Marina Rito Brenha Nunes

Ictiofauna em poças de maré arenosas e rochosas e seus fatores estruturadores em uma planície de maré subtropical

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Profª. Drª. Carmen Lucia Del Bianco Rossi Wongtschowski

São Paulo

2016

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Ictiofauna em poças de maré arenosas e rochosas e seus fatores estruturadores em uma planície de maré subtropical

Marina Rito Brenha Nunes

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Julgada em ____/____/____

_____	_____
Prof(a). Dr(a).	Conceito
_____	_____
Prof(a). Dr(a).	Conceito
_____	_____
Prof(a). Dr(a).	Conceito

Sumário

1. Introdução 11
2. Objetivos 14
3. Área do Estudo 14
4. Material e Métodos 15
4.1. Procedimentos amostrais 15
4.1.1. Protocolo para amostragem - poças arenosas 16
4.1.2. Protocolo para amostragem - poças rochosas 19
4.2. Processamento das amostras 21
4.3. Análise de dados 22
4.3.1. Cenário ambiental - caracterização abiótica das poças 22
4.3.2. Composição e abundância de espécies 24
4.3.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça ... 25
5. Resultados 26
5.1. Cenário ambiental – caracterização abiótica das poças 26
5.2. Composição e abundância de espécies 27
5.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça 29
6. Discussão 31
6.1. Cenário ambiental – caracterização abiótica das poças 31
6.2. Composição e abundância de espécies 32
6.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça 37
7. Considerações finais 38
Referências bibliográficas 40
Figuras 49
Tabelas 56
Apêndice I 64
Anexo I 70
Anexo II 71

Agradecimentos

É sempre tão difícil escrever os agradecimentos, pois temos ajuda de tanta gente para “concluir” uma pesquisa, que ficamos receosos de esquecer alguém. Perdoem-me se isto acontecer.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelos pais (Carlos e Lourdes), avó (Ermínia) e irmã (Karina) que tenho, por serem pessoas tão iluminadas e maravilhosas, SEMPRE me ensinando e me apoiando em todas as minhas escolhas, mesmo sendo a única bióloga da família (ovelha negra). Agradeço também ao meu marido (Felipe) que me apoia, dá bronca e me abraça sempre quando estou mais desesperada. Amo-te.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Profª. Carmen, que me acolheu desde o estágio, com paciência e compreensão em todas as minhas conquistas pessoais e profissionais, ensinando-me muito sobre todas as partes de um projeto, desde questões administrativas até como lidar com as pessoas. Agradeço ao Riguel, que sempre acreditou que eu era capaz de conduzir uma equipe de coleta no mestrado, com paciência, broncas, discussões, “birrinhas” e muitas risadas, e que espero ter se tornado um grande amigo para a vida.

Sem a equipe de coleta e triagem, não teria conseguido muita coisa. Muito obrigada a todos que participaram, ajudando-me de alguma forma a pensar em como acertar da próxima vez ao comandar uma equipe e pelas conversas descontraídas que geraram muitas risadas: Rafael, Valéria, César, Priscila (*in memoriam*), Nicolas, Andrews, Natália, Débora, Marcella, Carol, Patrícia, Luciano e Venâncio. Junto com essa equipe, um agradecimento especial para os pescadores do Araçá que sempre participaram e nos ensinaram muito sobre a vida de pescador: Neemias, Latinha, Seu Moa, Roberto e Seu Toninho.

Agradeço ao CEBIMar pela acolhida e toda equipe que sempre colaborou para que as coletas dessem certo: Seu Élcio, Zé Ilton, Simone, Emerson, Graça, Mogli e o pessoal do Projeto Garoupas. Agradeço também aos técnicos do Instituto Oceanográfico: Davi, André, Luis, Tomás, Walter, Seu Pedro pelo apoio na logística laboratorial e aos motoristas que foram fundamentais na logística em campo: Roberto (chefe da seção), Cláudio e Serginho.

Agradeço às vizinhas do laboratório de Ecologia Trófica por todos os momentos de descontração e dificuldades enfrentadas juntas: Profª. Lucy, Camila, Marinella, Lídia e

Fernanda; aos colegas de outros laboratórios pelas conversas e discussões acadêmicas que revelaram que estamos exatamente no mesmo “barco”, com as mesmas dificuldades e aflições de um aluno de pós-graduação: Aline, Amanda, Fernanda e Cláudia (me ensinando e ajudando a identificar as larvas).

Gostaria muito de agradecer ao Alexandre (Japonês), pois a construção de nossa amizade me fez perceber que não preciso ser tão desesperada e “pilhada” com tudo. Agradeço muito por tudo que me ajudou e tem ajudado (de graça) com seu conhecimento de designer, paciência (rsrs...) e descontração.

Agradeço ainda a todos os meus familiares que acompanharam e colaboraram entendendo essa nossa vida louca de coletas e mais coletas: meus sogros (Pedro e Yara), meus cunhados (Márcia, Tiago e Thadeu) e meus maravilhosos sobrinhos Mainá, Clarice e Francisco. Agradeço também às minhas amigas que sempre estiveram e estão ao meu lado em momentos bons e de dificuldades, sempre me apoiando em todas as escolhas: Stella, Dani, Rafa e Mayara.

Por fim, agradeço ao Instituto Oceanográfico, ao CNPq e a FAPESP pelas bolsas de mestrado e financiamento das atividades de campo, respectivamente. Agradeço a CAPES pela bolsa de monitoria junto aos Profs. Marcelo e Marcos, que me permitiu aprender mais como estudante e crescer como educadora.

“A vantagem de ter péssima memória é divertir-se muitas vezes com as mesmas coisas boas como se fosse a primeira vez.”

Friedrich Nietzsche

Resumo

Poças de maré são depressões ou cavidades do substrato do entre-marés, formadas tanto em costões rochosos quanto em planícies de maré durante maré baixa. Estudos comparando a ictiofauna de poças arenosas de planícies de maré e de poças rochosas são inexistentes, sendo o presente estudo o primeiro a ser desenvolvido neste âmbito, a fim de colocar em pauta a relevância de poças arenosas para a ecologia e conservação de áreas costeiras. Nossos objetivos neste estudo foram (I) realizar o levantamento das espécies de peixes presentes em poças de maré arenosas e rochosas em uma enseada subtropical, a Baía do Araçá (São Paulo/Brasil); (II) comparar a composição e abundância da ictiofauna entre poças arenosas e rochosas; e (III) identificar quais e como os fatores ambientais estão relacionados à composição e abundância da ictiofauna dessas poças. A estrutura da ictiofauna (composição e abundância de espécies) e fatores ambientais (área, profundidade, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, porcentagem de cobertura algal e distância das poças até o canal) foram analisados a partir de quatro campanhas realizadas durante 2014. Nas poças arenosas, a ictiofauna foi amostrada utilizando redes de mão, solução de eugenol e picaré seguindo um protocolo de amostragem especialmente desenvolvido para essa categoria de poça; nas poças rochosas, utilizamos eugenol e redes de mão. Verificamos que as poças arenosas foram maiores, mais rasas e mais distantes do canal, sendo estes os fatores ambientais que mais distinguem os dois tipos de poça. A composição e abundância de espécies diferiram entre os tipos de poça e ao longo do ano, sendo em arenosas Gerreidae e Gobiidae as principais famílias e em rochosas Gobiidae e Blenniidae. Os fatores ambientais que estruturaram a ictiofauna em cada tipo de poça foram: nas arenosas, a área, profundidade, cobertura algal e distância até o canal; e nas rochosas, temperatura, oxigênio dissolvido e distância do canal. Além do enfoque que vem sendo dado à ictiofauna de poças rochosas, enfatizamos a importância de estudar aquela de poças arenosas por sua elevada riqueza e abundância em espécies, incluindo larvas de diversas famílias.

Palavras-chave: biodiversidade, peixes, substrato consolidado, substrato inconsolidado.

Abstract

Tide pools are depressions or cavities of the intertidal substrate formed in both rocky shores and tidal flats during low tide. Studies on fish populations conducted at sandy pools in tidal flats and their comparison with rock pools do not exist. This study is the first one dealing with such questions, emphasizing the relevance of sandy pools for the ecology and conservation of coastal areas. The objectives of this study were (I) to carry out a survey of fish species in sandy and rocky tide pools in a subtropical bay, the Aracá Bay (São Paulo/Brazil); (II) to compare the composition and abundance of fish fauna between sandy and rocky pools; and (III) to investigate which and how environmental factors are related to the composition and distribution of fish fauna of these pools. The structure of fish populations (composition and abundance of species) and environmental factors (area, depth, salinity, temperature, dissolved oxygen, algal coverage percentage and distance from the pools to the channel) were carried out in four campaigns during 2014. In sandy pools, the fish fauna was sampled using hand nets, eugenol and beach seine, following a sampling protocol specially developed for that purpose; in rocky pools, we used eugenol and hand nets. The sandy pools were larger, shallower and farther from the channel, than the rocky ones. The composition and abundance of fish species differed between the types of pools and throughout the year: Gerreidae and Gobiidae were the main families in the sandy pools and Gobiidae and Blenniidae in the rocky ones. The environmental factors that structured the fish fauna in each type of pool were: in sandy area, depth, algal coverage and distance to the channel; in rocky pools, temperature, dissolved oxygen and channel distance. In contrast to the focus that has been given for rocky pools, we emphasize the importance of sandy pools studies because its great richness and abundance of species, including larvae of many families.

Keywords: biodiversity, fishes, hard substrate, soft substrate.

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa do Brasil com a localização da área do estudo, Baia do Araçá (São Sebastião, SP/Brasil). À nordeste no mapa está situado o Porto de São Sebastião, adjacente à baía. A linha pontilhada representa o emissário submarino. Localização aproximada das poças arenosas (●) e rochosas (○). Mapa modificado de Amaral *et al*. (2015).....49

Figura 2: Exemplo de poça arenosa formada na planície de maré da baía do Araçá. Foto: Equipe LABIC.....49

Figura 3: Exemplo de poça rochosa localizada em um costão rochoso da baía do Araçá. Foto: Equipe LABIC.....50

Figura 4: Exemplo da busca ativa de peixes sob rochas e lixo encontrados dentro das poças de maré arenosas. Foto: Equipe LABIC.....50

Figura 5: Exemplo de objetos encontrados nas poças de maré. Foto: Equipe LABIC.....51

Figura 6: Exemplo de dissolução do eugenol em poças de maré. Foto: Equipe LABIC.....51

Figura 7: Representação do cálculo das áreas das poças de maré arenosa de 21 a 100 m e rochosas maiores que 10 m de perímetro. A e B: representação da vista aérea de duas poças hipotéticas. A sequência numérica representa as etapas do processo de medição da área. Detalhes apresentados no trabalho Brenha-Nunes *et al.* (no prelo, Anexo II). TRA=trapézio; TRI=triângulo; QUA=quadrado. Modificado de Brenha-Nunes *et al.* (no prelo).....52

Figura 8: Exemplo das medições da profundidade em uma poça de maré arenosa de 21 a 100 m e rochosa maior que 15 m de perímetro, dividida em dois setores. P1, P2, P3 e P4: locais de medição da profundidade da poça. A - Vista aérea e B - secção transversal. Modificado de Brenha-Nunes *et al.* (no prelo).....52

Figura 9: Exemplo da passagem da picaré construída com tela de mosquiteiro após busca ativa. Foto: Equipe LABIC.....53

Figura 10: Ordenação *dbRDA* das espécies mais abundantes em poças arenosas em função das variáveis preditoras selecionadas pelo critério *BIC* dos modelos *DISTLM* (Tabela 13). Espécies: BASO = *Bathygobius soporator*; CTBO = *Ctenogobius boleosoma*; EUAR = *Eucinostomus argenteus*; EU sp. L = larva de *Eucinostomus* sp.; MYPU = *Myrophis punctatus*.....54

Figura 11: Ordenação *dbRDA* das espécies mais abundantes em poças rochosas em função das variáveis preditoras selecionadas pelo critério *BIC* dos modelos *DISTLM* (Tabela 14). Espécies: ATBR = *Atherinella brasiliensis*; BASO = *Bathygobius soporator*; CTBO = *Ctenogobius boleosoma*; EUAR = *Eucinostomus argenteus*; EU sp. L = larva de *Eucinostomus* sp.; MUCU = *Mugil curema*; MYPU = *Myrophis punctatus;* SCCR = *Scartella cristata*.....55

Índice de Tabelas

Tabela 1: Número de poças, área das poças (m²; intervalo, média e desvio padrão), volume das poças (m³, intervalo, média e desvio padrão), distância até o Canal de São Sebastião (m; intervalo, média e desvio padrão) relativos às poças arenosas amostradas em cada campanha.....56

Tabela 2: Número de poças, área das poças (m²; intervalo, média e desvio padrão), volume das poças (m³, intervalo, média e desvio padrão), distância até o Canal de São Sebastião (m; intervalo, média e desvio padrão) relativos às poças rochosas amostradas em cada campanha.....56

Tabela 3: Médias dos dados abióticos, com respectivos desvios padrões: profundidade (cm), salinidade, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/l) e cobertura algal (%) para cada tipo de poça (arenosa e rochosa) e campanha amostral (verão, outono, inverno e primavera).....56

Tabela 4: Resultados da *PERMANOVA* entre os fatores ambientais e tipo de poça, campanha e, tipo de poça *versus* campanha. *P* definido por 9999 permutações.....57

Tabela 5: Resultados dos Testes *t* permutacionais de comparações pareadas *a posteriori* da *PERMANOVA* para fatores ambientais entre tipos de poça em cada campanha amostral. *P* definido por 9999 permutações.....57

Tabela 6: Resultados do SIMPER para os fatores ambientais, com os valores da contribuição (%) de cada um para a caracterização das poças de maré rochosas e arenosas para as campanhas amostras com teste *t* significativo ($P < 0,05$).....57

Tabela 7 – Espécies capturadas em poças de maré rochosas e arenosas da Baía do Araçá. Quando possível, são mencionados nomes de ordem, família, nome científico, descritor, nome popular em português e inglês de cada. O símbolo * significa que foram capturadas larvas, juvenis e adultos da mesma espécie.....58

Tabela 8: Valores de número de indivíduos capturados (N), valor médio de densidade (ind/m³ ± desvio padrão), valor médio de biomassa (g/m³ ± desvio padrão), porcentagem relativa de cada valor (%), frequência de ocorrência (%) e Índice de Importância Relativa (%) para cada espécie em poças arenosas e rochosas ao longo das quatro campanhas. O símbolo * indica valores menores que 0,01.....59

Continuação Tabela 8: Valores de número de indivíduos capturados (N), valor médio de densidade (ind/m³ ± desvio padrão), valor médio de biomassa (g/m³ ± desvio padrão), porcentagem relativa de cada valor (%), frequência de ocorrência (%) e Índice de Importância Relativa (%) para cada espécie em poças arenosas e rochosas ao longo das quatro campanhas. O símbolo * indica valores menores que 0,01.....60

Tabela 9: Padrão de ocupação, valores médios de comprimento total (mm) ao término da fase larval, juvenil e início da fase adulta e amplitude de comprimento total (mm) de cada espécie capturada em poças arenosas e rochosas. R = espécies residentes; T = espécies transitórias; O = Espécies oportunistas; CP = comprimento padrão quando não encontrado o comprimento total.....61

Tabela 10: Resultados da *PERMANOVA* entre a densidade da ictiofauna e tipo de poça, campanha e, tipo de poça *versus* campanha. *P* definido por 9999 permutações.....62

Tabela 11: Resultados dos Testes *t* permutacionais de comparações pareadas *a posteriori* da *PERMANOVA* para a densidade da ictiofauna entre tipos de poça em cada campanha amostral. *P* definido por 9999 permutações.....62

Tabela 12: *IndicSpecies* para a estrutura da comunidade entre os fatores tipo de poça e campanha, evidenciando as espécies indicadoras no conjunto de todas as campanhas amostrais e para aquelas campanhas em que o teste *t* foi significativo. Comp A e comp B são os componentes que definem se uma espécie é indicadora ou não. L = espécie coletada em fase larval. "X" indica em qual tipo de poça cada espécie está representando.....62

Tabela 13 – Correlação entre o vetor de espécies, vetor de fatores ambientais estruturadores de poças arenosas e os dois primeiros eixos da ordenação *dbRDA*. Preditores selecionados segundo o método *DISTLM* e critério de seleção *BIC*.....63

Tabela 14 – Correlação entre o vetor de espécies, vetor de fatores ambientais estruturadores de poças rochosas e os dois primeiros eixos da ordenação *dbRDA*. Preditores selecionados segundo o método *DISTLM* e critério de seleção *BIC*.....63

1. Introdução

A região costeira é caracterizada por diversos ecossistemas e habitats importantes, tanto para a manutenção da vida de diversos seres vivos, quanto para consumo e comércio de recursos pesqueiros pelo ser humano. Destacam-se entre tais ecossistemas: manguezais, restingas, marismas, praias, planícies de maré, costões rochosos e estuários.

A região costeira é comumente dividida em três subdivisões ecológicas: o supralitoral, região mais próxima do continente, que recebe menor influência das marés; o litoral, também denominado zona entremarés, local onde o fundo fica exposto durante a maré baixa e submerso durante a maré alta; e o sublitoral, região que permanece constantemente submersa, independentemente do nível da maré (LALLI & PARSONS, 1997). Especificamente na zona entremarés, existem muitos organismos que passam parte ou todo seu ciclo de vida (HORN *et al.*, 1999) e que estão estreitamente ligados à estrutura do substrato, o qual pode ser consolidado (rochas e matacões) ou inconsolidado (areia e lama; LALLI & PARSONS, 1997).

Geralmente, quando a maré desce são formadas depressões em irregularidades ou cavidades do substrato e essas são denominadas poças de maré (HORN *et al.*, 1999). Sendo assim, poças de maré são definidas como corpos d'água gerados momentaneamente na maré baixa quando permanecem isoladas do oceano até o subsequente pulso de maré alta. Tais corpos d'água servem de refúgio para uma diversificada fauna, desde invertebrados até peixes (METAXAS & SCHEIBLING, 1993).

Esses organismos apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem suas sobrevivências em condições de elevada variabilidade ambiental (MACIEIRA & JOEUX, 2011). Essa variabilidade decorre da periódica imersão e submersão do substrato, o que provoca conspícua variação de salinidade, oxigênio, temperatura da água e tempo de exposição à dissecação (HORN *et al.*, 1999; MENGE & BRANCH, 2001).

Além das variações descritas acima, particularidades do clima, geomorfologia, inclinação da costa e distância do sublitoral são importantes fatores estruturadores das comunidades das poças de rochosas e arenosas (REISE, 1985). As rochosas oferecem aos organismos móveis elevada quantidade e diversidade de refúgios, devido à presença de fendas (HORN *et al.*, 1999; MENGE & BRANCH, 2001); já as arenosas oferecem menor

diversidade de refúgios por serem formadas em um substrato inconsolidado, portanto sem fendas, rachaduras ou gretas (REISE, 1985; DYER, 1998; CHARGULAF *et al.*, 2011).

As espécies que habitam poças de maré podem ser subdivididas em dois grupos: as residentes e as transitórias (ZANDER *et al.*, 1999). As residentes geralmente apresentam tamanhos pequenos e hábitos crípticos, como juvenis e adultos de Gobiidae e Blenniidae, sendo essenciais para diversas cadeias tróficas locais, servindo de alimento para peixes maiores e aves que forrageiam o local durante a maré baixa (CRABTREE & DEAN, 1982; KWIK & TIBBETS, 1999; CHARGULAF *et al.*, 2011). As espécies transitórias, representadas por larvas e juvenis de táxons costeiros típicos, como Engraulidae, Gerreidae e Mugilidae, utilizam as poças como locais de abrigo, berçário e alimentação ou permanecem nelas por geralmente não terem acompanhado a descida da maré (CRABTREE & DEAN, 1982; RUSSELL & GARRETT, 1983; GONZÁLEZ-MURCIA *et al.*, 2012; FIRTH *et al.*, 2014).

Ao longo da região costeira existem ambientes que são propícios à formação de poças de maré, devido às particularidades da hidrodinâmica, sedimentação e elevação da região do entremarés (MIODONSKI, 2009). Para preservar e proteger essas regiões e sua biodiversidade é necessário mapeá-las e estudá-las para entender o funcionamento das comunidades de peixes nelas presentes. Através desses conhecimentos, é possível aplicar medidas efetivas de proteção, conservação e manejo dessas regiões (HORN *et al.*, 1999; MENEZES, 2011).

Diversos estudos ecológicos têm sido conduzidos em poças de maré, com maior frequência em regiões temperadas do que nas tropicais. Porém, há uma enorme disparidade de estudos com relação ao tipo de poça abordado, sendo que a grande maioria se restringe a poças com fundos rochosos nos oceanos Pacífico (GIBSON, 1972; METAXAS & SCHEIBLING, 1993; MAHON & MAHON, 1994; POLIVKA & CHOTOWSKI, 1998; DAVIS, 2000; PROCHAZKA & GRIFFITHS, 1992; ALMADA & FARIA 2004; CASTELLANOS-GALINDO *et al.*, 2005; COX *et al.*, 2011; GONZÁLEZ-MURCIA *et al.*, 2012) e Atlântico (ROSA *et al.*, 1997; FERREIRA *et al.*, 2001; VENDEL *et al.*, 2003; BARREIROS *et al.*, 2004; CUNHA *et al.*, 2007; VALENTIM, 2008; GODINHO & LOTUFO, 2010; MACIEIRA & JOEUX, 2011; OLIVEIRA, 2012; RUFFEIL, 2012; MACHADO, 2013).

Segundo nosso levantamento em poças arenosas o número de estudos dessa natureza é bem menor, sendo que os mesmos foram desenvolvidos principalmente no oceano Pacífico (CRABTREE & DEAN, 1982; RUSSELL & GARRETT, 1983; BLABER *et al.*, 1985; BLABER *et al.*, 1992; KWIK & TIBBETTS, 1999; ABLE *et al.*, 2005; MEAGER *et al.*, 2005; CHARGULAF *et al.*, 2011). A maioria desses trabalhos se restringe à descrição da composição e abundância de espécies, sem enfoque comparativo entre os tipos de poça. Neste sentido, Meager *et al.* (2005) e Chargulaf *et al.* (2011) fizeram comparações entre a ictiofauna presente nos dois tipos de poças, não encontrando diferenças na composição e abundância; porém estes autores consideraram como "poças" aquelas formadas pela atividade e repouso de raias, e não aquelas formadas pela hidrodinâmica e irregularidade e dinâmica do substrato local.

Face à escassez de informações ecológicas comparativas entre a ictiofauna de poças arenosas e rochosas, ficam as seguintes questões:

1- As poças arenosas, formadas por singularidades hidro e morfodinâmicas, apresentam a mesma fauna do que as poças rochosas?

2- Por que existem tão poucos estudos sobre a ictiofauna de poças arenosas?

3- Os fatores abióticos relacionados à ictiofauna presente nos dois tipos de poças são os mesmos?

Para fins de conservação, é extremamente importante saber se existem diferentes habitats em um ecossistema e a heterogeneidade faunística que ocorre em cada um deles (MENEZES, 2011). Assim, considerando o panorama de escassez de informações ecológicas sobre a ictiofauna em poças de maré de regiões tropicais e, em especial, a lacuna de conhecimento sobre poças com fundo arenoso, o presente estudo fundamentou-se no objetivo de analisar e comparar a estrutura (composição e abundância de espécies) e distribuição da ictiofauna presente em poças de maré arenosas e rochosas em uma planície de maré, localizada no litoral norte de São Paulo (Baía do Araçá). Nossos resultados trazem informações que contribuirão para o projeto temático "Biodiversidade e Funcionamento de um Ecossistema Costeiro Subtropical: Subsídios Para Gestão Integrada" (FAPESP-2011/50317-5), cujo principal objetivo é compreender o funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical, visando à aplicação de um manejo integrado que leve em consideração a importância social, econômica e ambiental do local.

Antes do Projeto Biota/Araçá, não havia informações suficientes em âmbito ecológico e econômico sobre a ictiofauna e os fatores relacionados à sua estrutura e dinâmica nos diversos habitats da baía, como é o caso das poças de maré. Esta lacuna limitava o entendimento do funcionamento ecossistêmico da baía e a proposição de medidas mitigatórias de conservação e manejo frente a uma possível ampliação portuária proposta para o local (AMARAL *et al*., 2010).

2. Objetivos

1. Realizar o levantamento das espécies de peixes presentes em poças de maré rochosas e arenosas na baía do Araçá.
2. Comparar a composição e abundância da ictiofauna entre poças rochosas e arenosas.
3. Identificar quais e como os fatores ambientais estão relacionados à composição e abundância da ictiofauna dessas poças.

3. Área do Estudo

A Baía do Araçá (ou enseada do Araçá), localizada no município de São Sebastião, Litoral Norte do Estado de São Paulo (23°48’S, 45°24’O), é uma planície de maré situada na parte continental do Canal de São Sebastião (Figura 1). Durante marés baixas de sizígia, grande parte dessa planície permanece descoberta alcançando até 300 metros de extensão (AMARAL *et al.*, 2010). As correntes de marés que predominam sobre o Araçá vêm do canal seguindo sentido sul-norte, atingindo o enrocamento do porto e, então, retornam em sentido oposto pelas margens internas da baía (SIEGLE *et al.*, 2015). Esse afluxo favorece que as depressões presentes no entre-marés fiquem cobertas por água, formando as poças de maré na planície arenosa.

A baía apresenta área de aproximadamente hum (1) km², quatro praias (Deodato, Pernambuco, Germano e Topo), duas ilhotas (Pernambuco e Pedroso), costões rochosos e três pequenos núcleos de manguezal (AMARAL *et al.*, 2010). Estes manguezais fazem parte da área de proteção ambiental (APA) Marinha do Litoral Norte (SÃO PAULO, 2008).

A área é muito protegida e pouco sujeita à ação das ondas, sendo que as praias apresentam declive suave e baixo hidrodinamismo (SIEGLE *et al.*, 2015).

O Araçá recebe aportes de esgoto doméstico provenientes de duas fontes: do córrego Mãe Izabel, que deságua na praia do Topo e de um emissário submarino, em operação desde 1990, que passa subterraneamente por toda a extensão da baía e termina no Canal de São Sebastião (BÍCEGO *et al.*, 2008; TEODORO *et al.*, 2011). Adjacente à área, existem: o Terminal Aquaviário da Petrobrás e o Porto de São Sebastião, que vem causando consistente poluição por hidrocarbonetos (AMARAL *et al*., 2010).

A baía e o Canal de São Sebastião têm passado por diversas alterações devido às obras de ampliação do Terminal Aquaviário da Petrobrás e do Porto de São Sebastião, com interferência direta nas relações econômicas, sociais e ecológicas do local (CUNHA, 2003; AMARAL *et al*., 2010). Assim, existe uma demanda de estudos/programas de monitoramento para compensação de eventuais perdas ambientais e sociais, causadas pelos empreendimentos.

Em 2010 os dados até então disponíveis sobre a biodiversidade do Araçá foram apresentados por Amaral *et al.* (2010), sendo relatados 733 táxons de invertebrados, principalmente poliquetas, moluscos e crustáceos. Sobre a ictiofauna da baía do Araçá, não existiam informações, embora estas fossem disponíveis para pontos isolados do Canal de São Sebastião (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al.*, 1997; MUTO *et al.*, 2000; GIBRAN & MOURA, 2012). Desde 2012, o projeto temático descrito anteriormente vem realizando o levantamento das espécies que habitam o Araçá, totalizando mais de 1000 táxons, incluindo espécies novas e ameaçadas de extinção. Destas, 121 são de peixes capturados na maré alta (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al*., 2015; LAMAS *et al.* no prelo).

4. Material e Métodos

4.1. Procedimentos amostrais

Com base em coleta piloto realizada em agosto de 2013, estabelecemos um protocolo de amostragem para captura de peixes em poças arenosas e rochosas. Exemplos desses tipos de poças são apresentados nas Figuras 2 e 3.

As amostragens propriamente ditas foram realizadas durante quatro campanhas estacionais em: março/2014 – verão, junho/2014 – outono, agosto/2014 – inverno e outubro/2014 – primavera. Todas as campanhas ocorreram durante marés de sizígia, com altura da maré variando entre -0,1 e 0,1 m para garantir completa desconexão das poças com o oceano.

Durante as campanhas o número total de poças amostradas variou devido à desconexão de algumas delas com o oceano. Assim, o total de poças amostradas por campanha foi: 19 no verão (7 arenosas e 12 rochosas); 25 no outono (10 arenosas e 15 rochosas); 22 no inverno (9 arenosas e 13 rochosas); 14 na primavera (9 arenosas e 5 rochosas).

Para que fosse possível amostrar esse número de poças, no pouco tempo disponível antes da subida da maré, foi utilizado em cada campanha o esforço médio de 8 pessoas, 6 dias de trabalho e 27 horas de amostragem. Para o processamento das amostras (identificação e morfometria) foram necessárias 55 horas em laboratório.

A posição geográfica de cada poça foi registrada com GPS (Garmin Etrex 20; precisão de 5 metros) para posterior mapeamento no Google Earth e cálculo da distância de cada poça em relação ao Canal de São Sebastião.

Para a obtenção dos dados espaciais, ambientais e biológicos relativos a cada tipo de poça, seguimos os procedimentos relatados abaixo.

A captura e transporte dos peixes foram autorizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (permissão: 5574607). Os procedimentos de anestesia dos animais seguiram as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA, MCTI (BRASIL, 2013) e foram aprovados pela Comissão de Ética do Instituto Oceanográfico da USP (Anexo I).

4.1.1. Protocolo para amostragem - poças arenosas

Com base na amostragem piloto, definimos que as poças arenosas fossem divididas em três categorias em relação ao perímetro: poças com até 20 m; poças entre que 21 e 100 m; e poças maiores que 100 m. O perímetro foi a primeira medição realizada para categorizar a poça e aplicar os procedimentos subsequentes. Um maior detalhamento sobre

o procedimento de amostragem em poças arenosas maiores que 100 m de perímetro é apresentado em Brenha-Nunes *et al.* (no prelo), cuja cópia está anexada ao final desta dissertação (Anexo II).

Para poças com até 20 m de perímetro:

1. Perímetro (m): mensurado com trena manual de 30 m (precisão de ± 1,0 mm);
2. Área (m^2): fotografias foram obtidas a ± 1 metro de altura, para posterior cálculo da área utilizando o software *Image J* (RASBAND, 2014);
3. Profundidade (cm): realizamos, em média, quatro medições em locais que melhor representavam a profundidade da poça. Essas medidas foram obtidas com uma fita métrica (precisão de ± 1,0 mm), presa a um cabo de madeira;
4. Volume (m^3): o volume de cada poça foi calculado considerando a poça como um prisma, tal que Volume (m^3) = média dos valores de profundidade (m) × área da poça (m^2);
5. Dados físicos e químicos: a temperatura da água, a salinidade e o oxigênio dissolvido foram mensurados, em média, quatro vezes em cada poça nas mesmas posições da profundidade. A temperatura da água (°C, precisão de 0,1 grau) e o oxigênio dissolvido (0,1 mg/l) foram obtidos com um multiparâmetro Instrutherm (modelo MO-900) e a salinidade (precisão de 1‰) com refratômetro Instrutemp (modelo *Portable Refractometer"*);
6. Grau de cobertura algal (%): foram obtidas fotos a ± 1 metro de altura sendo sobreposta à poça uma grade quadriculada de 1 x 1 m, com quadrículas de 10 x 10 cm. Através da quantificação da cobertura algal das quadrículas foi calculada a porcentagem de cobertura algal da poça;
7. Peixes: fizemos busca ativa durante 10 a 15 minutos, procurando os indivíduos (que em sua maioria eram de espécies crípticas) sob pedras (seixos) ou abaixo e/ou dentro de diversos objetos presentes na poça como latas, canos de PVC, entulhos de construção e pedaços de madeira. Exemplos da busca ativa e desses objetos são apresentados nas Figuras 4 e 5. Em seguida, diluímos solução de eugenol (4% em álcool 70%) nas poças para anestesiar os peixes e facilitar sua captura (Figura 6), a

qual foi realizada com redinhas retangulares de aquário (19 x 14 cm). Em cada poça o tempo médio de coleta dos peixes foi de aproximadamente 15 minutos.

Para poças de 21 a 100 m de perímetro:

1. Perímetro (m): mensurado com trena de 30 m (precisão de ± 1,0 mm);
2. Área (m^2): dividimos a área total em subáreas de formas geométricas conhecidas (trapézio, quadrado, retângulo e triângulo). Com uma fita métrica (precisão de 1,0 mm) medimos as áreas de cada forma geométrica. A área total da poça foi obtida pela soma dessas áreas geométricas. O processo é exemplificado na Figura 7;
3. Profundidade (cm): essas poças foram divididas em dois setores, sendo que em cada um, realizamos em média, quatro medições em posições que melhor representavam a variabilidade de profundidades da poça (Figura 8). Essas medidas foram obtidas com uma fita métrica (precisão de ± 1,0 mm), presa a um cabo de madeira;
4. Volume (m^3): o volume de cada poça foi calculado considerando a poça como um prisma, tal que Volume (m^3) = média dos valores de profundidade (m) × área da poça (m^2);
5. Dados físicos e químicos: a temperatura da água, salinidade e oxigênio dissolvido foram mensurados quatro vezes em cada setor da poça nas mesmas posições da profundidade e com os mesmos aparelhos descritos para as poças menores que 21 m de perímetro;
6. Grau de cobertura algal (%): foram obtidas fotos a ± 1 metro de altura, tendo uma grade quadriculada de 1 x 1 m, com quadrículas de 10 x 10 cm, sobreposta à poça. Através da quantificação da cobertura algal das quadrículas foi calculada a porcentagem de cobertura da poça;
7. Peixes: fizemos busca ativa durante 20 minutos seguindo o mesmo procedimento descrito acima. Em seguida, em cada setor, efetuamos três arrastos sucessivos com uma rede picaré de pano “mosquiteiro” (comprimento de 8,0 m, altura de 1,3 m e malha de 1,5 mm; Figura 9).
8.

Para poças maiores que 100 m de perímetro:

1. Perímetro (m): mensurado com trena analógica de roda com 900 m de comprimento (precisão de ± 1,0 cm);
2. Área (m^2): mensurada com GPS (precisão de ± 5 m);
3. Profundidade (m): essas poças foram divididas em três setores, sendo que em cada um, realizamos, em média, quatro medições em posições que melhor representavam a variabilidade das profundidades da poça. Essas medidas foram obtidas com uma fita métrica (precisão de ± 1,0 mm), presa a um cabo de madeira;
4. Volume (m^3): o volume de cada poça foi calculado considerando a poça como um prisma, tal que Volume (m^3) = média dos valores de profundidade (m) × área da poça (m^2);
5. Dados físicos e químicos: a temperatura da água, salinidade e oxigênio dissolvido foram mensurados quatro vezes em cada setor da poça nas mesmas posições da profundidade e com os mesmos aparelhos descritos para as poças menores que 21 m de perímetro;
6. Grau de cobertura algal (%): foram obtidas fotos a ± 1 metro de altura, tendo uma grade quadriculada de 1 x 1 m, com quadrículas de 10 x 10 cm, sobreposta à poça. Através da quantificação da cobertura algal das quadrículas foi calculada a porcentagem de cobertura da poça;
7. Peixes: efetuamos busca ativa de 30 minutos seguindo o mesmo procedimento descrito para poças entre 21 e 100 m de perímetro e, em seguida, em cada setor, foram realizados três arrastos sucessivos com rede picaré de pano “mosquiteiro” (comprimento de 8,0 m, altura de 1,3 m e malha de 1,5 mm).

4.1.2. Protocolo para amostragem - poças rochosas

Após a amostragem piloto, definimos que as poças rochosas fossem divididas em duas categorias em relação ao perímetro: poças com até 10 m e poças maiores que 10 m. O perímetro foi a primeira medição a ser realizada para categorizar a poça e aplicar a metodologia adotada. Abaixo estão descritos os procedimentos realizados para cada categoria de poça.

Para poças com até 10 m de perímetro:

1. Perímetro (m): mensurado com trena de 30 m de comprimento (precisão de ± 1,0 mm);
2. Área (m^2): fotografias foram obtidas a ± 1 metro de altura, para posterior cálculo da área utilizando o software *Image J* (RASBAND, 2014);
3. Profundidade (cm): realizamos, em média, quatro medições em locais que melhor representavam a profundidade da poça. Essas medidas foram obtidas com uma fita métrica (precisão de ± 1,0 mm), presa a um cabo de madeira;
4. Volume (m^3): o volume de cada poça foi calculado considerando a poça como um prisma, tal que Volume (m^3) = média dos valores de profundidade (m) × área da poça (m^2);
5. Dados físicos e químicos: a temperatura da água, a salinidade e o oxigênio dissolvido foram mensurados em média, quatro vezes em cada poça nas mesmas posições da profundidade. A temperatura da água (°C, precisão de 0,1 grau) e o oxigênio dissolvido (0,1 mg/l) foram obtidos com um multiparâmetro Instrutherm (modelo MO-900) e a salinidade (precisão de 1‰) com refratômetro Instrutemp (modelo *Portable Refractometer"*);
6. Grau de cobertura algal (%): foram obtidas fotos a ± 1 metro de altura, tendo uma grade quadriculada de 1 x 1 m, com quadrículas de 10 x 10 cm, sobreposta à poça. Através da quantificação da cobertura algal das quadrículas foi calculada a porcentagem de cobertura da poça;
7. Peixes: fizemos busca ativa durante 10 a 15 minutos, procurando os indivíduos (que em sua maioria eram de espécies crípticas) sob pedras (seixos) ou abaixo e/ou dentro de diversos objetos presentes na poça como latas, canos de PVC e pedaços de madeira. Exemplos da busca ativa e desses objetos são apresentados nas Figuras 4 e 5. Em seguida, diluímos solução de eugenol (4% em álcool 70%) nas poças para anestesiar os peixes e facilitar sua captura (Figura 6), a qual foi realizada com redinhas retangulares de aquário (19 x 14 cm). Em cada poça o tempo médio de coleta dos peixes foi de aproximadamente 15 minutos.

Para poças maiores que 10 m de perímetro:

1. Perímetro (m): mensurado com trena de 30 m (precisão de ± 1,0 mm);
2. Área (m^2): dividimos a área total em subáreas de formas geométricas conhecidas (trapézio, quadrado, retângulo e triângulo). Com uma fita métrica (precisão de 1,0 mm) medimos as áreas de cada forma geométrica. A área total da poça foi obtida pela soma dessas áreas geométricas. O processo é exemplificado na Figura 7;
3. Profundidade (cm): essas poças foram divididas em dois setores, sendo que em cada um, realizamos em média, quatro medições em posições que melhor representavam a variabilidade de profundidades da poça (Figura 8). Essas medidas foram obtidas com uma fita métrica (precisão de ± 1,0 mm), presa a um cabo de madeira;
4. Volume (m^3): o volume de cada poça foi calculado considerando a poça como um prisma, tal que Volume (m^3) = média dos valores de profundidade (m) × área da poça (m^2);
5. Dados físicos e químicos: a temperatura da água, salinidade e oxigênio dissolvido foram mensurados quatro vezes em cada poça nas mesmas posições da profundidade e com os mesmos aparelhos descritos para as poças menores que 10 m de perímetro;
6. Grau de cobertura algal (%): foram obtidas fotos a ± 1 metro de altura, tendo uma grade quadriculada de 1 x 1 m, com quadrículas de 10 x 10 cm, sobreposta à poça. Através da quantificação da cobertura algal das quadrículas foi calculada a porcentagem de cobertura da poça;
7. Peixes: efetuamos busca ativa de 20 minutos seguindo o mesmo procedimento descrito para poças com até 10 m de perímetro Em seguida, diluímos solução de eugenol (4% em álcool 70%) nas poças para anestesiar os peixes e facilitar sua captura, a qual foi realizada com redinhas retangulares de aquário (19 x 14 cm). Em cada poça o tempo médio de coleta dos peixes foi de aproximadamente 30 minutos.

4.2. Processamento das amostras

Para o processamento dos peixes adotamos as seguintes etapas:

1. Armazenamento: após serem coletados, os peixes foram anestesiados em solução de eugenol (4%) e, posteriormente fixados em álcool (70%).
2. Classificação taxonômica dos peixes: juvenis e adultos foram identificados seguindo Figueiredo & Menezes (1978; 1980), Menezes & Figueiredo (1980; 1985), Menezes (1983), Vieira (1991), Murdy (1998), Figueiredo (2000), Carpenter (2002), Gerhardinger *et al.* (2006), Menezes *et al.* (2010), Rangel & Guimarães (2010), Tornabene *et al.* (2010), Pinheiro *et al.* (2013), Vantassel (2014) e Victor (2014). As larvas foram separadas, conservadas em álcool e guardadas tendo sua identificação seguido Able *et al.* (1998), Moser (1984), Richards (2006 a e b), Fahay (2007), Campos (2010) e Fávero & Dias (2013). Os juvenis e adultos foram identificados até o nível de espécie. A maioria das larvas foi identificada em nível de gênero.
3. Exemplares testemunhos: pelo menos um indivíduo de cada espécie coletada foi depositado no Museu de Zoologia da USP (MZUSP);
4. Comprimento e massa: com um ictiômetro e uma balança (precisão de hum (1) mm e 0,001 g, respectivamente), foram mensurados o comprimento total (mm) e comprimento padrão (mm) e, a massa total (g) de cada indivíduo. Para as larvas, só foi medido o comprimento total (mm) e a massa total (g; balança analítica com precisão de 0,0001 g);
5. Diferenciação sexual: as gônadas dos indivíduos juvenis e adultos foram classificadas macroscopicamente de acordo com a proposta descrita por Vazzoler (1996).

4.3. Análise de dados

4.3.1. Cenário ambiental - caracterização abiótica das poças

Inicialmente realizamos uma análise descritiva da amplitude, média e desvio padrão das seguintes variáveis: área, perímetro, volume, distância do canal, profundidade, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e grau de cobertura algal das poças. Com estes dados, para verificar diferenças na estrutura abiótica entre as poças arenosas e rochosas, primeiramente consideramos um modelo de duas vias contendo como fatores “tipos de

poça" (fixo) e "campanha" (aleatório), aplicando aos dados a Análise de Variância Multivariada Permutacional (*PERMANOVA – Permutacional Mutlivariate Analysis of Variance;* ANDERSON *et al.*, 2008). Em seguida, quando a interação entre os dois fatores foi significativa, aplicamos o teste *t a posteriori* para verificar em quais campanhas ocorreu diferença na estrutura abiótica entre os tipos de poças. Estabelecemos α em 5% e o valor de *P* foi definido através de 9999 permutações.

Visando um balanço amostral e tendo em vista o número desigual de poças amostradas por campanha, foram selecionadas aleatoriamente sete (7) poças de cada tipo por campanha amostral, utilizando a função de aleatoriedade do programa Excel [=aleatório()].

Previamente às análises multivariadas, verificamos a potencial correlação entre as variáveis em estudo, aplicando aos dados o teste de correlação de Spearman (*r*; SOKAL & ROHLF, 1995) no programa R (R CORE TEAM, 2016) e, retirando aquelas que foram redundantes ($r > |0,7|$; DORMANN *et al.*, 2013). Com isso, o número de variáveis passou de nove (9) para sete (7): área, distância do canal, profundidade, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e grau de cobertura algal. Como área, perímetro e volume foram altamente redundantes (*i.e.* apresentaram elevada correlação entre si, $r > 0,95$), selecionamos apenas uma delas (área) para realizar as análises multivariadas.

A *PERMANOVA* e o teste *t* basearam-se em uma matriz de distância Euclidiana, calculada com base em dados previamente normalizados, devido às suas unidades distintas. A normalização dos dados foi feita da seguinte forma: para cada valor da variável foi subtraída sua média e então, esse valor foi dividido pelo seu desvio padrão (CLARKE & GORLEY, 2006).

Aplicamos o método de Similaridade Percentual (*SIMPER - Similarity Percentage*) para elencar quais variáveis foram responsáveis por caracterizar a diferença entre os tipos de poças em cada campanha. Foram consideradas apenas as variáveis que, cumulativamente, contribuíram com até 90% da dissimilaridade. Para essa análise foi utilizada a distância Euclidiana (CLARKE & WARWICK, 2001; CLARKE & GORLEY, 2006).

4.3.2. Composição e abundância de espécies

Com o intuito de apontar espécies dominantes consideramos a frequência do número de indivíduos (FN%), a frequência da massa (FM%) e a frequência de ocorrência (FO%) de cada espécie calculando o Índice de Importância Relativa ([FN%+FM%)*FO%]; IRR%, PINKAS *et al.*, 1971) para cada tipo de poça e ao longo das campanhas. Para o IIR (%) e as análises subsequentes, devido à existência de duas formas de vida (larvas e pós-larvas) de indivíduos do gênero *Eucinostomus* (*Eucinostomus argenteus* e larvas de *Eucinostomus* sp.), consideramos importante analisar essas formas separadamente por apresentarem padrões ecológicos diferentes no ambiente.

Seguindo metodologia proposta por Gibson & Yoshiyama (1999), Griffiths (2003), Grossman (1982) e Mahon & Mahon (1994), as espécies foram classificadas quanto ao padrão de ocupação das poças em: *espécies residentes*, aquelas que habitam poças na fase juvenil e adulta; *espécies oportunistas*, que passam uma parte do seu ciclo de vida nas poças; e as *transitórias*, que entram ocasionalmente nas poças. Foi ainda realizada busca bibliográfica sobre a relação entre o tamanho e o estágio de desenvolvimento dos peixes para classificá-los em larva, juvenil e adulto.

Para avaliar possíveis diferenças na estrutura da ictiofauna (composição e densidade, expressa em g/m³) entre os dois tipos de poça, primeiramente consideramos um modelo de duas vias contendo como fatores “tipos de poça” (fixo) e “campanha” (aleatório), aplicando aos dados a *PERMANOVA*. Em seguida, quando a interação entre os dois fatores foi significativa, aplicamos o teste *t a posteriori* para verificar em quais campanhas ocorreu diferença na estrutura da ictiofauna entre os tipos de poças. Estabelecemos α em 5% e o valor de *P* foi definido através de 9999 permutações.

A *PERMANOVA* é sensível à dispersão multivariada dos grupos e para testar se houve diferença na dispersão dos grupos "tipos de poça", utilizamos o teste de Dispersão Permutacional (*PERMDISP - Permutational Dispersion;* ANDERSON, 2006).

Para estas análises, foram utilizadas as oito (8) principais espécies selecionadas segundo o IIR (%) e as sete (7) poças utilizadas nas análises das variáveis ambientais. A *PERMANOVA* baseou-se em uma matriz construída com o índice de distância modificada de Gower. Utilizamos esse índice, pois, em comparação a outros índices (*e.g.* Bray-Curtis),

ele reduziu substancialmente a dispersão dentro dos grupos sem necessidade de transformação dos dados (ANDERSON *et al.*, 2006).

Para identificar quais espécies foram responsáveis para caracterizar cada tipo de poça, no total e nas campanhas em que houve diferença significativa (de acordo com a *PERMANOVA*), aplicamos o método *Indicator Species Analysis* (*ISA*) do pacote *IndicSpecies* (DE CACERES & LEGENDRE, 2009) do software R (R CORE TEAM, 2016). O método baseia-se no índice *Indicator Value*. Este índice apresenta dois componentes: o componente A varia de zero (0) a hum (1), e quando igual ao valor de hum significa que a espécie ocorre apenas em poças de um determinado tipo; quando o valor é igual a zero indica ocorrência similar em ambos os tipos de poça. O componente B também varia de zero a hum, sendo que quando o valor é igual a hum, a espécie ocorre em todas as poças pertencentes a um tipo; o valor zero indica que a espécie ocorre em poucas poças desse tipo. Por exemplo: se a Espécie X apresenta valores de A = 1,000 e B = 0,823, ela será boa indicadora de poças arenosas por ocorrer somente em poças arenosas (componente A = 1,0) e na maioria delas (componente B > 0,8). Se a Espécie Y apresentar valores de A = 0,827 e B = 1,000, ela será considerada boa indicadora de poças rochosas por ocorrer em todas as poças rochosas (componente B = 1,0) e bem associada a essas poças, devendo ser rara em poças arenosas (componente A > 0,8; exemplo modificado de DE CACERES & LEGENDRE, 2009).

4.3.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça

Para verificar a relação entre os fatores ambientais e a estrutura da ictiofauna utilizamos as mesmas espécies selecionadas para a *PERMANOVA*, com base no IIR (%).

A relação entre fatores ambientais e a estrutura da ictiofauna foi investigada para cada tipo de poça separadamente, utilizando regressões múltiplas multivariadas *distance-based linear models – DISTLM* (MCARDLE & ANDERSON, 2001; ANDERSON *et al.*, 2008). Primeiramente, efetuamos a transformação dos dados de área [log(x+1)] e de profundidade (raiz quadrada) visando a redução de escala. Realizamos a verificação de multicolinearidade entre os fatores ambientais tal como efetuado para a análise de

PERMANOVA. Do mesmo modo que nas análises anteriores e, pelas mesmas razões, utilizamos o índice de similaridade modificada de Gower (ANDERSON *et al.*, 2006).

Para a escolha do modelo que melhor relacionou os dados de densidade da ictiofauna e dados ambientais, utilizamos o critério de informação Bayesiana (*BIC – Bayesian Information Criterion*; ANDERSON *et al.*, 2008). Para verificar a magnitude da relação entre os fatores abióticos constituintes do melhor modelo e a estrutura da ictiofauna, foi utilizada uma ordenação restrita, conhecida como análise de redundância baseada em distância (*dbRDA - distance-based redundancy analysis*; ANDERSON *et al.*, 2008). A magnitude da relação entre fatores ambientais e as espécies foi inferida projetando na ordenação os vetores de espécies que exibiram correlação de Spearman superior a 0,2.

Os testes de *PERMANOVA*, *SIMPER*, *PERMDISP*, *DISTLM e dbRDA* foram realizados no software *PRIMER-E 6 v. 6.1.11 & PERMANOVA + v. 1.0.1* (CLARKE & GORLEY, 2006).

5. Resultados

5.1. Cenário ambiental – caracterização abiótica das poças

Considerando todo o conjunto de amostras, as principais diferenças entre os dois tipos de poça foram: as poças arenosas apresentaram, em média, maiores áreas e volumes, foram mais rasas e mais distantes do canal do que as poças rochosas (Tabelas 1 e 2). Houve diferença na cobertura algal, com maiores porcentagens em poças rochosas, mas não houve uma diferença marcante quanto à temperatura da água, oxigênio dissolvido e salinidade entre os tipos de poças (Tabela 3). No entanto, ao longo das campanhas em cada tipo de poça, a temperatura e a concentração de oxigênio foram maiores no verão e menores na primavera; a salinidade foi relativamente constante; e a cobertura algal apresentou porcentagens ligeiramente maiores no verão (Tabela 3).

A *PERMANOVA* detectou efeito significativo do tipo de poça, da campanha e da interação desses fatores na estrutura abiótica das poças ($P < 0,05$; Tabela 4). O teste *t a posteriori* indicou diferença significativa na estrutura abiótica entre os dois tipos de poça no verão, no outono e na primavera ($P < 0,05$), mas não no inverno ($P > 0,05$; Tabela 5). Os resultados do teste *SIMPER* indicaram que os fatores analisados tiveram contribuições

distintas na diferenciação entre os tipos de poça, sendo que no verão a profundidade foi o fator que mais contribuiu (maior nas poças rochosas); no outono, a diferença foi marcada pela cobertura algal (maior em poças rochosas); no inverno, o oxigênio dissolvido apresentou maior contribuição (as poças rochosas apresentaram maiores concentrações de oxigênio); e na primavera, a distância da poça até o canal foi o fator mais representativo (poças arenosas as mais distantes do canal; Tabela 6).

Em síntese, embora tenham sido diferentes os fatores que caracterizaram cada tipo de poça, foram observados dois padrões importantes: o primeiro é de que as diferenças gerais entre os dois tipos de poça foram marcadas pela profundidade, área, volume e distância do canal; e o segundo é que, em cada tipo de poça, ocorreram variações na temperatura, cobertura algal e oxigênio ao longo das campanhas.

5.2. Composição e abundância de espécies

Foram capturados 9009 indivíduos distribuídos em 13 ordens, 23 famílias e 41 espécies (Tabela 7). No Apêndice I constam quatro pranchas com fotografias ou desenhos das espécies capturadas. Desse montante, 4970 exemplares de 28 espécies eram juvenis e/ou adultos e 4039 de 13 espécies em fase larval. Gerreidae (quatro espécies, 4808 indivíduos) e Gobiidae (quatro espécies, 2898 indivíduos), dominaram em número de espécies e indivíduos. A maior parte dos indivíduos (8166 exemplares; 90%) e das espécies (33 espécies; 80%) foi capturada em poças arenosas. Nas poças rochosas foram coletados 843 indivíduos de 15 espécies. Isso resulta que poças arenosas apresentaram o dobro da riqueza das rochosas e 10 vezes um número maior de indivíduos.

Ao longo das campanhas, *Ctenogobius boleosoma* e *Bathygobius soporator*, apresentaram as maiores densidades médias em poças arenosas e rochosas, respectivamente (Tabela 8). Algumas espécies só ocorreram em um dos tipos de poças, como os linguados *Achirus lineatus* e *Citharichthys* sp., e os baiacus *Chilomycterus spinosus* e *Sphoeroides greeleyi* capturados em poças arenosas. Por outro lado, o marimbá *Diplodus argenteus*, o sargentinho *Abudefduf saxatilis*, o guavina *Labrisomus nuchipinnis* e a maria-da-toca *Malacoctenus delalandii* só ocorreram em poças rochosas. Em poças arenosas foram

capturadas duas espécies exóticas, *Omobranchus punctatus* e *Butis koilomatodon* (Tabela 7), nas coletas de outono e inverno, respectivamente.

Com base no IIR (%), as espécies mais importantes para cada tipo de poça foram *B. soporator* (IIR = 46%) e *C. boleosoma* (33%) para arenosas e *B. soporator* (97%) para as rochosas. Essas espécies ocorreram em todas as campanhas em número elevado (Tabela 8). Ao longo das campanhas, obtivemos, para as poças arenosas, aumento de espécies do verão até o inverno, com queda na primavera, enquanto o número de indivíduos aumentou consecutivamente ao longo de todas as campanhas. Para poças rochosas, o número de espécies foi semelhante ao das arenosas, mas o número de indivíduos diminuiu do verão até o inverno e aumentou na primavera (Tabela 8).

Ao verificarmos o padrão de ocupação das espécies nos dois tipos de poças, notamos as seguintes diferenças (Tabela 9): nas arenosas, a maior captura foi de espécies oportunistas (12 espécies; 5800 indivíduos; representando 71% do total capturado), seguido por espécies residentes (14 espécies; 2344 indivíduos; 28% do capturado) e cinco espécies transitórias (22 indivíduos; 0,26%). Ao contrário, a maioria dos indivíduos capturados nas rochosas foi de espécies residentes (oito espécies; 633 indivíduos; 75% do capturado); seguido por oportunistas (quatro espécies; 206 indivíduos; 24%); e transitórias (3 espécies; 4 indivíduos; 0,47%).

Algumas das espécies classificadas como residentes foram aquelas que possuem hábitos crípticos como *C. boleosoma*. *B. soporator* e *Scartella cristata*, encontradas principalmente nas formas juvenil e adulto (Tabela 9). A maioria das espécies oportunistas foram aquelas que não apresentam tais hábitos e que foram capturadas nos estágios larval ou juvenil, como as larvas de *Eucinostomus* sp. e os juvenis de *Eucinostomus argenteus* (Tabela 9).

Considerando ambos os tipos de poças, as oito espécies mais importantes de acordo com o IIR (%) e selecionadas para as análises multivariadas foram: *B. soporator*, *C. boleosoma*, *E. argenteus*, larva de *Eucinostomus* sp., *Scartella cristata*, *Myrophis punctatus*, *Mugil curema* e *Atherinella brasiliensis*. Houve diferença significativa na estrutura da ictiofauna entre os dois tipos de poça e campanhas (*PERMANOVA*, $P < 0,05$), mas não quanto à interação entre tipo de poça e campanha ($P > 0,05$; Tabela 10). Os valores do teste *t a posteriori*, comparando tipos de poça em cada campanha, foram

significativos no verão e outono ($P < 0,05$), mas não no inverno e na primavera ($P > 0,05$; Tabela 11).

Considerando todas as campanhas juntas, o *ISA* (Tabela 12) evidenciou que em poças arenosas *C. boleosoma* e larvas de *Atherinella brasiliensis* foram as espécies indicadoras. Em poças rochosas, a espécie indicadora foi *S. cristata*. Para as campanhas em que houve diferença significativa, o *ISA* indicou *C. boleosoma* para poças arenosas no verão, enquanto que no outono *C. boleosoma* e *Eucinostomus* sp. foram as indicadoras. Nas poças rochosas, o *ISA* só indicou a espécie *B. soporator* no verão (todos os valores de $P < 0,05$).

5.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça

A análise *DISTLM* mostrou que os principais fatores estruturadores da ictiofauna das poças arenosas foram: cobertura algal, área, profundidade e distância do canal (*BIC* = 26,78; R^2 (variabilidade explicada) = 0,32); Para poças rochosas tais fatores foram: temperatura, oxigênio dissolvido e distância do canal (*BIC* = 15,28; R^2 = 0,35).

Em poças arenosas (Figura 10; Tabela 13), *B. soporator* e *C. boleosoma* ocorreram naquelas próximas à faixa de praia (longe do canal), em profundidades menores e com pouca cobertura algal. *E. argenteus* esteve associado a poças grandes, com maior profundidade, maior cobertura algal e mais próximas ao canal. Larvas de *Eucinostomus* sp. estiveram associadas às poças grandes, mais profundas, distantes do canal, com baixa cobertura algal, enquanto que *Myrophis punctatus* esteve associada a poças pequenas, distantes do canal e com baixa cobertura algal.

Em poças rochosas (Figura 11; Tabela 14), *B. soporator* ocorreu naquelas distantes do canal, com temperaturas mais elevadas e menor concentração de oxigênio dissolvido. *C. boleosoma* estava em poças próximas ao canal, com temperaturas mais baixas e concentração de oxigênio mais elevada. *E. argenteus* predominou naquelas distantes do canal, com temperaturas mais altas e menor concentração de oxigênio dissolvido. Larvas de *Eucinostomus* sp. e *M. punctatus* estiveram associadas a poças distantes do canal, com temperaturas e concentração de oxigênio dissolvido baixas. *S.*

cristata ocorreu em poças próximas ao canal, com valores mais elevados de temperatura e concentração oxigênio dissolvido. *A. brasiliensis* e *Mugil curema* não apresentaram padrão relevante de associação aos fatores mensurados.

A diferença na composição das espécies entre os dois tipos de poça foi marcada, principalmente, por *S. cristata* que contribuiu para a estrutura da ictiofauna apenas das poças rochosas. *B. soporator*, *C. boleosoma*, *E. argenteus*, *M. punctatus* e larva de *Eucinostomus* sp. compuseram a estrutura da ictiofauna de ambos os tipos de poça, mas com relação a distintos fatores ambientais.

Uma síntese dos resultados obtidos é apresentada nos quadros abaixo (Quadros 1 e 2).

Quadro 1: Síntese da distribuição da ictiofauna em relação aos fatores ambientais analisados em poças arenosas, baseado no *DISTLM* e na *dbRDA*.

Espécie	**Cobertura algal**		**Área**		**Profundidade**		**Distância do canal**	
	baixa	elevada	menor	maior	menor	maior	próxima	distante
Bathygobius soporator	X		X		X			X
Ctenogobius boleosoma	X		X		X			X
Eucinostomus argenteus		X		X		X	X	
Larva de *Eucinostomus* sp.	X			X		X		X
Myrophis punctatus	X		X		X			X

Quadro 2: Síntese da distribuição da ictiofauna em relação aos fatores ambientais analisados em poças rochosas, baseado no *DISTLM* e na *dbRDA*.

Espécie	**Temperatura**		**Concentração de Oxigênio dissolvido**		**Distância do canal**	
	menor	maior	menor	maior	próxima	distante
Bathygobius soporator		X	X			X
Ctenogobius boleosoma	X			X	X	
Eucinostomus argenteus		X	X			X
Larva de *Eucinostomus* sp.	X		X			X
Myrophis punctatus	X		X			X
Scartella cristata		X		X	X	

6. Discussão

6.1. Cenário ambiental – caracterização abiótica das poças

Os resultados do presente estudo revelaram consistente diferença entre poças arenosas e rochosas da enseada do Araçá, em diversos aspectos. A dimensão das poças (área, volume e profundidade) e a distância do canal foram os fatores ambientais que tiveram maior contribuição para a diferenciação entre os dois tipos. Os poucos estudos realizados sobre a ictiofauna em poças arenosas foram naquelas de pequena dimensão (áreas menores que 15 m² e volumes menores que três (3) m³; KWIK & TIBBETTS, 1999; CHARGULAF *et al.*, 2011; CRABTREE & DEAN, 1982). No nosso caso, como a região é favorável à formação de poças arenosas de diversos tamanhos, conseguimos analisar poças com mais de 100 m², para as quais não foram encontrados trabalhos na literatura. Com relação à ictiofauna em poças rochosas há vários trabalhos publicados em diversas regiões do globo e, geralmente, foram estudadas naquelas com aproximadamente 25 m² de área (ZAMPROGNO, 1989; BARREIROS *et al.*, 2004; CASTELLANOS-GALINDO *et al.*, 2005; GODINHO & LOTUFO, 2010; COX *et al.*, 2011; MACIEIRA & JOYEUX, 2011; GONZÁLEZ-MURCIA *et al.*, 2012; MACHADO, 2013). Neste aspecto, as poças rochosas do Araçá tem aproximadamente a mesma dimensão dos trabalhos citados.

A diferença encontrada em relação à dimensão das poças arenosas e rochosas do Araçá foi relevante. Na Austrália, Meager *et al.* (2005) não constataram diferenças quanto à dimensão entre os dois tipos de poça, provavelmente porque só amostraram poças de tamanhos pequenos (< 15 m²).

A diferença na profundidade entre os dois tipos de poças foi marcante e isto deve ocorrer em razão da pequena declividade da planície do Araçá que leva à formação de poças arenosas muito rasas. No Araçá, a profundidade das poças rochosas foi quase o dobro das arenosas, embora fossem de menor profundidade daquelas analisadas em outros estudos como os de Godinho & Lotufo (2010) e Macieira & Joyeux (2011).

Quanto à distância da poça até o canal (um dos fatores que contribuiu para diferenciar os dois tipos de poças), acreditamos que o curto tempo existente entre a subida e a descida da maré, o tipo de sedimento, a topografia e a declividade na região mais próxima ao canal dificultam a formação de poças arenosas. Já para os costões rochosos do Araçá,

estas características não interferem tanto para a formação de poças por estarem em altura acima do nível do mar e, geralmente, permanecerem desconectadas após a descida da maré.

A *PERMANOVA* e o *SIMPER* mostraram que, quando analisados para o conjunto das campanhas, os parâmetros físicos e químicos (temperatura da água, oxigênio dissolvido, salinidade) foram similares nos dois tipos de poças, assim como em outras localidades estudadas (MEAGER *et al.*, 2005). No Araçá, esta similaridade pode ser devido ao fato de todas essas poças estarem relativamente próximas e em local onde a entrada e a saída da maré acontecem em um pequeno espaço de tempo e de forma muito rápida (SIEGLE *et al.*, 2015).

Quanto a algumas diferenças encontradas nos parâmetros físicos e químicos e cobertura algal, ao longo das campanhas, como no verão, quando os valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido e cobertura algal foram mais elevados, supomos que nesta estação do ano, o fato da incidência de luz solar ser maior proporcionaria aumento da taxa fotossintética das algas bentônicas e do microfitobentos liberando mais oxigênio dissolvido na água e aumentando sua própria biomassa. Neste período, pudemos visualizar na água a liberação de bolhas de ar por algas e o microfitobentos sobre o sedimento. Nas demais campanhas, esse processo não foi observado. Durante a primavera os valores de temperatura foram ligeiramente mais baixos, sendo provavelmente causados por uma frente fria que entrou na baía diminuindo a temperatura da água, conforme registrado pela boia do CEBIMar mantida pelo Projeto SIMCosta (2014).

Os valores de salinidade, que não apresentaram variações significativas ao longo das campanhas nos dois tipos de poças, foram similares aos encontrados por Meager *et al.*, 2005, Macieira & Joyeux (2011) e Machado (2013). No Araçá ocorre pequeno aporte de água doce e, o ano de 2014 (ano da amostragem deste estudo) foi atípico, com pequena precipitação (SIMCosta, 2014; INPE, 2015), fatores que poderiam influenciar a salinidade.

6.2. Composição e abundância de espécies

Quanto à composição e abundância de espécies ocorreu clara diferença entre poças arenosas e rochosas. Esse resultado é contrário ao apresentado por Meager *et al.* (2005), que compararam a fauna de poças arenosas por eles estudadas com poças rochosas de

outros trabalhos e não encontraram diferenças quanto à composição e abundância de espécies. No Araçá, capturamos um número de espécies (33) e de indivíduos (8166) superior aos estudos conduzidos por Kwik & Tibbetts (1999), Able *et al.* (2005), Meager *et al.* (2005) e Chargulaf *et al.* (2011). Estes autores analisaram, em média, 13 poças encontrando 10 espécies. Esta diferença em relação ao nosso trabalho pode ser atribuída aos distintos métodos de captura, de petrechos de pesca e de esforço amostral. O fato de, neste estudo, termos utilizado rede com malha substancialmente pequena (tela de mosquiteiro), que capturou formas larvais de diversas espécies, é uma evidência dessa diferença.

Ao nível de família, os trabalhos acima mencionados, citam a predominância e elevada abundância de Gobiidae em poças arenosas. No Araçá, nessas poças ocorreu maior abundância de Gerreidae do que de Gobiidae, incluindo suas formas larvais. O baixo número de espécies de Gobiidae (4) ali capturadas, ainda que em abundância elevada, pode ser explicado pelo fato dessas espécies geralmente serem crípticas, necessitando de refúgios para viverem, como é o caso das poças rochosas onde eles predominaram.

Apesar de Gobiidae terem sido predominantes em outros estudos sobre poças arenosas (CHARGULAF *et al.*, 2011; MEAGER *et al.*, 2005), a elevada ocorrência de *B. soporator* não só em poças rochosas mas também em arenosas, é um evento que chama atenção, pois essa espécie apresenta o hábito de se entocar nas rochas (MACIEIRA & JOYEUX, 2011). Acreditamos que esse padrão deve-se à considerável quantidade de objetos e rejeitos assentados nas poças arenosas do Araçá, aos quais os indivíduos da espécie estavam associados. Sugerimos que em futuros estudos, uma análise quantitativa desses objetos seja realizada, visando uma possível correlação entre o número e tipo desses objetos e a abundância de *B. soporator*.

É de conhecimento geral que os Gerreidae são espécies oportunistas (MAHON & MAHON, 1994; MACIEIRA & JOYEUX, 2011). Sua enorme abundância nas poças arenosas, especialmente na sua fase larval, bem como sua presença ao largo de toda a baía do Araçá na maré alta (CONTENTE & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2015), em fases mais adiantadas do seu ciclo de vida (VAZ-DOS-SANTOS *et al.*, 2015), nos leva a supor que elas, de forma oportunista, utilizam as poças de maré arenosas para se alimentar e crescer na fase inicial do seu desenvolvimento.

Nas poças arenosas houve aumento de larvas no outono, inverno e primavera que coincidiu com um maior número de períodos de frentes frias que entraram no local e consequente diminuição da temperatura da água das poças. Silva *et al.* (2005) e Dottori *et al.* (2015) registraram no canal de São Sebastião e na baía do Araçá, traços da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) a partir do mês de agosto, com predominância nos meses da primavera. Assim, sabendo que águas frias são mais ricas em nutrientes e favorecem o desenvolvimento de larvas (Lopes *et al.*, 2006), é provável que a presença dessas águas frias proporcionem condições favoráveis para o desenvolvimento das larvas no Araçá. Além disso, Rocha *et al.* (2010) já haviam constatado em Ubatuba (região próxima a este estudo) que em estações frias, como o inverno, há maior abundância de larvas desse gênero, chegando ao dobro do que o capturado no verão.

Durante as amostragens em poças arenosas no Araçá foram feitos os primeiros registros de duas espécies exóticas: *B. koilomatodon* e *O. punctatus* (CONTENTE *et al.*, 2015; 2016). Esta ocorrência, mesmo que pontual, causa preocupação e torna a Baía do Araçá vulnerável, pois o estabelecimento de populações exóticas pode afetar a comunidade nativa de peixes e toda a teia trófica envolvida. *B. koilomatodon* e *O. punctatus* são potenciais competidores da espécie nativa, *B. soporator*, podendo levar a população local a uma rápida depleção (MACIEIRA *et al.*, 2012). Neste sentido, é urgente a necessidade de monitoramento ambiental da área e a fiscalização dos cascos e água de lastro dos navios que adentram o Porto de São Sebastião e o Terminal Marítimo da Petrobrás situados em área adjacente, potenciais rotas de entrada de espécies exóticas na região (CONTENTE *et al.*, 2015; 2016).

Em poças rochosas foram capturados 10 vezes menos indivíduos (843) e a metade de espécies (15) que em poças arenosas. Este número também é menor quando comparado com o de outros trabalhos, principalmente aqueles desenvolvidos em regiões tropicais (ROSA *et al.*, 1997; GODINHO & LOTUFO, 2010; MACIEIRA & JOYEUX, 2011; MACHADO *et al.*, 2015). Em média, os trabalhos consultados mostraram que 28 espécies foram capturadas em 20 poças amostradas. Em proporção, este valor não difere muito daquele encontrado no Araçá, onde amostramos 10 poças, capturando 15 espécies. As poças no Araçá apresentaram elevada densidade e ocorrência de Gobiidae e Blenniidae, como também registrado nos trabalhos citados acima.

Pelos critérios adotados, consideramos que a maioria das espécies que ocorreram nas poças rochosas é residente, pois foram encontradas desde larvas até formas adultas. Tais espécies tem um curto período de vida, em geral um ano (DARCY, 1980), sendo extremamente bem adaptadas às condições desses ambientes. Esses resultados eram esperados para poças rochosas, pois os Gobiidae e Blenniidae possuem adaptações morfológicas e fisiológicas específicas para sobreviverem nesses locais, além de conseguirem se entocar e mimetizar com o substrato (GIBSON & YOSHIYAMA, 1999; MACIEIRA & JOYEUX, 2011).

Analisando os resultados dos diversos estudos aos quais tivemos acesso sobre a fauna presente em um ou nos dois tipos de poças (CRABTREE & DEAN, 1982; RUSSELL & GARRETT, 1983; BLABER *et al.*, 1985; BLABER *et al.*, 1992; KWIK & TIBBETTS, 1999; ABLE *et al.*, 2005; MEAGER *et al.*, 2005; CHARGULAF *et al.*, 2011), constatamos que, em geral, nas arenosas ocorrem menor número de espécies com menor abundância. Este não foi o resultado que obtivemos no Araçá, onde poças arenosas apresentaram, marcadamente, maior número e abundância de espécies que as rochosas. Essa diferença pode ser atribuída à falta de estudos e protocolos para amostragem de peixes em poças arenosas. Neste sentido, o protocolo por nós desenvolvido (Anexo II) pode ser uma boa contribuição a estudos futuros, permitindo análises comparativas. Compreendemos que a amostragem em poças arenosas em relação às rochosas é muito mais trabalhosa, requer mais tempo de amostragem e envolve maior equipe em campo, motivos pelos quais os estudos sobre esse tipo de poça vêm sendo pouco abordados.

Considerando as poças rochosas no conjunto das campanhas, o método *ISA* identificou *S. cristata* como espécie indicadora enquanto o IIR (%) identificou *B. soporator* como espécie importante para este ambiente. Estes resultados são devidos à diferença de finalidade dos métodos. Assim, *B. soporator* exibiu frequência de ocorrência, numérica e biomassa relativamente maiores em poças rochosas, justificando seu destaque no IIR (%). No entanto, estas frequências foram ligeiramente maiores do que as registradas para as poças arenosas, levando assim, ao fato do *ISA* não classificar *B. soporator* como indicadora. Por outro lado, a ocorrência e a abundância numérica e de biomassa de *S. cristata*, foram relativamente baixas (justificando baixos valores de IIR (%)), porém a

espécie foi capturada apenas em poças rochosas, explicando sua detecção no *ISA* como espécie indicadora.

Considerando as poças arenosas de todas campanhas em conjunto, o fato da taxa de ocorrência e abundância (em número e biomassa) de *C. boleosoma* serem substancialmente maiores em poças arenosas determinou que essa espécie fosse a mais importante (elevado valor de IIR (%)) e uma das indicadoras das poças arenosas (elevado *ISA*). A exclusividade e a ocasionalidade da presença de larvas de *Atherinella brasiliensis* nas poças arenosas resultaram na inclusão dessa espécie (na fase larval) como indicadoras de tais poças arenosas.

Creditamos o resultado sobre espécies indicadoras ter sido distinto ao longo das campanhas como consequência da variabilidade temporal na dominância e distribuição de espécies entre os dois tipos de poças. Assim, no verão, *B. soporator* foi indicadora de poças rochosas e *C. boleosoma*, de arenosas, enquanto que no outono, *C. boleosoma* e larvas de *Eucinostomus* sp. foram indicadoras de arenosas e nenhuma espécie foi indicadora de poças rochosas. *C. boleosoma* apresenta alta fidelidade a fundos arenosos como discutido por Macieira & Joyeux (2011), o que é coerente com nossos resultados. Como já mencionado, houve grande captura de larvas de *Eucinostomus* sp. a partir do outono e essas larvas tem afinidade com fundos arenosos (GODEFROID *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2010). *B. soporator*, que é uma espécie típica de fundos consolidados, não foi indicadora de poças rochosas no outono, provavelmente em razão do aumento de sua abundância em poças arenosas. Esse aumento ocorreu devido ao maior acúmulo de pedras e lixo (latas, canos de PVC, entulhos de construção e pedaços de madeira) encontrados nas poças arenosas (obs. pess.).

Após analisarmos a ictiofauna encontrada no Araçá e os diversos fatores atrelados a ela, escolheríamos *C. boleosoma* como espécie indicadora de poças arenosas e *S. cristata* de poças rochosas.

6.3. Relação entre fatores ambientais e estrutura da ictiofauna para cada tipo de poça

Nos dois tipos de poças os fatores estruturadores da ictiofauna foram distintos. Comumente, em estudos com poças de maré rochosas, encontramos a área, profundidade e cobertura algal como elementos estruturadores da ictiofauna (GODINHO & LOTUFO, 2010; MACIEIRA & JOYEUX, 2011; MACHADO, 2013), sendo que tais trabalhos mostram que quanto maior a área e a profundidade do local, maior a riqueza e a densidade de indivíduos.

No Araçá, em poças rochosas, tivemos temperatura, oxigênio dissolvido e distância do canal como fatores estruturadores da ictiofauna, sendo que eles estiveram associados à maior densidade de Gobiidae (*B. soporator*) e Blenniidae (*S. cristata*), espécies que toleram condições ambientais mais extremas (MACIEIRA & JOYEUX, 2011). Área, profundidade, cobertura algal e também a distância do canal foram os estruturadores da ictiofauna de poças arenosas constituídas, principalmente, por maiores densidades de Gobiidae e Gerreidae (*E. argenteus* e larvas de *Eucinostomus*) espécies que não suportam grandes variações ambientais.

Quanto à distância do canal, obtivemos resultado distinto do encontrado por Machado (2013), que afirma não ser este um fator importante para a estrutura da ictiofauna de poças rochosas ao longo da costa brasileira estudada (desde o Pará até o Rio de Janeiro). No Araçá, em ambos os tipos de poça, esse fator foi um dos mais importantes, tanto para a riqueza quanto para a abundância da ictiofauna. Assim, em poças mais próximas ao canal coletamos mais Blenniidae incluindo *S. cristata* e, naquelas mais distantes do canal, Gobiidae incluindo *B. soporator*. Estudos sobre a fisiologia destas espécies (*e.g.* tolerância à dissecação) merecem atenção para dar suporte aos mecanismos determinantes dos padrões observados no presente estudo.

Ainda que *Eucinostomus* juvenis tenham sido capturados tanto em poças próximas quanto naquelas distantes do canal, as larvas desse gênero predominaram naquelas mais distantes, que permaneceram maior tempo desconectadas do canal.

Os resultados obtidos permitiram verificar quão importantes são as poças de maré para algumas espécies de peixes marinhos, que as utilizam como berçário, abrigo e local de

alimentação, como mencionado em diversos trabalhos (MEAGER *et al.*, 2005; GODINHO & LOTUFO, 2010; CHARGULAF *et al.*, 2011; MACIEIRA & JOYEUX, 2011). Especial atenção deve ser dada a análise e proteção das poças arenosas, pois nelas são encontradas larvas de muitas espécies de peixes de interesse comercial (*e.g. Mugil curema*) e que também servem de alimento para aves que pousam e forrageiam na baía do Araçá durante a maré baixa (MANCINI & SILVEIRA, 2015). Essas poças, de fácil acesso aos seres humanos, são frequentemente pisoteadas, provavelmente afetando a estrutura do habitat. No caso, do Araçá, esse impacto também deve ocorrer através da intensa exploração de moluscos e siris durante a maré baixa.

A falta de estudos sobre poças arenosas aumenta ainda mais as chances de destruirmos deliberadamente habitats críticos, senão indispensáveis, a diversas espécies ao longo da costa brasileira. Assim, sugerimos que estudos sobre as mesmas sejam intensificados, para que possamos melhor conhecê-las e propor medidas para sua conservação e preservação.

7. Considerações finais

Considerando os objetivos propostos de: (I): realizar o levantamento das espécies de peixes presentes em poças de maré arenosas e rochosas na baía do Araçá; (II): comparar a composição e abundância da ictiofauna entre poças arenosas e rochosas; (III): identificar quais e como os fatores ambientais estão relacionados à composição e abundância da ictiofauna dessas poças, podemos afirmar que:

- Os três objetivos foram atingidos, constatando-se que a composição e abundância da ictiofauna e os fatores estruturadores entre os dois tipos de poças são distintos.

- Os resultados deste trabalho evidenciam a importância de se estudar e proteger poças de maré, especialmente as arenosas, por estas abrigarem elevada abundância de larvas de espécies pelágicas importantes para a pesca.

- Os resultados evidenciam a elevada complexidade de habitats do Araçá e, neste sentido, geraram uma série de dados ecológicos que poderão subsidiar o monitoramento do local em relação a uma futura ampliação do Porto de São Sebastião.

- Este foi o primeiro estudo realizado em um mesmo local, comparando poças de maré arenosas e rochosas e o primeiro trabalho realizado no Brasil sobre poças arenosas.

- O protocolo desenvolvido poderá ser utilizado em outras regiões, permitindo futuros estudos comparativos.

- É urgente aprofundar os estudos ecofisiológicos sobre a ictiofauna investigada, pois através deles teríamos base para explicar muitos dos padrões encontrados.

Referências bibliográficas

ABLE, K. W.; ABLE; FAHAY, M. P. (1998). *The First Year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight*. Sandy Hook: Rutgers University Press.

ABLE, K. W.; SMITH, K. L.; HAGAN, S. M. (2005). Fish composition and abundance in New Jersey Salt Marsh pools: sampling techniques effects. *Northeastern Naturalist* **12**(4), 485-502.

ALMADA, V. C.; FARIA, C. (2004). Temporal variation of rocky intertidal resident fish assemblages – patterns and possible mechanisms with a note on sampling protocols. Reviews in Fish Biology and Fisheries **14**, 239-250.

AMARAL, A. C. Z.; MIGOTTO, A. E.; TURRA, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (2010). Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. *Biota Neotropica* **10**(1), 219–264.

AMARAL, A. C. Z.; TURRA, A.; CIOTTI, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (2015). Vida na Baía do Araçá – Diversidade e importância. São Paulo: Lume.

ANDERSON, M. J. (2006). Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* **62**, 245-253.

ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. (2006). Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* **9**, 683-693.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. (2008). *PERMANOVA for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. West Hoe: PRIMER–E Ltd.

BARREIROS, J. P.; BERTONCINI, Á.; MACHADO, L.; HOSTIM-SILVA, M.; SANTOS, R. S. (2004). Diversity and Seasonal Changes in the Ichthyofauna of Rocky Tidal Pools from Praia Vermelha and São Roque, Santa Catarina. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **47**(2), 291–299.

BÍCEGO, M. C.; ZANARDI, E.; WEBER, R. R. (2008). Distribuição dos hidrocarbonetos. In: *Oceanografia de um Ecossistema Subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, (Ana Maria Setubal Pires-Vanin, org.), 1ed. São Paulo: EDUSP, 123-140.

BLABER, S. J. M.; BREWER, D. T.; SALINI, J. P.; KERR, J. D.; CONACHER, C. (1992), Species composition and biomasses of fishes in tropical seagrasses at Groote Eylandt, Northern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **35**, 605-620.

BLABER, S. J. M.; YOUNG, J. W.; DUNNING, M. C. (1985). Community structure and zoogeographic affinities of the coastal fishes of the dampier region of North-western Australia. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* **36**, 247-266.

BRASIL. (2013). *Diretrizes da Prática de Eutanásia do CONCEA*. Brasília, DF, 1-54.

BRENHA-NUNES, M. R.; CONTENTE, R. F.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (no prelo). A protocol for sampling fish and measuring spatial variables in soft-sediment tide pools. *Zoologia*.

CAMPOS, P. N. (2010*). Identificação e distribuição das larvas da Ordem Perciformes (Teleostei) entre a Bahia e o Rio de Janeiro (12° a 24°)*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CARPENTER, K. E. (ed.). (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony Fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. Rome: FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication, n. 5, 1375–2127.

CASTELLANOS-GALINDO, G. A.; GIRALDO, A.; RUBIO, E. A. (2005). Community structure of an assemblage of tideepool fishes on a tropical Eastern Pacific rocky shore, Colombia. *Journal of Fish Biology* **67**, 392-408.

CHARGULAF, C. A.; TOWNSEND, K. A.; TIBBETTS, I. R. (2011). Community structure of soft sediment pool fishes in Moreton Bay, Australia. *Journal of Fish Biology* **78**(2), 479–494.

CLARKE, K.. R.; GORLEY, R.N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. West Hoe: PRIMER–E Lt.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. (2001). Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, 2nd. Plymouth: PRIMER–E Ltd.

CONTENTE, R. F.; BRENHA-NUNES, M. R.; SILIPRANDI, C. C.; LAMAS, R. A.; CONVERSANI, V. R. M. (2015). Occurrence of the non-indigenous *Omobranchus punctatus* (Blenniidade) on the São Paulo coast, South-Eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records* **8**(e73), 1-4.

CONTENTE, R. F.; BRENHA-NUNES, M. R.; SILIPRANDI, C. C.; LAMAS, R. A.; CONVERSANI, V. R. M. (2016). A new record of the non-native fish species Butis koilomatodon (Bleeker 1849) for southeastern Brazil. *Biotemas* **29**(2). (a ser publicado em junho de 2016).

CONTENTE, R.F.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (2015). **Diversidade e estrutura do nécton – Módulo 2 – Nécton**. In: *3º Relatório Científico de Progresso do Projeto Biodiversidade e funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical: subsídios para gestão integrada*. São Paulo: Programa BIOTA/FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

COX T. E.; BAUMGARTNER, E.; PHILIPPOFF, J.; BOYLE, K. S. (2011). Spatial and vertical patterns in the tidepool fish assemblage on the island of O'ahu. *Environmental Biology of Fishes* **90**, 329-342.

CRABTREE, R. E.; DEAN, J. M. (1982). The Structure of two South Carolina Estuarine tide pool fish assemblages. *Estuaries* **5**(1), 2–9.

CUNHA, F. E. A.; MONTEIRO-NETO, C.; NOTTINGHAM, M. C. (2007). Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast of Brazil. *Biota Neotropica* **7**(1), 111-118.

CUNHA, I. (2003). Conflito ambiental em águas costeiras: Relação porto – cidade no Canal de São Sebastião. *Ambiente & Sociedade* **6**(2), 83-98

DARCY, G. H. (1980). Comparison of ecological and life history information on gobiid fishes, with emphasis on the South-Eastern United States. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC – 15, 54p.

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.

DE CACERES, M.; LEGENDRE, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* **90**(12), 3566-3574.

DORMANN, C. F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C. M.; CARL, G.; CARRÉ, G.; DIEKÖTTER, T.; MARQUÉZ, J. R. G.; GRUBER, B.; LAFOUCADE, B.; LEITÃO, P. J.; MÜNKEMÜLLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P.; REINEKING, B.; SCHRÖDER, B.; SKIDMORE, A.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* **36**, 27-46.

DOTTORI, M. SIEGLE, E.; CASTRO, B. M. (2015). Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. *Ocean Dynamics* **65**, 1731-1741.

DYER, K. R. (1998). The typology of intertidal mudflats. *Geological Society* **139**, 11-24.

FAHAY, M. P. (2007). Early Stages of fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras) – Volume One (Acipenseriformes through Syngnathiformes). Dissertação de Mestrado.

FÁVERO, J. M. D; DIAS, J. F. (2013). Spatio-temporal in surf zone fish communities at Ilha do Cardoso State Park, São Paulo, Brazil. *Latin American Journal Aquatic Research* **51**(2), 239-253.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. (2001). Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fishes* **61**, 353–369.

FIGUEIREDO, J. L. DE. (2000). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil-VI Teleostei (5). 1a edição ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, J. L. DE; MENEZES, N. A. (1978). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil-II Teleostei (1). 1a edição ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, J. L. DE; MENEZES, N. A. (1980). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil-III Teleostei (2). 1a edição ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

FIRTH, L. B.; SCHOFIELD, M.; WHITE, F. J.; SKOV, M. W.; HAWKINS, S. J. (2014). Biodiversity in intertidal rock pools: Informing engineering criteria for artificial habitat enhancement in the built environment. *Marine Environmental Research* **5**, 1–9.

GERHARDINGER, L. C.; FREITAS, M. O.; ANDRADE, Á. B.; RANGEL, C. A. (2006). *Omobranchus punctatus* (Teleostei: Blenniidae), an Exotic Blenny in the Southwestern Atlantic. *Biological Invasions* **00**, 1–6.

GIBRAN, F. Z.; MOURA, R. L. (2012). The structure of rocky fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **10**(2), 369-382.

GIBSON, R. N. (1972). The Vertical Distribution and Feeding Relantioships of Intertidal Fish on the Atlantic Coast of France. *Journal of Animal Ecology* **41**(1), 189–207.

GIBSON, R. N.; YOSHIYAMA, R. M. (1999). Intertidal Fishes Communities. In: HORN, M. H.; MARTIN, K. L. M.; CHOTKOWSKI, M. A. (Eds.). *Intertidal Fishes: Life in Two Worlds*. San Diego: Elsevier. p. 264–296.

GODEFROID, R. S.; SANTOS, C.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H. L. (2001). Occurrence, of larvae and juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnier* at Pontal do Sul beach, Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **44**(4), 411-418.

GODINHO, W. O.; LOTUFO, T. M. C. (2010). Local v. microhabitat influences on the fish fauna of tidal pools in north-east Brazil. *Journal of Fish Biology* **76**(3), 487–501.

GONZÁLEZ-MURCIA, S.; MARÍN-MARTÍNEZ, C.; AYALA-BOCOS, A. (2012). Intertidal rockpool icthyofauna of El Pital, La Libertad, El Salvador. *Journal of Species: list and distribution* **8**(6), 1216–1219.

GRIFFITHS, S. P. (2003). Rockpool ichthyofaunal of temperate Australia: species composition, residency and biogeographic patterns. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **58**, 173–186.

GROSSMAN, G. D. (1982). The University of Chicago Dynamics and Organization of a Rocky Intertidal Fish Assemblage: The Persistence and Resilience of Taxocene Structure. *The American Naturalist* **119**(5), 611–637.

HORN, M. H.; MARTIN, K. L. M.; CHOTKOWSKI, M. A. (1999). **Intertidal Fishes – Introduction**. San Diego: Academic Press, 1-6.

INPE. (2015). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: < http://www.inpe.br/>

KWIK, J. T. B.; TIBBETTS, I. R. (1999). An assessment of carbon dioxide gassing as a sampling technique for studies of the nekton of soft-sediment intertidal pools. *Hydrobiologia* **405**, 217-220.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. (1997). Biological Oceanography: An Introduction. 2 ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. p. 314

LAMAS, R. A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; CONTENTE, R. F. (no prelo). Checklist of the fish fauna of the Araçá Bay, São Sebastião Channel, Northern coast of São Paulo, Brazil.

LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; MONTÚ, M. A.; MUELBERT, J. H.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. (2006). Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina* **70**(2), 189 – 202.

MACHADO, F. S. (2013). Ictiofauna de poças de mare ao longo do litoral do Brasil: uma análise latitudinal. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 98p.

MACHADO, F. S.; MACIEIRA, R. M.; GÓMEZ, M. A. Z.; COSTA, A. F.; MESQUITA, E. M. C.; GIARRIZZO, T. (2015). Checklist of tidepool fishes from Jericoacoara National Park, southwestern Atlantic, with additional ecological information. *Biota Neotropica* **15**(1), 1-9.

MACIEIRA, R. M.; GIARRIZZO, T.; GASPARINI, J. L.; SAZIMA, I. (2012). Geographic expansion of the invasive mud sleeper Butis koilomatodon (Perciformes: Eleotridae) in the western Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* **81**, 308-313.

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

MAHON, R.; MAHON, S. D. (1994). Structure and resilience of a tidepool fish assemblage at Barbados. *Environmental Biology of Fishes* **41**(1-4), 171–190.

MANCINI, P. L.; SILVEIRA, L. F. (2015). **Sistema Nectônico: Aves – Módulo 2 – Nécton**. In: *3º Relatório Científico de Progresso do Projeto Biodiversidade e funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical: subsídios para gestão integrada*. São Paulo: Programa BIOTA/FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

MCARDLE, B. H. & ANDERSON, M. J. (2001). Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* **82**(1), 290-297.

MEAGER, J. J.; WILLIAMSON, I.; KING, C. R. (2005). Factors affecting the distribution, abundance and diversity of fishes of small, soft-substrata tidal pools within Moreton Bay, Australia. *Hydrobiologia* **537**, 71-80.

MENEZES, N. A. (1983). Guia prático para conhecimento e identificação das tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia* **2(**1), 1–12.

MENEZES, N. A. (2011). Checklist dos peixes marinhos do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* **11**(1a), 1-14.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. DE. (1980). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil-IV Teleostei (3). 1a edição ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. DE. (1985). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil-V Teleostei (4). 1a edição ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

MENEZES, N. A.; OLIVEIRA, C. DE; NIRCHIO, M. (2010). An olda taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa* **2519**, 59–68.

MENGE, B. A.; BRANCH, G. M. (2001). Rocky Intertidal Communities. *In*: BERTNESS, M. D.; GAINES, S. D.; HAY, M. E. (eds.), *Marine community ecology*. Sunderland: Sinauer Associates, pp. 221–251.

METAXAS, A.; SCHEIBLING, R. E. (1993). Community structure and organization of tidepools. *Marine Ecology Progress Series* **98**, 187-198.

MIODONSKI, J. V. (2009). Caracterização da ictiofauna de intertidal rochoso na costa sul de Portugal. Dissertação de Mestrado, Universidade do Algarve, 85p.

MOSER, H. G. (ed.). (1984). Ontogeny and systematics of fishes. *American Scociety of Ichthyologists and Herpetologists*, Special Publication Number 1, 760p.

MURDY, E. O. (1998). A review of the gobioid fish genus *Gobioides*. *Ichthyological Research* **45(**2), 121–133.

MUTO, E. Y.; SOARES, L. S. H.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (2000). Demersal fish assemblages off São Sebastião, southeastern Brazil: structure and environmental conditioning factors (summer 1994). *Revista Brasileira de Oceanografia* **48**(1), 9-27.

OLIVEIRA, R. R. DE S. (2012). Distribuição espaço-temporal da ictiofauna de poças de maré de um estuário amazônico: interação de fatores. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 98p.

PINHEIRO, H. T.; GASPARINI, J. L.; RANGEL, C. A. (2013). A new species of the genus *Hypleurochilus* (Teleostei: Blenniidae) from Trindade Island and Martin Vaz Archipelago, Brazil. *Zootaxa* **3709(**1), 95–100.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. (1971). Food habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in California Waters. *Fishery Bulletin* **152**, 105.

POLIVKA, K. M.; CHOTKOWSKI, M. A. (1998). Recolonization of Experimentally Defaunated Tidepools by Northeast Pacific Intertidal Fishes. *Copeia* **2**, 456–462.

PROCHAZKA, K.; GRIFFITHS, C. L. (1992). The intertidal fish fauna of the west coast of South Africa - species, community and biogeographic patterns. *South African Journal of Zoology* **27(**3), 115–120.

R CORE TEAM. (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: http://www.R-project.org/.

RANGEL, C. A.; GUIMARÃES, R. Z. P. (2010). Taxonomia e distribuição da família Blenniidae (Teleostei : Blennioidei) na costa leste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências* **12(**1), 17–41.

RASBAND, W.S. (2014) ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: http://imagej.nih.gov/ij/, 1997-2014.

REISE, K. (1985). Tidal flat ecology – An experimental approach to species interactions. Verlag: Springer, 191p.

RICHARDS, W. J. (ed.). (2006a). Early Stages of Atlantic Fishes: An identification guide for the Western Central North Atlantic – Volume 1. Boca Raton: CRC Press, 1-1335.

RICHARDS, W. J. (ed.). (2006b). Early Stages of Atlantic Fishes: An identification guide for the Western Central North Atlantic – Volume 2. Boca Raton: CRC Press, 1336-2640.

ROCHA, M. L. C. F.; FERNANDEZ, W. S.; FILHO, A. M. P. (2010). Spatial and temporal distribution of fish in Palmas Bay, Ubatuba, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* **58**(1), 31-43.

ROSA, R. S.; ROSA, I. L.; ROCHA, L. A. (1997). Diversidade da Ictiofauna de Poças de Maré da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **14(**1), 201–212.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; CONTENTE, R. F.; SOARES, L. S. H.; MANCINI, P. L.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SANTOS, M. C. O. (2015). **Capítulo II – Biodiversidade: A vida na coluna d'água**. *In*: AMARAL, A. C. Z.; TURRA, A.; CIOTTI, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Vida na Baía do Araçá – Diversidade e importância*. São Paulo: Lume.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SOARES, L. S. H.; MUTO, E. Y. (1997). A ictiofauna demersal do Canal e da Plataforma Interna de São Sebastião. *Relatórios Técnicos do Instituto Oceanográfico* **41**, 47–64.

RUFFEIL, T. O. B. (2012). A ictiofauna de poças rochosas de maré: padrões de distribuição associados ao espaço e ambiente. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 35p.

RUSSELL, D. J.; GARRETT, R. N. (1983). Use by Juvenile Barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), and other fishes temporary supralitoral habitats in a tropical estuary in Northern Australia. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* **34**, 805 – 811.

SÃO PAULO. (2008). Decreto nº 53.525 de 8 de outubro de 2008. Brasil.

SIEGLE, E.; DOTTORI, M. VILAMARIN, B. (2015). **Módulo 5 – Hidrodinâmica**. *In*:3º *Relatório Científico de Progresso do Projeto Biodiversidade e funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical: subsídios para gestão integrada. São Paulo:* Programa BIOTA/FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). 26p.

SILVA, L. S.; MIRANDA, L. B.; FILHO, B. M. C. (2005). Numerical study of circulation and thermohaline structure in the São Sebastião Channel. *Revista Brasileira de Geofísica* **23**(4), 407 – 425.

SIMCosta. (2014). Portal SIMCosta. Disponível em:< http**://**www.simcosta.furg.br/>

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. (1995). Biometry: the principles of statistics in biological research. New York: Freeman.

TEODORO, A. C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S. (2011). Estudo multidisciplinar (Geoquímica e Associações de Foraminíferos) para caracterizar e avaliar intervenções antrópicas na Baía do Araçá, Canal de São Sebastião, SP. *Geologia USP Série Científica* **11**(1), 113-136.

TORNABENE, L.; BALDWIN, C.; WEIGT, L. A.; PEZOLD, F. (2010). Exploring the diversity of western Atlantic *Bathygobius* (Teleostei: Gobiidae) with cytochrome c oxidase-I, with descriptions of two new species. aqua, *International Journal of Ichthyology* **16(**4), 141–170.

VALENTIM, L. P. DE F. (2008). Estrutura da assembleia de peixes de poças de maré do Arquipélago de Fernando de Noronha - PE, Brasil, a partir de métodos não destrutivos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 73p.

VANTASSEL, J. (2014). Gobioid Research Institute. Disponível em: <http://gobiidae.com/>.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROMAGOSA, E.; GRIS, B.; JÚNIOR, M.R.P.; JUSTINO, A.A.; SILVA, A.G. (2015). **Crescimento e Reprodução – Módulo 2 – Nécton.** In: *3º Relatório Científico de Progresso do Projeto Biodiversidade e funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical: subsídios para gestão*

integrada. São Paulo: Programa BIOTA/FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). 80p.

VAZZOLER, A. E. M. DE M. (1996). Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: teoria e prática. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 169p.

VENDEL, A. L.; LOPES, S. G.; SANTOS, C.; SPACH, H. L. (2003). Fish assemblages in a tidal flat. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **46**(2), 233-242.

VICTOR, B. (2014). A Photographic Guide to the Larvae of Coral Reef Fishes. Disponível em: <http://www.coralreeffish.com/larvae.html>.

VIEIRA, J. P. (1991). Juvenile Mullets (Pisces: Mugilidae) in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS, Brazil. *Copeia* **2**, 409–418.

ZAMPROGNO, C. (1989). Distribuição e hábitos alimentares dos peixes na zona entremarés de recifes rochosos da praia de Manguinhos, Espírito Santo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 176p.

ZANDER, C. D.; NIEDER, J.; MARTIN, K. (1999). Vertical Distribution Patterns. *In:* HORN, M. H.; MARTIN, K. L. M.; CHOTKOWSKI, M. A. *Intertidal Fishes*. San Diego: Academic Press, 26-56.

Figuras

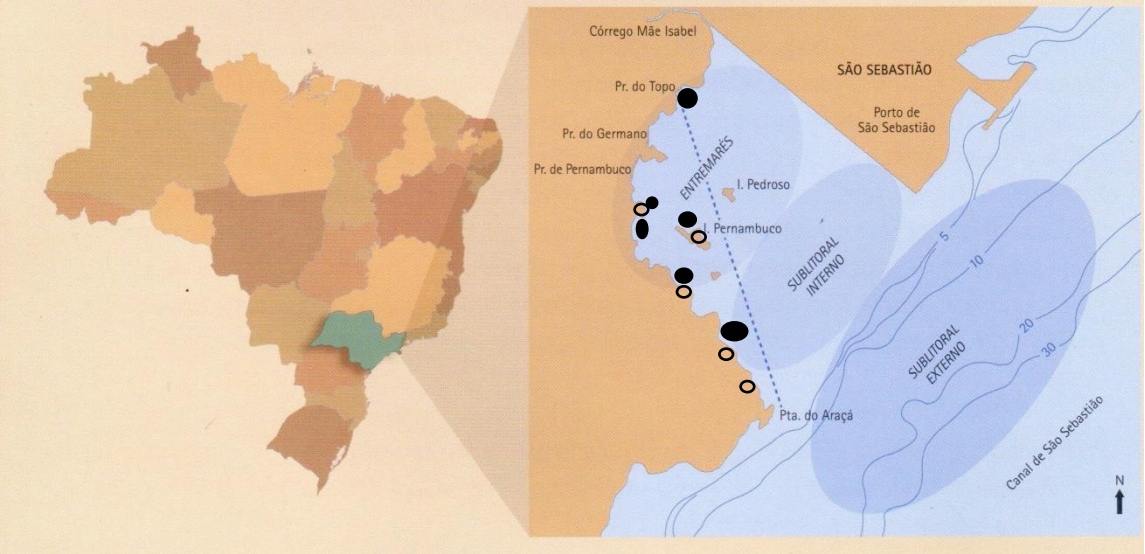


Figura 1: Mapa do Brasil com a localização da área do estudo, Baia do Araçá (São Sebastião, SP/Brasil). À nordeste no mapa está situado o Porto de São Sebastião, adjacente à baía. A linha pontilhada representa o emissário submarino. Localização aproximada das poças arenosas (●) e rochosas (○). Mapa modificado de Amaral *et al*. (2015).

Figura 2: Exemplo de poça arenosa formada na planície de maré da baía do Araçá. Foto: Equipe LABIC.

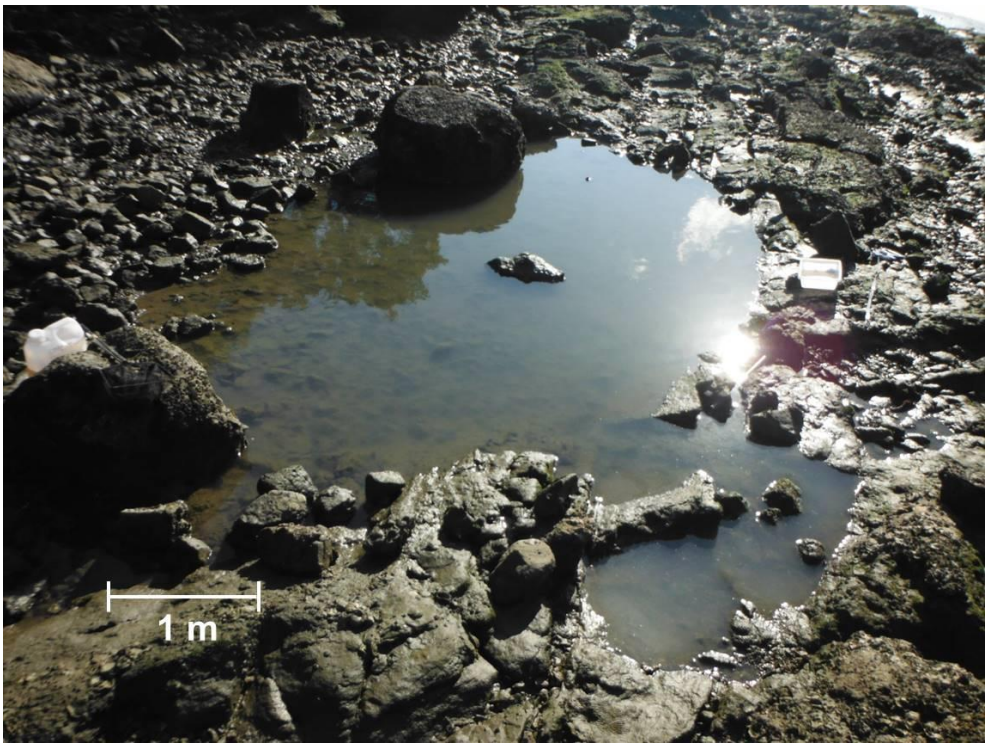


Figura 3: Exemplo de poça rochosa localizada em um costão rochoso da baía do Araçá. Foto: Equipe LABIC.

Figura 4: Exemplo da busca ativa de peixes sob rochas e lixo encontrados dentro das poças de maré arenosas. Foto: Equipe LABIC.

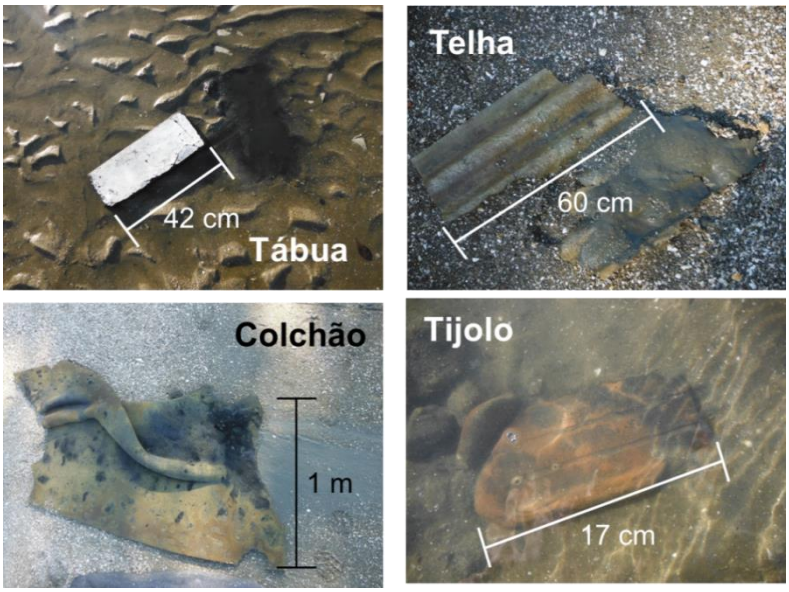


Figura 5: Exemplo de objetos encontrados nas poças de maré. Foto: Equipe LABIC.

Figura 6: Exemplo de dissolução do eugenol em poças de maré. Foto: Equipe LABIC.

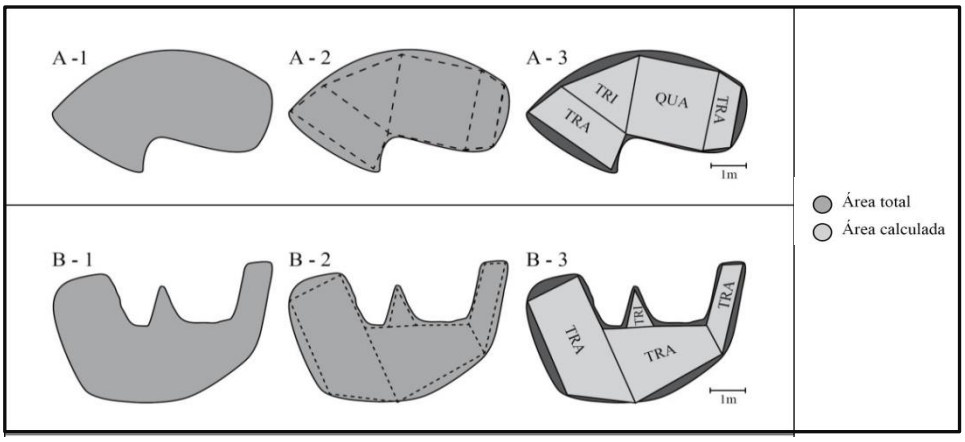


Figura 7: Representação do cálculo das áreas das poças de maré arenosa de 21 a 100 m e rochosas maiores que 10 m de perímetro. A e B: representação da vista aérea de duas poças hipotéticas. A sequência numérica representa as etapas do processo de medição da área. Detalhes apresentados no trabalho Brenha-Nunes *et al.* (no prelo, Anexo II). TRA=trapézio; TRI=triângulo; QUA=quadrado. Modificado de Brenha-Nunes *et al.* (no prelo).

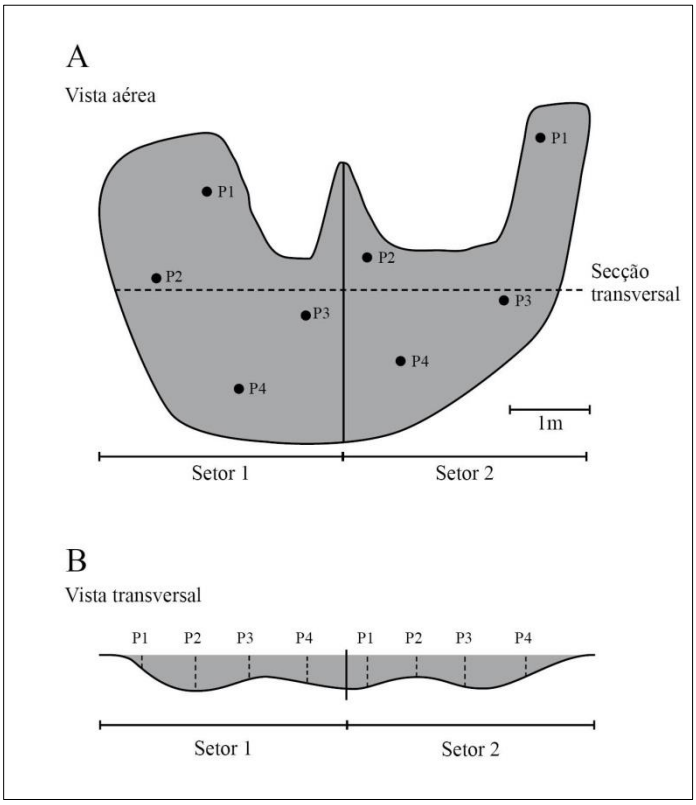


Figura 8: Exemplo das medições da profundidade em uma poça de maré arenosa de 21 a 100 m e rochosa maior que 15 m de perímetro, dividida em dois setores. P1, P2, P3 e P4: locais de medição da profundidade da poça. A - Vista aérea e B - secção transversal. Modificado de Brenha-Nunes *et al.* (no prelo).

Figura 9: Exemplo da passagem da picaré construída com tela de mosquiteiro após busca ativa. Foto: Equipe LABIC.

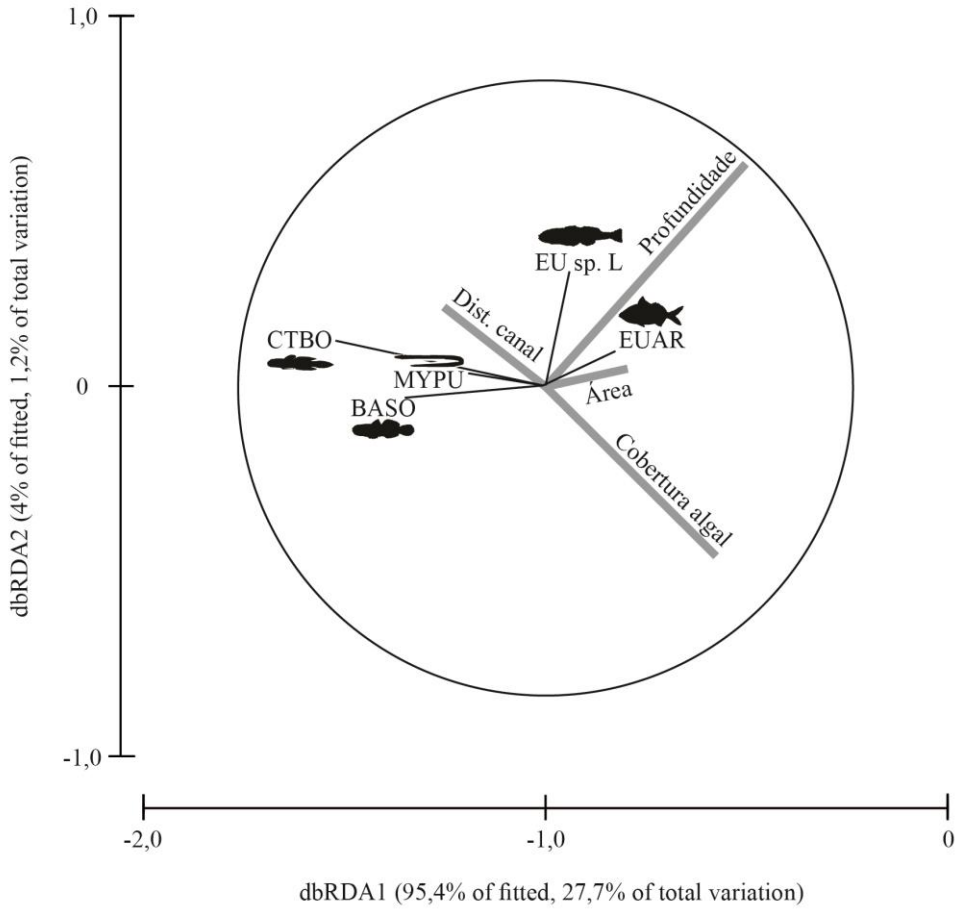


Figura 10: Ordenação *dbRDA* das espécies mais abundantes em poças arenosas em função das variáveis preditoras selecionadas pelo critério *BIC* dos modelos *DISTLM* (Tabela 13). Espécies: BASO = *Bathygobius soporator*; CTBO = *Ctenogobius boleosoma*; EUAR = *Eucinostomus argenteus*; EU sp. L = larva de *Eucinostomus* sp.; MYPU = *Myrophis punctatus.*

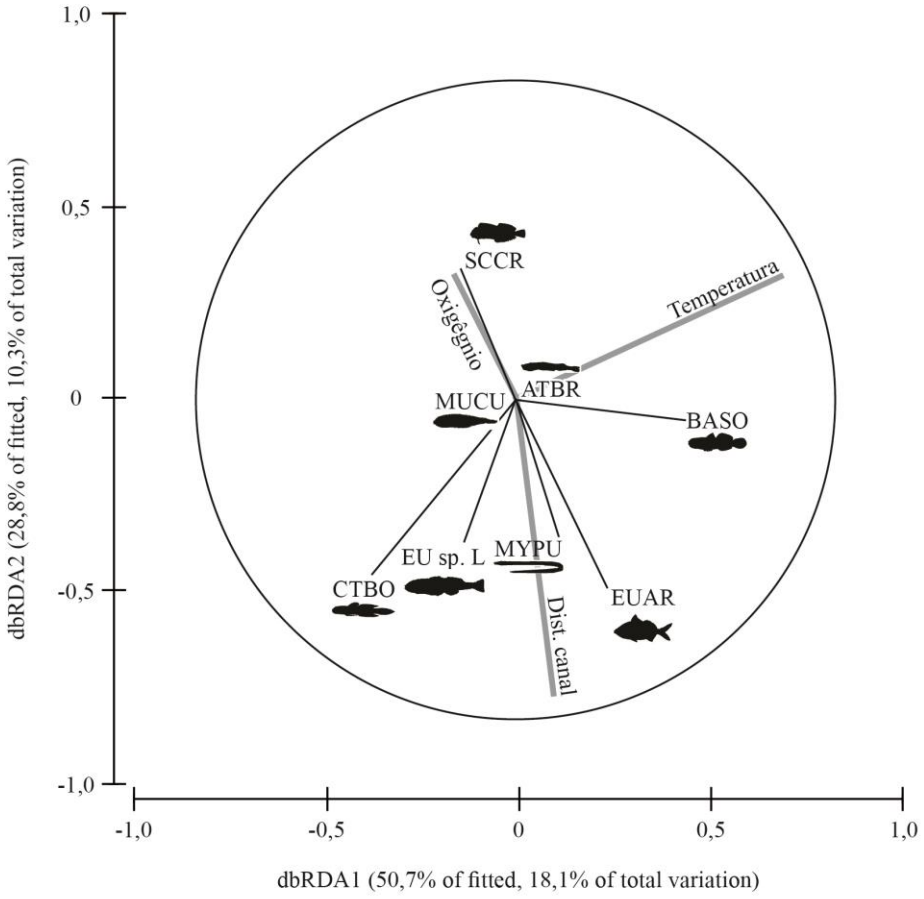


Figura 11: Ordenação *dbRDA* das espécies mais abundantes em poças rochosas em função das variáveis preditoras selecionadas pelo critério *BIC* dos modelos *DISTLM* (Tabela 14). Espécies: ATBR = *Atherinella brasiliensis*; BASO = *Bathygobius soporator*; CTBO = *Ctenogobius boleosoma*; EUAR = *Eucinostomus argenteus*; EU sp. L = larva de *Eucinostomus* sp.; MUCU = *Mugil curema*; MYPU = *Myrophis punctatus;* SCCR = *Scartella cristata.*

Tabelas

Tabela 1: Número de poças, área das poças (m²; intervalo, média e desvio padrão), volume das poças (m³, intervalo, média e desvio padrão), distância até o Canal de São Sebastião (m; intervalo, média e desvio padrão) relativos às poças arenosas amostradas em cada campanha.

	Poças arenosas						
Campanha	**Número de poças**	**Área amostrada (m²)**		**Volume da poça (m³)**		**Distância até o canal (m)**	
		mín - máx	**média ± dp**	**mín - máx**	**média ± dp**	**mín - máx**	**média ± dp**
Verão	7	0,68 - 494,25	286,97 ± 195	0,01-30,03	15,20 ± 12,30	449,24 - 672,3	568,80 ± 100,44
Outono	10	0,80 - 1332,80	552,69 ± 520,43	0,03-73,30	24,20 ± 25,27	248,92 - 745,51	596,04 ± 154,39
Inverno	9	0,80 - 1393,8	612,59 ± 541,57	0,04-139,38	37,41 ± 46,33	248,92 - 688,69	475,90 ± 180,89
Primavera	9	0,80 - 680, 83	315,92 ± 318,64	0,02-55,71	15,35 ± 20,48	248,92 - 688,69	537,46 ± 162,32

Tabela 2: Número de poças, área das poças (m²; intervalo, média e desvio padrão), volume das poças (m³, intervalo, média e desvio padrão), distância até o Canal de São Sebastião (m; intervalo, média e desvio padrão) relativos às poças rochosas amostradas em cada campanha.

	Poças rochosas						
Campanha	**Número de poças**	**Área amostrada (m²)**		**Volume da poça (m³)**		**Distância até o canal (m)**	
		mín - máx	**média ± dp**	**mín - máx**	**média ± dp**	**mín - máx**	**média ± dp**
Verão	12	0,31 - 2,71	1,34 ± 0,82	0,02-0,4	0,11 ± 0,1	126,85 - 680,31	461,69 ± 216,18
Outono	15	0,19 - 9,68	2,64 ± 3,21	0,01-1,05	0,23 ± 0,34	96,46 - 680,31	294,62 ± 239,26
Inverno	13	0,20 - 9,68	3,86 ± 3,89	0,009-1,06	0,31 ± 0,40	96,46 - 680,31	366,68 ± 265,89
Primavera	5	0,44 - 9,68	5,41 ± 4,33	0,03-0,72	0,34 ± 0,33	96,46 - 680,31	428,19 ± 270,09

Tabela 3: Médias dos dados abióticos, com respectivos desvios padrões: profundidade (cm), salinidade, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/l) e cobertura algal (%) para cada tipo de poça (arenosa e rochosa) e campanha amostral (verão, outono, inverno e primavera)**.**

	Campanhas amostrais							
	Verão		**Outono**		**Inverno**		**Primavera**	
Fatores	Arenoso	Rochoso	Arenoso	Rochoso	Arenoso	Rochoso	Arenoso	Rochoso
Profundidade (cm)	3,99 ± 1,8	6,46 ± 3,7	4,58 ± 1,2	7,15 ± 2,6	5,67 ± 1,9	7,65 ± 2,4	4,50 ± 1,74	6,89 ± 1,66
Salinidade (‰)	33,32 ± 1,9	31,69 ± 2,7	34,05 ± 2,2	35,96 ± 1,4	32,99 ± 3,0	31,55 ± 4,0	33,88 ± 3,66	34,06 ± 1,57
Temperatura (°C)	33,14 ± 1,9	33,72 ± 2,2	25,44 ± 2,3	25,91 ± 2,3	22,86 ± 2,6	23,54 ± 2,6	21,00 ± 2,24	19,24 ± 0,97
Oxigênio dissolvido (mg/l)	10,25 ± 1,8	10,28 ± 3,6	8,31 ± 2,4	9,15 ± 3,5	6,05 ± 1,6	8,70 ± 3,8	6,64 ± 1,73	6,80 ± 1,75
Cobertura algal (%)	74,78 ± 10,7	96,67 ± 11,8	47,93 ± 31,1	82,60 ± 25,4	81,50 ± 24,8	84,09 ± 25,1	71,25 ± 27,9	88,46 ± 21,9

Tabela 4: Resultados da *PERMANOVA* entre os fatores ambientais e tipo de poça, campanha e, tipo de poça *versus* campanha. *P* definido por 9999 permutações.

Fatores	SS	MS	Pseudo-F	*P*
tipo de poça	38,26	38,26	3,83	0,01
campanha	99,16	33,05	6,3	< 0,01
tipo de poça *X* campanha	29,05	9,68	1,84	0,01

Tabela 5: Resultados dos Testes *t* permutacionais de comparações pareadas *a posteriori* da *PERMANOVA* para fatores ambientais entre tipos de poça em cada campanha amostral. *P* definido por 9999 permutações.

Campanhas	*t*	*P*
verão	1,86	0,01
outono	2,61	< 0,01
inverno	0,73	0,81
primavera	1,75	0,01

Tabela 6: Resultados do SIMPER para os fatores ambientais, com os valores da contribuição (%) de cada um para a caracterização das poças de maré rochosas e arenosas para as campanhas amostras com teste *t* significativo (*P* < 0,05).

	Campanha amostral		
Fatores	**Verão**	**Outono**	**Primavera**
Profundidade (cm)	34,7	22,18	12,55
Distância Canal (m)	17,48	20,26	27,07
Oxigênio dissolvido (mg/l)	13,00	10,24	-
Área (m²)	14,29	11,34	19,58
Cobertura algal (%)	-	24,75	19,04
Salinidade	12,14	8,63	15,16
Temperatura (ºC)	-	-	-

Tabela 7 – Espécies capturadas em poças de maré rochosas e arenosas da Baía do Araçá. Quando possível, são mencionados nomes de ordem, família, nome científico, descritor, nome popular em português e inglês de cada. O símbolo * significa que foram capturadas larvas, juvenis e adultos da mesma espécie.

Ordem	**Família**	**Nome científico**	**Descritor**	**Nome popular em português**	**Nome popular em inglês**
Anguiliformes	Ophichthidae	*Myrophis punctatus*	Lütken 1852	moreia	*speckled worm-eel*
Atheriniformes	Atherinopsidae	*Atherinella brasiliensis**	(Quoy & Gaimard 1825)	peixe-rei	*Brazilia silversides*
Aulopiformes	Synodontidae	*Synodus foetens*	(Linnaeus 1766)	peixe-lagarto	*inshore lizardfish*
Clupeiformes	Engraulidae	Larva Engraulidae sp 1 L			
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	*Poecilia vivipara*		gúpi	*guppy*
Gobiesociformes	Gobiesocidae	*Gobiesox barbatulus*	Starks 1913	peixe-aipim, peixe-ventosa	*Lappetlip clingfish*
Gobiesociformes	Gobiesocidae	*Gobiesox strumosus*	Cope 1870	peixe-aipim, peixe-ventosa	*skilletfish*
Elopiformes	Elopidae	*Elops saurus* larva	Linnaeus 1766	ubarana	*Ladyfish*
Mugiliformes	Mugilidae	*Mugil curema**	Valenciennes 1836	tainha	*white mullet*
Perciformes	Blennidae	*Hypleurochilus fissicornis*	(Quoy & Gaimard 1824)	maria-da-toca	*hairy blenny*
Perciformes	Blennidae	*Omobranchus punctatus*	(Valenciennes 1836)		*muzzled blenny*
Perciformes	Blenniidae	*Parablennius pilicornis*	(Cuvier 1829)	maria-da-toca	*Ringneck blenny*
Perciformes	Blenniidae	*Scartella cristata*	(Linnaeus 1758)	maria-da-toca	*molly miller*
Perciformes	Carangidae	*Trachinotus carolinus**	(Linnaeus 1766)	pampo	*Florida pompano*
Perciformes	Gobiidae	*Bathygobius soporator*	(Valenciennes 1837)	amboré	*frillfin goby*
Perciformes	Gobiidae	*Ctenogobius boleosoma**	(Jordan & Gilbert 1882)	amboré	*darter goby*
Perciformes	Gobiidae	*Ctenogobius smaragdus*	(Valenciennes 1837)	amboré, maria-da-toca	*emerald goby*
Perciformes	Gobiidae	*Gobionellus oceanicus* larva	(Pallas 1770)	amboré, maria-da-toca	*Highfin goby*
Perciformes	Gerreidae	*Diapterus rhombeus*	(Cuvier 1829)	carapeba	*caitipa mojarra*
Perciformes	Gerreidae	*Eucinostomus argenteus*	Baird & Girard 1855	carapeba, carapicu	*silver mojarra*
Perciformes	Gerreidae	*Eucinostomus melanopterus*	(Bleeker 1863)	carapeba, carapicu	*Flagfin mojarra*
Perciformes	Gerreidae	*Eucinostomus* sp. larva			
Perciformes	Eleotridae	*Butis koilomatodon*	(Bleeker 1849)	barrigudo, dorminhoco	*mud sleeper*
Perciformes	Ephippidae	*Chaetodipterus faber* larva	(Broussonet 1782)	enxada	*Atlantic spadefish*
Perciformes	Labrisomidae	*Labrisomus nuchipinnis*	(Quoy & Gaimard 1824)	moré, guavina	
Perciformes	Labrisomidae	*Malacoctenus delalandii*	(Valenciennes 1836)	maria-da-toca	*delalande blenny*
Perciformes	Pomacentridae	*Abudefduf saxatilis*	(Linnaeus 1758)	sargentinho	*sergeant-major*
Perciformes	Sciaenidae	Larva Sciaenidae sp 1 L			
Perciformes	Sparidae	*Diplodus argenteus* larva	(Valenciennes 1830)	marimbá	*South American silver porgy*
Pleuronectiformes	Achiridae	*Achirus lineatus*	(Linnaeus 1758)	linguado, solha	*lined sole*
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	*Citharichthys macrops*	Dresel 1885	linguado	*spotted whiff*
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	*Citharichthys* sp. *		linguado	
Syngnathiformes	Syngnathidae	*Cosmocampus elucens*	(Poey 1868)	peixe-cachimbo	*shortfin pipefish*
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	*Scorpaena plumieri*	Bloch 1789	peixe-pedra	*spotted scorpionfish*
Tetraodontiformes	Diodontidae	*Chilomycterus spinosus*	(Linnaeus 1758)	baiacu-de-espinho	*burrfishes*
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	*Sphoeroides greeleyi*	Gilbert 1900	baiacu	*green puffer*
		Larva sp 1 L			

Tabela 8: Valores de número de indivíduos capturados (N), valor médio de densidade (ind/m³ ± desvio padrão), valor médio de biomassa (g/m³ ± desvio padrão), porcentagem relativa de cada valor (%), frequência de ocorrência (%) e Índice de Importância Relativa (%) para cada espécie em poças arenosas e rochosas ao longo das quatro campanhas. O símbolo * indica valores menores que 0,01.

	Arenosa								**Rochosa**							
Espécie por Campanha	N	%	Densidade (ind/m³) ± DP	%	Biomassa (g/m³) ± DP	%	Frequência de Ocorrência (%)	Índice de Importância Relativa (%)	N	%	Densidade (ind/m³) ± DP	%	Biomassa (g/m³) ± DP	%	Frequência de Ocorrência (%)	Índice de Importância Relativa (%)
Verão																
Achirus lineatus	6	1,43	0.06±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	43	0,46								
Atherinella brasiliensis L	7	1,66	0.59±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	14	0,17								
Bathygobius soporator	87	20,67	95.89±172.2	4,30	63.54±104.7	2,01	86	43,83	295	91,61	485.51±783.2	26,59	1187.86±1772.3	46,01	100	99,23
Chaetodipterus faber L	1	0,24	0.03±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	14	0,02								
Ctenogobius boleosoma	160	38,00	37.38±51.8	1,86	12.92±16.7	0,45	100	41,51								
Ctenogobius smaragdus	2	0,48	0.03±0.0	0.00*	0.01±0.0	0.00*	14	0,08								
Diapterus rhombeus									2	0,62	45.74±0.0	0,23	15.09±0.0	0,05	8	0,03
Elops saurus L	3	0,71	0.1±0.0	0,09	0.00*	0.00*	29	0,31								
Eucinostomus argenteus	99	23,52	0.12±2.6	0.00*	0.15±0.1	0,01	57	6,41	22	6,83	100.56±11.0	1,00	21.34±5.9	0,15	17	0,64
Eucinostomus sp. L	7	1,66	0.09±0.0	0,12	0.19±0.0	0.00*	29	0,35								
Mugil curema	40	9,50	8.02±7.8	0,04	0.88±0.7	0,01	29	2,66								
Myrophis punctatus	4	0,95	3.56±4.9	0.00*	51.3±72.3	0,36	29	4,03	1	0,31	6.02±0.0	0,03	82.61±0.0	0,29	8	0,07
Poecilia vivipara	5	1,19	0.089±0.0	0.00*	0.01±0.0	0.00*	14	0,17	1	0,31	6.02±0.0	0,03	2.95±0.0	0,01	8	0,02
Scartella cristata									1	0,31	46.14±0.0	0,23	0.09±0.0	0,09	8	0,02
Outono																
Abudefduf saxatilis									3	1,65	13.51 ± 0.0	0,07	16.12 ± 0.0	0,06	7	0,09
Atherinella brasiliensis L	57	3,98	11.53±29.3	0,40	0.05±0.1	0.00*	40	1,30	1	0,55	56.02±0.0	0,28	0.15±0.0	0.00*	7	0,02
Bathygobius soporator	113	7,89	26.82±36.9	1,87	37.52±108.4	1,85	100	58,17	141	77,47	123.06±96.30	8,58	465.60±429.39	22,95	93	98,79
Chilomycterus spinosus	1	0,07	0.03±0.0	0.00*	0.79±0.0	0.00*	10	0,40								
Citharichthys sp.	1	0,07	1.95±0.0	0,01	0.02±0.0	0.00*	10	0,01								
Citharichthys sp. L	3	0,21	0.04±0.05	0.00*	0.00*	0.00*	30	0,05								
Cosmocampus elucens	1	0,07	0.01±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	10	0,01								
Ctenogobius boleosoma	247	17,25	64.53±128.0	4,82	4.79±9.6	0,25	90	15,66								
Ctenogobius boleosoma L	32	2,23	0.86±2.01	0,03	0.00*	0.00*	40	0,73								
Ctenogobius smaragdus	1	0,07	0.02±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	10	0,01								
Diapterus rhombeus	1	0,07	0.03±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	10	0,01								
Eucinostomus argenteus	35	2,44	2.98±5.4	0,16	0.05±0.0	0.00*	50	1,12	7	3,85	113.47±156.42	1,13	2.58±1.7	0,02	13	0,33
Eucinostomus melanopterus	43	3,00	1.55±2.03	0,02	0.03±0.0	0.00*	20	0,53								
Eucinostomus sp. L	503	35,13	42.21±78.5	2,73	0.43±0.7	0,02	60	17,45	14	7,69	784.31±0.0	3,91	6.25±0.0	0,02	7	0,31
Gobionellus oceanicus L	8	0,56	1.98±3.3	0,03	0.01±0.0	0.00*	30	0,14								
Labrisomus nuchipinnis									1	0,55	2.96±0.0	0,01	0.32±0.0	0.00*	7	0,02
Larva Sciaenidae sp 1 L	1	0,07	1.95±0.0	0,01	0.00*	0.00*	10	0,01								
Malacoctenus delalandii									1	0,55	2.96±0.0	0,01	5.38±0.0	0,02	7	0,03
Mugil curema L	355	24,79	8.09±0.0	0,04	1.47±0.0	0,01	10	2,99								
Myrophis punctatus	7	0,49	1.90±2.4	0,04	0.51±0.58	0,01	40	0,37	2	1,10	1.91±0.0	0,01	11.02±0.0	0,04	7	0,12
Omobranchus punctatus	1	0,07	1.95±0.0	0,01	0.11±0.0	0.00*	10	0,01								
Parablennius pilicornis	1	0,07	0.02±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	10	0,01								
Scartella cristata	2	0,14	0.09±0.0	0.00*	0.05±0.0	0.00*	10	0,03	12	6,59	35.53±0.0	0,18	8.46±0.0	0,03	7	0,28
Sphoeroides greeleyi	16	1,12	0.21±0.1	0.00*	0.72±0.3	0,01	10	0,96								
Synodus foetens	2	0,14	0.11±0.1	0.00*	0.08±0.1	0.00*	20	0,06								
Trachinotus carolinus L	1	0,07	0.11±0.0	0.00*	0.01±0.0	0.00*	10	0,01								

Continuação Tabela 8: Valores de número de indivíduos capturados (N), valor médio de densidade (ind/m³ ± desvio padrão), valor médio de biomassa (g/m³ ± desvio padrão), porcentagem relativa de cada valor (%), frequência de ocorrência (%) e Índice de Importância Relativa (%) para cada espécie em poças arenosas e rochosas ao longo das quatro campanhas. O símbolo * indica valores menores que 0,01.

	Arenosa								Rochosa							
Espécie por Campanha	N	%	Densidade (ind/m³) ± DP	%	Biomassa (g/m³) ± DP	%	Frequência de Ocorrência (%)	Índice de Importância Relativa (%)	N	%	Densidade (ind/m³) ± DP	%	Biomassa (g/m³) ± DP	%	Frequência de Ocorrência (%)	Índice de Importância Relativa (%)
Inverno																
Atherinella brasiliensis	1	0,04	0.007±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,01	4	4,88	3.75±0.0	0,02	2.36±0.0	0,01	8	0,33
Atherinella brasiliensis L	20	0,84	0.15±0.09	0.00*	0.00*	0.00*	33	0,28								
Bathygobius soporator	33	1,38	31.29±82.93	1,56	136.06±425.8	4,79	89	37,56	45	54,88	88.66±124.38	4,86	381.81±541.6	14,79	85	95,56
Butis koilomatodon	1	0,04	19.01±0.0	0,09	3.42±0.0	0,01	11	0,01								
Chilomycterus spinosus	2	0,08	0.02±0.02	0.00*	0.91±1.26	0,01	22	3,50								
Citharichthys macrops	2	0,08	6.36±8.94	0,06	0.66±0.9	0.00*	22	0,04								
Citharichthys sp. L	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,00								
Ctenogobius boleosoma	275	11,54	60.88±116.57	4,55	8.57±17.62	0,45	100	29,96	9	10,98	12.69±7.33	0,13	1.80±0.99	0,01	15	1,30
Ctenogobius boleosoma L	4	0,17	0.33±0.60	0,01	0.00*	0.00*	33	0,05								
Diplodus argenteus L									1	1,22	0.93±0.0	0.00*	0.08±0.0	0.00*	8	0,15
Eucinostomus argenteus	76	3,19	0.17±0.20	0,01	0.00*	0.00*	33	1,32	2	2,44	1.87±0.0	0,01	0.54±0.0	0.00*	8	
Eucinostomus melanopterus	2	0,08	0.014±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,02								0,21
Eucinostomus sp. L	1739	72,94	6.67±8.46	0,27	0.06±0.0	0.00*	33	24,97	3	3,66	2.81±0.0	0,01	0.02±0.0	0.00*	8	
Gobiesox barbatulus	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.03±0.0	0.00*	11	0,03							8	0,07
Gobiesox strumosus	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,01	1	1,22	3.48±0.0	0,02	0.66±0.0	0.00*		
Gobionellus oceanicus L	2	0,08	0.02±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,01								0,07
Hypleurochilus fissicornis	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.08±0.0	0.00*	11	0,08	1	1,22	3.03±0.0	0,02	0.75±0.0	0.00*	8	0,08
Labrisomus nuchipinnis									1	1,22	22.52±0.0	0,11	7.88±0.0	0,03	8	
Larva Engraulidae sp 1 L	208	8,72	4.29±1.75	0,04	0.19±0.1	0.00*	11	1,27								0,07
Larva sp 1 L	2	0,08	0.08±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,01								
Mugil curema	4	0,17	0.02±0.01	0.00*	0.00*	0.00*	22	0,11								
Myrophis punctatus	1	0,04	0.01±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	11	0,02								
Scartella cristata	3	0,13	0.53±0.64	0,01	0.03±0.0	0.00*	22	0,04	15	18,29	143.20±163.95	1,43	15.09±15.3	0,11	15	2,16
Scorpaena plumieri	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.02±0.0	0.00*	11	0,02								
Sphoeroides greeleyi	3	0,13	0.12±0.0	0.00*	0.70±0.0	0.00*	11	0,65								
Trachinotus carolinus	1	0,04	0.04±0.0	0.00*	0.01±0.0	0.00*	11	0,02								
Primavera																
Atherinella brasiliensis L	398	10,13	5.15±5.65	0,18	0.05±0.0	0.00*	44	1,45								
Bathygobius soporator	54	1,37	15.02±22.57	0,60	77.82±212.9	2,19	78	32,79	19	7,39	47.29±35.51	0,47	69.25±30.7	0,49	40	44,77
Chilomycterus spinosus	1	0,03	0.03±0.0	0.00*	0.20±0.0	0.00*	8	0,11								
Citharichthys sp.	2	0,05	1.24±0.29	0,01	0.26±0.29	0.00*	8	0,01								
Ctenogobius boleosoma	1287	32,76	306.76±417.77	19,86	43.44±52.0	1,99	69	52,67	81	31,52	84.23±41.53	1,26	14.13±1.1	0,15	60	33,87
Ctenogobius boleosoma L	3	0,08	0.05±0.0	0.00*	0.00*	0.00*	8	0,00								
Diplodus argenteus L									24	9,34	47.13±0.0	0,29	0.53±0.7	0.00*	40	5,07
Elops saurus L	6	0,15	0.54±0.78	0,01	0.02±0.0	0.00*	15	0,02								
Eucinostomus argenteus	1588	40,42	26.10±48.98	1,17	0.46±0.74	0,01	46	10,39	34	13,23	127.53±0.0	0,23	1.52±0.0	0,01	20	3,73
Eucinostomus sp. L	542	13,79	71.25±196.02	2,84	0.90±2.48	0,03	31	1,94	92	35,80	24.13±0.0	0,63	2.02±0.0	0,01	20	9,64
Gobiesox strumosus									1	0,39	28.75±38.70	0,12	10.86±0.0	0,04	20	0,24
Mugil curema	43	1,09	0.81±0.71	0,01	0.14±0.12	0.00*	15	0,39								
Myrophis punctatus	3	0,08	3.84±4.51	0,06	1.62±2.22	0,02	15	0,04	1	0,39	1.38±0.0	0,01	1.67±0.0	0,01	20	0,47
Scartella cristata									5	1,95	16.94±10.16	0,17	12.85±14.6	0,09	40	2,21
Sphoeroides greeleyi	1	0,03	0.03±0.0	0.00*	0.35±0.0	0.00*	8	0,17								
Trachinotus carolinus L	1	0,03	0.03±0.0	0.00*	0.03±0.0	0.00*	8	0,02								

Tabela 9: Padrão de ocupação, valores médios de comprimento total (mm) ao término da fase larval, juvenil e início da fase adulta e amplitude de comprimento total (mm) de cada espécie capturada em poças arenosas e rochosas. R = espécies residentes; T = espécies transitórias; O = Espécies oportunistas; CP = comprimento padrão quando não encontrado o comprimento total.

Nome científico	**Padrão de ocupação**	**CT (mm)**			**Amplitude de CT (mm)**	
		larva	**juvenil**	**adulto**	**Poças arenosas**	**Poças rochosas**
Abudefduf saxatilis	T	< 6	< 80	> 80		39-46
Achirus lineatus	T	< 5	-	-	8-16	
Atherinella brasiliensis	O	< 21	< 76	> 76	5-21	9-18
Bathygobius soporator	R	< 6,5	< 40	> 40	9-137	15-146
Butis koilomatodon	R	-	-	-	24	
Chaetodipterus faber	T	< 15	< 135	> 135	7	
Chilomycterus spinosus	O	< 11	-	-	29-91	
Citharichthys macrops	T	< 11	-	-	25-34	
Citharichthys sp.	T	< 11	-	-	9-40	
Cosmocampus elucens	O	-	-	-	37	
Ctenogobius boleosoma	R	< 11 (CP)	-	-	9-55	13-43
Ctenogobius smaragdus	R	< 11 (CP)	-	-	26-45	
Diapterus rhombeus	O	< 10	< 115	> 115	35	32-35
Diplodus argenteus	O	< 40	< 200	> 200		10-21
Elops saurus	R	< 50	-	-	28-36	
Eucinostomus argenteus	O	< 12	< 120	> 120	13-40	13-44
Eucinostomus melanopterus	O	< 10	< 120	> 120	10-25	
Eucinostomus sp.	O	-	-	-	8-12	9-12
Gobiesox barbatulus	R	< 9	-	-	37	
Gobiesox strumosus	R	< 9	-	-	19	25-30
Gobionellus oceanicus	R	< 19	-	-	13-15	
Hypleurochilus fissicornis	R	< 7	< 22	> 22	52	27
Labrisomus nuchipinnis	R	< 20	-	-		23-33
Larva Engraulidae sp 1	O	-	-	-	18-33	
Larva Sciaenidae sp 1	O	-	-	-	7	
Larva sp 1	O	-	-	-	20-21	
Malacoctenus delalandii	R	< 15	-	-		55
Mugil curema	O	< 30	< 197	> 197	17-50	
Myrophis punctatus	R	< 75 (CP)	-	-	58-330	82-292
Omobranchus punctatus	R	-	-	-	19	
Parablennius pilicornis	R	< 10	-	-	11	
Poecilia sp.	T	-	-	-	18-32	33
Scartella cristata	R	-	-	-	17-45	12-50
Scorpaena plumieri	R	< 10	< 24	> 24	30	
Sphoeroides greeleyi	O	< 21	< 70	> 70	51-98	
Synodus foetens	T	< 40 (CP)	-	-	44-60	
Trachinotus carolinus	O	< 14 (CP)	-	-	19-32	

Tabela 10: Resultados da *PERMANOVA* entre a densidade da ictiofauna e tipo de poça, campanha e, tipo de poça *versus* campanha. *P* definido por 9999 permutações.

Fatores	SS	MS	Pseudo-F	*P*
tipo de poça	15,27	15,27	6,12	0,01
campanha	13,64	4,54	2,83	< 0,01
tipo de poça *X* campanha	7,3	2,43	1,51	0,14

Tabela 11: Resultados dos Testes *t* permutacionais de comparações pareadas *a posteriori* da *PERMANOVA* para a densidade da ictiofauna entre tipos de poça em cada campanha amostral. *P* definido por 9999 permutações.

Campanhas	*t*	*P*
verão	2,63	< 0,01
outono	1,97	0,03
inverno	1,54	0,07
primavera	0,94	0,48

Tabela 12: *IndicSpecies* para a estrutura da comunidade entre os fatores tipo de poça e campanha, evidenciando as espécies indicadoras no conjunto de todas as campanhas amostrais e para aquelas campanhas em que o teste *t* foi significativo. Comp A e comp B são os componentes que definem se uma espécie é indicadora ou não. L = espécie coletada em fase larval. "X" indica em qual tipo de poça cada espécie está representando.

Espécie	**Areia**	**Rocha**	**comp A**	**comp B**	**P valor**
Geral					
Ctenogobius boleosoma	X		0,913	0,836	0,0001
Atherinella brasiliensis L	X		1,000	0,265	0,0136
Scartella cristata		X	0,999	0,153	0,0128
Verão					
Ctenogobius boleosoma	X		1.000	0,714	0,0106
Bathygobius soporator		X	0,903	1.000	0,0107
Outono					
Ctenogobius boleosoma	X		1.000	0,692	0,0203
Eucinostomus sp. L	X		1.000	0,615	0,0317

Tabela 13 – Correlação entre o vetor de espécies, vetor de fatores ambientais estruturadores de poças arenosas e os dois primeiros eixos da ordenação *dbRDA*. Preditores selecionados segundo o método *DISTLM* e critério de seleção *BIC*.

	Eixos	
Espécie	**dbRDA1**	**dbRDA2**
Bathygobius soporator	-0,46	< -0,01
Ctenogobius boleosoma	-0,68	0,14
Eucinostomus sp. Larva	< 0,01	0,37
Eucinostomus argenteus	0,22	0,11
Myrophis punctatus	-0,24	< -0,01
Fatores físico-ambientais		
Cobertura algal	0,54	-0,54
Área	0,26	< 0,01
Profundidade	0,64	0,72
Distância do canal	-0,33	0,26

Tabela 14 – Correlação entre o vetor de espécies, vetor de fatores ambientais estruturadores de poças rochosas e os dois primeiros eixos da ordenação *dbRDA*. Preditores selecionados segundo o método *DISTLM* e critério de seleção *BIC*.

	Eixos	
Espécie	**dbRDA1**	**dbRDA2**
Bathygobius soporator	0,52	< 0,01
Ctenogobius boleosoma	-0,44	-0,55
Eucinostomus sp. Larva	-0,15	-0,46
Eucinostomus argenteus	0,28	-0,58
Myrophis punctatus	0,14	-0,43
Scartella cristata	-0,16	0,4
Atherinella brasiliensis	0	0
Mugil curema	0	0
Fatores físico-ambientais		
Distância do canal	0,11	-0,93
Temperatura	0,82	0,38
O_2 dissolvido	-0,19	0,39

Apêndice I

Pranchas com fotos/desenho de todas as espécies capturadas, com seu respectivo comprimento total. Abaixo estão listados os créditos de cada fotografia/desenho utilizado.

Myrophis punctatus – Carolina Correia Siliprandi

Atherinella brasiliensis - Elton José França, retirado do artigo FRANÇA, E. J.; SEVERI, W.; CASTRO, M. F.; MEDEIROS, T. N.; EL-DEIR, A. C. A. (2007). Description of *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) (Atheriniformes: Atherinopsidae) larvae from the Jaguaribe River estuary, Itamaracá island, Northeasthern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **5**(3), 369-374.

Synodus foetens - Carolina Correia Siliprandi

Larva *Engraulidae* sp 1 L – Alexandre Arackawa

Poecilia vivípara – Raphael M. Macieira

Gobiesox sp. – Fernando Zaniolo Gibran

Gobiesox barbatulus e *Gobiesox strumosus* – ilustrações baseadas na fotografia retirada da página do *Identification Guide to Marine Organisms of Texas* (http://txmarspecies.tamug.edu/). Créditos para Texas Parks and Wildlife Department, (Brenda Bowling), 2012-2015.

Larva de *Elops saurus* – Alexandre Arackawa

Mugil curema - retirada da página *Identification Guide to Marine Organisms of Texas* (http://txmarspecies.tamug.edu/). Créditos para Texas Parks and Wildlife Department, (Brenda Bowling), 2012-2015.

Hypleurochilus fissicornis - Carolina Correia Siliprandi

Omobranchus punctatus - Carolina Correia Siliprandi

Parablennius pilicornis – retirada da página Viva Terra – Sociedade de Defesa, Pesquisa e Educação Ambiental (http://reflor.com.br/peixes_salgada_3.htm).

Scartella cristata - Carolina Correia Siliprandi

Trachinotus carolinus - Carolina Correia Siliprandi

Bathygobius soporator - Carolina Correia Siliprandi

Ctenogobius boleosoma - retirada da página de *Fishes of North Carolina* (http://www.ncfishes.com/)

Ctenogobius smaragdus - Carolina Correia Siliprandi

Larva de *Gobionellus oceanicus* – retirada da página *Forestventure* (http://www.forestventure.com/)

Diapterus rhombeus - Carolina Correia Siliprandi

Eucinostomus argenteus - Carolina Correia Siliprandi

Eucinostomus melanopterus - Carolina Correia Siliprandi

Larva de *Eucinostomus* sp. – retirada da página de *Larval Fishes from Carrie Bow Cay, Belize* (http://vertebrates.si.edu/fishes/larval)

Butis koilomatodon - Carolina Correia Siliprandi

Chaetodipterus faber larva – Marina Rito Brenha Nunes

Labrisomus nuchipinnis - Carolina Correia Siliprandi

Malacoctenus delalandii - Carolina Correia Siliprandi

Abudefduf saxatilis - Carolina Correia Siliprandi

Larva *Sciaenidae* sp 1 L – retirada da página *StudyBlue* (https://www.studyblue.com)

Larva de *Diplodus argenteus* – Marina Rito Brenha Nunes

Achirus lineatus - Carolina Correia Siliprandi

Citharichthys macrops - Carolina Correia Siliprandi

Cosmocampus elucens - Carolina Correia Siliprandi

Scorpaena plumieri - Carolina Correia Siliprandi

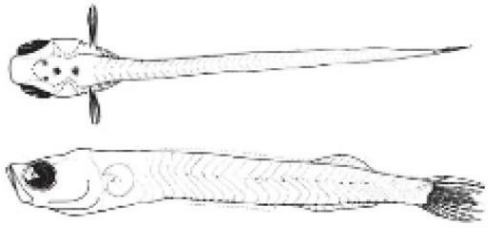
Chilomycterus spinosus – Raphael M. Macieira

Sphoeroides greeleyi - Carolina Correia Siliprandi

Larva sp 1 L – Alexandre Arackawa

Myrophis punctatus - CT: 248 mm. Acima: exemplar inteiro. Abaixo: destaque para a cabeça.

Poecilia vivipara - CT: 47 mm.

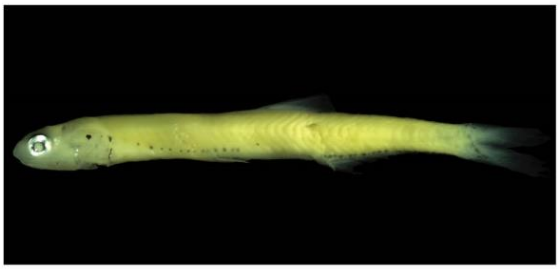


Atherinella brasilienses - Acima: vista dorsal - CT: 3,5 mm. Abaixo: vista lateral - CT: 4,7 mm.

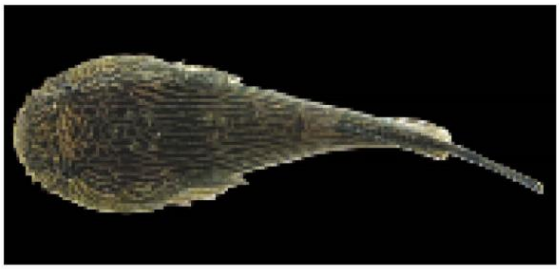
Larva de *Elops saurus* - CT: 32 mm.

Synodus foetens - CT: 222 mm.

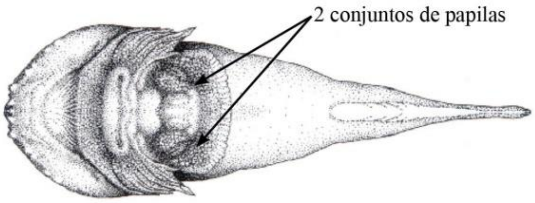
Mugil curema - CT: 30 mm.



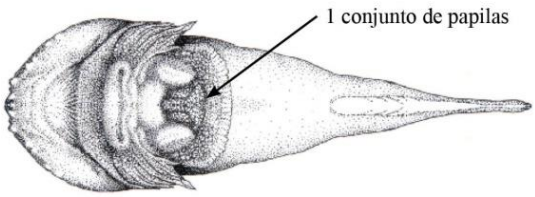
Larva Engraulidae sp. 1 - CT: 25 mm.



Gobiesox sp. - CT: ~25 mm



Gobiesox strumosus - vista ventral



Gobiesox barbatulus - vista ventral

Hypleurochilus fissicornis - CT: 52 mm.

Bathygobius soporator - CT: 149 mm.

Omobranchus punctatus - CT: 19 mm.

Ctenogobius boleosoma - CT: ~53 mm.

Parablennius pilicornis - CT: 69 mm.

Ctenogobius smaragdus - CT: 40 mm.

Scartella cristata - CT: 118 mm.

Larva de *Gobionellus oceanicus* - CT: ~14 mm.

Trachinotus carolinus - CT: 184 mm.

Larva de *Diplodus argenteus* - CT: 7 mm.

Diapterus rhombeus - CT: 240 mm.

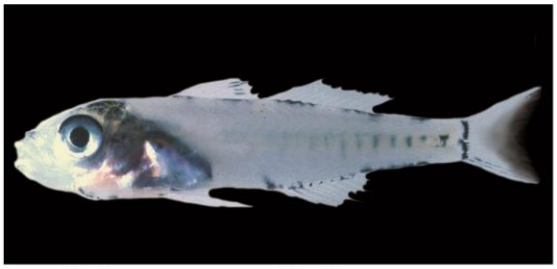
Larva de *Chaetodipterus faber* - CT: 7 mm.

Eucinostomus argenteus - CT: 104 mm.

Labrisomus nuchipinnis - CT: 103 mm.

Eucinostomus melanopterus - CT: 191 mm.

Malacoctenus delalandii - CT: 72 mm.

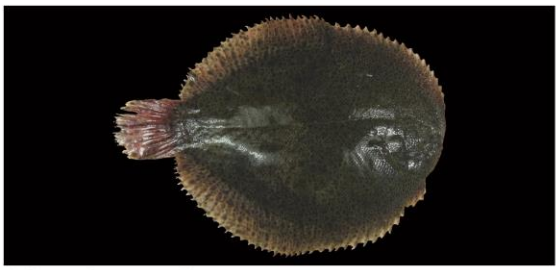


Larva de *Eucinostomus* sp. - CP: 14 mm.

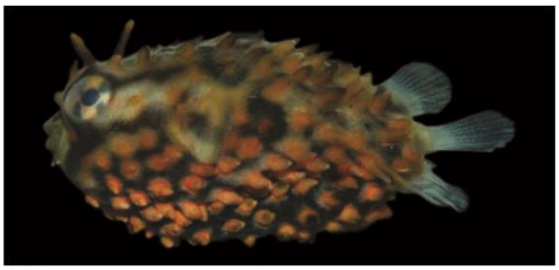
Abudefduf saxatilis - CT: 145 mm.

Butis koilomatodon - CT: 24 mm.

Larva de *Sciaenidae* sp. 1 - CT: 7 mm.



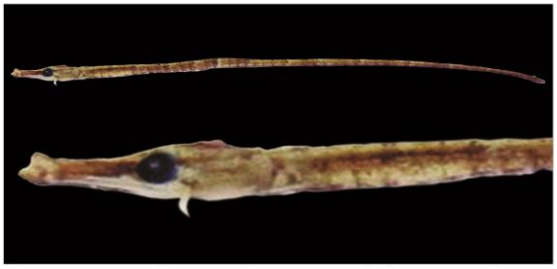
Achirus lineatus - CT: 151 mm.



Chilomycterus spinosus - CT: 33 mm.

Citharichthys macrops - CT: 147 mm.

Sphoeroides greeleyi - CT: 124 mm.



Cosmocampus elucens - CT: 37 mm. Acima: exemplar inteiro. Abaixo: destaque para a cabeça.

Larva sp 1 - CT: 20 mm.

Scorpaena plumieri - CT: 210 mm.

Anexo I

Parecer do Comitê de Ética do Instituto Oceanográfico para a realização da pesquisa.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto Oceanográfico

PARECER sobre protocolo de pesquisa com experimentação animal

O projeto de mestrado de Marina Rito Brenha estudará a composição da ictiofauna que habita poças de maré na baía do Araçá, bem como sua variação espaço-temporal conforme protocolo descrito abaixo:

Espécies: *Achirus lineatus, Bathygobius soporator, Ctenogobius boleosoma, Ctenogobius smaragdus, Diapterus rhombeus, Eucinostomus argenteus, Mugil curema, Myrophis punctatus, Poecilia sp., Sardinella brasiliensis, Scartella cristata.*

A espécie Sardinella brasiliensis é protegida, *porém há licença do IBAMA para a coleta.*

Tipo de experimento: Não haverá nenhum experimento em específico. Os indivíduos serão coletados das poças de maré para análise biológica (comprimento, peso, sexo, estádio de maturidade) e para possíveis inferências sobre as relações entre composição e abundância de espécies e as variáveis ambientais.

Forma de sacrifício: Eutanásia (sacrificio com o minimo sofrimento).

A eutanásia será realizada com solução de eugenol (40ml/l de etanol) após anestesiar os peixes nas poças com uma solução na mesma concentração. A falta de oxigênio completará o processo de eutanásia.

Geração de resíduos: A solução de eugenol adicionada nas poças é facilmente dissolvida na água e em pouco tempo perde seu efeito anestésico

A Comissão de Ética em Experimentação Animal do IOUSP recomenda um parecer favorável para o protocolo de pesquisa, uma vez que é compatível com os princípios éticos de experimentação com animais elaborados pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) e Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

São Paulo, 14 de maio de 2014

Profa. Dra. Rosalinda Carmela Montone
Comissão de Ética em Experimentação Animal do IOUSP
presidente

Praça do Oceanográfico, 191 – 05508-900 – São Paulo – SP
http://www.io.usp.br – Tel.: 55 - 11 - 3091-6528 – Fax: 55 - 11 - 3032-3092

Anexo II

Cópia do trabalho aceito Brenha-Nunes *et al.* (no prelo).

A protocol for measuring spatial variables in soft-sediment tide pools

Marina Rito Brenha-Nunes[1], Riguel Feltrin Contente[1,2] & Carmen L. D. B. Rossi-Wongtschowski[1]

[1]Laboratório de Ictiologia e Crescimento, Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brazil.
[2]Corresponding author. Email: riguel@usp.br

ABSTRACT. We present a protocol for measuring spatial variables in large (>50 m²) soft-sediment tide pool. Secondarily, we present the fish capture efficiency of a sampling protocol that based on such spatial variables to calculate relative abundances. The area of the pool is estimated by summing areas of basic geometric forms; the depth, by taken representative measurements of the depth variability of each pool's sector, previously determined according to its perimeter; and the volume, by considering the pool as a prism. These procedures were a trade-off between the acquisition of reliable estimates and the minimization of both the cost of operating and the time spent in field. The fish sampling protocol is based on two consecutive stages: 1 - two people search for fishes under structures (*e.g.* rocks and litters) on the pool and capture them with hand seines; 2 - these structures are removed and then a beach-seine is hauled over the whole pool. Our method is cheaper than others and fast to operate considering the time in low tides. The method to sample fish is quite efficient resulting in a capture efficiency of 89%.

KEY WORDS. Beach-seine, capture efficiency, crypto-benthic species, tidal flat

Soft-sediment tide pools, which are formed according to the local hydrography, bottom topography and sediment composition, are very common depressions in tidal flats of coastal ecosystems worldwide and are important habitats for fish, birds, and invertebrates (MEAGER *et al*. 2005, CHARGULAF *et al*. 2011). Tide pools also serve as a shelter for many early juveniles and larvae of shallow water fish species (such as Engraulidae, Gerreidae, and Mugilidae) that, eventually, do not follow the tide when it recedes (RUSSEL & GARRETT 1983, CHARGULAF *et al*. 2011). Tidal flats, as a typical depositional environment, hold a large amount of debris and litter in the pools (especially when near urban and port areas), serving as habitats for juveniles and adults of many intertidal, crypto-benthic species, such as Gobiidae and Bleniidae (KWIK & TIBBETS 1999, CRABTREE & DEAN 1982, CHARGULAF *et al*. 2011).

Several studies have been carried out aiming to describe the composition and abundance of fish species, and their spatial and temporal variability in soft-sediment (*e.g.* CRABTREE & DEAN 1982, RUSSELL & GARRETT 1983, ABLE *et al*. 2005, MEAGER *et al*. 2005, CHARGULAF *et al*. 2011) and hard-bottom (*e.g.* CUNHA *et al*. 2007, CUNHA *et al*. 2008) tide pools. The area and volume of hard-bottom pools have been obtained through the calculation of basic geometric forms (*e.g.* squares and cubes; CUNHA et al. 2007). Although this procedure is also theoretically applicable for soft-bottom pools larger than 50 m², it has not been carefully described and evaluated for such pools yet. ABLE *et al*. (2005) estimated accurately the area of large soft-sediment pools through aerial photographs, but it is a costly procedure. A demand for inexpensive methods for sampling fish is growing

especially in developing countries, where the resources for surveys, environmental impact assessments, and monitoring are generally limited (BARLETTA *et al*. 2010).

Moreover, the capture efficiency of the gears used for capturing fish in soft-sediment pools has not been, or has been poorly, assessed. For example, MEAGER *et al.* (2005) concluded that the use of dip-nets may result in an efficiency of 90%, which was obtained comparing the abundance from dip-nets with that obtained thereafter, by saturating the pool with carbon dioxide. However, this is not a reliable estimate, as it was not drawn through an analytical approach.

The aim of this article is to present a protocol for measuring spatial variables in large (>50 m²) soft-sediment tide pool. We also present the fish capture efficiency of a new sampling protocol that was based on such spatial variables to calculate relative abundances.

This protocol was applied in four surveys (March, June, August, and October 2014) in Araçá Bay (23°48.874′S; 45°24.322′W), located in the São Sebastião Channel, Northern coast of São Paulo state, South-Eastern Brazilian coast (map of the study area in CONTENTE *et al*. 2015). This subtropical bay is a typical, large, mud-sandy tidal flat area, adjacent to the international Port of São Sebastião (for details of the Araçá ecosystem, see AMARAL *et al*. 2010 and CONTENTE *et al.* 2015). During low tide, many different-size, soft-sediment tide pools are typical in the system. The protocol for taking measures of area, depth, and volume was applied in 18 large-sized (>50 m²) tide pools across the surveys, and the capture efficiency was assessed once in one pool.

Protocol for area, depth, and volume measurements

Area: Depending on the shape of each pool, its total area was divided into sub-areas of well-known geometric forms (*i.e.* trapeze, square, rectangle, and triangle), whose the area were calculated using a meter tape (precision 1.0 mm). The total area of the pool was obtained by summing these individual geometric areas. An example of the procedure is shown in Fig.1A and B.

Depth and volume: Firstly, the perimeter of the pool was taken using the meter tape. Then, the pool was stratified in sectors in accordance with its perimeter: pools < 100 m were divided into two sectors, and those > 100 m, into three sectors. Four depth measures were taken from each sector, being their location chosen to best represent the variability of depth (Fig. 2 A and B). The depth was taken using a meter tape (precision 1.0 mm) attached to a 1.2-m-broom handle. The pool volumes were calculated as a prism, such that: volume (m^3) = the mean value of depth (m) × pool area (m^2).

A mean of 30 ± 15 (standard deviation) minutes was spent on each pool to take all measures.

Fish sampling protocol and its capture efficiency

In a two-sectors pool (perimeter = 60 m, area size = 113.3 m², volume = 4.9 m³; Fig. 3), the fish sampling was carried out at two successive stages, being each stage repeated three times (passes) in each sector: stage 1 - during 15 minutes, two people searched for fishes under rocks and litters (such as, wooden board, PVC pipes, plastic bags, PET bottles, tyres and pieces of mattress), being the fishes caught by hand-nets (19 x 14cm, 1.0 mm mesh); stage 2- after rocks and litters were removed from the pool, a mosquito screen-made beach-seine (2.5 m length, 3.0 mm mesh) was hauled over the whole pool for capturing the remaining fishes. The passes were spaced 5 minutes from each other.

A total of 40 minutes was spent on the pool to sample the fishes.

Capture efficiency: The capture efficiency of the protocol was assessed using the Zippin's removal method for closed populations (ZIPPIN 1956) adapted by MOJICA *et al*. (2014). This method, which estimates the number of individuals of all species taken together, is expressed mathematically as follows:

$$N=\frac{C_T}{(1-q^s)}$$

where N = the estimated total number of individuals from all species, C_T = the total number of individuals from all species captured over s passes and q is the complement of probability of capture (p) that is obtained by solving the equation:

$$\frac{s\times q^s}{(1-q^s)}-\frac{q}{p}+\sum_{i=1}^{s}(i-1)\times\frac{C_i}{C_T}=0$$

where i is the pass number (1–3), C_i is the number of individuals captured taken all species together in the ith pass, and p is the probability of capture that, from a binomial distribution, it satisfies $p + q = 1$.The success of the sampling was inferred through the capture efficiency CE:

$$CE=(\frac{C_T}{N})\times 100$$

CE was estimated for the second and third pass. There is no analytical solution for the first pass, as $q = 0$.

Five species were captured in the tide pool: larvae of *Atherinella brasiliensis* (QUOY & GAIMARD 1825) (Atherinopsidae), which had a density of 22.3 individuals per m² and accounted for 45.5% of the total capture, *Ctenogobius boleosoma* (JORDAN & GILBERT 1882) (Gobiidae; 21.3 ind/m², 43.5%), *Bathygobius soporator* (VALENCIENNES 1837) (Gobiidae; 4.8 ind/m², 8.5%), larvae of *Eucinostomus* sp. (Gerreidae; 0.035 ind/m²; 2.0%), and juveniles of *Eucinostomus argenteus* Baird & Girard 1855(Gerreidae; 0.009 ind/m², 0.4 %). The total capture at each sector decreased with the passes (Table I). From pass 2 to pass 3, the estimated number of individuals decreased, while the CE increased.

Table I. Total number of captured individuals, cumulative capture, estimated total number of individuals (N) and capture efficiency (CE) for each sector of the pool by each pass.

	Number of individuals					
Passes	Sector 1	Sector 2	Total Capture	Cumulative Capture	N	CE
I	44	82	126	126	-	-
II	47	26	73	199	299	66.55%
III	7	18	25	224	252	88.89%

Clear and detailed descriptions of how to measure area, depth, and volume of tide pools are essential for calculating the relative abundance of fish populations, thus allowing fauna comparisons among different locations (RUSSEL & GARRETT 1983, CHARGULAF *et al*. 2011). Moreover, information about field protocols should be enough detailed in order to

For Review Only

enable reproduction of the study and sampling process. Here, we presented, in detail, how to take spatial variables in large (> 50 m^2) soft-sediment tide pools. This protocol may be useful in other systems, as it was designed and applied in a typical tidal flat of coastal ecosystem.

The proposed procedures of measuring area, depth, and volume of pools represented a trade-off between the acquisition of reliable estimates and the minimization of both the cost of operating and the time spent in field. In fact, it is a method cheaper than others (*e.g.* aerial photograph, ABLE *et al*. 2005), representing an alternative of sampling for the generally limited-financial resources surveys and monitoring areas in tropics (BARLETTA *et al*. 2010). The method is also fast to operate, representing an advantage for sampling tide pools, whose operating time is limited to low tides. In comparison with other intertidal habitats, the very low declivity of flats accelerates the filling of pools during the rise of tide, becoming this time even shorter.

Our method of estimate of areas contained areas out from the geometric forms (*i.e.* missed areas; Fig. 1-C), and thus, not considered in the area calculation. The missed areas were apparently very small in relation to the total area calculated, such as illustrated in the Fig. 1- C. To improve our method, this error should be known and quantified in future studies using more accurate procedures, such as taking photographs of the pool from an aerial perspective and calculating its areas through image software, such as *ImageJ* (RASBAND, 2014). For example, the images could be taken from drones or from near-pool areas. In this last case, the challenge is to find the 45º angle in the photography background perspective, so as to obtain a top-down perspective.

The Araçá Bay, as a typical urbanized and near-port tidal flat, has heavy deposition and accumulation of litter and other marine debris. Since 52% of the fishes captured with the proposed protocol were cryptic-benthic species, the searching for them under structures and removals of such structures before seining may have the catchability to increase substantially. This garbage accumulation and a functionally similar fish fauna with dominance of cryptic species are also found worldwide in nearly any near-port tidal flat under high anthropic pressure (MEAGER *et al*. 2005, CHARGULAF *et al*. 2011). Therefore, our protocol could be useful in similar systems.

The proposed fish sampling protocol yielded higher capture efficiency when compared with other studies that assessed analytically the fish capture efficiency of different type of nets (*e.g.* BRYANT 2000 reached 93% of efficiency, using minnow traps and MOJICA *et al*. 2014 reached 92%, using seine nets, cast nets, and dip nets). Although we reached a CE of 89% with the protocol, we did three passes and such studies, four ones. This is significant, because had we did more passes (*e.g.* four passes), we would probably reach a CE even better, between 90 and 100%.

Our conclusion is limited as the protocol was tested in only one pool. Therefore, a potential consistency of this high capture efficiency in other temporal, environmental, and spatial settings should be investigated in future studies.

AKNOWLEDGMENTS

We thank Alexandre Arackawa for the scheme design of the tide pools; the Laboratory of Ichthyology and Growth's team and Neemias Borges and Marcelo Alves for assistance during the field work; João Kleber Marcondes da Silva and Felipe Otávio Nunes for the mathematical support; the Centre for Marine Biology of the University of São Paulo for the use of laboratories; São Paulo Research Foundation (FAPESP) for financial support

(Thematic Project grant Process no.: 2011/50317-5 and R. F. Contente grant Process: 2013/19435-7); National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for a master grant to M. R. Brenha-Nunes (Process no.: 162503/2013-0) and the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation for the authorization of capture and transport of the fishes (Permit no.: 5574607). This work was conducted in accordance with national and international guidelines concerning the use of animals in research under a permit approved by the IOUSP Ethics Commission.

LITERATURE CITED

ABLE, K. W.;K. J. SMITH & S. M. HAGAN (2005) Fish composition and abundance in New Jersey salt marsh pools: sampling technique effects. **Northeastern Naturalist 12** (4):485–502. doi: 10.1656/1092-6194%282005%29012%5B0485%3AFCAAIN%5D2.0.CO%3B2

AMARAL, A.C.Z.; A. E. MIGOTTO; A. TURRA & Y. SCHAEFFER-NOVELLI (2010) Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotropica 10**: 1–47. doi: 10.1590/S1676-06032010000100022

BARLETTA, M.; A.J. JAUREGUIZAR; C. BAIGUN; N.F. FONTOURA; A.A. AGOSTINHO; V. M. F. ALMEIDA-VAL; A. L. VAL; R. A. TORRES; L.F. JIMENES-SEGURA; T. GIARRIZZO; N.N. FABRÉ; V.S. BATISTA; C. LASSO; D.C. TAPHORN; M.F. COSTA; P.T. CHAVES; J.P. VIEIRA & M.F.M. CORRÊA (2010) Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology 76**(9): 2118- 2176. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x

BRYANT, M.D. (2000) Estimating fish populations by removal methods with minnow traps in Southeast Alaska Streams. **North American Journal of Fisheries Management 20**: 923-930. doi: 10.1577/1548-8675(2000)020<0923:EFPBRM>2.0.CO;2

CHARGULAF, C.A.; K.A. TOWNSEND & I.R. TIBETTS (2011) Community structure of soft sediment pool fishes in Moreton Bay, Australia. **Journal of Fish Biology 78**: 479–494. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02866.x.

CONTENTE, R.F; M.R. BRENHA-NUNES; C.C. SILIPRANDI; R.A. LAMAS, & V.R.M. CONVERSANI (2015) Occurrence of the non-indigenous *Omobranchus punctatus* (Blenniidae) on the São Paulo coast, South-Eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records 8**(73): 1-4. doi: 10.1017/S175526721500055X

CRABTREE, R. E. &J. M. DEAN (1982) The Structure of Two South Carolina Estuarine Tide Pool Fish Assemblages. **Estuaries 5**(1): 2-9. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02866.x.

CUNHA, F.E.A.; C. MONTEIRO-NETO & M.C. NOTTINGHAM (2007) Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast of Brazil. **Biota Neotropica 7**(1): 95-102. doi: 10.1590/S1676-06032007000100016

CUNHA, E.A.; R.A.A. CARVALHO; C. MONTEIRO-NETO; L.E.S. MORAES & M.E. ARAÚJO (2008) Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at State of Ceará, Brazil. **Iheringia 98**(3): 379-390.doi: 10.1590/S0073-47212008000300013

Kwik, J.T.B. & I.R. Tibbetts (1999) An assessment of carbon dioxide gassing as a sampling technique for studies of the nekton of soft-sediment intertidal pools. **Hydrobiologia 405**: 217–220. doi: 10.1023/A:1003753021808

MEAGER, J.J.; I. WILLIAMSON & C. R. KING (2005) Factors affecting the distribution, abundance and diversity of fishes of small, soft-substrata tidal pools within Moreton Bay, Australia. **Hydrobiologia 537**: 71–80. doi: 10.1007/s10750-004-2308-x

MOJICA, J.I.; J. LOBÓN-CERVIÁ & C. CASTELLANOS (2014) Quantifying fish species richness and abundance in Amazonian streams: assessment of a multiple gear method suitable for Terra firme stream fish assemblages. **Fisheries Management and Ecology 21**: 220–233. doi: 10.1111/fme.12067

RASBAND, W.S. (2014) **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, http://imagej.nih.gov/ij/, 1997-2014.

RUSSELL, D. J. &R. N. GARRETT (1983) Use by Juvenile Barramundi, *Latescalcarifer*(Bloch), and other Fishes of Temporary Supralittoral Habitats in a Tropical Estuary in Northern Australia. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research 34**: 805-811. doi: 10.1071/MF9830805

ZIPPIN, C. (1956) An Evaluation of the Removal Method of Estimating Animal Populations. **Biometrics 12**(2): 163-189. doi: 10.2307/3001759

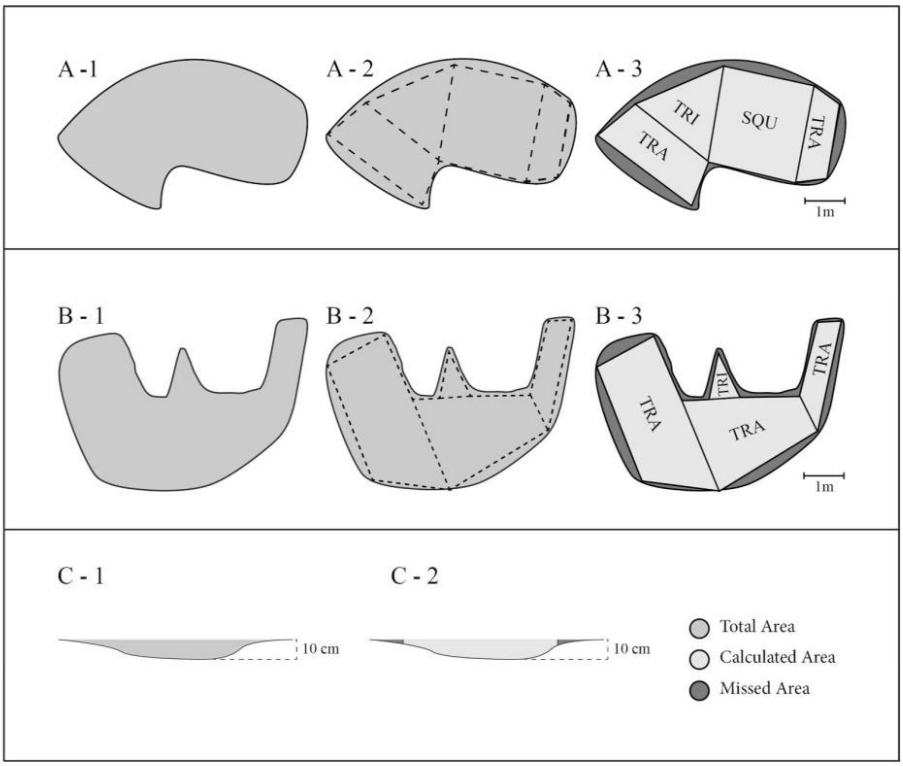
FIGURES LEGENDS

Figure 1: In a top-down view, sequence to measure area of two (A -1 to A - 3 and B -1 to B - 3) hypothetical, large (> 50 m²) pools in soft sediment. In C, a cross-section representation of missed areas derived from our method. TRA=trapeze; TRI=triangle; SQU=square.

Figure 2: Representation of the tide pool division in two sectors [in a top-down (A) and cross-section (B) view] to measure the depth (P1, P2, etc.) whose locations were chosen to best represent the pool's variability of depth.

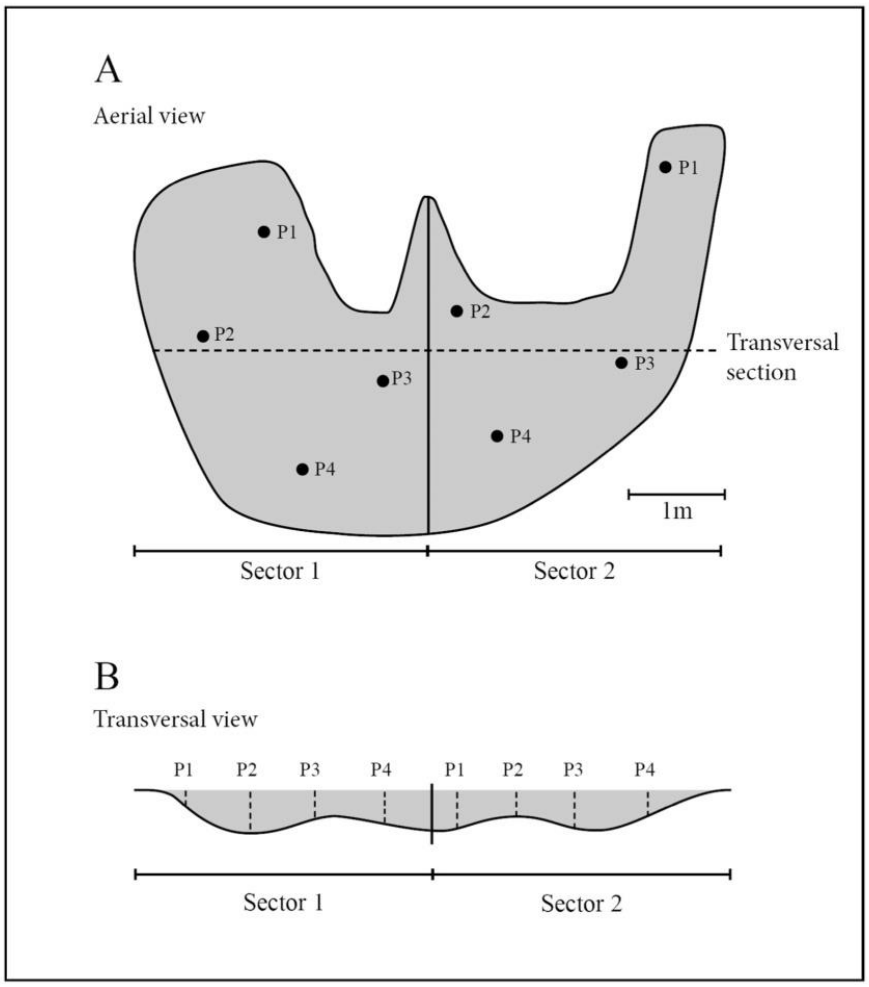
Figure 3: The Tide pool in the Araçá Bay where the proposed sampling fish protocol and its capture efficiency were carried out. Photography: Marina Brenha-Nunes.

For Review Only



In a top-down view, sequence to measure area of two (A -1 to A - 3 and B -1 to B - 3) hypothetical, large (> 50 m²) pools in soft sediment. In C, a cross-section representation of missed areas derived from our method. TRA=trapeze; TRI=triangle; SQU=square.

210x176mm (300 x 300 DPI)



Representation of the tide pool division in two sectors [in a top-down (A) and cross-section (B) view] to measure the depth (P1, P2, etc.) whose locations were chosen to best represent the pool's variability of depth.
122x138mm (300 x 300 DPI)

The Tide pool in the Araçá Bay where the proposed sampling fish protocol and its capture efficiency were carried out. Photography: Marina Brenha-Nunes
93x70mm (300 x 300 DPI)

Only