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. Elsevier Science, 2ª Edição, v. 24, 1998, 852 p.

LUCHESE, M. H. Uma nova ferramenta para acessar a resposta das assembleias de peixes recifais criptobênticos a diferentes habitats entremarés de estuários. 63 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Universidade Federal do Paraná, 2022.

MACIEIRA, R. M.; JOYEUX, J. C. Distribution patterns of tidepool fishes on a tropical flat reef. *Fishery Bulletin*, v. 109, n. 3, p. 305-315. 2011.

MARONE, E.; MACHADO, E. C.; LOPES, R. M.; DA SILVA, E. T. Land-ocean fluxes in the Paranaguá Bay Estuarine System, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 53. P. 169-181. 2005.

MARTIN, F. Étude de l'écosystème mangrove de la Baie de Paranguá (Paraná, Bresil): analyse des impacts et propositions de gestion rationnelle. Tese (Doutorado) – Universidade de Paris VII, França, 1992.

MAYERLE, R.; NARAYANAN, R.; ETRI, T.; WAHAB, A. K. A. A case study of sediment transport in the Paranagua Estuary Complex in Brazil. *Ocean engineering*, v. 106, p. 161-174. 2015.

NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F. C.; ARAÚJO, A. D.; MARONE, E.; ANGELOTTI, R.; NETTO JR, J. P. B.; KRUG, L. A. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá Estuarine Complex - *Brazilian Journal of Coastal and Research*, v. 39, p. 1627-1631. 2006.

OLIVEIRA, R. R. S.; MACIEIRA, R. M.; GIARRIZZO, T. Ontogenetic shifts in fishes between vegetated and unvegetated tidepools: assessing the effect of physical structure on fish habitat selection. *Journal of fish biology*, v. 89, p. 959-976. 2016.

PICHLER, H. A.; GODEFROID, R. S.; MOTTA, R. O.; SPACH, H. L.; MAGGI, A. S.; DOS PASSOS, A. C. Fishing gear influence on characterization of tidal flats ichthyofauna. *Cadernos da Escola de Saúde Ciências Biológicas*, n. 1. 2008.

PIMENTEL, C. R.; SOARES, L. S. H.; MACIEIRA, R. M.; JOYEUX, J. C. Trophic relationships in tidepool fish assemblages of the tropical Southwestern Atlantic. *Marine Ecology*, v. 39, n. 2. 2018.

POSSAMAI, B.; FÁVARO, L. F. Seasonal and ontogenetic changes in the diet of blenny *Hypheurochilus fissicornis*: An estuarine mariculture as a model of the reef environment. *Marine Ecology*, v. 40, n. 2, p. 1-9. 2019.

POSSAMAI, B.; FÁVARO, L. F. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypheurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). *Scientia Marina*, v. 79, n. 3, p. 335-343. 2015.

POSSAMAI, B.; ROSA, L. C.; CORRÊA, M. F. M. Seletividade de armadilhas e atrativos na captura de pequenos peixes e crustáceos em ambientes estuarinos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 18, n. 2, p. 11-17. 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2023.

SAUCSEN-WEISHEIMER, A.; LANA, P.; FLORES, A. A. V. Salinity gradients and interspecific competition determine the distribution of chthamalid barnacles in a subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 262. 2021.

SOARES, B. E.; LOBATO, C. M. C.; FREITAS, D. T. H.; OLIVEIRA-RAIOL, R. D.; MONTAG, L. F. A. Sex differences on the feeding of the gobiid fish *Bathygobius soporator* in tide pools of Maiandea Island, Pará, Brazil. *Inheringia: Série Biologia*, v. 106, p. 1-4. 2016.

SPACH, H. L.; GODEFROID, R. S.; SANTOS, C.; SCHWARZ JR, R.; DE QUEIROZ, G. M. L. Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 52, n. 1, p. 47-58. 2004.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v. 67, p. 1167-1179. 1986.

VENDEL, A. L.; SPACH, H. L.; LOPES, S. G.; SANTOS, C. Structure and dynamics of fish assemblages in a tidal creek environment. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 45, n. 3, p. 365-373. 2002.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, 2009, 574 p.