

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU**  
**Departamento de Morfologia**  
Laboratório de Biologia e Genética de Peixes

**Análise comparativa da composição genética de exemplares  
da fauna de peixes marinho-estuarinos encontrados na costa  
do Brasil**

**Najila Nolie Catarine Dantas Cerqueira**

**Botucatu - SP**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU**

**Departamento de Morfologia**  
**Laboratório de Biologia e Genética de Peixes**

**Análise comparativa da composição genética de exemplares  
da fauna de peixes marinho-estuarinos encontrados na costa  
do Brasil**

**Najila Nolie Catarine Dantas Cerqueira**

**Orientador: Prof. Dr. Claudio Oliveira**

**Co-orientador: Dr. Alexandre Pires Marцениuk**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética) do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, para a obtenção do título de Mestre.

**Botucatu - SP**

**2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Cerqueira, Najila Nolie Catarine Dantas.

Análise comparativa da composição genética de  
exemplares da fauna de peixes marinho-estuarinos  
encontrados na costa do Brasil / Najila Nolie Catarine  
Dantas Cerqueira. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de  
Botucatu

Orientador: Claudio de Oliveira

Coorientador: Alexandre Pires Marцениuk

Capes: 20204000

1. Peixe - Genética. 2. Peixe - Identificação. 3.  
Ictiofauna. 4. Biodiversidade marinha. 5. DNA barcoding.

Palavras-chave: Barreiras biogeográficas; COI; DNA  
Barcoding.

*A minha mãe Acácia Dantas da Silva, que acreditou em mim e não  
mediu esforços em me incentivar e orar em meu favor para  
conclusão desta etapa tão sonhada em minha vida.*

## **Agradecimentos**

Antes de tudo a Deus por me abençoar, dando-me saúde e sabedoria para realização do tão sonhado título de Mestre, e pelas amizades inesquecíveis construídas em Botucatu.

Ao prof. Dr. Claudio de Oliveira pela oportunidade de orientar-me, pela paciência em responder todas as minhas perguntas e realizar todas as correções necessárias para meu crescimento e pela sua dedicação em me incentivar em todos os momentos do mestrado.

Ao prof. Dr. Alexandre Pires Marцениuk por me co-orientar, pelas coletas realizadas, pela atenção e dedicação em explicar como identificar as espécies estudadas.

Ao prof. Dr. Fausto Foresti pelo exemplo como pesquisador, pela dedicação com seus alunos e por sempre trazer seu bom humor e conselhos valiosos para vida.

Ao Me. Matheus M. Rotundo, do Acervo Zoológico da Universidade Santa Cecília, pela imprescindível colaboração nas coletas e identificação dos espécimes, e por sempre nos recepcionar tão positivamente ao Acervo em Santos – SP.

Ao amigo Renato Devidé, por sempre estar disposto a ajudar nas coletas e demais atividades do laboratório.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

À Coordenação de Pós Graduação em Genética do Instituto de Biociências (IBB) da Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho” de Botucatu, pela estrutura e os recursos disponibilizados, bem como atenção dos seus funcionários.

Aos amigos: Bruno Melo, Camila Souza, Carolina Souto, Cristiane Dias, Fabilene Pain, Fabio Roxo, Millke Molares e Leonardo Machado, pelos conselhos e incentivos e por sempre estarem dispostos a me ajudar. E também a amizade, boas

risadas e carinho dos amigos: Maria Ligia, Gabriela Omura, Beatriz Boza, Giovana Ribeiro, Aisni Mayumi, Junior Flausino, Duilio Zerninato, Silvana Melo.

À minha família – mãe Acácia Dantas; tia Mirian Silva; tio Alcimar– pelo amor e apoio constante.

E aos amigos, que se tornaram minha família em Botucatu: Jordana Oliveira, Silvania Silva, Alex Silva, Alessandra Silva, Amanda Bedette, Viviani Sene e meu namorado Júlio Meinhardt.

Muito obrigada!

## Resumo

A elevada biodiversidade da ictiofauna marinha no oceano Atlântico do litoral do Brasil resulta num desafio para os estudos de especiação. As barreiras biogeográficas influenciam grandemente o isolamento genético de algumas espécies marinhas, porém a eficácia da transposição dessas barreiras, por alguns peixes podem ocorrer, fazendo com que não haja alterações no fluxo gênico das espécies. No entanto, poucos são os estudos realizados com a ictiofauna marinha em relação aos padrões zoogeógrafos e a rica biodiversidade íctica que se encontra no litoral do Brasil. Considerando o exposto, em nosso trabalho de pesquisa, utilizamos a ferramenta DNA *barcoding* com objetivo de testar a hipótese da existência de barreiras entre as 10 espécies de peixes que apresenta diferentes hábitos de vida, em áreas geográficas com condições ambientais distintas na costa do Brasil que gerem um isolamento a nível populacional ou específico e contribuir na formação de um banco de tecido de espécies de peixes marinho-estuarinos. Os fragmentos de DNA *barcode* com cerca de 600 pares de bases do Citocromo Oxidase C subunidade 1 (COI), foram amplificados por PCR e sequenciados para 145 indivíduos. A análise de divergência genética observada nos espécimes *Chaetodipterus faber*, *Hemicaranx amblyrhynchus*, *Selene vomer* e *Nebris microps* apresentaram valores intraespecífico menor que 2%, sugerindo que estas espécies adotam uma única unidade evolutiva (U.E) Provavelmente essas espécies não apresentaram diferenciação genética, devido sua capacidade em transpor as barreiras marinhas existentes ao longo da costa da América do Sul, como a pluma Amazonas-Orinoco. Em contrapartida para as espécies: *Conodon nobilis*, *Haemulon aurolineatum*, *Trachinotus carolinus* e *Sphoeroides testudineus*, a pluma do Amazonas-Orinoco ocasionou isolamento genético entre as populações da América do Norte e América do Sul. A espécie *Lobotes surinamensis* divergiu 3% na comparação entre os indivíduos do Atlântico e do Pacífico, resultando

em duas espécies provavelmente separadas quando da formação do Istmo do Panamá. Para a espécie *Orthopristis ruber* da região Norte/Nordeste a divergência variou entre 3,4 % a 3,7% em relação aos indivíduos da região Sudeste/Sul do litoral do Brasil sugerindo a ocorrência de duas espécies na região Norte e Sul do Brasil, certamente separadas pelo desague da pluma do Rio São Francisco no Atlântico e pelas correntes oceânicas.

## Abstract

The high biodiversity of the marine ichthyofauna in the Atlantic Ocean of the Brazilian coast results in a challenge for the studies of speciation. Biogeographic barriers greatly influence the genetic isolation of some marine species, but the effectiveness of transposition of these barriers by some fish may occur so that there is no change in the gene flow of the species. However, few studies have been carried out with the marine ichthyofauna in relation to the zoogeograph standards and the rich fish biodiversity that is found in the Brazilian coast. Considering the above, in our research work, we used the DNA barcode tool to study 10 species of fish that presents different habits of life, in geographic areas with distinct environmental conditions in the Brazilian coast that generate isolation at the population or specific level and contribute to the formation of a tissue bank of marine-estuarine fish species. In addition to comparing the sequences generated for different areas of the coast of Brazil. DNA barcode fragments with about 600 base pairs of the Cytochrome Oxidase C subunit 1 (COI) were amplified by PCR and sequenced to 145 individuals. The Neighbor-Joining analysis revealed that four species presented a single evolutionary unit in the studied area: *Chaetodipterus faber*, *Hemicaranx amblyrhynchus*, *Selene vomer*, and *Nebris microps*, presenting genetic distance inferior to 2%. Probably these species do not present genetic differentiation due to their ability to cross the existing marine barriers along the coast of South America, such as the Amazon-Orinoco plume. In contrast to the species: *Conodon nobilis*, *Haemulon aurolineatum*, *Trachinotus carolinus*, and *Sphoeroides testudineus*, the Amazon-Orinoco plume caused genetic isolation between the populations of North America and South America. The species *Lobotes surinamensis* diverged 3% in the comparison between individuals from the Atlantic and Pacific, resulting in two species separated when the Isthmus of Panama was formed. For

*Orthopristis ruber* of the North/Northeast region the divergence ranged from 3.4% to 3.7% in relation to the individuals from the Southeast/South region of the Brazilian coast suggesting the occurrence of two species, in the North and South of Brazil, certainly separated by the drainage of the plume of the São Francisco River in the Atlantic and by the ocean currents.

## Sumário

|       |                                                                                                                     |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | <b>Introdução</b> .....                                                                                             | 1  |
| 1.1   | O conhecimento da biodiversidade marinha brasileira .....                                                           | 1  |
| 1.2   | A biogeografia marinha .....                                                                                        | 5  |
| 1.3   | A aplicação do <i>DNA barcoding</i> para ictiofauna marinha.....                                                    | 7  |
| 1.4   | Espécies estudadas.....                                                                                             | 9  |
| 1.4.1 | Família Ehippidae.....                                                                                              | 10 |
| 1.4.2 | Família Haemulidae.....                                                                                             | 10 |
| 1.4.3 | Família Carangidae.....                                                                                             | 13 |
| 1.4.4 | Família Sciaenidae.....                                                                                             | 16 |
| 1.4.5 | Família Lobotidae.....                                                                                              | 17 |
| 1.4.6 | Família Tetraodontidae.....                                                                                         | 18 |
| 2.    | <b>Objetivos</b> .....                                                                                              | 22 |
| 3.    | <b>Materiais e Métodos</b> .....                                                                                    | 23 |
| 3.1   | Materiais .....                                                                                                     | 23 |
| 3.1.1 | Área de estudo .....                                                                                                | 23 |
| 3.2   | Métodos .....                                                                                                       | 23 |
| 3.2.1 | Métodos de captura e identificação .....                                                                            | 23 |
| 3.2.2 | Extração do DNA .....                                                                                               | 24 |
| 3.2.3 | Amplificação do COI e sequenciamento .....                                                                          | 24 |
| 3.2.4 | Análise dos dados .....                                                                                             | 25 |
| 4.    | <b>Resultados e Discussão</b> .....                                                                                 | 27 |
|       | Capítulo 1-Espécies de peixes marinho-estuarinos litoral do Brasil sem diferenciação genética.....                  | 28 |
|       | Capítulo 2 – Espécies de peixes marinho estuarinos do litoral do Brasil que apresentam diferenciação genética ..... | 43 |
| 5.    | <b>Conclusões</b> .....                                                                                             | 70 |
| 6.    | <b>Referências</b> .....                                                                                            | 71 |
| 7.    | <b>Apêndices</b> .....                                                                                              | 85 |

## 1. Introdução

### 1.1 O conhecimento da biodiversidade marinha brasileira

O conhecimento a cerca da biodiversidade marinha do Brasil tem sido realizadas por meio de projetos de pesquisa nas áreas de sistemática, taxonomia e biogeografia, e, nesse sentido, a criação de bancos de DNA associados às coleções científicas, determinação do estado de conservação com base em parâmetros de estruturação da diversidade genética, poderão ser utilizados no esclarecimento de diversas questões relacionadas à biologia da conservação, como a identificação de espécies ou populações isoladas (Nash et al., 1998; Walpole et al., 2001).

O primeiro grande impulso no conhecimento da biodiversidade marinha brasileira ocorreu no século XIX, com as obras de autores como Cuvier & Valenciennes (*Histoire Naturelle des Poissons*, publicados entre 1829 e 1840). No século XX, o conhecimento da ictiofauna marinha do Brasil foi tratado nos vários volumes de “A Fauna Brasiliense” de Alípio de Miranda Ribeiro (Ribeiro, 1913-15), que listou 454 espécies, e permaneceu por várias décadas como a principal fonte de consulta.

Posteriormente, Fowler (1941) resumizou o conhecimento existente através da compilação de 578 espécies baseado exclusivamente em dados bibliográficos. Os Manuais de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil (Figueiredo, 1977, Figueiredo & Menezes, 1978, 1980, 2000; Menezes & Figueiredo, 1980, 1985) representaram, e ainda representam uma das mais importantes contribuições ao estudo da ictiofauna marinha do Sudeste e Sul do Brasil, mais é restrito a essas regiões e não incluem espécies batipelágicas.

Menezes et al. (2003) apresentaram a compilação mais completa e confiável sobre a ictiofauna marinha do Brasil, no “*Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil*”, totalizando 1.297 espécies, com informações atualizadas da área de

distribuição, classificação e nomenclatura dos peixes marinhos e estuarinos do Brasil, o programa REVIZEE tem contribuído com grandes avanços no conhecimento para a ictiofauna marinha do Brasil, especialmente nas regiões Sudeste-Sul (Figueiredo et al. 2002, Bernardes et al., 2005), Central (Rocha & Costa 1999) e Nordeste (Lessa & Nóbrega 2000, Vaske et al., 2004). Já na costa Norte do Brasil esse conhecimento ainda é insatisfatório (Marceniuk et al., 2012).

Nos dias atuais, praticamente inexistem publicações a respeito da composição de peixes marinhos-estuarinos da costa Norte do Brasil, e quando disponíveis têm caráter local (Martins-Juras et al., 1987, Espírito-Santo et al., 2005; Marceniuk et al., 2017), impedindo a realização de extrapolações regionais da diversidade de peixes. Conforme revisado por Ribeiro (2007), a ictiofauna estuarina do Brasil é bastante rica com 530 espécies pertencentes a 114 famílias. Contudo, o conhecimento da biodiversidade estuarina brasileira é bastante heterogêneo, sendo as costas do Norte apresentando uma riqueza intermediária (242 spp.), do Nordeste e do Sudeste detentoras da maior riqueza de espécies (279 spp.), e a região Sul com a menor riqueza (223 spp.), sendo torna-se importante obter conhecimento a cerca das regiões litorâneas brasileiras e as espécies ictiofaunística.

A costa Norte do Brasil se estende por mais de 2.500 km da foz do rio Oiapoque, no Amapá, à baía de São Marcos, no Maranhão. Ela é caracterizada pela maior área de manguezal contínuo do mundo, além da alta descarga de água doce e sedimentos continentais no delta do Amazonas (Isaac & Braga, 1999).

Além disso, um sistema de muita energia (marés, correntes, ondas, ventos) que produz uma infinidade de processos oceanográficos interdependentes, com fortes influências sobre a distribuição dos recursos vivos (Costa & Figueiredo, 1998).

Esta gama de sedimentos do delta do rio Amazonas que desagua no Oceano Atlântico é conhecida como zonas de transição ou zonas estuarinas, são áreas caracterizada ambientes de residência permanente, no caso de espécies sedentárias; regiões de passagem para espécies anádromas e diádromas, áreas de migração sazonal, relacionada aos hábitos alimentares e reprodutivos de espécies marinhas e de água doce; ou simplesmente de visita ocasional. (Vendel & Chaves, 2001; Santos, 2001; Able, 2005). Um dos fatores ambientais mais estudados na caracterização biótica como abiótica dos ambientes estuarinos é a salinidade da água.

A distribuição dos animais estuarinos e número de espécies esta relacionada com gradientes de salinidade encontrados nestas áreas (Oliveira, 1979). Este fato ocorre porque poucas espécies toleram o estresse da variação de salinidade inerente aos estuários, além de diversas mudanças ambientais gradativas desde o mar até o interior do estuário, tais como: turbidez da água, temperatura, profundidade, composição química da coluna d'água incluindo a mudança na quantidade e tipos de nutrientes dissolvidos, na quantidade de oxigênio e outros gases dissolvidos, no pH e na composição dos sedimentos (Vendel & Chaves, 2001; Falcão, 2004).

A busca por padrões na composição das comunidades de peixes estuarinos e costeiros no Atlântico Ocidental tem sido foco de estudos para diversos autores (Araújo & Azevedo, 2001; Chagas, 2005; Luiz et al., 2012; Marceniuk et al., 2017). Tem sido verificada uma diferença significativa na composição das comunidades de peixes estuarinos no Atlântico Ocidental possivelmente associada a particularidades de cada ecossistema (Araújo & Azevedo, 2001; Chagas, 2005).

Recentemente Moura et al. (2016) descobriram uma área de recifes na foz do rio Amazonas chegando a 25 - 120 metros de profundidade com cerca de 9,5 km<sup>2</sup>, indo do Norte do Maranhão a fronteira da Guiana Francesa, tal ambiente pode constituir a

ligação entre os recifes do Caribe e os recifes do Brasil. Para os pesquisadores essas áreas de recifes é vista como grande potencial para o reconhecimento de novas espécies marinhas, como também importante área de disposição econômica das comunidades de pesquisadores ao longo da zona costeira amazônica.

Na região Nordeste a presença de grandes rios é baixa e a predominância das águas quentes vindas da Corrente Sul Equatorial, resulta na formação de recifes de corais e fundos rochosos, distribuindo-se por cerca de 3.000 km, do Maranhão ao Sul da Bahia, constituindo um grande ecossistema recifal do Atlântico Sul. Estes recifes são de grande importância ecológica, econômica e social, suportando uma diversidade biológica significativa, com espécies endêmicas de águas brasileiras, além de importantes estoques pesqueiros (Maida & Ferreira, 1997; Prates, 2006).

No Brasil, os peixes associados às formações recifais do Atlântico Sul Ocidental representam uma das faunas tropicais menos conhecidas. Apesar do número crescente de trabalhos publicados nos últimos anos, tais como, levantamentos ictiofaunísticos (Rosa & Moura, 1997; Rocha et al., 1998; Gasparini & Floeter, 2001), descrição de novas espécies (Gomes et al., 2000; Moura et al., 2001; Moura & Castro, 2002; Moura & Linderman, 2007), redescrição e revalidação de peixes endêmicos dos recifes brasileiros (Rocha et al., 2001; Rocha & Rosa, 2001), estudos de distribuição geográfica (Guimarães, 1996; Moura et al., 1999; Floeter & Gasparini, 2000; Floeter et al., 2001; Feitoza et al., 2005) e estudos sobre estrutura de comunidades recifais (Ferreira et al., 1995; Rosa & Moura, 1997; Rocha & Rosa, 2001; Ferreira et al., 2001), tem gerado um crescente número de informações permitindo ampliar nossos conhecimentos dos padrões geográficos de distribuição da ictiofauna recifal brasileira (Floeter & Gasparini, 2001; Feitoza, 2001; Feitoza et al., 2001; Feitoza et al., 2005).

A região Sudeste é marcada pela expansão da plataforma continental na direção leste, a qual possui uma largura podendo atingir até 240 km. Ela é formada pelos bancos submarinos das cadeias Vitória - Trindade e de Abrolhos que resultam no desvio da Corrente do Brasil e numa perturbação da estratificação vertical, levando água de profundidade à superfície. O enriquecimento das águas dessas áreas é devido ao aporte de nutrientes que proporciona a presença de recursos pesqueiros abundantes na região (MMA, 2002 a e b).

Em relação ao extremo Sul da América do Sul, a Corrente do Brasil encontra-se com a Corrente das Falkland/ Malvinas, gerando a Convergência Subtropical. Parte da água fria vinda do Sul submerge e ocupa a camada inferior da Corrente do Brasil que ao decorrer do talude continental resulta numa massa d'água rica em nutrientes e com baixas temperaturas e salinidades. Tal condição contribui para o enriquecimento da região favorecendo a ocorrência de importantes recursos pesqueiros, conhecida como Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Stramma, 1999).

## **1.2 A biogeografia marinha**

O desenvolvimento da biogeografia está relacionado ao bom conhecimento taxonômico e refinamento de sistemas de classificação, que possibilitam a documentação adequada da diversidade biológica, aliado ao reconhecimento da evolução biológica e geológica (Miranda et al., 2011).

Os estudos nesta linha têm aumentado cada vez mais, principalmente na Região Neotropical (Amorim & Pires, 1996). No entanto, continuam sendo poucos os estudos voltados à biogeografia marinha devido à dificuldade de compreender os fatores biológicos (ciclo de vida) e/ou físicos (barreiras) que influenciam na evolução biológica conjunta à evolução ecológica e ambiental (Miranda et al., 2011). Quando se trata de fatores físicos, há certa dificuldade inerente para compreender a vicariância no ambiente

marinho, ou seja, se delimitar a existência de barreiras históricas ou atuais que determinaram a cladogênese dos grupos (Myers, 1997; Heads, 2005).

Essa incompreensão sobre barreiras pode ser creditada à maior complexidade dos ecossistemas marinhos, os quais são caracterizados por vários regimes de correntes e frentes oceânicas, diferenças de temperatura, salinidade, profundidade, gradientes latitudinais, relevo e composição de fundo, além das distintas comunidades que se estabelecem de acordo com as condições abióticas de cada local (Acha & Col., 2004; Lucas & Col., 2005).

As barreiras biogeográficas marinhas (históricas ou ecológicas) exercem uma pressão direta e indireta sobre os organismos marinhos. Alguns trabalhos evidenciam como as barreiras que ocorrem ao decorrer do oceano Atlântico influenciam na especiação e riqueza de algumas espécies de peixes recifais, costeiros entre outros (Rocha et al., 2003; Rocha et al., 2005; Rocha et al., 2007; Rocha et al., 2008; Ormar et al., 2011; Cartagena, 2016).

No ambiente marinho, algumas barreiras são bem caracterizadas e estudadas. Tais barreiras são de grande importância para algumas espécies marinhas do oceano Atlântico. A barreira do Novo Mundo ou Istmo do Panamá (IP), uma porção de terra que liga a América do Norte à América do Sul, resultando uma separação do mar do Caribe com o Pacífico (Bermingham et al., 1997; Knowlton & Weigt, 1998). Essa barreira surgiu pela elevação do nível do mar, decorrente da expansão da camada de gelo da Groenlândia (Bartoli et al., 2005), ocorrido no Pleistoceno, a partir de 2,8 milhões de anos atrás (Ma) durante as glaciações (O'Dea et al., 2016).

A formação do Istmo do Panamá resultou numa extinção regional no Caribe entre 4 e 2 milhões de anos (Jackson et al., 1993). Isto foi determinante para a vida marinha (Allmon, 2001; O'Dea et al., 2007; O'Dea, 2009), provocando a diminuição

dos recursos de nutrientes devido a limitação da entrada das águas do Pacífico no Caribe, levado muitas espécies marinhas a extinção ou adaptação ao novo ambiente (O'Dea et al., 2016).

Outra barreira que chama a atenção é a que ocorre na América do Sul devido a uma grande quantidade de descarga de sedimento de água doce da foz do rio Amazonas e Orinoco na região Norte da América do Sul, proporciona naquela região alterações físicas e químicas, que acabam resultando numa separação do Brasil em relação ao Caribe. Esta grande porção de sedimentos decorrentes da foz do rio Amazonas e Orinoco é conhecida como Pluma Amazonas Orinoco (PAO) (Rocha, 2003).

A barreira PAO é determinante para definir padrões regionais de endemismo no oceano Atlântico tropical (Joyeux et al., 2001; Rocha, 2003; Floeter et al., 2008;). Por ser permeável permite que algumas espécies de peixes ampliem seus limites geográficos, levando ao estabelecimento de populações de ambos os lados da barreira. Osmar et al. (2011) analisando 985 espécies recifais ilustraram como a barreira de PAO influência na dispersão larval de algumas espécies peixes recifais, bem como espécies que atravessaram com sucesso a barreira mas não estabeleceram populações na nova área. Tais barreiras biogeográficas e eventos geomorfológicos contribuem grandemente para compreensão de como as atuais linhagens de espécies de peixes se desenvolveram nestes períodos (Rocha et al., 2002; Robertson et al., 2006).

### **1.3 A aplicação do *DNA barcoding* para ictiofauna marinha**

A identificação taxonomia morfológica contribui grandemente para reconhecimento de espécies, porém, muitas vezes é difícil discriminar uma espécie com base em caracteres morfológicos, ou não é possível dispor de material em condições adequadas para estas análises. Diante desta dificuldade, a taxonomia moderna requer uma abordagem integrada que possibilite solucionar a questão da delimitação e

identificação de espécies (Carpenter, 2003). O uso de marcadores moleculares é considerado uma ferramenta essencial para identificar espécies com base em suas divergências genéticas (Hajibabaei et al., 2007).

Hebert et al. (2003a), procurando o desenvolvimento de um sistema unificado de identificação molecular, propuseram que um curto segmento de sequências de bases de DNA com aproximadamente 650 pares de bases (pb) da extremidade 5' do gene *ytgmitochondrial Citocromo oxidase C subunidade I (COI)* seria suficiente para identificar organismos em nível de espécie, numa metodologia denominada “*DNA barcoding*”.

O gene COI apresenta altas taxas de mutação e altos níveis de polimorfismo que podem revelar múltiplas linhagens genéticas dentro e entre espécies (Hebert et al., 2003, 2004a; Ward et al., 2005). Sua herança materna pressupõe a não ocorrência de recombinações permitindo traçar as linhagens individuais, espacial e temporalmente (Hebert, 2003).

Muitos trabalhos tem mostrado a eficiência do *DNA barcoding*, proposto por Hebert et al. (2003a), com grupos de animais invertebrados e vertebrados, como em borboletas (Hebert et al., 2003a), pássaros (Hebert et al., 2003b), enguias (Peninal et al., 2017), crustáceos (Sharawy et al., 2017), morcegos (Clare et al., 2007), elasmobrânquios (Holmes et al., 2009) e peixes ósseos (Freitas et al., 2017) como um sistema para distinguir espécies crípticas, e identificar possíveis novas espécies. Além disso, outros trabalhos demonstraram que a metodologia é eficiente, mesmo frente a uma fauna amplamente diversa como no caso dos peixes da região Neotropical (Carvalho et al., 2011, Pereira et al., 2011, 2013; Ribeiro et al., 2012; Paim et al., 2014; Brandão et al., 2016), proporcionando um sistema de bioidentificação baseado em informações de espécimes devidamente identificados e catalogados.

Segundo Hajibabaei et al. (2007) a metodologia de DNA *barcoding* pode contribuir para Taxonomia, Sistemática e Genética de Populações. Na Taxonomia, o DNA *barcoding* pode ser utilizado para identificar espécimes atípicos e contribuir para revisão da nomenclatura de vários grupos, assim como pode ser utilizado como método de rotina para auxiliar na identificação de espécies (Hajibabaei et al., 2007).

A comprovada eficiência da utilização da técnica de DNA *barcoding* na identificação da biodiversidade deu origem a um consorcio internacional para gerenciar os esforços na atribuição de um DNA *barcode* para o maior número de espécies possíveis, o *Consortium for the Barcode of Life* (<http://www.barcodeoflife.org/>), que agrupa as iniciativas para o estudo de grupos específicos em campanhas, como o FishBOL (<http://www.fishbol.org/>), uma iniciativa global de compilar uma biblioteca de sequências *barcoding* para todos os peixes. Outros projetos, como o BrBOL, no Brasil, têm como proposta estudar representantes de toda a biodiversidade brasileira, lançando as bases para a identificação molecular das espécies.

#### **1.4 Espécies estudadas**

Conhecer melhor a diversidade biológica, com boas definições das espécies, populações ou estoques é fundamental na produção de dados confiáveis de biologia, ecologia, dinâmica de populações e estatística pesqueira. Principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil, existe um grande número de espécies próximas, sendo que muitas vezes a identificação destas espécies é problemática, partindo destes pressupostos, 10 espécies foram selecionadas para o presente estudo (Tabela 1), a fim de contribuir positivamente para o desfecho das problemáticas encontradas na identificação destas espécies.

#### 1.4.1 Família Ephippidae

A família Ephippidae é composta por oito gêneros e 15 espécies encontradas no oceano Atlântico, Índico e Pacífico (Nelson, 2016). As espécies da família possuem hábitos recifais, associadas a ecossistemas ricos em algas marinhas e áreas de mangues (Heemstra, 2001).

*Chatedipterus faber* (Broussonet 1782), é conhecido popularmente como Paru-Branco, Paru e Atlantic Spadefish, tem como localidade-tipo a Jamaica, no Caribe, e é a única espécie da família que ocorre no Atlântico Ocidental, encontrada de Massachusetts nos E. U. A ao Rio Grande do Sul, no Brasil (Carvalho-Filho, 1994).

É considerada uma espécie de hábitos demersais, podendo ser encontrada em águas costeiras, até 40 metros de profundidade perto a costões rochosos, como também em baías, recifes, estuários, mangues, rios costeiros e sobre fundos de areia e cascalho, podendo tolerar grandes variações de salinidade e turbidez da água, formando cardumes. (Carvalho-Filho, 1994).

O ciclo reprodutivo ocorre no verão em águas abertas, os ovos são pelágicos, eclodem por volta de 24 horas e as larvas são levadas pelas correntes marítimas próximo da costa (Uyeno et al., 1983; Menezes & Figueiredo, 1985; Carvalho-Filho, 1994). Na fase juvenil possuem coloração cinza escuro, preferem locais próximos a superfícies, especialmente em regiões estuarinas, mangues e beira de praia. Na fase adulta passam a ter um padrão de barras transversais escuras sobre um fundo mais claro, sua coloração varia conforme o ambiente e peixes grandes podem perder o padrão barrado (Carvalho-Filho, 1994).

#### 1.4.2 Família Haemulidae

A família Haemulidae é dividida em 19 gêneros e duas subfamílias (Nelson, 2016) com um total de 133 espécies (Lindeman & Toxey, 2003; Bernardi et al., 2008;

Rocha et al., 2008; Sanciangco et al., 2011; Tavera et al., 2012), são em grande parte marinhos, porém algumas das espécies habitam em águas salobras e doces, no oceano Atlântico, Índico e Pacífico (Nelson, 2016).

No Brasil há registro de 11 espécies da família Haemulidae que utilizam regiões estuarinas como berçário. Elas, pertencentes aos gêneros *Anisotremus*, *Haemulon*, *Orthopristis*, *Parapristipoma* e *Pomadasys*, com o relato de nove espécies para a região Nordeste (Floeter et al., 2001). São espécies conhecida vulgarmente como roncadores, devido ao som que emitem quando rangem seus dentes faríngeos (Lindeman & Toxey, 2002).

*Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830, é conhecida popularmente como Xira-Branca, Corcoroca-Boca-Vermelha, Roncador, entre outros. A localidade-tipo da espécie é São Domingo (Santo Domingo, República Dominicana) e Brasil, e sua distribuição no Atlântico Ocidental, de Massachusetts a Santa Catarina (Carvalho-Filho, 1992; Carpenter, 2002; Hostim-Silva et al., 2006).

São encontrados em fundos rochosos, coralinos ou em áreas de areia, de 0 a 35 metros de profundidade, na costa e em ilhas afastadas, são considerados peixes comuns, ativos e curiosos, a dieta da espécie é composta de pequenos crustáceos, moluscos, e outros invertebrados, plâncton e algas. Produzem ronco ocasionado pelo atrito dos dentes faringianos, que ecoa pela bexiga natatória (Carvalho-Filho, 1994).

Formam grupos numerosos e grandes cardumes migratórios na época da reprodução, os ovos são pelágicos e flutuantes, o período de reprodução ocorre nos meses mais quentes nas regiões tropicais e na primavera-verão, nas zonas temperadas (Carvalho-Filho, 1994). Apresentam coloração branca-prateada; dorso mais escuro, alto da cabeça e focinho marrom; uma faixa longitudinal amarelo-dourado. Atingem até 25 cm de comprimento (Lessa & Nobrega, 2000).

*Orthopristis ruber* (Cuvier, 1830), é conhecida popularmente como Corcoroca, Corcoroca-de-pedra, Corcoroca-de-lama, Corcoroca-legítima e Corcoroca verdadeira (Carvalho-Filho, 1994). A localidade tipo é o Brasil, e sua distribuição no Atlântico Ocidental, Sul do Caribe ao Rio Grande do Sul, no Brasil (Menezes & Figueiredo, 1980, Uyeno et al., 1983).

Habita zonas costeiras, em águas rasas de baías, praias, lagoas salobras, estuários e canais de 0 a 200 metros de profundidade, sobre fundos de areia, lama, cascalho e rochas (Carvalho-Filho, 1994; Figueiredo, 1977). Na fase de reprodução forma cardumes numerosos e ocasionalmente migratórios, ocorre nos períodos mais quentes nas regiões tropicais e na primavera nas regiões temperadas; os jovens são vistos em pequenos cardumes, entre algas, junto a ouriços e sobre o fundo de areia próximo a costões (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas da espécie são: boca pequena; coloração em geral cinza prateada, com região superior mais escura, amarronzada; numerosas manchas azuladas, amarelas e bronzeadas na cabeça, corpo e nadadeira dorsal. A espécie pode atingir até 40 cm (Carvalho-Filho, 1994).

*Conodon nobilis* (Linnaeus 1758), é conhecida popularmente como Canarinho, Coró, Coro-amarelo, Coroque, Ferreiro e Marió (Carvalho-Filho, 1994). A localidade-tipo é a América do Norte, e sua distribuição no Atlântico Ocidental, do Golfo do México ao Sul do Brasil (Menezes & Figueiredo, 1980, Uyeno et al., 1983).

Habita zonas costeiras, opta por águas de baías ao longo de praias, canais e estuários, desde cerca de 2 até 50 metros de profundidade, sobre fundos de lodo, areia ou cascalho, raramente em rochas, ativo durante o dia e noite. Pode formar grandes cardumes alimentando-se de invertebrados bentônicos e pequenos peixes (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas dos peixes são: corpo alongado; focinho cônico; boca pequena; coloração prateada a amarelo, mais escuro no dorso e com cerca de oito faixas escuras bem marcantes na região superior (Carvalho-Filho, 1994). São capturados por linha de fundo (Lessa & Nobrega, 2000).

#### **1.4.3 Família Carangidae**

A família Carangidae é constituída por cerca de 150 espécies, distribuídas nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, pertencentes a 30 gêneros (Kimura et al., 2013).

Algumas dessas espécies são comum no Atlântico Norte, com 31 espécies distribuídas desde a costa Norte dos Estados Unidos até o Sul do Brasil, englobando Bermudas, Mar do Caribe, Golfo do México e Antilhas. As espécies desta família preferem ambientes de águas tropicais de superfície junto à costa (Cervigón et al., 1993).

*Hemicaranx amblyrhynchus* (Cuvier 1833), é conhecida popularmente como Cabeçuda, Palombeta e Palombeta-do-Alto (Lessa & Nobrega, 2000). A localidade tipo é o Brasil, e sua distribuição abrange o Atlântico ocidental, da Carolina do Norte até Santa Catarina (Menezes & Figueiredo, 1980; Uyeno et al., 1983).

Habita zonas costeiras podendo ser encontrados em estuários, lagoas e baías, alimentam-se de pequenos crustáceos, bênticos e platônicos (Carvalho-Filho, 1994). Forma cardumes não muito grandes e os jovens frequentemente são encontrados junto a medusas, na superfície; o ciclo reprodutivo ocorre durante o verão em mar aberto (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas da espécie são: corpo ligeiramente alongado; coloração prateada; focinho curto e a linha lateral com escudos muito mais longa, cerca da metade do corpo; mancha negra evidente na axila da peitoral e outra no opérculo,

pequenas nadadeiras escurecidas, mas a caudal é amarelada; os jovens possuem 5 faixas escuras; nadadeiras negras. Podem medir 45 cm (Carvalho-Filho, 1994).

*Selene vomer* (Linnaeus 1758), é conhecida popularmente como Peixe-galo, Capão, Galo-Bandeira, Galo de Fita, entre outros (Carvalho-Filho, 1994). A localidade-tipo é a América, e sua distribuição abrange o Atlântico Ocidental desde o Maine até o Uruguai (Menezes & Figueiredo, 1980; Uyeno et al., 1983).

Habita zonas marinhas e salobras, são mais ativos durante o dia; alimentam-se de crustáceos, vermes e peixes pequenos (Klein-MacPhee et al., 2002). Como meio de proteção os indivíduos se agrupam formando densos cardumes, o reflexo metálico destes cardumes tende a confundir o predador por esse não conseguir distinguir com facilidade uma presa individual, devido à camuflagem por meio da luz que ilumina o corpo dos peixes (Cummings, 2013). Quando ameaçados ou sobre estresse, usam a bexiga natatória e os dentes para produzir ruídos grunhidos intimidando o predador (Dallas, 2016).

O ciclo de reprodução ocorre costumeiramente nos meses de verão e os ovos são pelágicos (McEachrann & Fechhelm, 2005). O desenvolvimento dos ovos ocorre em mar aberto, durante a fase de desenvolvimento e maturação os juvenis ocorrem em zonas de estuários (Klein-MacPhee et al., 2002). Os juvenis diferem dos adultos por apresentarem uma faixa cruzada escura, ligeiramente oblíqua e uma banda sobre os olhos (McEachran & Fechhelm, 2005).

Sua principal adaptação morfológica é a testa inclinada, as demais características morfológicas são: corpo muito alto e comprido; pélvica pequena; lobos da dorsal e da anal muito longos, nos jovens filamentos indo além da caudal, encurtando com a idade; pequenas escamas brilhantes e metálicas ao longo de todo o seu corpo, dando-lhe uma

reflexão brilhante à medida que se move no ambiente. Pode atingir cerca de 50 cm (McEachran & Fechhelm, 2005; Carvalho-Filho, 1994).

*Trachinotus carolinus* (Linneaus 1766), é conhecida popularmente como Palombeta, Pampo-Cabeça-Mole, Pereroba, Samenduara, entre outros. É considerada uma das espécies mais abundante do Atlântico (Carvalho-Filho, 1994). A localidade-tipo da espécie é Carolinas, Estados Unidos, e sua distribuição no Atlântico Ocidental de Massachusetts ao Rio Grande do Sul (Menezes & Figueiredo, 1980).

Habita zonas costeiras, de estuários a praias abertas, em fundos de areia e cascalho da superfície ao fundo, são mais comuns em águas rasas e canais. Na fase juvenil formam cardumes em beira mar, acompanhado as ondas e marés de enchente, podendo saltar para superfície. Alimentam-se de zooplankton e invertebrados bentônicos, principalmente moluscos e crustáceos e podem saltar na superfície (Carvalho-Filho, 1994).

A reprodução ocorre nos meses mais quentes, em mar aberto, juntos com outras espécies pertencentes à família. A fêmea é seguida por vários machos até ficar estacionária a meia água, quando então um ou dois machos ficam a seu lado, fertilizando os ovos pelágicos que são liberados em grandes quantidades. As larvas e jovens planctônicos acompanham algas e detritos, onde se alimentam de zooplankton até a costa (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas da espécie são: coloração prateada; corpo alto; comprido; espinhos dorsais baixos e isolados, o primeiro espinho embebido na pele em exemplares grandes (Carvalho-Filho, 1994); focinho caracteristicamente rombudo; boca subterminal e protuberante que facilita a captura das presas no substrato (Menezes & Figueiredo, 1980); a nadadeira caudal fortemente furcada para facilitar o deslocamento e maior rapidez natatória na zona de arrebentação e os rastros brânquias amplamente

espaçados que permitem a passagem dos grãos de areia e podem reter as presas maiores (Bellinger & Avault, 1971), pode chegar atingir 65 cm e 3,5 Kg (Carvalho-Filho, 1994).

#### **1.4.4 Família Sciaenidae**

A família Sciaenidae representa um importante recurso pesqueiro em todo o mundo, com aproximadamente 67 gêneros (Nelson, 2016) e 291 espécies encontradas no oceano Atlântico, Índico e Pacífico (Eschmeyer & Fong, 2017).

São distribuídos em todo o mundo em áreas costeiras de regiões tropicais e temperadas (Chao, 1978, 1986; Sasaki, 1989), a maioria das espécies são marinhas e algumas espécies tem uma grande habilidade de se adaptar em ambientes com variações de salinidade, ocorrem em águas rasas, geralmente perto das regiões continentais, e estão ausentes das ilhas do oceano do meio Índico e Pacífico (Nelson, 2016). São particularmente abundantes em estuários dos grandes rios continentais (Sasaki, 1989).

Algumas espécies marinhas entram nos estuários para reprodução e, aproximadamente 28 espécies são consideradas restritas a água doce (drenagens do Atlântico) nas Américas (Nelson, 2016).

*Nebris microps* Cuvier, 1830, é conhecida popularmente como Banana, Maria-Mole, Pescada Rosa, Socozinho e Zoinho, (Lessa & Nobrega, 2000), sua localidade-tipo é o Suriname, ocorre no Atlântico Ocidental, da Venezuela ao Sudeste do Brasil (Chao, 1978; Menezes & Figueiredo, 1980; Uyeno et al., 1983).

Habita zonas costeiras, entre 5 e 50 metros de profundidade, sobre fundos de lodo ou areia, formam cardumes não muitos, alimentam-se de camarões e outros invertebrados bentônicos e na fase de reprodução preferem águas turbas (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas são: corpo alongado, cilíndrico, espaço interorbital muito amplo; olhos pequenos; boca grande; queixo sem barbilhão;

coloração em geral cinza amarelada, dorso mais escuro, esverdeado e ventre branco-amarelado; 6 a 8 faixas no dorso, geralmente chegando à linha lateral. O comprimento máximo é de 40 cm e o médio de 28 cm (Lessa & Nobrega, 2000).

#### 1.4.5 Família Lobotidae

A família Lobotidae é representada por dois gêneros, *Datnioides* com 5 espécies de água doce e salobra da Índia a Bornéu e Nova Guiné, e o gênero *Lobotes* com duas espécies de ambiente marinho, totalizando sete espécies desta família (Nelson, 2016). As espécies do gênero ou da família vivem em litorais e estuários e algumas adentram em ambientes de água doce (Carpenter, 2002).

*Lobotes surinamensis* (Bloch, 1790), é conhecida popularmente como Cará-do-Mar, Chancarrona, Dorminhoco, Peixe Folha, Peixe Sono, entre outros (Lessa & Nobrega, 2000). A localidade-tipo é o Suriname, e sua distribuição estende-se desde o Atlântico Ocidental, da Nova Inglaterra até a Argentina (Menezes & Figueiredo, 1980).

São peixes de superfície, sempre associados a sargaços, tábuas, boias, plataformas de petróleo, pilares, desde estuários ao mar aberto. Acompanham objetos flutuantes sem esforço, ficando de lado sob os mesmos, quase invisíveis graças a seu mimetismo. Alimentam-se de peixes e crustáceos de superfície, porém, a reprodução e outros hábitos são poucos conhecidos (Carvalho-Filho, 1994).

Na fase juvenil os peixes são idênticos a folhas de mangue, flutuando de lado na beira de praias e em estuários (Carvalho-Filho, 1994).

As características morfológicas da espécie são: corpo muito alto e comprimido; cabeça e olhos pequenos; lobo posterior dorsal e anal amplos dando a impressão de formar três nadadeiras similares com a cauda; pré-opérculo com espinhos afiados; coloração marrom, preto ou amarelo, podendo variar seu padrão conforme o meio em

que se encontra; nadadeira caudal com margem clara. Podem atingir até 1 metro e 30 kg (Carvalho-Filho, 1994).

#### 1.4.6 Família Tetraodontidae

As espécies desta família são conhecidas popularmente como baiacus, com aproximadamente 27 gêneros e 187 espécies (Matsuura, 2015). A distribuição das espécies inclui Atlântico Tropical e Subtropical, Índico e Pacífico, com exceção do Ártico. Na costa oeste do Atlântico estão presentes quatro gêneros: *Canthigaster*, *Colomesus*, *Sphoeroides* e *Lagocephalus* (Nelson, 2016).

Habita zonas costeiras e estuarinas, porém cerca de 30 espécies apresenta uma fase do ciclo de vida em águas dulcícolas de regiões Tropicais (Ebert, 2001; Tyler, 1964). Vivem geralmente sozinhos ou em pequenos grupos. Sua capacidade de inflar-se como balões os impede de serem engolidos pela maioria dos predadores em potencial, algumas espécies podem enterrar-se no fundo como forma de refúgio (Shipp, 1988).

*Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758), é conhecido popularmente como Baiacu, Baiacu-mirim e Guamaiacu. A localidade-tipo Caribe, distribui-se no oceano Atlântico ocidental, de Nova Jersey até Santa Catarina (Uyeno et al., 1983; Shipp, 1974; Figueiredo & Menezes, 2000).

Habita zonas costeiras, mais raros em áreas de coral (Lessa & Nobrega, 2000), possuem certa flexibilidade em ambientes de baixa salinidade, sendo encontrados nas áreas costeiras do Atlântico, em regiões de baías, estuários, e manguezais (Macdonald et al., 2009).

Peixes dessa espécie apresentam pequenos espinhos em volta da nadadeira peitoral; coloração verde-escura a marrom, com linhas amareladas formando malhas poligonais; pequenos pontos negros nas áreas escuras do dorso e espelhadas nos flancos,

irregulares no tamanho e posição; parte ventral branca. Esta espécie pode atingir um comprimento de até 30 cm (Lessa & Nobrega, 2000).

**Tabela 1:** Lista com as características biológicas e ecológicas das espécies estudadas. **NP:** Nome popular. **LT:** Localidade Tipo. **D:** Distribuição geográfica. **H:** Habitat - **M:** Marinho/ **E:** Estuário. **C:** Ciclo de vida - **P:** Pelágico/ **D:** Demersal. **A:** Alimentação. **R:** Reprodução - **V:** Verão/**OP:** Ovos Pelágicos/ **M:** Migração.

| Ordem       | Família            | Espécie                                       | NP                | LT                            | D                                   | H    | C | R        | CM                                                                                                                                                                              |
|-------------|--------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------|---|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perciformes | Família Ehippidae  | <i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet 1782) | Paru-Branco       | Jamaica-Caribe                | Atlântico Ocidental                 | M, E | P | V; OP    | Padrão de barras transversais escuras sobre um fundo mais claro.                                                                                                                |
|             |                    | <i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830     | Roncador          | República Dominicana e Brasil | Atlântico Ocidental                 | M    | D | V; OP, M | Coloração branco-prateada, dorso mais escuro, alto da cabeça e focinho marrom, uma faixa amarelo-dourado.                                                                       |
|             | Família Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)      | Corcoroca         | Brasil                        | Sul do Caribe ao Rio Grande do Sul. | M    | D | V; OP, M | Boca pequena; coloração em geral cinza prateada, com região superior mais escura, amarronzada.                                                                                  |
|             |                    | <i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)        | Canarinho         | América do Norte              | Atlântico Ocidental                 | M    | D | V; OP, M | Corpo alongado; focinho cônico; boca pequena; coloração prateada a amarelo.                                                                                                     |
|             |                    | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier 1833) | Palombeta         | Brasil                        | Atlântico Ocidental                 | M    | P | V        | Corpo ligeiramente alongado; coloração prateada, focinho curto e a linha lateral com escudos muito mais longa.                                                                  |
|             | Família Carangidae | <i>Selene vomer</i> (Linnaeus 1758)           | Peixe-galo        | América                       | Atlântico Ocidental                 | M, E | P | V; OP    | Testa inclinada; corpo muito alto e comprido; pélvica pequena; lobos da dorsal e da anal muito longo.                                                                           |
|             |                    | <i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus 1766)  | Pampo-Cabeça-Mole | Carolina e Estados Unidos     | Atlântico Ocidental                 | M, E | P | V; OP    | Coloração prateado; corpo alto; comprido; espinhos dorsais baixos e isolados; focinho caracteristicamente rombudo, boca subterminal e protuberante; a nadadeira caudal furcada. |

Referência: Menezes &Figueiredo, 1980,1985; Uyeno et al., 1983; Carvalho-Filho, 1994; Lessa &Nobrega, 2000; Hostim-Silva et al., 2006; Nelson, 2016.

Tabela 1(continuação)

|                   |                        |                                                    |              |          |                             |             |   |                   |                                                                                                                                   |
|-------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------|----------|-----------------------------|-------------|---|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tetraodontiformes | Família Sciaenidae     | <i>Nebris microps</i><br>Cuvier,1830               | Pescada Rosa | Suriname | Atlântico da América do Sul | M<br>,<br>E | D | Águas<br>túrbidas | Corpo alongado, cilíndrico; olhos pequenos; boca grande; queixo sem barbilhão; coloração em geral cinza amarelada.                |
|                   | Família Lobotidae      | <i>Lobotes surinamensis</i><br>(Bloch, 1790)       | Cará-do-Mar  | Suriname | Atlântico Ocidental         | M<br>,<br>E | D |                   | Corpo muito alto e comprimido; cabeça e olhos pequenos; lobo posterior da dorsal e anal amplo; pré-opérculo com espinhos afiados. |
|                   | Família Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i><br>(Linnaeus, 1758) | Baiacu-mirim | Caribe   | Atlântico Ocidental         | M<br>,<br>E | D |                   | Contém pequeninos espinhos em volta da nadadeira peitoral; coloração verde-escura a marrom.                                       |

Referência: Menezes &Figueiredo, 1980,1985; Uyeno et al., 1983; Carvalho-Filho, 1994; Lessa &Nobrega, 2000; Hostim-Silva et al., 2006; Nelson, 2016.

## 2. Objetivos

O presente projeto tem como objetivo testar a hipótese da existência de barreiras entre grupos de peixes na costa do Brasil que gerem um isolamento a nível populacional ou específico. Para testar essa hipótese foram examinadas 10 espécies com hábitos de vida distintos, pertencentes a diferentes linhagens encontradas na costa Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil.

Além disso, pretendemos contribuir para a diminuição da lacuna no conhecimento dos peixes marinhos e estuarinos no Brasil, trabalhando na formação de um banco de tecidos com amostras de espécies de peixes de diferentes áreas geográficas do Brasil, que servirá de base para o desenvolvimento de trabalhos futuros de Sistemática, Filogenia e Biogeografia.

### **Objetivos específicos:**

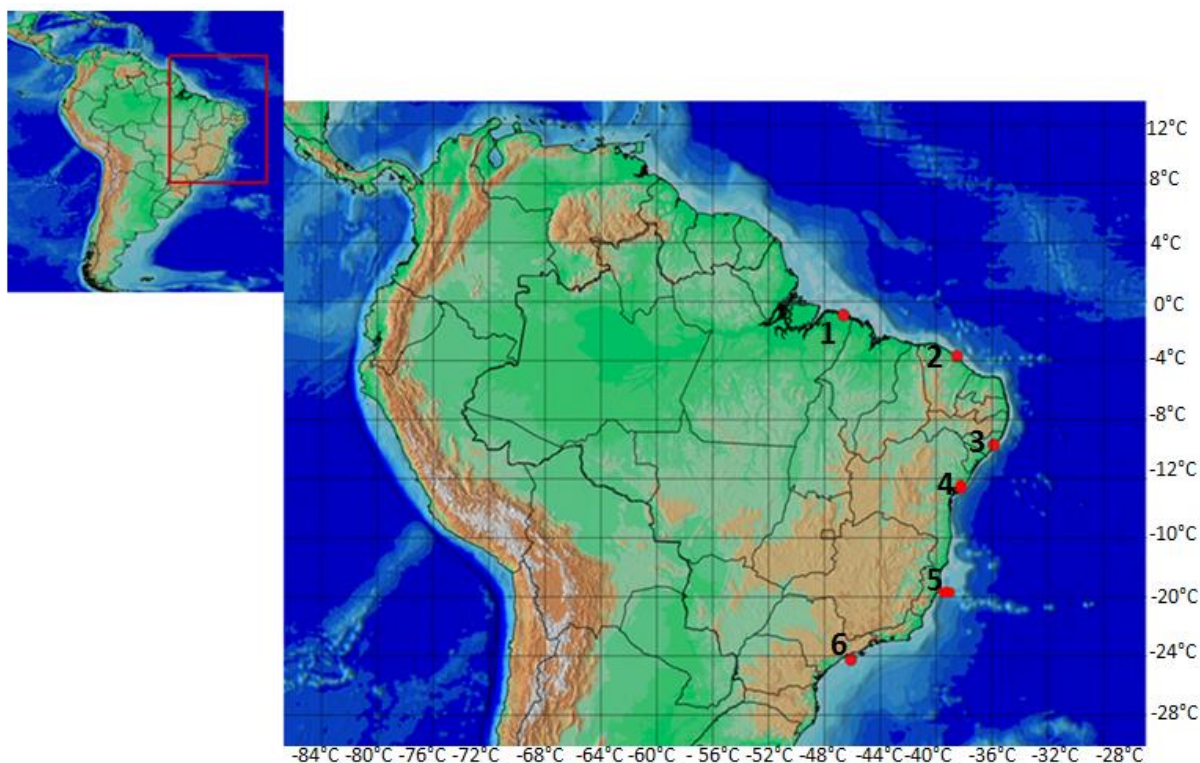
- Estudar sequências de DNA de 10 espécies de peixes marinhos distribuídas ao longo da costa brasileira buscando identificar diferenças e similaridades em nível de espécie (diferentes populações) e gênero (diferentes espécies).
- Estabelecer a criação de um banco de tecidos de espécies de peixes marinhos e estuarinos das regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, com *vouchers* depositados em coleções zoológicas.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Materiais

##### 3.1.1 Área de estudo

No presente estudo foram analisadas 10 espécies de peixes marinhos (Apêndice 1) coletados em diferentes pontos das regiões costeiras do litoral brasileiro (região Norte, Nordeste e Sudeste) (Figura 1):



**Figura 1:** Mapa parcial da América do Sul mostrando os pontos de coletas no Brasil. **1.** Bragança, PA; **2.** Fortaleza, CE; **3.** Maceió, AL; Paripueira, AL; **4.** Valença, BA; **5.** Vitória, **6.** ES: Itanhaém, SP.

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Métodos de captura e identificação

No mínimo, cinco indivíduos de cada espécie foram coletados levando em consideração a variação intraespecífica. Os espécimes foram coletados por pescadores e pesquisadores colaboradores, manuseando artes de pesca como a parelha, arrasto de porta e praia, cerco flutuante, rede de espera, rede de arrasto (picaré) e tarrafa.

As coleções zoológicas de peixes do Museu de Zoologia da USP (MZUSP), Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP) e Acervo Zoológico da Universidade Santa Cecília (AZUSC-UNISANTA), serviram de base para o estudo, onde foram depositados os *vouchers* de espécies coletadas.

A identificação morfológica dos exemplares foi realizada seguindo chaves taxonômicas e confirmadas pelos taxonomistas Dr. Alexandre Marceniuk e Me. Matheus M. Rotundo.

Um fragmento de tecido muscular foi removido de cada indivíduo e preservado em etanol 95% a temperatura de -20°C para estudos moleculares e, posteriormente depositados na coleção de tecidos do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP) credenciada no Ministério do Meio Ambiente como Fiel Depositária de Amostras do Patrimônio Genético.

### **3.2.2 Extração do DNA**

O DNA total foi extraído a partir de um fragmento de tecido muscular preservado em álcool 95% utilizando o protocolo de Ivanova et al. (2006).

### **3.2.3 Amplificação do COI e sequenciamento**

As sequências parciais com aproximadamente 654 pares de base (pb) da extremidade 5' do gene mitocondrial Citocromo oxidase subunidade I (COI), correspondente a região do DNA *barcoding* foram amplificadas por reação em cadeia da polimerase (PCR), utilizando os conjuntos de *primers* descritos por Ward et al. (2005).

As reações de PCR foram realizadas para um mix de volume final de 12,5 µl, utilizando: 7,55 µl de água ultra pura (milli-Q); 1,25 µl de tampão para PCR 10X; 0,5 µl de MgCl<sub>2</sub> (50Mm); 0,5 µl de dNTPs (2 mM); 0,25 µl (10 mM) de cada primer; 0,2 µl de

*Taq* DNA polimerase PHT (Phoneutria Biotecnologia e Serviços Ltda, Brasil; 5 U/ $\mu$ l); e 2  $\mu$ l de DNA (50ng a 100ng).

As amplificações foram efetuadas no termociclador (Veriti® 96-well Thermal Cycler, Applied Biosystems™), utilizando o programa que consiste em um passo inicial de desnaturação a 94°C por 4 minutos seguidos por 30 ciclos: desnaturação a 94°C por 30 segundos, anelamento a 52°C por 30 segundos e extensão a 68°C por 1 minuto, seguido de um passo final de extensão a 68°C por 10 minutos (de acordo com o *primer*).

Os produtos de PCR foram confirmados via eletroforese e visualizados em gel de agarose 1% corado com GelGreen™ (Biotium, Inc.) e em seguida os produtos de PCR amplificados foram purificados em uma solução do kit ExoSap-IT® (USB Corporation), de acordo com as instruções do fabricante.

Uma reação de sequenciamento foi realizada a partir dos produtos de PCR purificados, utilizando o Kit “Big Dye™ Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Ready Reaction” (Applied Biosystems) com reação: 3,9  $\mu$ l de água ultrapura; 1,05  $\mu$ l de tampão de sequenciamento 5X; 0,7  $\mu$ l de Dye Terminator mix v3.1; 0,7  $\mu$ l do primer (10 mM); e 1,0  $\mu$ l do produto de PCR (50 ng/ $\mu$ l). Os procedimentos utilizados para o protocolo de termociclagem da reação para o sequenciamento consistiram em: 2 min a 98°C seguidos por 35 ciclos de 45s a 98°C, 1 min a 50°C e 4 min a 60°C.

Os produtos foram então purificados e precipitados em EDTA/ acetato de sódio/etanol e em seguida, sequenciados no sequenciador automático de DNA, modelo ABI 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems™) em nosso laboratório.

### **3.2.4 Análise dos dados**

As sequências parciais do gene mitocondrial COI obtidas foram editadas e verificada quanto à presença de inserções, deleções ou códons de parada nos fragmentos codificantes para obtenção das sequências consenso, para evitar a contaminação das

matrizes por pseudogenes. O alinhamento dessas sequências consensos, e todas as edições foram realizados no *software* Geneious 4.8.5 (Drummond et al., 2011; [www.geneious.com](http://www.geneious.com))

A fim de obter mais informações a cerca da biodiversidade de peixes marinhos ocorrentes no oceano Atlântico 241 sequências (Apêndice 2) foram extraídas do BOLD e inseridas em nossos alinhamentos para construção de dendrogramas mais robustos em nossas análises. Essas sequências são das mesmas espécies selecionadas no nosso estudo, contudo elas foram amostradas em locais diferentes (América Central, Caribe e América do Norte). Sequências de outras espécies (Apêndice 2) foram inseridas como suporte de *outgroup*.

Posteriormente, foi realizado um teste de saturação (Xia et al., 2003; Xia and Lemey, 2009) para verificar a ocorrência de transições e transversões ao longo das sequências. Esta análise foi realizada pelo programa DAMBE (Xia & Xie, 2001) com o objetivo de verificar se havia alguma matriz saturada.

Para a construção dos dendrogramas, as sequências foram analisadas no *software* MEGA v.4.04 (Tamura et al., 2007). Os resultados foram graficamente representados em dendrogramas de Neighbour-Joining (NJ) (Saitou & Nei, 1987). O modelo utilizado para construção dos dendrogramas foi o modelo Kimura-2-parâmetros (K2P) (Kimura, 1980), e a confiabilidade dos ramos foram verificadas pelo método *bootstrap* (Felsenstein, 1985) com 1.000 pseudoréplicas.

## **4. Resultados e Discussão**

Os resultados a discussão sobre as 10 espécies de peixes marinhos estuarinos e costeiros do litoral brasileiro estudadas serão apresentados em dois capítulos:

### **4.1 Capítulo 1 – Espécies de peixes marinho-estuarinos do litoral do Brasil sem diferenciação genética.**

### **4.2 Capítulo 2 – Espécies de peixes marinho-estuarinos do litoral do Brasil com diferenciação genética.**

## **Capítulo 1-Espécies de peixes marinho-estuarinos litoral do Brasil sem diferenciação genética**

## Resultados

Um total de 42 indivíduos (Apêndice 1) pertencentes a 4 espécies, 4 gêneros, 3 famílias e 1 ordem foram analisados. Ao final do estudo 139 sequências de DNA *barcoding* foram obtidas e analisadas.

Nas análises não foram encontradas inserções, deleções ou *stop-codons*, mostrando que todas as regiões amplificadas correspondem a sequências funcionais do gene mitocondrial COI. Os testes realizados para verificar a saturação das matrizes não apresentaram nenhuma saturação sendo útil nas construções dos dendrogramas.

Os resultados serão descritos em relação a cada espécie estudada.

### *Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782)

Um total de 10 espécimes (Apêndice 1) de *Chaetodipterus faber* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 4 da região Norte e 6 da região Nordeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 591 a 654 pb.

Adicionalmente 36 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2). Destas 33 sequências pertence à espécie aqui estudada. Outras três sequências de *Platax pinnatus* foram utilizadas como grupo externo em nossas análises. As sequências de *C. faber* foram amostradas na América do Norte ao Sul do oceano Atlântico Ocidental e as de *P. pinnatus* oriundas da Ásia e Austrália no oceano Pacífico e Índico. No total, 46 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma em nosso estudo (Figura 5).

A árvore Neighbour-Joining (NJ) de *C. faber* (Figura 2) mostrou que os exemplares ocorrentes da América do Sul e os da América do Norte alocaram-se em um

único *cluster*. O segundo *cluster* foi formado pelos espécimes de *P. pinnatus* pertencentes ao grupo externo com valor de *bootstrap* de 100%.

A divergência genética dos espécimes de *C. faber* da América do Norte com as espécies Caribenhas foi de 0,1% e América do Norte e América do Sul foi de 0,2%.

Em relação aos espécimes da América do Sul no Brasil, a divergência genética intraespecífica entre a região Norte (N) e Nordeste (NE) foi de 0,1%, já a distância entre região Norte (N) e Sudeste (SE) foi de 0,2%. A distância desse grupo com *outgroup* *Platax pinnatus* foi de 15,0% (Tabela 2).

**Tabela 2:** Divergência genética (K2P) entre os espécimes de *Chaetodipterus faber* e *Platax pinnatus* das diferentes regiões amostradas.

| Localidades das espécies                 | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    |
|------------------------------------------|-------|------|------|------|------|
| 1. <i>P. pinnatus</i> - Ásia e Austrália |       |      |      |      |      |
| 2. <i>C. faber</i> – SE Brasil           | 15,0% |      |      |      |      |
| 3. <i>C. faber</i> - NE Brasil           | 15,0% | 0,2% |      |      |      |
| 4. <i>C. faber</i> – N Brasil            | 15,0% | 0,2% | 0,1% |      |      |
| 5. <i>C. faber</i> – América do Norte    | 15,0% | 0,2% | 0,1% | 0,1% |      |
| 6. <i>C. faber</i> – América Central     | 15,0% | 0,3% | 0,1% | 0,2% | 0,1% |



**Figura 2:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com sequências de COI da espécie *Chaetodipterus faber* (vermelho) e *Platax pinnatus* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

### *Hemicaranx amblyrhynchus* (Cuvier, 1833)

Um total de 7 espécimes (Apêndice 1) de *Hemicaranx amblyrhynchus* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 5 da região Norte e 2 da região Sudeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 485 a 648 pb.

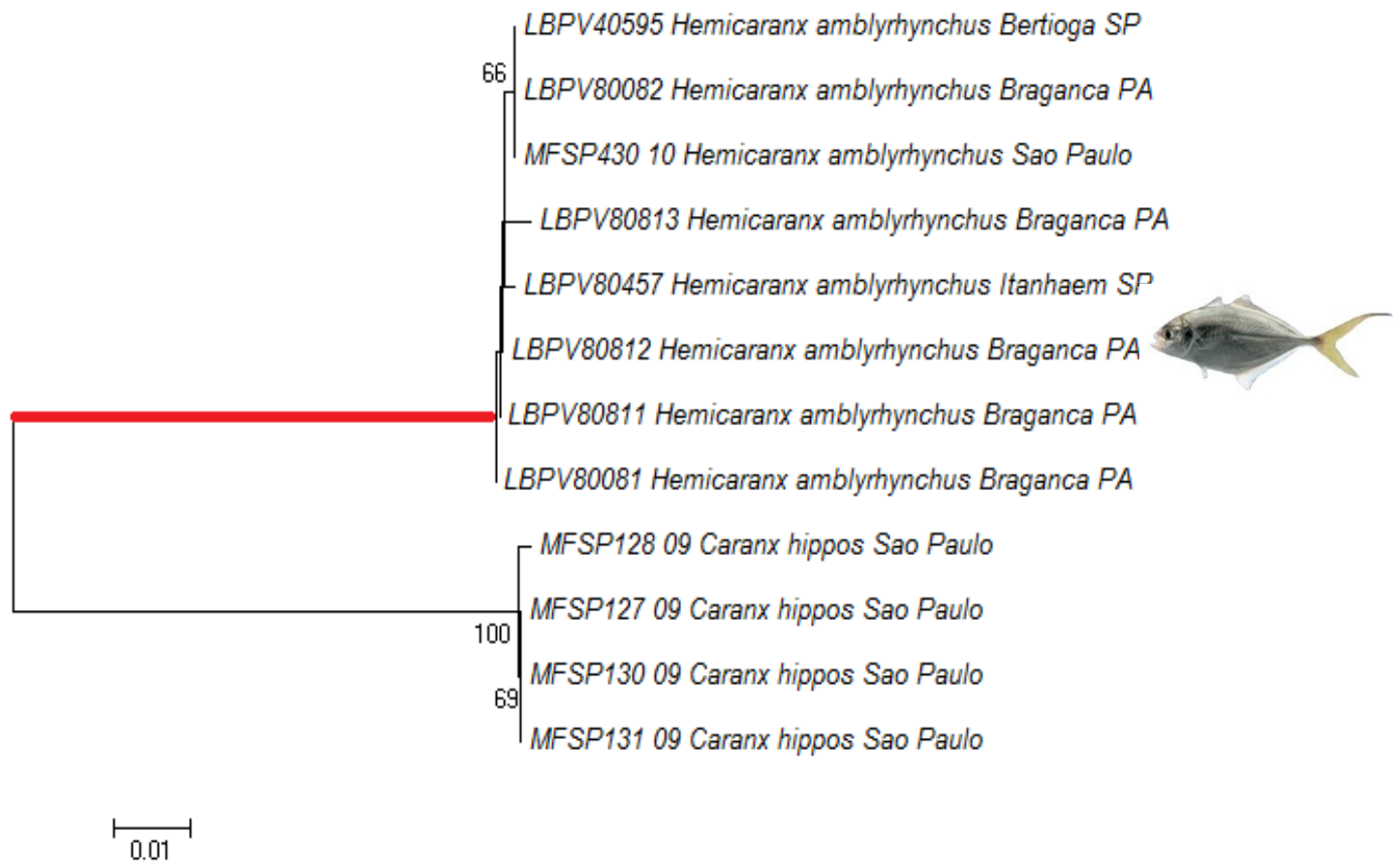
Adicionalmente 5 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), destas uma sequência pertence a espécie aqui estudada (São Paulo) e as demais sequências a *Caranx hippos*, utilizada como grupo *outgroup* em nossas análises. As sequências do BOLD foram amostradas na região litorânea Sudeste do Brasil. No total, 12 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma neste estudo (Figura 3).

A árvore Neighbour-Joining (NJ) de *H. amblyrhynchus* resultou em dois *clusters*, sendo o primeiro de *H. amblyrhynchus* (Figura 3), com espécimes ocorrentes na região litorânea Norte e Sudeste do Brasil. O segundo *cluster* resultou do *outgroup* *C. hippos* como um valor de *bootstrap* de 100%.

A divergência genética intraespecífica de *H. amblyrhynchus* da região Norte e Sudeste do Brasil foi de 0,2%. A distância desse grupo com a *C. hippos* foi de 13,0% (Tabela 3).

**Tabela 3:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Hemicaranx. amblyrhynchus* e *Caranx hippos* das diferentes regiões amostradas.

| Localidades das espécies               | 1     | 2    |
|----------------------------------------|-------|------|
| 1. <i>C. hippos</i> - SE Brasil        |       |      |
| 2. <i>H. amblyrhynchus</i> - SE Brasil | 13,0% |      |
| 3. <i>H. amblyrhynchus</i> - N Brasil  | 13,0% | 0,2% |



**Figura 3:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de *Hemicaranx amblyrhynchus* (vermelho) e *Caranx hippos* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

### *Selene vomer* (Linnaeus, 1758)

Um total de 13 espécimes (Apêndice 1) de *Selene vomer* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 6 da região Norte e 7 da região Nordeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 557 a 657 pb.

Adicionalmente 23 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), sendo que 18 sequências pertencentes a espécie aqui estudada e as demais sequências pertencentes a espécie *Selene setapinnis* utilizada como *outgroup* em nossas análises. As sequências do BOLD foram amostradas no Norte e no Sul do Atlântico Ocidental. No total, 36 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma (Figura 3).

A árvore Neighbour-Joining (NJ) (Figura 4) de *S. vomer* resultou em dois *clusters*, sendo o primeiro da espécie *S. vomer*, onde todos os indivíduos ocorrentes no Norte e no Sul do Atlântico Ocidental alocaram-se em um único *cluster*. Porém, os espécimes de *S. setapinnis* (*outgroup*) alocaram-se no segundo mesmo *cluster*, apresentando valores com 100% de *bootstrap*.

A divergência genética intraespecífica obtida entre *Selene vomer* ocorrentes no Norte e no Sul do Atlântico Ocidental foi de 0,1%. A distância genética desse grupo com *Selene setapinnis* resultou em 12,0% (Tabela 4).

**Tabela 4:** Divergência genética (K2P) entre os espécimes *Selene vomer* e *S. setapinnis* das diferentes regiões amostradas.

| Localidades das espécies                 | 1      | 2    |
|------------------------------------------|--------|------|
| 1. <i>S. setapinnis</i> - América do Sul |        |      |
| 2. <i>S. vomer</i> - América do Sul      | 12,00% |      |
| 3. <i>S. vomer</i> - América do Norte    | 12,00% | 0,1% |



**Figura 4:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de *Selene vomer* (vermelho) e *S. setapinnis* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

### *Nebris microps* Cuvier, 1830

Um total de 12 espécimes (Apêndice 1) de *Nebris microps* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 5 da região Norte, 3 da região Nordeste e 4 da região Sudeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 567 a 652 pb.

Adicionalmente 33 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), sendo que 10 sequências pertencentes a espécie aqui estudada e as demais sequências pertencentes a espécie *Menticirrhus americanus*, utilizada como *outgroup* em nossas análises. As sequências do BOLD foram amostradas na América do Norte ao Sul do Atlântico. No total, 45 sequências compuseram as análises e construção do dendrograma (Figura 5).

A árvore Neighbour-Joining de (Figura 5) de *N. microps* resultou em dois *clusters*, sendo o primeiro da espécie *N. microps*, onde todos os indivíduos ocorrentes na região Norte ao Sul do Brasil alocaram-se em um único *cluster*, o suporte de *bootstrap* foi de 100%. Em relação ao segundo *cluster* representando o *outgroup*, os indivíduos alocaram-se no mesmo *cluster* apresentando nos ramos valores de *bootstrap* 100%.

A divergência genética intraespecífica encontrada para a espécie *N. microps* ocorrentes nas regiões do litoral do Brasil foram: entre a região Norte e região Nordeste foi 0,2%, região Norte em relação a Sudeste foi de 0,1% e região Nordeste entre Sudeste foi 0,1%. A distância genética desse grupo com *M. americanus* resultou em 23,0% (Tabela 5).

**Tabela 5:** Distância genética (K2P) entre os espécimes *Nebris microps* e *Menticirrhus americanus* das diferentes regiões amostradas.

| Localização das espécies                   | 1      | 2      | 3      |
|--------------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1. <i>N. microps</i> - NE - Brasil         |        |        |        |
| 2. <i>N. microps</i> - N - Brasil          | 0,2%   |        |        |
| 3. <i>N. microps</i> - SE - Brasil         | 0,1%   | 0,1%   | 0,1%   |
| 4. <i>M. americanus</i> - Oceano Atlântico | 23,00% | 23,00% | 23,00% |



**Figura 5:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Nebris microps* (vermelho) e *Menticirrhus americanus* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

## Discussão

O conhecimento da biodiversidade da ictiofauna marinha tem crescido em grande escala. Um dos fatores que tem contribuído para este crescimento além da taxonomia morfológica é a ferramenta de identificação molecular (Saccone, 1999).

A identificação molecular tem utilizado como ferramenta um marcador mitocondrial universal para identificação e discriminação de espécies, um fragmento parcial com aproximadamente 650 pb com alta taxa mutacional do gene COI, conhecido como *DNA barcoding* (Hebert et al., 2003).

A eficácia do *DNA barcoding* para discriminação das espécies pode ser levada em consideração pelo fato de que esse gene mitocondrial apresenta regiões importantes no processo de especiação, como também na evolução do genoma mitocondrial que seria influenciada pelos meios de seleção e o efeito resultaria uma seleção favorecendo algumas regiões desse gene, ao invés de simplesmente ser influenciada pela deriva genética e taxas evolutivas constantes, de maneira que o COI não seria ao menos a priori, um marcador estritamente neutro (Ballard & Whitlock, 2004).

Alguns trabalhos utilizando o *DNA barcoding* têm mostrando como esta ferramenta tem contribuído para identificação e conservação de espécies de peixes marinhos. Panprommin & Panprommin (2016) conseguiram identificar a espécie *Trigonostigma somophangsi*, uma espécie criticamente ameaçada, rara e endêmica da Tailândia que há 20 anos havia desaparecido de seu habitat, contribuindo para a conservação e manejo da espécie.

Karahan et al. (2017) identificaram 110 espécies de peixes marinhos do Sudeste do Mediterrâneo (a costa continental de Israel), utilizando a ferramenta *DNA barcoding*, como ferramenta de conservação para diversidade da ictiofauna marinha do mar Mediterrâneo.

Como podemos observar a utilização da metodologia do *DNA barcoding*, tem sido grandemente utilizada para identificação e discriminação de espécies, e neste estudo identificamos quatro espécies de peixes marinho-estuarinos amostrados no litoral do Brasil, que apresentaram alta similaridade intraespecífica nas espécies: *Chaetodipterus faber*, *Hemicaranx amblyrhynchus*, *Selene vomer* e *Nebris microps*, porém, observamos que estas expressaram espécies baixas divergências genéticas intraespecíficas nas sequências de COI.

A espécie *C. faber*, *S. vomer* e *N. microps* distribuídas no oceano Atlântico Ocidental, com ampla distribuição na costa do Brasil, são espécies ocorrentes em ambientes estuarinos e marinhos, onde na fase de reprodução migram para as zonas de estuários em busca de alimento e expulsão dos ovos pelágicos (Carvalho-Filho, 1994; Fischer et al., 2011), em contrapartida a espécie *H. amblyrhynchus* realiza reprodução em mar aberto, indo a zonas de estuário em busca de alimento. As divergências genéticas intraespecíficas exibiu uma média de variação 0,3% a 0,1%.

Os dados obtidos a cerca dos valores encontrados para a divergência intraespecífica das espécies em estudo corroboram com a média de dados propostos pela literatura para peixes marinhos da Austrália a divergência intraespecífica observada foi de 0,39% (Ward et al., 2005), em peixes do Canadá-Pacífico resultou em 0,25% (Steinke et al., 2009a) e na Índia para as espécies de peixes marinhos identificadas a divergência foi de 0,30% (Lakra et al., 2011).

A ausência de diferenciação genética observada em *C. faber*, *H. amblyrhynchus*, *S. vomer* e *N. microps* sugere que essas espécies são capazes de transpor as barreiras marinhas físicas e químicas existentes ao longo da costa da América do Sul, com facilidade e por isso pode estar relacionado a sua tolerância fisiológica e o ciclo de vida

para alterações em parâmetros físico-químicos das diferentes regiões onde ocorrem essas espécies.

A existência de alguns trabalhos a cerca de algumas espécies que aparentemente podem transpor barreiras por meio da dispersão, sem que haja estruturação e fluxo gênico nas espécies são grandemente discutidos (Rocha et al., 2005, 2005; Robertson et al., 2006).

Rocha et al. (2002) trabalhando com três espécies de peixes recifais do Atlântico Tropical do gênero *Acanthurus* que apresentam história de vida semelhante, mais diferentes preferências de habitat de vida quando adultos, encontraram em seus resultados que estas espécies não mostraram estruturação populacional entre o Brasil e as ilhas do Meio do Atlântico, indicando que esta barreira oceânica é percorrida pelo estágio larval pelágico dos três espécies do gênero. A barreira do Amazonas-Orinoco atua como divisora para as espécies *Acanthurus bahianus* e *A. coeruleus* na fase adulta, mas não afeta a dispersão da fase adulta para a espécie *A. chirurgus*. Rocha et al (2002) concluem que as preferências de habitat adulto podem ser um fator que diferencia os padrões filogeográficos para espécies de recife pertencentes ao gênero *Acanthurus*.

Osmar et al. (2011), estudando algumas espécies de peixes recifais do oceano Atlântico Ocidental, identificaram alguns fatores que contribuem com eficácia o cruzamento das barreiras Amazonas-Orinoco e a barreira do Médio Atlântico (MAB), em alguns peixes marinhos, como a dispersão do desenvolvimento larval, crescimento rápido das espécies o que resulta numa maior competitividade do meio, invasão de preparadores mais aptos e tolerância de variabilidade ambiental e a ampla gama latitudinal.

Machado et al. (2016) estudando a espécie de *C. faber* do litoral do Brasil não observou diferenciação genética significativas nas sequências do COI em relação ao

Golfo do México e Caribe, seus resultados corroboram para nossas análises para mesma espécie. Em contrapartida, quando utilizou outro marcador mitocondrial (D-loop), eles identificaram uma estruturação populacional de *C. faber* entre as regiões Tropicais e Subtropicais do Brasil, sugerindo que a história evolutiva da espécie, as diferenças de temperatura do mar, os padrões de correntes oceânicas e a influência dos eventos oceanográficos de Cabo Frio podem ser considerados barreiras para o fluxo gênico desses espécimes.

Assim, as espécies em estudo *Hemicaranx amblyrhynchus*, *Selene vomer* e *Nebris microps* possuem ampla capacidade de transposição das barreiras ocorrentes no Atlântico Ocidental. Porém, a espécie *Chaetodipterus faber* apresenta diferenciação genética por meio das barreiras (Machado et al., 2016), o qual não foi apresentado pelo gene COI, onde o mesmo tem como fundamento identificar espécies (Hebert et al., 2003), como proposto para as quatro espécies em estudo.

**Capítulo 2 – Espécies de peixes marinho  
estuarinos do litoral do Brasil que apresentam  
diferenciação genética**

## Resultados

Um total de 88 indivíduos (Apêndice 1) de 6 espécies, 6 gêneros, 4 famílias e 2 ordens foram analisados. No total, nossas análises foram feitas com 234 sequências de DNA *barcoding*.

Nas análises não foram encontradas inserções, deleções ou *stop-codons* mostrando que todas as regiões amplificadas correspondem a sequências funcionais do gene COI. As análises de saturação das matrizes não apresentaram nenhuma saturação podendo ser úteis nas construções dos dendrogramas.

Os resultados serão apresentados em relação a cada espécie estudada.

### *Conodon nobilis* (Linnaeus, 1758)

Um total de 10 espécimes de *Conodon nobilis* (Apêndice 1) foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 5 da região Norte e 5 da região do Nordeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 517 a 645 pb.

Adicionalmente 21 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), destas 17 sequências pertencem a espécie aqui estudada. Outras quatro sequências de *Conodon serrifer* foram utilizadas como grupo externo em nossas análises. As sequências extraídas do BOLD foram amostradas no Atlântico Ocidental Norte Sul. No total, 31 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma no nosso estudo (Figura 6).

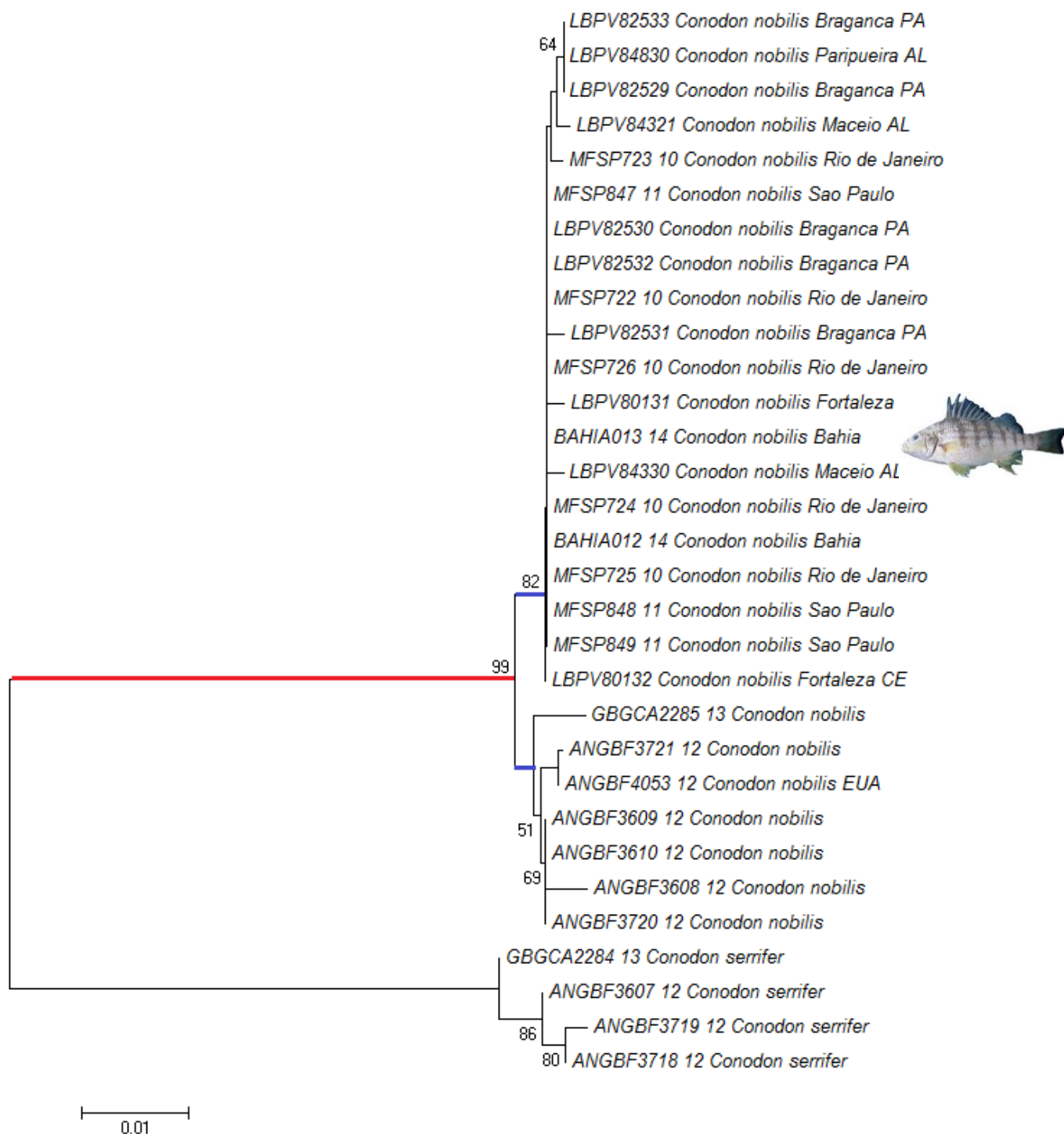
A árvore Neighbour-Joining (NJ) de *C. nobilis* (Figura 6) registrou a ocorrência de três *clusters*, sendo o primeiro *cluster* apresentando um valor de *bootstrap* de 99%, separando os indivíduos analisados em dois ramos, o primeiro ramo contém espécimes de *C. nobilis* da América do Sul com suporte de *bootstrap* de 82% e o segundo ramo indivíduos ocorrentes na América do Norte, sugerindo a ocorrência de duas unidades

evolutivas na área de estudo. A divergência genética intraespecífica de *C. nobilis* entre a América do Norte e América do Sul do Atlântico foi de 0,8% o que permite sugerir se tratar de duas populações.

O terceiro *cluster*, considerado como *outgroup* de *C. serrifer*, apresentou uma divergência genética em relação a *C. nobilis* de 10,0% (Tabela 6).

**Tabela 6:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Conodon nobilis* e *C. serrifer* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades das espécies                | 1      | 2    |
|-----------------------------------------|--------|------|
| 1. <i>C. serrifer</i>                   |        |      |
| 2. <i>C. nobilis</i> - América do Sul   | 10,00% |      |
| 3. <i>C. nobilis</i> - América do Norte | 10,00% | 0,8% |



**Figura 6:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Conodon nobilis* (vermelho) e *C. serrifer* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

### *Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830

Um total de 12 espécimes (Apêndice 1) de *Haemulon aurolineatum* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 5 da região Nordeste, 5 da região Sudeste do litoral brasileiro e 2 da Venezuela. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 429 a 648 pb.

Adicionalmente 27 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), pertencentes a espécie aqui estudada. Cinco sequências de *Haemulon steindachneri* foram utilizadas para formação do grupo externo em nossas análises. As sequências do BOLD foram amostradas no Atlântico Ocidental Norte e Sul. No total, 44 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma no nosso estudo (Figura 7).

Na árvore Neighbour-Joining (NJ) da espécie de *H. aurolineatum* (Figura 7) ocorrentes no Atlântico Ocidental Norte e Sul formaram dois *clusters*, marcado em marrom, sendo o primeiro correspondente aos espécimes ocorrentes ao longo da América do Norte ao Sul do Atlântico Ocidental, obtendo valor de *bootstrap* com 57% de robustez, e o segundo, espécimes ocorrentes somente na América do Norte e Central do Atlântico Ocidental, apresentando valores de *bootstrap* de 89% de robustez.

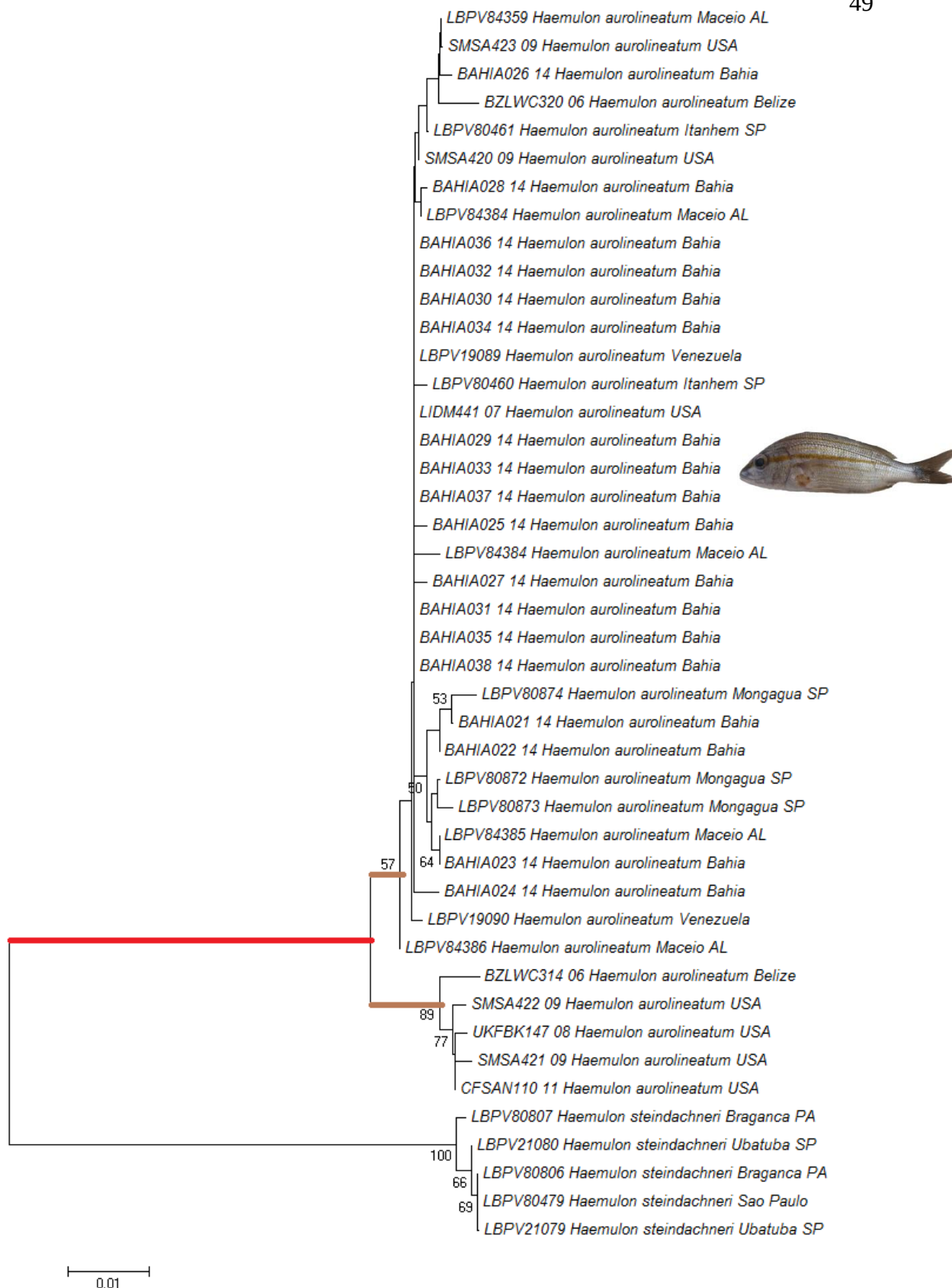
A divergência genética intraespecífica de *H. aurolineatum* entre o oceano Atlântico Ocidental da América Norte e Central foi de 0,9%. Em contrapartida quando comparamos com os indivíduos ocorrentes na América do Sul e América do Norte o resultado foi de 0,3% e América do Norte em relação aos espécimes Caribenhos foram de 0,6%. Esses resultados sugerem que, os indivíduos pertencem à mesma espécie de *H. aurolineatum*, mas distintas populações.

Em contrapartida a divergência genética do segundo ramo onde, estão alocados os indivíduos pertencentes à América do Norte e Central em relação ao primeiro ramo foi de 2,0%, sugerindo duas espécies de *H. aurolineatum* na América do Norte e na

América Central. A divergência genética desses grupos de *H. aurolineatum* com *H. steindachneri* resultou em 11,0% (Tabela 7).

**Tabela 7:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Haemulon. aurolineatum* e *H. steindachneri* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades das espécies                               | 1      | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| 1. <i>H. steindachneri</i> – Brasil                    |        |       |       |       |
| 2. <i>H. aurolineatum</i> - América do Sul             | 11,00% |       |       |       |
| 3. <i>H. aurolineatum</i> - América Central            | 11,00% | 0,90% |       |       |
| 4. <i>H. aurolineatum</i> - América do Norte           | 11,00% | 0,30% | 0,60% |       |
| 5. <i>H. aurolineatum</i> - América do Norte e Central | 11,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% |



**Figura 7:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construída com as sequências de COI da espécie *Haemulon aurolineatum* (vermelho) e *H. steindachneri* (outgroup) com os valores de bootstrap informados nos ramos.

### *Trachinotus carolinus* (Linnaeus, 1766)

Um total de 22 espécimes (Apêndice 1) de *Trachinotus carolinus* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 10 da região Norte, 5 da região Nordeste e 7 da região Sudeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 592 a 657 pb.

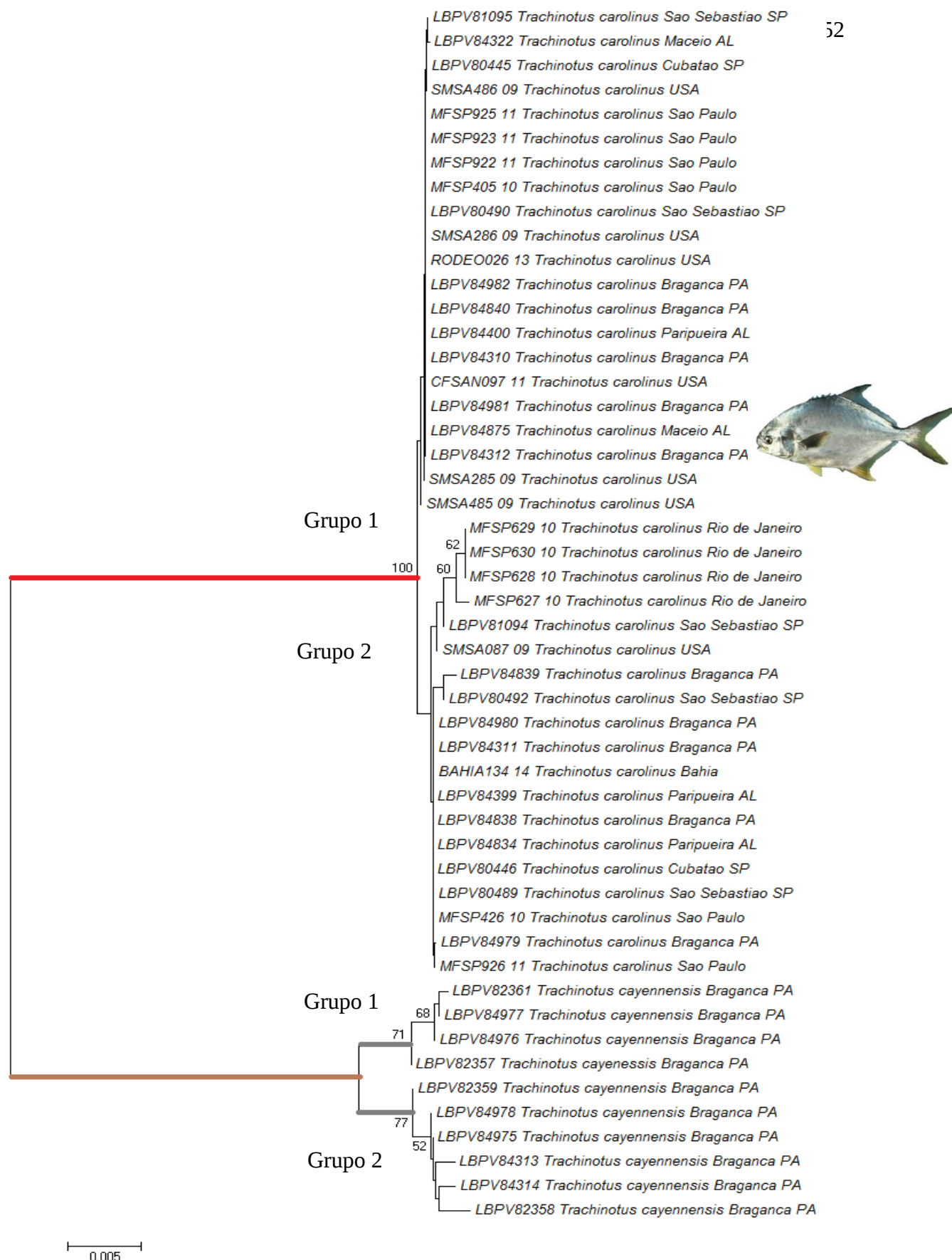
Adicionalmente 18 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2) pertencentes a espécie aqui estudada, ocorrentes no Atlântico Ocidental Norte. A espécie *Trachinotus cayennensis* foi utilizada como *outgroup* em nossas análises, 10 sequências foram fornecidas pelo LBP. No total, 50 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma (Figura 8).

A árvore Neighbour-Joining (NJ) de *T. carolinus* (Figura 8) resultou em dois *clusters*, sendo o primeiro *cluster* ramificado em dois ramos com espécimes de *T. carolinus* com valor de *bootstrap* de 100% ocorrentes da América do Sul e América do Norte, nomeados em grupo 1 e grupo 2. A divergência genética entre eles resultaram em 0,2%.

Em relação ao segundo *cluster* nomeado como *outgroup* da espécie *T. cayennensis*, os indivíduos alocaram-se no mesmo *cluster* originando dois ramos para os espécimes ocorrentes no Pará, com valores de *bootstrap* de 71% e 77%, a divergência genética desses indivíduos resultaram em 0,7%, sugerindo que os espécimes de *T. cayennensis* pertençam a duas populações. Em contrapartida a divergência genética interespecífica foi de 6,0% (Tabela 8).

**Tabela 8:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Trachinotus carolinus* e *T. cayennensis* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades das espécies                            | 1     | 2     | 3     |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 1. <i>T. carolinus</i> - Grupo 1 - Oceano Atlântico |       |       |       |
| 2. <i>T. carolinus</i> - Grupo 2- Oceano Atlântico  | 0,20% |       |       |
| 3. <i>T. cayennensis</i> - Grupo 1 - Pará - Brasil  | 6,00% | 6,00% |       |
| 4. <i>T. cayennensis</i> - Grupo 2 - Pará - Brasil  | 6,00% | 6,00% | 0,70% |



**Figura 8:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Trachinotus carolinus* (vermelho) e *T. cayennensis* (marrom) (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos..

### *Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758)

Um total de 10 espécimes (Apêndice 1) de *Sphoeroides testudineus* foi amostrado durante a realização deste estudo no LBP, sendo 5 da região Norte e 5 da região Nordeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 600 a 657 pb.

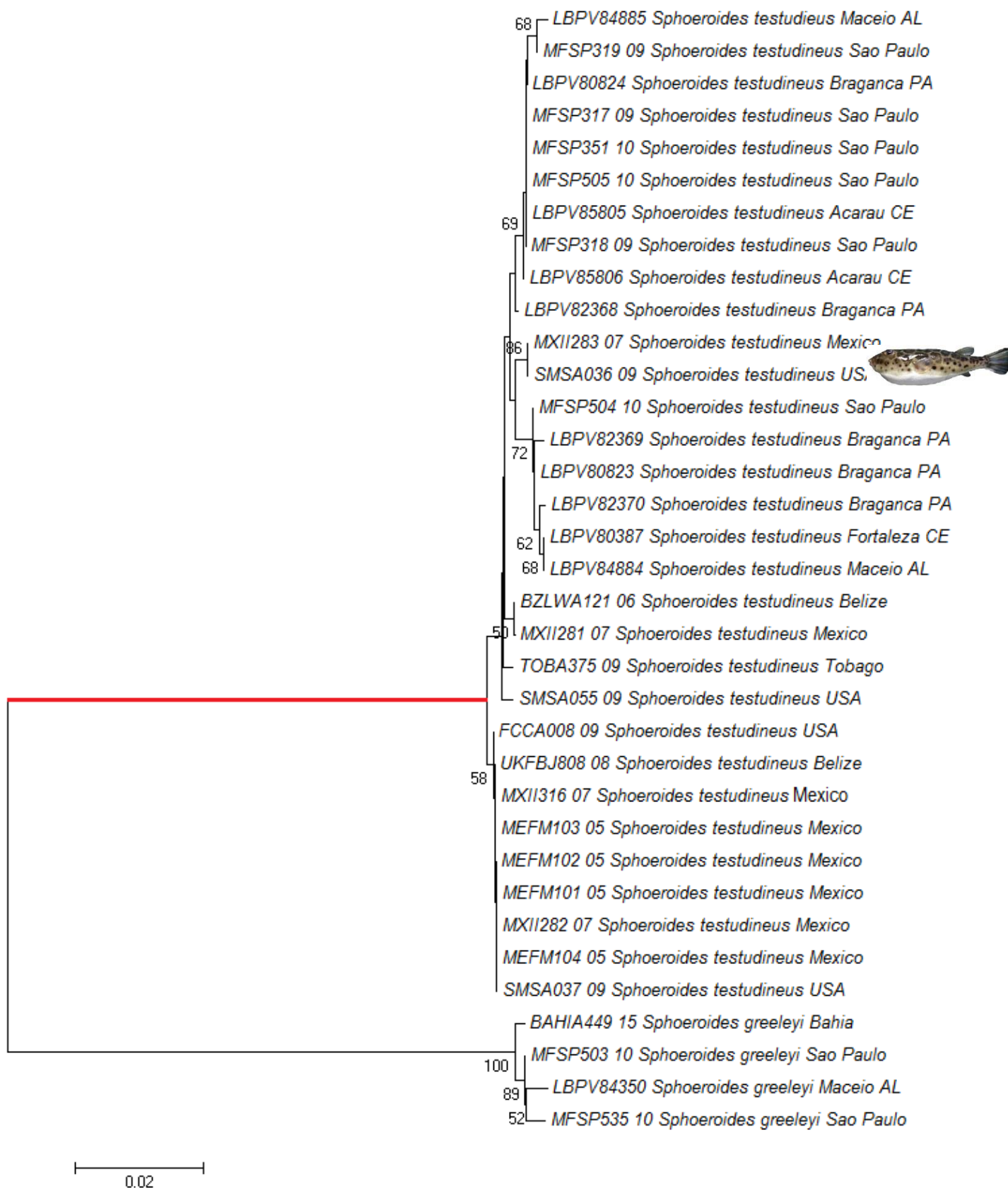
Adicionalmente 25 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), sendo 22 sequências pertencentes a espécie aqui estudada, as demais sequências, da espécie *Sphoeroides greeleyi* foram utilizadas para *outgroup*. As sequências do BOLD foram amostradas no oceano Atlântico Ocidental Norte e Sul. Apenas uma sequência de *S. greeleyi* foi fornecida pelo LBP em nossas análises correspondente a região Nordeste do litoral do Brasil. No total, 36 sequências compuseram as análises e construção do dendrograma (Figura 9).

A árvore Neighbour-Joining de *S. testudineus* (Figura 9) agrupou em dois *clusters*, sendo o primeiro *cluster* com espécimes de *S. testudineus* ocorrentes entre os EUA e Belize e um segundo *cluster* com exemplares da América do Norte, Central e do Sul, apresentando uma divergência genética entre os grupos 1 e grupo 2 de 0,8%, sugerindo ocorrência de duas populações de *S. testudineus* no oceano Atlântico Ocidental.

Em relação ao segundo *cluster* o *outgroup* da espécie *S. greeleyi* os indivíduos apresentaram ramos com valor de 100% *bootstrap*. A distância genética de *Sphoeroides greeleyi* em relação à espécie em estudo foi de 16,0% (Tabela 9).

**Tabela 9:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Sphoeroides testudineus* e *S. greeleyi* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades das espécies                                    | 1      | 2    |
|-------------------------------------------------------------|--------|------|
| 1. <i>S. greeleyi</i> - Brasil                              |        |      |
| 2. <i>S. testudineus</i> - América do Norte e Sul - grupo 1 | 16,00% |      |
| 3. <i>S. testudineus</i> - América do Norte e Sul - grupo 2 | 16,00% | 0,8% |



**Figura 9:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Sphoeroides testudineus* (vermelho) e *S. greeleyi* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

### *Orthopristis ruber* (Cuvier, 1830)

Um total de 23 espécimes (Apêndice 1) de *Orthopristis ruber* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 5 da região Norte, 9 da região Nordeste, 7 da região Sudeste e 2 da região Sul do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 611 a 654pb.

Adicionalmente 18 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), destas 13 sequências pertencem a espécie aqui estudada. Outras cinco sequências de *Orthopristis chrysoptera* foram utilizadas como grupo externo em nossas análises. As sequências extraídas do BOLD foram amostradas no oceano Atlântico Ocidental Norte, Central e Sul. No total, 41 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma (Figura 10).

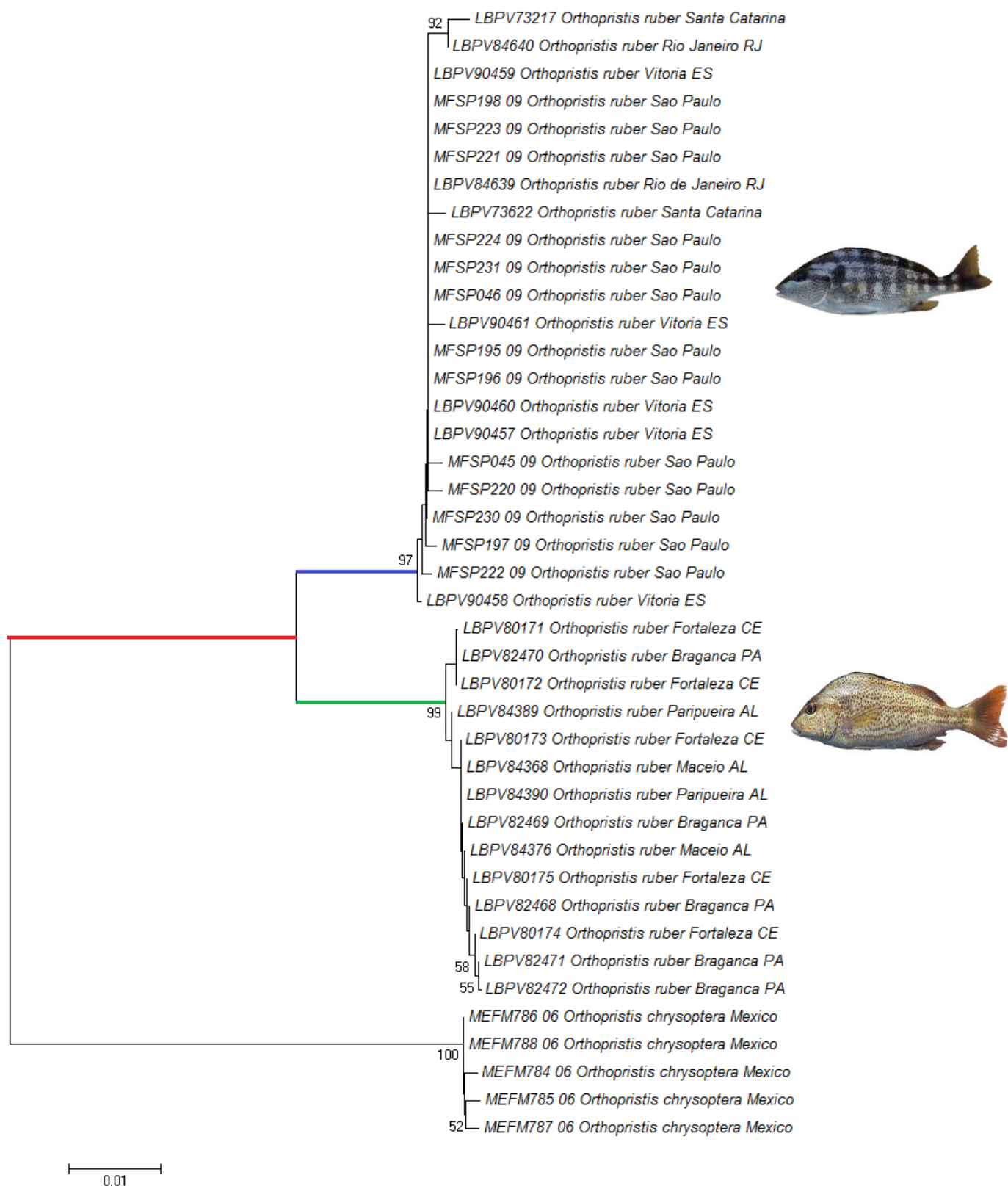
A árvore Neighbour-Joining (NJ) de *O. ruber* apresentou dois *clusters*. O primeiro *cluster*, destacado em vermelho no ramo, dividiu os espécimes de *O. ruber* em dois ramos (azul e verde), sendo o primeiro (azul) com valor de *bootstrap* de 97 % de robustez com indivíduos ocorrentes no litoral Sudeste e Sul e o segundo (verde) indivíduos ocorrentes no litoral Norte e Nordeste com valor de *bootstrap* de 99%. O segundo *cluster* como *outgroup* de *O. chrysoptera* apresentando um valor de *bootstrap* de 100%.

As divergências genéticas intraespecíficas encontradas para a espécie *O. ruber* nas regiões litorâneas do Brasil foram: região Norte e Nordeste foi de 0,10%, entre as regiões Norte e região Sudeste foi 3,4% e região Sul foi 3,7%.

Em contrapartida os indivíduos de *O. ruber* ocorrentes na região Sudeste em relação a região Sul do Brasil a distância genética foi de 0,3%. A distância genética de *O. chrysoptera* em relação aos espécimes de *O. ruber* alcançou uma variação de 9,5% a 11% (Tabela 10).

**Tabela 10:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Orthopristis ruber* e *O. chrysoptera* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades das espécies                   | 1    | 2     | 3    | 4     |
|--------------------------------------------|------|-------|------|-------|
| 1. <i>O. chrysoptera</i> - América Central |      |       |      |       |
| 2. <i>O. ruber</i> NE – Brasil             | 9,9% |       |      |       |
| 3. <i>O. ruber</i> N – Brasil              | 9,9% | 0,1%  |      |       |
| 4. <i>O. ruber</i> SE – Brasil             | 9,5% | 3,2%  | 3,4% |       |
| 5. <i>O. ruber</i> S – Brasil              | 11%  | 3,60% | 3,7% | 0,30% |



**Figura 9:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Orthopristis ruber* (vermelho) e *Orthopristis chrysoptera* (outgroup) com os valores debootstrap informados nos ramos.

### *Lobotes surinamensis* (Bloch, 1790)

Um total de 11 espécimes (Apêndice 1) de *Lobotes surinamensis* foi amostrado pelo LBP durante a realização deste estudo, sendo 6 da região Norte e 5 da região Nordeste do litoral brasileiro. As sequências obtidas destes espécimes apresentaram fragmentos que variaram de 611 a 654pb.

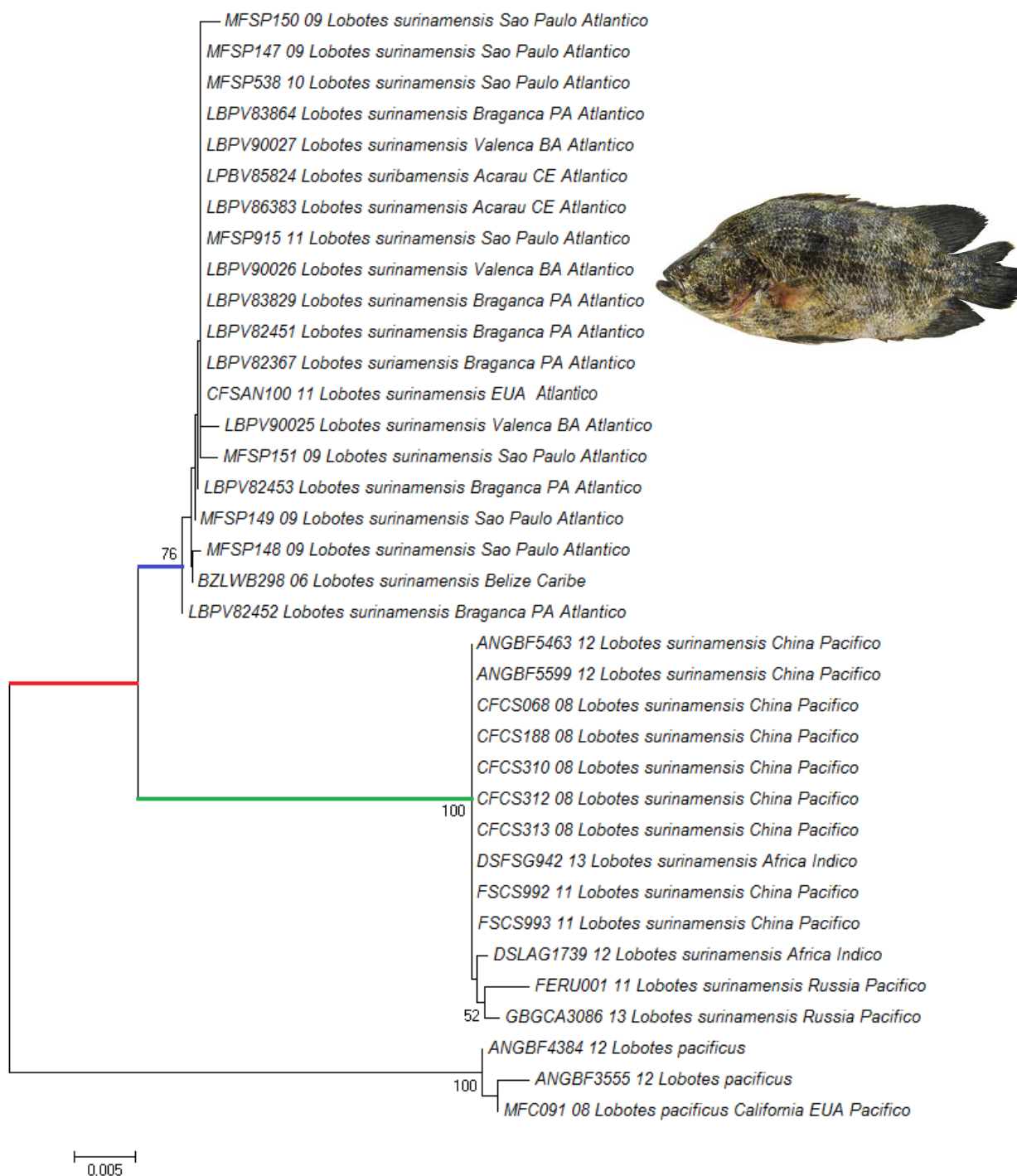
Adicionalmente 25 sequências foram extraídas do BOLD (Apêndice 2), destas 22 sequências pertencem a espécie aqui estudada. Outras três sequências de *Lobotes pacificus* foi utilizada como grupo externo em nossas análises. As sequências extraídas do BOLD foram de espécimes amostrados no oceano Atlântico Ocidental Norte e Sul, Ásia e no oceano Pacífico. No total, 36 sequências compuseram as análises e a construção do dendrograma em nosso estudo (Figura 11).

A árvore Neighbour-Joining de *L. surinamensis* (Figura 11) registrou a formação de três *clusters*. O primeiro *cluster* agrupou os espécimes ocorrentes no oceano Atlântico Ocidental Norte e Sul destacado em azul, com valor de *bootstrap* de 76% de robustez, sugerindo que estes indivíduos pertençam à mesma espécie. Os espécimes de *L. surinamensis* que ocorrem no oceano Pacífico e Índico formaram o segundo *cluster* com valor de 100% de *bootstrap*. O terceiro *cluster* foi formado pelos indivíduos da espécie *L. pacificus* (*outgroup*) com valor de *bootstrap* de 100% de robustez.

A divergência genética intraespecífica de *L. surinamensis* da América do Norte ao Sul do Atlântico entre os espécimes que ocorrem no oceano Pacífico e Índico gerou um resultado de 3,0% divergência, permitindo propor que existam duas espécies de *L. surinamensis*, uma no oceano Atlântico e outra no Pacífico e Índico. Em contrapartida a divergência genética dos espécimes de *L. surinamensis* do Pacífico em relação ao do Índico foi de 0,1%. A distância genética interespecífica entre *L. surinamensis* (Atlântico, Pacífico e Índico) e *L. pacificus* variou entre 5,5% e 8,0% (Tabela 11).

**Tabela 11:** Distância genética (K2P) entre os espécimes de *Lobotes surinamensis* e *L. pacificus* em diferentes regiões amostradas do Atlântico Ocidental.

| Localidades da espécie                | 1     | 2     | 3    |
|---------------------------------------|-------|-------|------|
| 1. <i>L. pacificus</i> – Pacífico     |       |       |      |
| 2. <i>L. surinamensis</i> - Atlântico | 5,50% |       |      |
| 3. <i>L. surinamensis</i> - Pacífico  | 8,00% | 3,00% |      |
| 4. <i>L. surinamensis</i> – Índico    | 8,00% | 3,00% | 0,1% |



**Figura 11:** Árvore de Neighbour-Joining (NJ) construídas com as sequências de COI de *Lobotes surinamensis* (vermelho) e *L. pacificus* (outgroup) com os valores de *bootstrap* informados nos ramos.

## Discussão

A metodologia do DNA *barcoding* tem sido utilizada para facilitar a discriminação das espécies, ao comparar as divergências genéticas das espécies alvo com espécies já descritas por taxonomistas (Baker, 2008; Baker et al., 2009). O presente estudo demonstrou a efetividade desta metodologia para identificação das espécies e possíveis populações de peixes marinho-estuarinos como: *Conodon nobilis*, *Haemulon aurolineatum*, *Lobotes surinamensis*, *Orthopristis ruber*, *Trachinotus carolinus* e *Sphoeroides testudineus*.

### Identificação de espécies

Hebert et al. (2003) propuseram um limiar de divergência genética, segundo os quais uma espécie é considerada nova quando houver um limite de distância interespecífica dez vezes superior à distância média intraespecífica. Para Smith et al. (2005) esse limite de distância genética intra e interespecíficas seria de cerca de 3%.

Os nossos resultados, a partir das sequências de COI do DNA *barcoding*, revelaram uma distância genética intraespecífica nas espécies *Orthopristis ruber* e *Lobotes surinamensis* maior que 3%, sugerindo a existência duas espécies.

Fatores que possam estar contribuindo para uma possível divergência interespecífica de *O.ruber* do Norte/Nordeste e Sudeste/Sul seja devido as correntes marinhas que alteram a temperatura das águas costeiras brasileiras através do fluxo das Correntes do Brasil e das Malvinas, resultando em águas mais quentes até aproximadamente do Espírito Santo, e menos quentes em direção ao Sul do país, outra via que também possa estar influenciando na separação desta espécie seja o desague do Rio São Francisco no oceano Atlântico na região Nordeste do litoral brasileiro (Castro & Miranda, 1998).

Análises morfológicas das duas linhagens foram realizadas (comunicação pessoal de Alexandre P. Marceniuk), reforçando ainda mais os resultados encontrados, em que se observam padrões de coloração e diferenças nas contagens de rastros brânquiais, que juntamente com os dados de *DNA barcoding* gerados, sugerem que *O. ruber* represente duas espécies, necessitando de uma revisão na taxonomia do grupo.

A espécie *O. ruber* da região Sudeste/Sul (Figura 12) apresenta coloração de pigmento escurecida e presença de listas horizontais.



**Foto:** Alexandre Marceniuk

**Figura 12:** Espécie *Orthopristis ruber*.

A espécie *O. ruber* da região Norte/Nordeste (Figura 13) apresenta coloração amarelado/ avermelhado e ausência de listras horizontais e verticais.



**Foto:** Alexandre Marceniuk

**Figura 13:** Espécie *Orthopristis ruber*.

Ribeiro et al. (2012) em seu trabalho com peixes marinhos do Sudeste do Brasil, exemplificaram que distâncias coespecíficas maiores que 2% podem ser resultados de alopatria, tal índice coincide com os valores encontrados para espécie *L. surinamensis*.

A espécie *L. surinamensis* amplamente distribuída no oceano Atlântico Ocidental Norte e Sul, caracteriza-se em zonas estuarinas e marinhas, na fase de reprodução migram para zonas de estuário (Carvalho-Filho, 1994). Esta espécie expressou divergência genética intraespecíficas de 3,0% em relação aos indivíduos amostrados no Pacífico.

Bergsten et al. (2012) observaram que espécies que apresentam elevadas distância geográfica, resultam em maiores divergências intraespecíficas, nas análises realizadas com *DNA barcoding*, isso possa ser devido a expansão da escala geográfica da amostragem. Essas diferenças já foram relatadas para peixes, e podem estar refletidas em um isolamento genético, conforme demonstrado para peixes oceânicos com distribuição no Atlântico e Pacífico (Bass et al., 2005).

Rocha et al. (2008) sugerem, através do estudo realizado com o gênero *Haemulon*, que além de outras barreiras biogeográficas a formação do Istmo do Panamá, uma barreira vicariante, tenha contribuído para a especiação alopátrica do grupo, ocorrentes no Pacífico.

Jordan (1908) ressaltou o termo ‘espécies geminadas’, para espécies que tiveram sua distribuição interrompida pela formação do Istmo do Panamá, as quais não necessariamente precisem apresentar caracteres morfológicos idênticos, mas uma relação de parentesco entre elas. Yvette et al. (2010) em seus resultados observaram sete espécies do gênero *Holancathus*, em suas análises verificaram a origem do gênero e notaram que as sete espécies resultam num complexo de ‘espécies geminadas’ (Jordan, 1908), e esta especiação ocorreu provavelmente após o fechamento do Istmo do Panamá, tanto no Caribe e Pacífico.

Cartagena (2016) em seu trabalho com o gênero *Sphoeroides* aplicou esta definição (Jordan, 1980) em sua pesquisa e observou que *S. testudineus* é grupo irmão de *S. annulatus* sendo que a última ocorrência de *S. annulatus* encontrada foi no Pacífico. Em virtude de essas espécies serem irmãs (*S. testudineus*/*S. annulatus*) elas seriam descendentes de uma espécie ancestral, cujas populações restantes no Atlântico e Pacífico, após a formação do Istmo do Panamá, se diferenciaram resultando em duas espécies, porém, Cartagena (2016) afirma que seriam necessárias análises mais detalhadas para confirmar esta definição.

Esta hipótese pode ser aplicada a espécie de *L. surinamensis* aqui estudada, para a qual as populações oriundas do Atlântico e Pacífico, com a formação do Istmo do Panamá, se tornaram isoladas resultando em duas espécies, resultando numa alopatria com divergência genética de 3,0%.

### Subdivisão populacional

Populações consideradas estruturadas caracterizam-se pelo baixo fluxo gênico, pouca migração e pelo acúmulo de mutações. Estudos têm revelado estruturação populacional para várias espécies peixes (Santos et al., 2006; Rodrigues et al., 2014; Silva et al., 2014, Ashe et al., 2015). As distâncias genéticas intraespecíficas encontradas nas espécies *Conodon nobilis*, *Haemulon aurolineatum*, *Trachinotus carolinus* e *Sphoeroides testudineus* foram menores que 2%, ilustrando a efetividade do DNA *barcoding* para identificação de subdivisões populacionais, mostrando um indício de isolamento populacional para esses peixes, embora nem sempre essas situações ocorram (Rodríguez-Rey et al., 2014; Da Silva et al., 2015; Souza et al., 2015).

Muitos pesquisadores discutem que alguns fatores tais como: circulação das correntes marinhas, eventos paleogeográficos (ciclos glaciais) ocorridos do Pleistoceno, barreiras biogeográficas e a biologia das espécies, principalmente a dispersão de larvas e juvenis (Santos et al., 2006; Rodrigues et al., 2014; Rodríguez-Rey et al., 2014; Silva et al., 2014; Ashe et al., 2015; Da Silva et al., 2015; Souza et al., 2015), podem influenciar no fluxo gênico, na migração, na captura de alimento e reprodução das espécies marinhas, levando possivelmente a uma estruturação populacional e até a formação de novas espécies.

Nunes et al. (2009) analisando uma espécie de coral, *Montastraea cavernosa* Linnaeus, 1767, dentro do Oceano Atlântico, perceberam que a pluma dos rios Amazonas-Orinoco (AOP), que separa a região do Caribe da costa do Brasil, e a Barreira do Atlântico Central (MAB) localizada em águas profundas do Atlântico divide duas regiões do oceano e estão influenciando na estruturação genética encontradas nas populações desta espécie de coral.

Sob uma ótica evolutiva, essas barreiras podem eventualmente impulsionar a especiação de populações isoladas de uma espécie ancestral com ampla distribuição, conforme visto em peixes recifais do gênero *Clepticus*, onde as três espécies endêmicas localizadas no Caribe, Brasil e Atlântico Oriental, evoluíram separadamente em virtude sugerível das restrições acarretadas pelas barreiras AOP e MAB (Beldade et al., 2009).

Rocha et al. (2002) destacam que embora muitos peixes de recife do oceano Atlântico tropical estejam amplamente distribuídos, existem grandes discontinuidades que podem influenciar fortemente os padrões filogeográficos, tais como a barreira biogeográfica AOP. Os resultados de divergência genética das espécies *C. nobilis* (Haemulidae), *T. carolinus* (Carangidae), *S. testudineus* (Testudineus) demonstram que a barreira AOP, permeável, pode estar influenciando na estruturação populacional.

Ainda neste trabalho, eles observaram que as características desta barreira: água turva, a baixa salinidade e o substrato lamoso, poderiam ocasionar uma redução da conectividade das espécies associadas à região do Caribe e da costa Nordeste do Brasil, caracterizadas por águas claras e salinas, e possivelmente resultando em novas populações. Essas observações puderam ser validadas em outro trabalho (Osmar et al., 2011) quando foram examinadas 985 espécies de peixes recifais tropical correlacionando as populações ali estabelecidas a Pluma do Amazonas/Orinoco, influenciando principalmente a dispersão de larvas e juvenis de peixes de recifes.

Todos estes trabalhos sugerem que a pluma do Orinoco-Amazonas seja uma importante barreira ao fluxo gênico, responsável pelo endemismo de importantes espécies do Atlântico tropical (Joyeux et al., 2001; Rocha, 2003; Floeter et al., 2008). Estas observações puderam explicar os possíveis resultados encontrados aqui para as espécies *C. nobilis* (Haemulidae), *T. carolinus* (Carangidae), *S. testudineus*

(*Testudineus*) e *H. aurolineatum* (Haemulidae), apresentando um importante indício que essas barreiras influenciam na dispersão dessas espécies.

Cartagena (2016) trabalhou com o gênero *Sphoeroides* (Tetraodontidae) especificamente a espécie de nosso estudo, *S. testudineus*, em análises populacionais e filogeográficas utilizando marcadores mitocondriais e a região controle do DNA mitocondrial (RC), e os resultados demonstraram estruturação populacional de *S. testudineus*, observando-se dois haplogrupos, correspondentes à distribuição Norte-Sul da espécie. Demonstrou-se ainda um possível processo de recente expansão demográfica, provavelmente relacionada a eventos paleogeográficos do Pleistoceno/Holoceno, que modificaram o cenário ocupado por essa espécie.

Purcell et al. (2006) verificaram, para a espécie caribenha *Haemulon flavolineatum*, que, apesar do isolamento das populações pela distância, o curto período pelágico larval dessa espécie e a grande retenção das larvas em recifes naturais é notório a existência de fluxo gênico entre populações vizinhas favorecendo a existência de uma alta conectividade entre as populações através de dispersão larval do tipo *slepping-stone*.

Resultado este pode ser aplicado para espécie *H. aurolineatum* que apresenta ampla distribuição no oceano Atlântico Ocidental, realiza períodos de migração na fase de reprodução no ambiente marinho e seus ovos pelágicos são levados pelas correntes marítimas ao decorrer da costa do Brasil, foi possível observar fluxo gênico nos espécimes estudados.

Uma segunda característica interessante observada foi nos cinco espécimes caribenhos de *H. aurolineatum*, esses indivíduos não se agruparam com os demais espécimes que ocorrem no oceano Atlântico Ocidental Norte e Sul (Figura 7), apresentando divergência genética entre esse grupo de 2%.

Motta (2010) trabalhando com o gênero *Haemulon* conclui que as condições do ambiente, influenciadas pelas barreiras biogeográficas uniformemente distribuídas em largas áreas coletivas, poderiam influenciar no fluxo gênico entre as populações das espécies do gênero *Haemulon*. Tal efeito pode ser observado para a espécie deste gênero *H. aurolineatum*, que barreiras biogeográficas estejam influenciando na separação dos espécimes caribenhos com os demais do oceano Atlântico Ocidental Norte Sul.

## 5. Conclusões

1 O *DNA Barcoding* foi satisfatório para identificação das 10 espécies de peixes estuarino-marinhos do litoral do Brasil e sugeriu que possíveis populações possam estar ocorrendo.

2. As barreiras biogeográficas do oceano Atlântico Ocidental influenciam na dispersão e no ciclo de vida das espécies *Conodon nobilis*, *Trachinotus carolinus*, *Sphoeroides testudineus*, *Haemulon aurolineatum* e *Chaetodipterus faber*.

3. A formação do Istmo do Panamá resultou numa especiação alopátrica para espécie *Lobotes surinamensis*.

4. As espécies *Hemicaranx amblyrhynchus*, *Selene vomer* e *Nebris microps* aparentemente transpõem as barreiras biogeográficas, evitando um isolamento genético.

## 6. Referências

- ABLE, K. W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 64: 5-17. 2005.
- ACHA, E.M., MIANZAN, H., GUERRERO, R.A., FAVERO, M. E BAVA, J. Marine fronts at the continental shelves of austral South. America physical and ecological processes. **Journal of Marine Systems** 44, 83-105. 2004.
- ALLMON W. D., Nutrients, temperature, disturbance, and evolution: A model for the late Cenozoic marine record of the western Atlantic. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.** 166, 9–26. 2001.
- AMORIM, D. S.; PIRES, M. R. S. Neotropical biogeography and a method for maximum biodiversity estimation. In: BICUDO, C. E. M.; MENEZES, N. A. **Biodiversity in Brazil: a first approach: proceedings**. São Paulo: CNPq. p. 183-219. 1996.
- ARAÚJO, F.G. & DE AZEVEDO, M.C.C. Assemblages of Southeast-South Brazilian coastal systems based on the distribution of fishes. **Estuarine Coastal and Shelf Science** 52: 729-738. 2001.
- ASHE, J. L. ET AL. Local population structure and context-dependent isolation by distance in a large coastal shark. **Marine Ecology Progress Series**, v. 520, p. 203, 2015.
- AVISE, R.M., BERMINGHAM, E., LAMB, T., NEIGEL, J.E., REEB, C.A. & SAUNDERS, N.C. Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between Population genetics and systematics. *Annu. Rev. Ecology. Syst.* 18:489-522. 1987.
- AVISE, J.C., HAIG, S.M., RYDER, O.A., LYNCH, M. & GEYER, C.J. Descriptive genetic studies: applications in population management and conservation biology. In: Ballou, J.D. & Fose, T.J. (Ed.) *Population management for survival and recovery*. **Columbia University Press**, New York, p.183-244. 1995.
- BAKER, C. S. A truer measure of the market: the molecular ecology of fisheries and wildlife trade. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 18, p. 3985-3998, 2008.
- BAKER, A. J.; TAVARES, E. S.; ELBOURNE, R. F. Countering criticisms of single mitochondrial DNA gene barcoding in birds. **Molecular Ecology Resources**, v. 9, n. s1, p. 257-268, 2009.
- BALLARD, J. W. O.; WHITLOCK, M. C. The incomplete natural history of mitochondria. **Molecular Ecology**, v. 13, n. 4, p. 729-744, 2004.
- BASS, A. L. ET AL. Evolutionary divergence among lineages of the ocean sunfish family, Molidae (Tetraodontiformes). **Marine Biology**, v. 148, n. 2, p. 405-414, 2005.

BELDADE, R.; HEISER, J.B.; ROBERTSON, D.R.; GASPARINI, J.L.; FLOETER, S.R. & BERNARDI, G. Historical biogeography and speciation in the Creole wrasses (Labridae, *Clepticus*). **Marine Biology**, v. 156, p. 679-687, 2009.

BELLINGER, J. W. & AVAULT, J. W. Food habits of juvenile pompano. *Trachinotus carolinus*, in Louisiana. **Transactions of the American Fisheries Society** 100(3):486-494. 1971.

BERGSTEN, J. ET AL. The effect of geographical scale of sampling on DNA barcoding. **Systematic biology**, p. sys037, 2012.

BERNARDES, R.A., MELLO, G.P.M.B. & CERGOLE, M.C. *Helicolenus lahillei* (Norman, 1937), em Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. Editores: Cergole, M. C.; Ávila-da-silva, A. O. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. Série Documentos **Revizee- Score Sul**. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, p.1-176. 2005.

BERMINGHAM, E, MCCAVERY SS, MARTIN AP Fish biogeography and molecular clocks: perspectives from the Panamanian Isthmus. In: Kocher TD, Stepien CA (eds) **Molecular systematics of Wshes**. Academic, New York, pp 113–128. 1997.

BRANDÃO, J.H.S.G., et al. DNA barcoding of coastal ichthyofauna from Bahia, northeastern Brazil, South Atlantic: High efficiency for systematics and identification of cryptic diversity. **Biochemical Systematics And Ecology**, v. 65, p.214-224, abr. 2016.

CARPENTER K. E. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication Rome. **Kyphosidae. Sea chubs**. In K.E. Carpenter (ed). p.;p. 1375-2127. 2002.

CARPENTER, K. E. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication Rome. **Kyphosidae. Sea chubs**. In K.E. Carpenter (ed). p. 1684-1689. 2003.

CARTAGENA, B. F. C, Contribuição ao conhecimento da filogenia do gênero *Sphoeroides*, à filogeografia da espécie *Sphoeroides testudineus*, e à identificação de espécies na família tetraodontidae tetraodontiformes). **Dissertação de Doutorado. Universidade federal do Pará**,113p, 2016.

CARVALHO-FILHO, A. Peixes da costa brasileira. 1nd Edição, **Editora Marca D'Água Ltda**. São Paulo, SP. p. 304, 1994.

CARVALHO, D. C., OLIVEIRA, D. A., POMPEU, P. S., LEAL, C. G., OLIVEIRA, C., & HANNER, R. Deep barcode divergence in Brazilian freshwater fishes: the case of the São Francisco River basin. **Mitochondrial DNA**, 22(S1), 80-86. 2011.

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., SAMPAIO, C.L.S. & PAIVA, M.I.G. First report of *Macruronus novaezelandiae* (Gadiformes: Merluccidae: Macruroninae) from Atlantic tropical waters. **Marine Biodiversity Records** 4:3. 2011.

CASTRO, B.M. & MIRANDA, L.B. Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, coastal segment (4,W). In: Robinson, A.R. & Brink, K.H. **The Sea**. 209-251. 1998

CERVIGÓN, F.; CAPRIANI, F.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G. & RODRIGUEZ, B. Field Guide to the Commercial marine and Brackish-water Resources of the Northern Coast of South America. Rome; **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 1993.

CHAO, N. L. A basis for classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **NNOA Tech. Rep. Circ.** 415, 1–65. 1978.

CHAO, N. L. A synopsis on zoogeography of Sciaenidae. In: **Indo-Pacific Fish Biology Proceedings of the Second Indo-Pacific Fish Conference**, July 28–August 3, 1985, Tokyo, Japan, pp. 570–589. 1986

CHAGAS, L.P. Aspectos zoogeográficos da ictiofauna estuarina na costa leste das américas (oceano atlântico centro – sul). **Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo**, 36p. 2005.

CLARE, E. L., B. K. LIM, M. D. ENGSTROM, J. L. EGER AND P D. N. HEBERT. DNA barcoding of Neotropical bats: species identification and discovery within Guyana. **Molecular Ecology Notes** 7, 184–190. 2007.

COSTA, E. A., & FIGUEIREDO Jr, A. G. Echo-character and sedimentary processes on the Amazon continental shelf. **An. Acad. Bras. Ciênc.** V. 70, nº 2, p. 187 – 200. 1998.

CUMMINGS, M. Researchers Discover a New Way Fish Camouflage Themselves in the Ocean. UT News. N.p., 4 June 2013. CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. D. E. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S coastal segment (4,W). In: **The Sea**. VII (eds Robinson, A. R.; Brink, K. H.), pp. 209–251. New York: John Wiley & Sons, 1998.

CUVIER, G. L. C. F. D & VALENCIENNES, A. **Histoire Natural des Possions**. Vol II, pp 1-490, Paris, 1828.

DA SILVA, R. et al. High Levels of Genetic Connectivity among Populations of Yellowtail Snapper, *Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae–Perciformes), in the Western South Atlantic Revealed through Multilocus Analysis. **PloS one**, v. 10, n. 3, p. e0122173, 2015.

DALLAS WORLD AQUARIUM .– Selene vomer. **Lookdown Fish**. 2016.

DRUMMOND A, RAMBAUT A. BEAST: Bayesian evolutionary analysis by sampling

trees. **BMC Evol Biol.**, 8(7): 214. 2009.

EBERT, K. AQUALOG, The Puffers of Fresh and Brackish Waters: **AQUALOG Reference Books**. Verlag A.C.S. GmbH., 2001.

ESCHMEYER, W.N., FONG, J.D. **Species by Family/Subfamily**. (accessed 20.10.17). 2017.

ESPÍRITO-SANTO, R.V., ISAAC, V.J., SILVA, L.M.A., MARTINELLI, J.M., HIGUCHI, H., PAUL, U.S. Peixes e camarões do litoral bragantino, Pará, Brasil. Belém: **Programa Madam, Manejo e Dinâmica de Áreas de Manguezais**, 1, 268p . 2005.

FALCÃO, M. G. A ictiofauna em planícies de maré nas Baías das Laranjeiras e de Paranaguá, Paraná. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Paraná, 96p. 2004.

FEITOZA, B.M. Composição e estrutura de comunidade de peixes recifais da Risca do Zumbi, Rio Grande do Norte. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal da Paraíba, 127 p., João Pessoa, 2001.

FEITOZA, B.M.; DIAS, T.L.P. & ROSA, R.S. Occurrence of *Microgobius carri* Fowler 1945 (Teleostei: Gobiidae) in the coast of Paraíba, northeastern Brazil, with notes on its ecology. **Rev. Nord. Biol.**, v. 1, n.15, p. 91-96. 2001.

FEITOZA, B.M.; ROSA, R.S. & ROCHA, L.A. Ecology and zoogeography of deep reef fishes in northeastern Brazil. **Bull. Mar. Sci.**, v. 76, p. 725-742, 2005.

FELSENSTEIN J. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. **Evolution**, 39(4): 783-791. 1985.

FERREIRA, B.P.; MAIDA, M. & SOUZA, A.E.T. Levantamento inicial das comunidades de peixes recifais da região de Tamandaré-Pernambuco. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 3, n.1, p. 211-230, 1995.

FERREIRA, B.P. & CAVA, F. Ictiofauna marinha da APA Costa dos Corais: lista de espécies através de levantamento da pesca e observações subaquáticas. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 9, n.1, p. 167-180, 2001.

FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A. & COUTINHO, R. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. **Environ. Biol. Fishes**, v. 61, p. 353-369, 2001.

FIGUEIREDO, J.L. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, raias e quimeras. São Paulo, **Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. 104p. 1977.

FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). **Universidade de São Paulo**, São Paulo. 1978.

FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). **Universidade de São Paulo**, São Paulo. 1980.

FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). **Universidade de São Paulo**, São Paulo. 2000.

FIGUEIREDO J.L., SANTOS, A.P., YAMAGUTI, N., BERNARDES, R.A. & ROSSIWONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: Levantamento com Rede de Meia Água. São Paulo: **EDUSP**, p.1-244.2002.

FISCHER, L.G.; L.E.D. PEREIRA & J.P. VIEIRA. Peixes estuarinos e costeiros. Rio Grande, **Editora Ecoscientia**, Série Biodiversidade do Atlântico Sudoeste, 127p. 2011.

FLOETER, S.R. & GASPARINI, J.L. The Brazilian endemic reef fishes. **Coral Reefs**, v. 19, p. 281-292, 2001.

FLOETER, S.R.; GUIMARÃES, R.Z.P.; ROCHA, L.A.; FERREIRA, C.E.L.; RANGEL, C.A. & GASPARINI, J.L. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecol. Biogeogr.**, v. 10, n.4, p. 423-433, 2001.

FLOETER, S. R. ET AL. Atlantic reef fish biogeography and evolution. *J. Biogeogr.* 35, 22–47. (doi:10.1111/j. 1365-2699.2007.01790.x). 2008.

FREITAS, A.S. SILVA, R.SAMPAIO, I. SCHNEIDER, H. The mitochondrial control region reveals genetic structure in southern kingcroaker populations on the coast of the Southwestern Atlantic. **Fisheries Research** 191 (2017) 87–94, 2017.

FISHBASE [<http://www.fishbase.org>] (acesso: 22/10/17).

FOWLER, H.W. A collection of fresh-water fishes obtained in eastern Brazil by Dr. Rodolpho von Ihering. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia** v. 93: 123-199.1941.

GOMES, U.L.; ROSA, R.S. & GADIG, O.B.F. *Dasyatis marianae* sp. n.: a new specie of stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from southwestern Atlantic. **Copeia**, v. 2, p. 510-515, 2000.

GUILHAM, N.W. Organelle Genes and Genomes. **Oxford University Press**, 440p. 1994.

GUIMARÃES, R.Z.P. Three new records of marine gobiid fishes (Teleostei: Gobiidae) from Southeastern Brazil. **Rev. Fr. Aquariol.**, v.23, n.2, p.64-68, 1996.

GUIMARÃES-COSTA, A., VALLINOTO, M., GIARRIZZO, T., PEZOLD, F., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I. Molecular evidence of two new species of *Eleotris* (Gobiiformes: Eleotridae) in the western Atlantic. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 98 52–56. 2016.

HAJIBABAEI, M.; SINGER, G. A.; HEBERT, P. D.; HICKEY, D. A. DNA barcode: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. **Trends in Genetics**, v. 23, n. 4, p. 167-72. 2007.

HEADS, M. Towards a panbiogeography of the seas. **Biological Journal of the Linnean Society** 84, 675-723. 2005.

HEEMSTRA P. C, Ehippidae. In: Carpenter KE and Niem VH (eds) FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals, Volume 6, pp 3611–3622, **FAO**, Rome. 2001.

HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A.; BALL, S. L.; DEWAARD, J. R. Biological identifications through DNA barcodes. **Proc. R. Soc. Lond. B**, v. 270, p. 313-321. 2003a.

HEBERT, P. D. N.; RATNASINGHAM, S.; DEWAARD, J. R. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. **Proc. R. Soc. Lond. B**, v. 270 (Suppl.), p. S96-S99. 2003b.

HOLMESA B. H., D. STEINKEB, R. D.WARDA. Identification of shark and ray fins using DNA barcoding. **Fisheries Research** 95 280–288. 2009.

HOSTIM-SILVA M, ANDRADE AB, MACHADO LF, GERHARDINGER LC, DAROS FA, BARREIOS JP, ET AL. Peixes de Costão Rochoso de Santa Catarina: I. **Arvoredo**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí; 2006.

IVANOVA, NV, DEWAARD JR E, HEBERT PDN. An inexpensive, automationfriendly. 2006.

ISAAC, V.J. & BRAGA, T.M.P. Rejeição de pescado nas pescarias da região Norte do Brasil. **Fortaleza**, p. 39-54. 1999.

JACKSON, J. B. C, JUNG. P, COATES. A. G, COLLINS L. S, Diversity and extinction of Tropical American mollusks and emergence of the Isthmus of Panama. **Science** 260, 1624–1626. 1993.

JORDAN, D. S. The law of geminate species. **The American Naturalist**, v. 42, n. 494, p. 73-80, 1908.

JOYEUX, J. C., FLOETER, S. R., FERREIRA, C. E. L. & GASPARINI, J. L. Biogeography of tropical reef fishes: the South Atlantic puzzle. **J. Biogeogr.** 28, 831–841. (doi:10.1111/j. 1365-2699.2001.00602.x). 2001.

KARAHAN A, J DOUEK, G PAZ, N STERN, AE KIDEYS, L SHAISH, M GOREN & B RINKEVICH. Employing DNA barcoding as taxonomy and conservation tools for fish species censuses at the southeastern Mediterranean, a hot-spot area for biological invasion. **Journal for Nature Conservation** 36: 1-9. 2017.

KLEIN-MACPHEE, G., COLLETTE, B. B., AND KLEIN-MACPHEE, G. (eds.) Jacks: Family Carangidae. Bigelow and Schroeder's Fishes of the Gulf of Maine, **Third Edition**. 411-427. 2002.

KIMURA, M. 'A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences', **Jornal. Molecular. Evolution.**, Vol. 16, pp. 111–120. 1980

KIMURA, S., K. KATAHIRA, AND K. KURIIWA. The red-fin *Decapterus* group (Perciformes: Carangidae) with the description of a new species, *Decapterus smithvanizi*. **Ichthyol. Res.** 60: 363–379. 2013.

KNOPPERS, B.; EKAU, W, FIGUEIREDO Jr, A. G. & SOARES-GOMES, A. Zona Costeira e Plataforma Continental do Brasil. In: Crespo Pereira, R. & Soares-Gomes, A. Biologia Marinha. **Editora Interciência**, Rio de Janeiro, 382 pp.

KNOWLTON, N, WEIGT LA New dates and new rates for divergence across the Isthmus of Panama. **Proc R Soc Lond B** 265:2257–2263.1998.

LAKRA, W. S.; VERMA, M. S.; GOSWAMI, M.; LAL, K. K.; MOHINDRA, V.; PUNIA, P.; GOPALAKRISHNAN, A.; SINGH, K. V.; WARD, R. D.; HEBERT, P. DNA barcoding Indian marine fishes. **Molecular Ecology Resources**, v. 11, n. 1, p. 60-71, Jan 2011.

LESSA, R., NÓBREGA, M.F. Guia de identificação de peixes marinhos da Região Nordeste. **Programa REVIZEE, Score-NE**. Recife, PE, Brazil, 2000.

LESSIOS, H.A, KESSING BD, PEARSE JS. Population structure and speciation in tropical seas: global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. **Evolution** 55:955–975. 2001a.

LINDEMAN, K. C, TOXEY. C Haemulidae, In: Carpenter, K. E. (Ed) FAO Species Identification. Guide for fishery Purposes The living Marine Resources of the Western Central Atlantic. **Food and Agriculture Organization of the United nations**, Rome 1522-1550. 2002.

LIMA-FILHO, P.A., ROSA, R.S., SOUZA, A.S., COSTA, G.W.W.F., OLIVEIRA, C., MOLINA, W.F. Evolutionary diversification of Western Atlantic *Bathygobius* species based on cytogenetic, morphologic and DNA barcode data. **Rev. Fish. Biol. Fisheries**, 26:109–121. 2016.

LUCAS, A.J., GUERRERO, R.A., MIANZAN, H.W., ACHA, E.M. E LASTA, C.A. Coastal oceanographic regimes of the northern Argentine continental shelf (34-43 S). **Estuarine Coastal and Shelf Science** 65, 405-420. 2005.

MACDONALD, J.; SHAHRESTANI, S.; WEIS, J. Behavior and space utilization of two common fishes within Caribbean mangroves: implications for the protective function of mangrove habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 84, n. 2, p. 195-201, 2009.

- MACHADO, L. F., DAMASCENO, J. S., BERTONCINI, A. A., TOSTA, V. C., FARRO, A. C., SILVA, M. H., OLIVEIRA, C. Population genetic structure and demographic history of the spadefish, *Chaetodipterus faber* (Ephippidae) from Southwestern Atlantic. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 487, 45–52. 2016.
- MAIDA, M. & FERREIRA, B.P. Coral reefs of Brazil: an overview. p. 263-74. Vol. 1. *In: Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. 1997.
- MARCENIUK, A.P.; BETANCUR-R., R.; ACERO-P.A. & MURIEL-CUNHA, J. Review of the Genus *Cathorops* (Siluriformes: Ariidae) from the Caribbean and Atlantic South America, with Description of a New Species. **Copeia** 2012, 77–97.2012.
- MARCENIUK, A.P.; ACERO-P. A; BETANCUR-R., R.; Taxonomic revision of the New World genus *Ariopsis* Gill (Siluriformes; Ariidae), with description of two New Species. **Zootaxa**, 001-042. 2017.
- MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. **Systematic conservation planning**. Nature, 405:243-253. 2000.
- MARKO, P. B. ET AL. **The Expansion–Contraction“model of Pleistocene biogeography: rocky shores suffer a sea change?”** Molecular Ecology, v. 19, n. 1, p. 146-169, 2010.
- MATSUURA, K. Taxonomy and systematics of tetraodontiform fishes: a review focusing primarily on progress in the period from 1980 to 2014. **Ichthyological Research**, v. 62, n. 1, p. 72-113, 2015.
- MARTINS-JURAS, I.A.G.M., JURAS, A.A., MENEZES, N.A. Relação preliminar dos peixes da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 4(2):105–113. 1987.
- MCEACHRAN AND FECHHELM. Lookdown - **Selene vomer**. Encyclopedia of Life. 2005.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). São Paulo, **Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. 96p. 1980.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). **Universidade de São Paulo, São Paulo**. 1985.
- MENEZES, N.A., BUCKUP, P.A., FIGUEIREDO, J.L. & MOURA, R.L. Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 159p. 2003.
- MIRANDA RIBEIRO, A. DE Fauna brasiliense. Peixes. Tomo V. [Eleutherobranchios aspirophoros]. Physoclisti. Arquivos do Museu Nacional de Rio de Janeiro, 17, [1–679] or 755 pp. with title pages, 31 Pls., 3 tabs. [Serranidae, Haemulidae and Sciaenidae

published in 1913; issued in parts by family(ies). Not continuously paginated, plates unnumbered. Dates established from Miranda Ribeiro (1918)] [ref. 3711]. 1913–15.

MIRANDA, P. M; MARQUES, C. A, Abordagens atuais em biogeografia marinha, Revista da Biologia, vol. **Esp. Biogeografia**:41-48, 2011.

MMA. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. 2002b. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. **Série Biodiversidade**, 5. 404p. 2002 a.

MMA. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Áreas Prioritárias para a Conservação Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA n. 09, de 23 de janeiro de 2007. **Série Biodiversidade**, 31. 300p. 2007.

MOTTA, N. C. C. DA. Haemulidae, modelo cariotípico de estase evolutiva. 2011. 117 f. **Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática)** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MOURA, R.L.; GASPARINI, J.L. & SAZIMA, I. New records and range extensions of reef fishes in the Western South Atlantic, with notes on reef fish distribution in Brazilian coast. **Revista. Brasileira. Zoologia.**, v. 16, n. 2, p. 513-530, 1999.

MOURA, R.L. & CASTRO, R.M.C. Revision of Atlantic sharpnose pufferfishes (Tetraodontiformes: Tetraodontidae: Canthigaster) with description of three new species. **Proc. Biology. Socied. Wash.**, v.115, p.32-50, 2002.

MOURA, R.L. & LINDERMAN, K.C. A New species of snapper (Perciformes: Lutjanidae) from Brazil, with comments on the distribution of *Lutjanus griseus* and *L. apodus*. **Zootaxa**, v. 1422, p. 31-43, 2007.

MOURA, J.L. & SAZIMA, I. A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* (Valenciennes, 1840). **B. Mar. Sci.** 68(3):505-524. 2001.

MOURA RL, AMADO-FILHO GM, MORAES FC, BRASILEIRO PS, SALOMON PS, MAHIQUES MM, BASTOS AC, ALMEIDA MG, SILVA JM, ARAÚJO BF, BRITO FP, RANGEL TP, OLIVEIRA BCV, BAHIA RG, PARANHOS RP, DIAS RJS, SIEGLE E, FIGUEIREDO AG JR, PEREIRA RC, LEAL CV, HADJU E, ASP NE, GREGORACCI GB, NEUMANN-LEITÃO S, YAGER PL, FRANCINI-FILHO RB, FRÓES A, CAMPEÃO M, SILVA BS, MOREIRA APB, OLIVEIRA L, SOARES AC, ARAUJO L, OLIVEIRA NL, TEIXEIRA JB, VALLE RAB, THOMPSON CC, REZENDE CE, THOMPSON FL. An extensive reef system at the Amazon River mouth. **Sci Adv** 2, e1501252. 2016.

MYERS, A.A. Biogeographic barriers and the development of marine biodiversity. **Estuarine, Coastal and Shlef Science** 44, 241-248. 1997.

NASH, W.G., WIENBERG, J., FERGUSON-SMITH, M.A., MENNINGER, J.C. & O'BRIEN, S.J. Comparative genomics: Tracking chromosome evolution in the family Ursidae using reciprocal chromosome painting. **Cytogenet. Cell Genet.** 83:182-192. 1998.

NELSON, J. S. Fishes of the world,. John Wiley & Sons, New York, 2nd ed, 1984.YAMANOUE, Y. ET AL. Multiple invasions into freshwater by pufferfishes (Teleostei: Tetraodontidae): a mitogenomic perspective. **PLoS One**, v. 6, n. 2, p. e17410, 2011.

NUNES, F.; NORRIS, R.D. & KNOWLTON, N. Implications of isolation and low genetic diversity in peripheral populations of an amphi-Atlantic coral. **Mol. Ecol.**, v. 18, p. 4283-4297, 2009.

O'DEA, A, JACKSON. J. B. C., FORTUNATO. H, SMITH. J. T, D'CROZ. L, JOHNSON. K. G, TODD. J. A, Environmental change preceded Caribbean extinction by 2 million years. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 104, 5501–5506. 2007.

O'DEA. A, JACKSON, J., Environmental change drove macroevolution in cupuladriid bryozoans. **Proc. Biol. Sci.** 276, 3629–3634.2009.

O'DEA, A.; LESSIOS, H.A.; COATES, A.G.; EYTAN, R.I.; RESTREPO-MORENO, S.A.; CIONE, A.L.; COLLINS, L.S.; QUIROZ, A.; FARRIS, D.W.; NORRIS, R.D.; STALLARD, R.F.; WOODBURN, M.O.; AGUILERA, O.; AUBRY, M.P.; BERGGREN, W.A.; BUDD, A.F.; COZZUOL, M.A.; COPPARD, S.E.; DUQUE-CARO, H.; FINNEGAN, S.; GASPARINI, G.M.; GROSSMAN, E.L.; JOHNSON, K.G.; KEIGWIN, L.D.; KNOWLTON, N.; LEIGH, E.G.; LEONARD-PINGEL, J.S.; MARKO, P.B.; PYENSON, N.D.; RACHELLO-DOLMEN, P.G.; SOIBELZON, E.; SOIBELZON, L.; TODD, J.A.; VERMEIJ, G.J.; JACKSON, J.B.C. Formation of the Isthmus of Panama. **Science Advances**, 2 : e1600883. 2016.

OLIVEIRA, A. M. E. D. Distribuição dos peixes dos estuários do nordeste brasileiro de acordo com a salinidade. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 79p. 1979.

OSMAR, L.J., MADIN, J.S, ROBERTSON, D.R., ROCHA, L.A., WIRTZ, P., FLOETER, S.R. Ecological traits influencing range expansion across large oceanic dispersal barriers: insights from tropical Atlantic reef fishes. **Proc. R. Soc. B** 2012 279:1033-1040. 2011.

PAIM, G. F; BRANDÃO. G. S. H. J; SAMPAIO, E; AFFONSO. MELLO, A. R. P; DINIZ, D. Genetic identification of bucktooth Sparison radions (Valenciennes, 1840) (Labride, Scarinae) by cromossomal and molecular genetic. **Genetics and Molecular Biology**, 31, 646-451. 2014.

PANPROMMIN, D. N. P. Asesesment of the DNA Barcoding for identification of *Trigonostigma somphongsi*, a critically endangered species in Thailand. **Biochemical. Ssys. And Ecology**. Vol 70. Pp, 200-204. 2017.

- PEREIRA, L. H., PAZIAN, M. F., HANNER, R., FORESTI, F., & OLIVEIRA, C. DNA barcode reveals hidden diversity in the Neotropical freshwater fish *Piabina argentea* (Characiformes: Characidae) from the Upper Paraná Basin of Brazil. **Mitochondrial DNA**, 22(S1), 87-96. 2011.
- PEREIRA, L. H., HANNER, R., FORESTI, F., & OLIVEIRA, C. CAN. DNA barcode accurately discriminate megadiverse Neotropical freshwater fish fauna? **BMC Genetics**, 14(1), 20. 2013.
- PRATES, A.P.L. Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras. (Ed.). **2ª ed. Ministério do Meio Ambiente**, Brasília. 232p. 2006.
- PURCELL, J. F.H, COWER, R. K, HUGHES, C. WILLIAMS, D. Weak genetic structure indicates strong dispersal limits: a tale of two coral reef. **Fish Proceedings of the Royal Society B**. 273: 1483-1490. 2006.
- RATNASINGHAM, S., & HEBERT, P. D. A DNA-based registry for all animal species: The Barcode Index Number (BIN) System. **PLoS One**, 8(7), e 66213. 2013.
- RIBEIRO, A.L.R. Ocorrência e distribuição da ictiofauna estuarina brasileira. **Monografia de Especialização em Biologia Marinha**, Departamento de Biologia, Universidade de Taubaté, p.1-87. 2007.
- RIBEIRO, A.D.O., CAIRES, R.A., MARIGUELA, T.C., PEREIRA, L.H.G., HANNER, R., OLIVEIRA, C., DNA barcodes identify marine fishes of São Paulo State, Brazil. **Mol. Ecol. Resour.** 12 (6), 1012–1020. 2012.
- ROBERTSON, D. R., KARG, F., MOURA, R. L., VICTOR, B. C. & BERNARDI, G. Mechanisms of speciation and faunal enrichment in Atlantic parrotfishes. **Molecular. Phyl. Evolution**. 40, 795–807. (doi:10.1016/j.ympev.2006.04.011). 2006.
- ROCHA, L.O.F. & COSTA, P.A.S. Manual de Identificação de Peixes Marinhos para a Costa Central. **Programa REVIZEE / SCORE-Central**, p.1-70. 1999.
- ROCHA, L.A. & ROSA, I.S. Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luiz Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. **Journal of Fish Biology**, 58: 985-998. 2001.
- ROCHA, L.A.; GUIMARÃES, R.Z.P. & GASPERINI, J.L. Redescription of the Brazilian Wrasse *Thalassoma noronhanum* (Boulenger, 1890) (Teleostei: Labridae). **J. Ichthyol. Aquat. Biol.**, v. 4, n.3, p. 105-108, 2001.
- ROCHA, L. A.. BASS, A.L., ROBERTSON, D.R., BOWEN, B.W. Adult habitat preferences, larval dispersal, and the comparative phylogeography of three Atlantic surgeonfishes (Teleostei: Acanthuridae). **Mol. Ecol.** 11, 243-252. 2002.
- ROCHA, L. A. Padrões de distribuição e processos de especiação em peixes recifais brasileiros. **Journal of Biogeography**. 30, 1161-1171. Doi: 10.1046 / j.1365-2699.2003.00900.x. 2003.

- ROCHA L. A. Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. **Journal of Biogeography**. 30, 1161–1171. 2003.
- ROCHA L. A, ROBERTSON DR, ROCHA CR, VAN TASSELL JL, CRAIG MT, BOWEN BW. Recent invasion of the tropical Atlantic by an Indo-Pacific coral reef fish. **Mol Ecol** 14:3921–3928. 2005b.
- ROCHA, L. A., CRAIG, M.T., BOWEN, B.W. Phylogeography and the conservation of coral reef fishes. **Coral Reefs** 26, 501-512. 2007.
- ROCHA, L. A & BOWEN, B. W. Speciation in coral reef fishes. **Fish Biol**, 72: 110; 1-21. 2008.
- RODRIGUES, R. ET AL. Mitochondrial DNA reveals population structuring in *Macrodon atricauda* (Perciformes: Sciaenidae): a study covering the whole geographic distribution of the species in the southwestern Atlantic. **Mitochondrial DNA**, v. 25, n. 2, p. 150-156, 2014.
- RODRÍGUEZ-REY, G. T.; SOLÉ-CAVA, A. M.; LAZOSKI, C. Genetic homogeneity and historical expansions of the slipper lobster, *Scyllarides brasiliensis*, in the south-west Atlantic. **Marine and Freshwater Research**, v. 65, n. 1, p. 59-69, 2014.
- ROSA, R. S. & R. L. MOURA. Visual assessment of reef fish community structure in the Atol das Rocas Biological Reserve, off Northeastern Brazil. **Proceedings 8th International Coral Reef Symposium**, Panama, (1):983-986. 1997.
- SACCONE, C., DE GIORGI, C., GISSI, C., PESOLE, G. & REYES, A. Evolutionary genomics in Metazoa: the mitochondrial DNA as a model system. **Gene** 238, 195–209. (doi:10. 1016/S0378-1119(99)00270-X.). 1999.
- SAITOU, N. M. NEI; The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees., **Molecular Biology and Evolution**, Volume 4, Issue 4, 1 July, Pages 406–425. 1987
- SANTOS, F. L. D. B. D. Levantamento da ictiofauna do estuário Rio Formoso através da pesca da camboa – Pernambuco. **Tese de Mestrado**, Universidade Federal de Pernambuco, 78p. 2001.
- SANTOS, S., HRBEK, T., FARIA, I. P., SCHNEIDER, H. & SAMPAIO, I. Population genetic structuring of the king weakfish, *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae), in the Atlantic costa waters of South America: deep genetic divergence without morphological change. **Molecular Ecology**, 15, 4361–4373. 2006.
- SANCIANGCO, M. D., L. A. ROCHA, AND K. E. CARPENTER. A molecular phylogeny of the grunts (Perciformes: Haemulidae) inferred using mitochondrial and nuclear genes. **Zootaxa** 2966:37–50. 2011.
- SASAKI, K., Phylogeny of the family Sciaenidae with notes on its zoogeography (Teleostei, Perciformes). **Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.** 36, 1–137. 1989.

SHARAWY, Z.Z.; ABBAS, E.M.; KHAFAGE, A.R.; GALAL-KHALLAF, A.; ISMAIL, R.F.; AHMED, H.O.; MOHAMMED-GEBA, K.; KATO, M.. Descriptive analysis, DNA barcoding and condition index of Penaeids (Crustacea: Decapoda) from the Egyptian Mediterranean coast. **Fisheries Research**, 188: 6–16. 2017.

SHIPP, R.L.. **The pufferfishes (Tetraodontidae) of the Atlantic Ocean**. Publications of Gulf Coast Research, Laboratory Museum, 41:1-162. 1974.

SHIPP, R.L. **University of South Alabama**, Bony Fishes. USA, 1988.

STRAMMA, L. & ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Ocean. J. Geophys. Res.**, 104: 20863 – 20883. 1999.

STEINKE, D.; ZEMLAK, T. S.; BOUTILLIER, J. A.; HEBERT, P. D. N. DNA barcoding of Pacific Canada's fishes. **Marine Biology**, v. 156, n. 12, p. 2641-2647, 2009a.

STEINKE, D.; ZEMLAK, T. S.; HEBERT, P. D. N. Barcoding nemo: DNA-based identifications for the ornamental fish trade. **PLoS ONE**, v. 4, n. 7, p. e6300, 2009b.

SILVA, G.; HORNE, J. B.; CASTILHO, R. Anchovies go north and west without losing diversity: post-glacial range expansions in a small pelagic fish. **Journal of biogeography**, v. 41, n. 6, p. 1171-1182, 2014.

SOUZA, A. S. D. et al. Wide-range genetic connectivity of Coney, *Cephalopholis fulva* (Epinephelidae), through oceanic islands and continental Brazilian coast. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 121-136, 2015.

TAMURA, K., DUDLEY, J., NEI, M., KUMAR, S., MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. **Molecular Biology and Evolution** 24, 1596–1599. 2007.

TAVERA, J. J., A. ACERO, E. F. BALART, AND G. BERNARDI. Molecular phylogeny of grunts (Teleostei, Haemulidae), with an emphasis on the ecology, evolution and speciation history of New World species. **BMC Evolutionary Biology**, 12:57:1–16. 2012.

TYLER, J. C. A diagnosis of the two species of South American puffer fishes (Tetraodontidae, Plectognathi) of the genus *Colomesus*. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, p. 119-148, 1964.

UYENO, T.; MATSUURA, K. & FUJII, E. Fishes trawled off Surinam and French Guiana. Tokyo, Japan - **Marine Fishery Resource Research Center**. 519p. 1983.

VASKE, T. Jr., LESSA, R.P., NÓBREGA, M., MONTEALEGRE-QUIJANO, S., SANTANA, F.M. & BEZERRA, J.L.Jr. A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **Journal Appl. Ichthyol.** 20, p. 1-5. 2004.

VENDEL, A. L. & P. T. C. CHAVES. Baía de Guaratuba, Paraná: um estudo de caso sobre ictiofauna em estuários. p. 92 – 101. In: CHAVES, P. T. C. & VENDEL, A. L. **Reunião Técnica sobre ictiologia em estuários**. Curitiba. 101p. 2001.

WALPOLE, J. M., MORGAN-DAVIS, M. BETT, P. & LEADER-WILLIAMS, N. Population dynamics and future conservation of a free-ranging black rhinoceros (*Diceros bicornis*) population in Kenya. **Biology. Conserv.** 99:237-243. 2001.

WARD, R. D.; ZEMLAK, T. S.; INNES, B. H.; LAST, P. R.; HEBERT, P. D. DNA barcode Australia's fish species. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. **Series B, Biological Sciences**, v. 360, n. 1462, p. 1847-57, Oct 29. 2005.

WARD, R. D.; HANNER, R.; HEBERT, P. D. The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. **Journal of Fish Biology**, v. 74, n. 2, p. 329-56, Feb 2009.

WARD, R. D. DNA barcode divergence among species and genera of birds and fishes. **Molecular Ecology Resources**, v. 9, n. 4, p. 1077-85, Jul 2009.

XIA, X., Z. XIE, M. SALEMI, L. CHEN, Y. WANG. An index of substitution saturation and its application. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 26, 10-7, 2003.

XIA, X. AND LEMEY, P. Assessing substitution saturation with DAMBE, Pp. 615-630 in Philippe Lemey, Marco Salemi and Anne-Mieke Vandamme, eds. The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to DNA and Protein Phylogeny. 2nd edition **Cambridge University Press**. 2009.

XIA X, XIE Z. DAMBE: Data analysis in molecular biology and evolution. **J Hered.**, 92, 371-373. 2001.

YVETTE, A-C, FLOETER, S. R, ROBERTSON, R, BELLWOD, R. D, BERNARDI, G. Molecular phylogenetics and evolution of Holacanthus angelfishes (Pomacanthidae). **Molecular Phy and Evol.** Vol 56, pp. 456-461. 2010.

## 7. Apêndices

Apêndice 1 – Classificação, dados de coleta, comprimento da sequência do COI (em pb), das 145 indivíduos gerados pelo LBP .

| Sample ID | Catalog Num | Classe         | Ordem       | Família    | Espécie                      | Local de Coleta | Data de coleta | COI(pb) |
|-----------|-------------|----------------|-------------|------------|------------------------------|-----------------|----------------|---------|
| LBPV82350 | LBP21373    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 666     |
| LBPV84616 | LBP22145    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Bragança/PA     | 02/11/2015     | 505     |
| LBPV85978 | LBP22940    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Bragança/PA     | 24/12/2016     | 605     |
| LBPV85965 | LBP22940    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Bragança/PA     | 24/12/2016     | 662     |
| LBPV80211 | LBP20031    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 649     |
| LBPV80212 | LBP20031    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 612     |
| LBPV80213 | LBP20031    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 604     |
| LBPV80214 | LBP20031    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 594     |
| LBPV80215 | LBP20031    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 658     |
| LBPV84288 | LBP23071    | Actinopterygii | Perciformes | Ephippidae | <i>Chaetodipterus faber</i>  | Maceió/AL       | 25/08/2016     | 666     |
| LBPV82529 | LBP21428    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 644     |
| LBPV82530 | LBP21428    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 644     |
| LBPV82531 | LBP21428    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 633     |
| LBPV82532 | LBP21428    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 681     |
| LBPV82533 | LBP21428    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Bragança/PA     | 01/11/2015     | 647     |
| LBPV80131 | LBP19996    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 647     |
| LBPV80132 | LBP19996    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Fortaleza/CE    | 11/07/2015     | 647     |
| LBPV84321 | LBP23171    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Maceió/AL       | 25/08/2016     | 517     |
| LBPV84330 | LBP23072    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Maceió/AL       | 25/08/2016     | 644     |
| LBPV84830 | LBP23154    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Conodon nobilis</i>       | Paripueira/AL   | 25/08/2016     | 644     |
| LBPV19089 | LBP3021     | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i> | Venezuela       | 26/09/2005     | 636     |
| LBPV19090 | LBP3021     | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i> | Venezuela       | 26/09/2005     | 620     |
| LBPV80460 | LBP20683    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i> | Ubatuba/SP      | 25/08/2015     | 636     |
| LBPV80461 | LBP20683    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i> | Ubatuba/SP      | 25/08/2015     | 636     |
| LBPV80872 | LBP21343    | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i> | Mongaguá/SP     | 30/09/2015     | 636     |

### Apêndice 1(continuação)

|           |          |                |             |            |                                 |             |            |     |
|-----------|----------|----------------|-------------|------------|---------------------------------|-------------|------------|-----|
| LBPV80873 | LBP21343 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Mongaguá/SP | 30/09/2015 | 429 |
| LBPV80874 | LBP21343 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Mongaguá/SP | 30/09/2015 | 636 |
| LBPV84384 | LBP23088 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Maceió/AL   | 09/07/2015 | 592 |
| LBPV84384 | LBP23088 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Maceió/AL   | 09/07/2015 | 578 |
| LBPV84385 | LBP23088 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Maceió/AL   | 25/08/2016 | 511 |
| LBPV84386 | LBP23088 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Maceió/AL   | 25/08/2016 | 648 |
| LBPV84359 | LBP23087 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon aurolineatum</i>    | Maceió/AL   | 25/08/2016 | 648 |
| LBPV21079 | LBP3537  | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon steindachneri</i>   | Ubatuba/SP  | 25/05/2006 | 595 |
| LBPV21080 | LBP3537  | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon steindachneri</i>   | Ubatuba/SP  | 25/05/2006 | 648 |
| LBPV80479 | LBP20691 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon steindachneri</i>   | Cananéia/SP | 15/05/2015 | 636 |
| LBPV80806 | LBP21368 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon steindachneri</i>   | Bragança/PA | 01/11/2015 | 636 |
| LBPV80807 | LBP21368 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Haemulon steindachneri</i>   | Bragança/PA | 01/11/2015 | 648 |
| LBPV80081 | LBP21458 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bragança/PA | 01/11/2015 | 654 |
| LBPV80082 | LBP21458 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bragança/PA | 01/11/2015 | 486 |
| LBPV80811 | LBP21458 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bragança/PA | 01/11/2015 | 651 |
| LBPV80812 | LBP21458 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bragança/PA | 01/11/2015 | 656 |
| LBPV80813 | LBP21458 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bragança/PA | 01/11/2015 | 629 |
| LBPV80457 | LBP20681 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Itanhaém/SP | 15/02/2015 | 648 |
| LBPV40595 | LBP10054 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | Bertioga/SP | 27/07/2010 | 656 |
| LBPV82367 | LBP21378 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA | 01/11/2015 | 682 |
| LBPV82451 | LBP21408 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA | 01/11/2015 | 665 |
| LBPV82452 | LBP21408 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA | 01/11/2015 | 611 |
| LBPV82453 | LBP21408 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA | 01/11/2015 | 631 |
| LBPV83864 |          | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA |            | 662 |
| LBPV83829 |          | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Bragança/PA |            | 654 |
| LBPV85824 | LBP23242 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i>     | Acaraú/CE   | 15/12/2016 | 666 |

## Apêndice 1 (continuação)

|           |          |                |             |            |                             |                |            |     |
|-----------|----------|----------------|-------------|------------|-----------------------------|----------------|------------|-----|
| LBPV86383 | LBP23243 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i> | Acaraú/CE      | 15/12/2016 | 666 |
| LBPV90025 | LBP23839 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i> | Valença/BA     | 08/07/2017 | 660 |
| LBPV90026 | LBP23839 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i> | Valença/BA     | 08/07/2017 | 666 |
| LBPV90027 | LBP23839 | Actinopterygii | Perciformes | Lobotidae  | <i>Lobotes surinamensis</i> | Valença/BA     | 08/07/2017 | 660 |
| LBPV82097 | LBP21320 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 652 |
| LBPV82098 | LBP21320 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 580 |
| LBPV82403 | LBP21391 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 676 |
| LBPV82404 | LBP21391 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 682 |
| LBPV82413 | LBP21391 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 644 |
| LBPV90333 | LBP24085 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Guarapari/ES   | 21/07/2017 | 652 |
| LBPV90450 | LBP24139 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Vitória/ES     | 22/07/2017 | 670 |
| LBPV90451 | LBP24139 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Vitória/ES     | 22/07/2017 | 654 |
| LBPV90462 | LBP24139 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Vitória/ES     | 22/07/2017 | 666 |
| LBPV84853 | LBP23112 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Maceió/AL      | 25/08/2016 | 666 |
| LBPV84854 | LBP23112 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Maceió/AL      | 25/08/2016 | 580 |
| LBPV84855 | LBP23112 | Actinopterygii | Perciformes | Sciaenidae | <i>Nebris microps</i>       | Maceió/AL      | 25/08/2016 | 567 |
| LBPV73217 | LBP20542 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Porto Belo/SC  | 18/07/2015 | 488 |
| LBPV73622 | LBP23426 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Barra Velha/SC | 23/06/2016 | 535 |
| LBPV82468 | LBP21413 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 624 |
| LBPV82469 | LBP21413 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 658 |
| LBPV82470 | LBP21413 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 635 |
| LBPV82471 | LBP21413 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 646 |
| LBPV82472 | LBP21413 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Bragança/PA    | 01/11/2015 | 595 |
| LBPV80171 | LBP20015 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Fortaleza/CE   | 09/07/2015 | 595 |
| LBPV80172 | LBP20015 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Fortaleza/CE   | 09/07/2015 | 653 |
| LBPV80173 | LBP20015 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i>   | Fortaleza/CE   | 09/07/2015 | 679 |

### Apêndice 1 (continuação)

|           |          |                |             |            |                           |                   |            |     |
|-----------|----------|----------------|-------------|------------|---------------------------|-------------------|------------|-----|
| LBPV80174 | LBP20015 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Fortaleza/CE      | 09/07/2015 | 618 |
| LBPV80175 | LBP20015 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Fortaleza/CE      | 09/07/2015 | 637 |
| LBPV84368 | LBP23118 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Maceió/AL         | 25/08/2016 | 684 |
| LBPV84376 | LBP23119 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Maceió/AL         | 25/08/2016 | 628 |
| LBPV84389 | LBP23159 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Paripueira/AL     | 25/08/2016 | 588 |
| LBPV84390 | LBP23159 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Paripueira/AL     | 25/08/2016 | 654 |
| LBPV90457 | LBP24142 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Vitória/ES        | 22/07/2017 | 658 |
| LBPV90458 | LBP24142 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Vitória/ES        | 22/07/2017 | 663 |
| LBPV90459 | LBP24142 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Vitória/ES        | 22/07/2017 | 605 |
| LBPV90460 | LBP24142 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Vitória/ES        | 22/07/2017 | 666 |
| LBPV90461 | LBP24142 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Vitória/ES        | 22/07/2017 | 612 |
| LBPV84639 | LBP22153 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Rio de Janeiro/RJ | 24/06/2016 | 605 |
| LBPV84640 | LBP22153 | Actinopterygii | Perciformes | Haemulidae | <i>Orthopristis ruber</i> | Rio de Janeiro/RJ | 24/06/2016 | 647 |
| LBPV82335 | LBP21366 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 01/11/2015 | 557 |
| LBPV84828 | LBP22973 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 15/08/2016 | 662 |
| LBPV84829 | LBP22973 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 15/08/2016 | 678 |
| LBPV86301 | LBP23040 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 15/09/2016 | 661 |
| LBPV86302 | LBP23040 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 15/09/2016 | 664 |
| LBPV86303 | LBP23040 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Bragança/PA       | 15/09/2016 | 664 |
| LBPV85740 | LBP23264 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Acaraú/CE         | 15/12/2016 | 667 |
| LBPV85741 | LBP23264 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Acaraú/CE         | 15/12/2016 | 664 |
| LBPV85807 | LBP23262 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Acaraú/CE         | 15/12/2016 | 664 |
| LBPV85808 | LBP23262 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Acaraú/CE         | 15/12/2016 | 677 |
| LBPV84285 | LBP23131 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Maceió/AL         | 25/08/2016 | 664 |
| LBPV84286 | LBP23131 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Maceió/AL         | 25/08/2016 | 664 |
| LBPV84846 | LBP23130 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Selene vomer</i>       | Maceió/AL         | 25/08/2016 | 675 |

## Apêndice 1 (continuação)

|           |          |                |                   |                |                                |               |            |     |
|-----------|----------|----------------|-------------------|----------------|--------------------------------|---------------|------------|-----|
| LBPV80823 | LBP21379 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Bragança/PA   | 01/11/2015 | 658 |
| LBPV80824 | LBP21379 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Bragança/PA   | 01/11/2015 | 652 |
| LBPV82368 | LBP21379 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Bragança/PA   | 01/11/2015 | 667 |
| LBPV82369 | LBP21379 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Bragança/PA   | 01/11/2015 | 664 |
| LBPV82370 | LBP21379 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Bragança/PA   | 01/11/2015 | 611 |
| LBPV80387 | LBP20085 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Fortaleza/CE  | 11/07/2015 | 652 |
| LBPV84884 | LBP23149 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Acaraú/CE     | 25/08/2016 | 664 |
| LBPV84885 | LBP23149 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Acaraú/CE     | 25/08/2016 | 652 |
| LBPV85805 | LBP23268 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Acaraú/CE     | 15/12/2016 | 676 |
| LBPV85806 | LBP23000 | Actinopterygii | Tetraodontiformes | Tetraodontidae | <i>Sphoeroides testudineus</i> | Acaraú/CE     | 15/12/2016 | 658 |
| LBPV84310 | LBP22968 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2017 | 664 |
| LBPV84311 | LBP22968 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2017 | 676 |
| LBPV84312 | LBP22969 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2017 | 675 |
| LBPV84838 | LBP22974 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 15/08/2016 | 664 |
| LBPV84839 | LBP22974 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 15/08/2016 | 655 |
| LBPV84840 | LBP22974 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 15/08/2016 | 600 |
| LBPV84979 | LBP22987 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2016 | 675 |
| LBPV84980 | LBP22987 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2016 | 675 |
| LBPV84981 | LBP22987 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2016 | 675 |
| LBPV84982 | LBP22987 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Bragança/PA   | 25/09/2016 | 663 |
| LBPV84322 | LBP23199 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Maceió/AL     | 25/08/2016 | 679 |
| LBPV84875 | LBP23200 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Maceió/AL     | 25/08/2016 | 671 |
| LBPV84399 | LBP23162 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Paripueira/AL | 25/08/2016 | 655 |
| LBPV84400 | LBP23162 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Paripueira/AL | 25/08/2016 | 655 |
| LBPV84834 | LBP23161 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Paripueira/AL | 25/08/2016 | 668 |
| LBPV80445 | LBP20674 | Actinopterygii | Perciformes       | Carangidae     | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Cubatão/SP    | 05/03/2015 | 623 |

### Apêndice 1 (continuação)

|           |          |                |             |            |                                |                  |            |     |
|-----------|----------|----------------|-------------|------------|--------------------------------|------------------|------------|-----|
| LBPV80446 | LBP20674 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | Cubatão/SP       | 05/03/2015 | 655 |
| LBPV80489 | LBP20695 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | São Sebastião/SP | 28/02/2015 | 652 |
| LBPV80490 | LBP20695 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | São Sebastião/SP | 28/02/2015 | 652 |
| LBPV80492 | LBP20695 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | São Sebastião/SP | 28/02/2015 | 596 |
| LBPV81094 | LBP20725 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | São Sebastião/SP | 08/08/2015 | 647 |
| LBPV81095 | LBP20725 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus carolinus</i>   | São Sebastião/SP | 08/08/2015 | 592 |
| LBPV82357 | LBP21376 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 01/11/2015 | 531 |
| LBPV82358 | LBP21376 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 01/11/2015 | 600 |
| LBPV82359 | LBP21376 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 01/11/2015 | 600 |
| LBPV82361 | LBP21376 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 01/11/2015 | 600 |
| LBPV84313 | LBP22969 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2017 | 600 |
| LBPV84314 | LBP22969 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2017 | 600 |
| LBPV84975 | LBP22988 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2016 | 600 |
| LBPV84976 | LBP22988 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2016 | 600 |
| LBPV84977 | LBP22988 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2016 | 600 |
| LBPV84978 | LBP22988 | Actinopterygii | Perciformes | Carangidae | <i>Trachinotus cayennensis</i> | Bragança/PA      | 25/09/2016 | 600 |

**Apêndice 2** - Identificação das espécies, comprimento da sequência do COI (em pb), dados de coleta, numero do BIN e do acesso ao GenBank e do Museu dos 241 indivíduos extraídos do BOLD para nossas análises.

| <b>Espécie</b>              | <b>COI(pb)</b> | <b>Localidade</b>       | <b>BIN</b> | <b>GenBank</b> | <b>Museu ID</b> | <b>Sequência ID</b> |
|-----------------------------|----------------|-------------------------|------------|----------------|-----------------|---------------------|
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365287       | LBPV40510       | MFSP-352 10         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365282       | LBPV40518       | MFSP-360 10         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365286       | LBPV35273       | MFSP-246 09         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | GU702364       | LBPV35167       | MFSP146-09          |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365285       | LBPV53081       | MFSP-1980 11        |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | GU702325       | LBPV41584       | MFSP-3112 09        |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | Rio de Janeiro - Brasil | AAB8805    | JX124756       | LBPV48595       | MFSP-709 10         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | Rio de Janeiro – Brasil | AAB8805    | JX124757       | LBPV48597       | MFSP-711 10         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365283       | LBPV53055       | MFSP-1954 11        |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | GU702324       | LBPV41583       | MFSP-311 09         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365289       | LBPV46907       | MFSP-564 10         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365281       | LBPV51356       | MFSP-763 11         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | GU702323       | LBPV41586       | MFSP-314 09         |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | São Paulo - Brasil      | AAB8805    | JQ365288       | LBPV41582       | MFSP-2099 11        |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652            | Rio de Janeiro - Brasil | AAB8805    | JX124755       | LBPV48596       | MFSP-710 10         |

## Apêndice 2 (continuação)

|                             |     |                        |         |          |               |              |
|-----------------------------|-----|------------------------|---------|----------|---------------|--------------|
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | São Paulo - Brasil     | AAB8805 | GU702321 | LBPV41585     | MFSP-313 09  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | São Paulo - Brasil     | AAB8805 | JQ365284 | LBPV53082     | MFSP-1981 11 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG3796        | BAHIA-004 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG3034        | BAHIA-005 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG3033        | BAHIA-006 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG1602        | BAHIA-007 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG1592        | BAHIA-008 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 679 | Bahia - Brasil         | AAB8805 |          | HG2376        | BAHIA-009 14 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Quintana Roo-México    | AAB8805 | GU225181 | ECO-CH-P5506A | MEFM-123 05  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Quintana Roo-México    | AAB8805 | GU225180 | ECO-CH-P5506B | MEFM-124 05  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Quintana Roo-México    | AAB8805 | GU225177 | ECO-CH-P5506C | MEFM-125 05  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 620 | Quintana Roo-México    | AAB8805 | GU225178 | ECO-CH-P5506D | MEFM-126 05  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Quintana Roo-México    | AAB8805 | GU225179 | ECO-CH-P5506E | MEFM-127 05  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 631 | Colón - Panamá         | AAB8805 |          | n7528bcf195   | LIDM-1169 08 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Texas - Estados Unidos | AAB8805 | KF929707 | KU 30224      | UKFBI-622 08 |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 652 | Estados Unidos         | AAB8805 | KF929706 | KU 27081      | UKFBI-130 08 |

**Apêndice (continuação)**

|                             |     |                        |         |          |          |               |
|-----------------------------|-----|------------------------|---------|----------|----------|---------------|
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 653 | Alabama-Estados Unidos | AAB8805 | KF461156 | 394191   | CFSAN-093 11  |
| <i>Chaetodipterus faber</i> | 655 | Belize                 | AAB8805 | JQ841496 | BLZ8261  | BZLWE-261 08  |
| <i>Platax pinnatus</i>      | 652 | Queensland - Austrália | AAE4532 | KP194929 |          | LIFS-746 08   |
| <i>Platax pinnatus</i>      | 652 | Filipinas              | AAE4532 | FJ583858 |          | TZAIC-297 05  |
| <i>Platax pinnatus</i>      | 652 | Ocidental - Sri Lanka  | AAE4532 | FJ583857 |          | TZAIB-804 07  |
| <i>Conodon serrifer</i>     | 517 |                        | ACB9843 | JQ741173 |          | ANGBF-3607 12 |
| <i>Conodon serrifer</i>     | 517 |                        | ACB9843 | JQ741174 |          | ANGBF-3718 12 |
| <i>Conodon serrifer</i>     | 517 |                        | ACB9843 | JQ741172 |          | ANGBF-3719 12 |
| <i>Conodon serrifer</i>     | 651 |                        | ACB9843 | HQ676757 | HQ676757 | GBGCA-2284 13 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 517 |                        | AAM9279 | JQ741171 |          | ANGBF-3608 12 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 517 |                        | AAM9279 | JQ741169 |          | ANGBF-3609 12 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 517 |                        | AAM9279 | JQ741168 |          | ANGBF-3721 12 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 651 |                        | AAM9279 | HQ676756 | HQ676756 | GBGCA-2285 13 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 517 |                        | AAM9279 | JQ741170 |          | ANGBF-3720 12 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 517 |                        | AAM9279 | JQ741167 |          | ANGBF-3610 12 |
| <i>Conodon nobilis</i>      | 651 | Texas - Estados Unidos | AAM9279 | JX042219 |          | ANGBF-4053 12 |

### Apêndice (continuação)

|                              |     |                         |         |          |            |              |
|------------------------------|-----|-------------------------|---------|----------|------------|--------------|
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAM9279 | JX124759 | LBPV48659  | MFSP-722 10  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAM9279 | JX124762 | LBPV48658  | MFSP-723 10  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAM9279 | JX124761 | LBPV48656  | MFSP-724 10  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAM9279 | JX124763 | LBPV48657  | MFSP-725 10  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAM9279 | JX124760 | LBPV48655  | MFSP-726 10  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | São Paulo - Brasil      | AAM9279 | JQ365305 | LBPV51412  | MFSP-847 11  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | São Paulo - Brasil      | AAM9279 | JQ365306 | LBPV 51413 | MFSP-848 11  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 652 | São Paulo - Brasil      | AAM9279 | JQ365304 | LBPV 51414 | MFSP-849 11  |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 676 | Bahia - Brasil          | AAM9279 |          | HG1605     | BAHIA-012 14 |
| <i>Conodon nobilis</i>       | 676 | Bahia - Brasil          | AAM9279 |          | HG1596     | BAHIA-013 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG2059     | BAHIA-021 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG2143     | BAHIA-022 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG1318     | BAHIA-023 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG2053     | BAHIA-024 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG2140     | BAHIA-025 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil          | AAA9693 |          | HG2090     | BAHIA-026 14 |

## Apêndice 2 (continuação)

|                              |     |                              |         |          |                  |              |
|------------------------------|-----|------------------------------|---------|----------|------------------|--------------|
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2834           | BAHIA-027 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2141           | BAHIA-028 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2065           | BAHIA-029 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2066           | BAHIA-030 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2067           | BAHIA-031 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2079           | BAHIA-032 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2089           | BAHIA-033 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2142           | BAHIA-034 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2144           | BAHIA-035 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2145           | BAHIA-036 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2146           | BAHIA-037 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 660 | Bahia - Brasil               | AAA9693 |          | HG2836           | BAHIA-038 14 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 655 | Belize                       | AAA9693 | JQ840858 | USNM:Fish:416405 | BZLWC-314 06 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 562 | Belize                       | AAA9693 | JQ840859 | USNM:Fish:416361 | BZLWC-320 06 |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 654 | Alabama-Estados Unidos       | AAA9693 | KF461185 | 395418           | CFSAN110 11  |
| <i>Haemulon aurolineatum</i> | 652 | United States Virgin Islands | AAA9693 |          | st307cha800      | LIDM-441 07  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                 |     |                         |         |          |                          |              |
|---------------------------------|-----|-------------------------|---------|----------|--------------------------|--------------|
| <i>Haemulon aurolineatum</i>    | 616 | Flórida- Estados Unidos | AAA9693 | JQ842501 | SMSA7420                 | SMSA-420 09  |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>    | 529 | Flórida- Estados Unidos | AAA9693 | JQ842503 | SMSA7421                 | SMSA-421 09  |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>    | 591 | Flórida- Estados Unidos | AAA9693 | JQ842502 | SMSA7422                 | SMSA-422 09  |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>    | 622 | Flórida- Estados Unidos | AAA9693 | JQ842500 | SMSA7423                 | SMSA-423 09  |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>    | 652 | Estados Unidos          | AAA9693 | KF929942 | KU 27186                 | UKFBK-147 08 |
| <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | AAZ9927 | JQ365383 | LBPV40595                | MFSP-430 10  |
| <i>Caranx hippos</i>            | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB9930 | GU702371 | LBPV35144                | MFSP-127 09  |
| <i>Caranx hippos</i>            | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB9930 | JX124748 | LBPV35145                | MFSP-128 09  |
| <i>Caranx hippos</i>            | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB9930 | JN313783 | LBPV35147                | MFSP-130 09  |
| <i>Caranx hippos</i>            | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB9930 | GU702372 | LBPV35148                | MFSP-131 09  |
| <i>Lobotes surinamensis</i>     | 652 | Hainan - China          | AAC1878 | FJ237808 | MBCSC:Fish:HN<br>SY08384 | CFCS-068 08  |
| <i>Lobotes surinamensis</i>     | 652 | Hainan - China          | AAC1878 | FJ237807 | MBCSC:Fish:HN<br>SY08504 | CFCS-188 08  |
| <i>Lobotes surinamensis</i>     | 652 | Hainan - China          | AAC1878 | FJ237806 | MBCSC:Fish:HN<br>SY08626 | CFCS-310 08  |
| <i>Lobotes surinamensis</i>     | 652 | Hainan - China          | AAC1878 | FJ237805 | MBCSC:Fish:HN<br>SY08628 | CFCS-312 08  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                             |      |                               |         |          |                          |               |
|-----------------------------|------|-------------------------------|---------|----------|--------------------------|---------------|
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | Hainan - China                | AAC1878 | FJ237804 | MBCSC:Fish:HN<br>SY08629 | CFCS-313 08   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | África do Sul                 | AAC1878 | KU176371 |                          | DSFSG-942 13  |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | Guangdong - China             | AAC1878 |          | MBCSC:Fish:ZH11518140    | FSCS-992 11   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | Guangdong - China             | AAC1878 |          | MBCSC:Fish:ZH11518152    | FSCS-993 11   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | KwaZulu-Natal - África do Sul | AAC1878 | KF489636 |                          | DSLGA-1739 12 |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 655  | Alabama-Estados Unidos        | AAC1878 | KF461193 | 394200                   | CFSAW-100 11  |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | China                         | AAC1878 | JN242497 | XS116903                 | ANGBF-5463 12 |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | China                         | AAC1878 | JN242496 | BH1122636                | ANGBF-5599 12 |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 554  | Belize                        | AAC1878 | JQ840572 | 423114                   | BZLWB-298 06  |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 648  | Krai - Rússia                 | AAC1878 |          | MIMB 22228               | FERU-001 11   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 1000 | Rússia                        | AAC1878 | HQ704735 | HQ704735                 | GBGCA-3086 13 |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652  | São Paulo - Brasil            | AAC1878 | GU702346 | LBPV35168                | MFSP-147 09   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 636  | São Paulo - Brasil            | AAC1878 | GU702411 | LBPV35169                | MFSP-148 09   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 633  | São Paulo - Brasil            | AAC1878 | GU702410 | LBPV35170                | MFSP-149 09   |

## Apêndice 2 (continuação)

|                             |     |                             |         |          |            |               |
|-----------------------------|-----|-----------------------------|---------|----------|------------|---------------|
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652 | São Paulo - Brasil          | AAC1878 | GU702412 | LBPV35171  | MFSP-150 09   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652 | São Paulo - Brasil          | AAC1878 | GU702413 | LBPV35172  | MFSP-151 09   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 652 | São Paulo - Brasil          | AAC1878 | JQ365408 | LBPV40592  | MFSP-538 10   |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | 651 | São Paulo - Brasil          | AAC1878 | JQ365407 | LBPV51314  | MFSP-915 11   |
| <i>Lobotes pacificus</i>    | 517 |                             | AAX6259 |          | JQ741277   | ANGBF-3555 12 |
| <i>Lobotes pacificus</i>    | 651 |                             | AAX6259 | HQ676774 |            | ANGBF-4384 12 |
| <i>Lobotes pacificus</i>    | 652 | Califórnia - Estados Unidos | AAX6259 | GU440380 | SIO 98-170 | MFC-091 08    |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | São Paulo - Brasil          | AAX3556 | JQ365453 | LBPV46891  | MFSP-492 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | São Paulo - Brasil          | AAX3556 | JQ365457 | LBPV46893  | MFSP-493 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | São Paulo - Brasil          |         | JQ365454 | LBPV46895  | MFSP-494 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | São Paulo - Brasil          |         | JQ365456 | LBPV46892  | MFSP-559 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | São Paulo - Brasil          |         | JQ365455 | LBPV46894  | MFSP-560 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil     |         | JX124820 | LBPV48651  | MFSP-666 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil     |         | JX124817 | LBPV48650  | MFSP-667 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil     |         | JX124816 | LBPV48653  | MFSP-668 10   |
| <i>Nebris microps</i>       | 652 | Rio de Janeiro - Brasil     |         | JX124818 | LBPV48652  | MFSP-669 10   |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                |     |                          |         |          |               |              |
|--------------------------------|-----|--------------------------|---------|----------|---------------|--------------|
| <i>Nebris microps</i>          | 652 | Rio de Janeiro - Brasil  |         | JX124819 | LBPV48654     | MSFP-670 10  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 655 | Bahia - Brasil           | AAB5198 |          | HG5026        | BAHIA-446 15 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 655 | Bahia - Brasil           | AAB5198 |          | HG5027        | BAHIA-447 15 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Buenos Aires - Argentina | AAB5198 | EU074465 | INIDEP-T 0323 | FARG-324 07  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Buenos Aires - Argentina | AAB5198 | EU074464 | INIDEP-T 0324 | FARG-325 07  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Buenos Aires - Argentina | AAB5198 | EU074467 | INIDEP-T 0312 | FARG-313 04  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Buenos Aires - Argentina | AAB5198 | EU074466 | INIDEP-T 0313 | FARG-314 04  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Belize                   | AAB5198 | KF930121 | MCZ 156777    | UKFBJ-805 08 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 648 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702512 | 35215         | MFSP-190 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702511 | 35216         | MFSP-191 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702513 | 35217         | MFSP-192 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702514 | 35218         | MFSP-193 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702510 | 35219         | MFSP-194 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | JQ365420 | 40519         | MFSP-361 10  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702454 | LBPV35052     | MFSP-040 09  |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB5198 | GU702456 | LBPV35050     | MFSP-041 09  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                |     |                         |         |          |           |             |
|--------------------------------|-----|-------------------------|---------|----------|-----------|-------------|
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB5198 | GU702453 | LBPV35051 | MFSP-042 09 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB5198 | GU702451 | LBPV35053 | MFSP-043 09 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB5198 | GU702452 | 35054     | MFSP-044 09 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAB5198 | JX124807 | 48662     | MFSP-727 10 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAB5198 | JX124808 | 48663     | MFSP-728 10 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAB5198 | JX124811 | 48660     | MFSP-729 10 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAB5198 | JX124809 | 48664     | MFSP-730 10 |
| <i>Menticirrhus americanus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | AAB5198 | JX124810 | 48661     | MFSP-731 10 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      | AAB7719 | GU702468 | LBPV35055 | MFSP-045 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      |         | GU702465 | LBPV35056 | MFSP-046 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 634 | São Paulo - Brasil      |         | GU702503 | LBPV35220 | MFSP-19509  |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      |         | GU702498 | LBPV35221 | MFSP-196 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      |         | GU702508 | LBPV35223 | MFSP-197 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 635 | São Paulo - Brasil      |         | GU702507 | LBPV35222 | MFSP-198 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      |         | GU702509 | LBPV35245 | MFSP-220 09 |
| <i>Orthopristis ruber</i>      | 652 | São Paulo - Brasil      |         | GU702501 | LBPV35246 | MFSP-221 09 |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                 |     |                          |         |          |           |              |
|---------------------------------|-----|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|
| <i>Orthopristis ruber</i>       | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702506 | LBPV35247 | MFSP-222 09  |
| <i>Orthopristis ruber</i>       | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702502 | LBPV35248 | MFSP-223 09  |
| <i>Orthopristis ruber</i>       | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702505 | LBPV35249 | MFSP-224 09  |
| <i>Orthopristis ruber</i>       | 642 | São Paulo - Brasil       |         | GU702504 | LBPV35255 | MFSP-230 09  |
| <i>Orthopristis ruber</i>       | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702500 | LBPV35256 | MFSP-231 09  |
| <i>Orthopristis chrysoptera</i> | 652 | Yucatán - México         | AAC2186 | GU225422 | ECOCH5834 | MEFM-784 06  |
| <i>Orthopristis chrysoptera</i> | 652 | Yucatán - México         | AAC2186 | GU225421 | ECOCH5834 | MEFM-785 06  |
| <i>Orthopristis chrysoptera</i> | 652 | Yucatán - México         | AAC2186 | GU225420 | ECOCH5834 | MEFM-786 06  |
| <i>Orthopristis chrysoptera</i> | 652 | Yucatán - México         | AAC2186 | GU225419 | ECOCH5834 | MEFM-787 06  |
| <i>Orthopristis chrysoptera</i> | 652 | Yucatán - México         | AAC2186 | GU225423 | ECOCH5834 | MEFM-788 06  |
| <i>Selene vomer</i>             | 664 | Bahia - Brasil           | AAF1235 |          | HG1971    | BAHIA-137 14 |
| <i>Selene vomer</i>             | 664 | Bahia - Brasil           | AAF1235 |          | HG1955    | BAHIA-138 14 |
| <i>Selene vomer</i>             | 655 | Alabama - Estados Unidos | AAF1235 | KF461236 | 394187    | CFSAN-082 11 |
| <i>Selene vomer</i>             | 652 | Argentina                | AAF1235 |          |           | FARG-524 08  |
| <i>Selene vomer</i>             | 652 | São Paulo- Brasil        | AAF1235 | JQ365562 | LBPV40578 | MFSP-537 10  |
| <i>Selene vomer</i>             | 652 | São Paulo- Brasil        | AAF1235 | JQ365563 | LBPV46843 | MFSP-540 10  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                          |     |                          |         |          |           |              |
|--------------------------|-----|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|
| <i>Selene vomer</i>      | 652 | São Paulo - Brasil       | AAF1235 | JQ365566 | LBPV46844 | MFSP-541 10  |
| <i>Selene vomer</i>      | 648 | São Paulo - Brasil       | AAF1235 | JQ365564 | LBPV51324 | MFSP-798 11  |
| <i>Selene vomer</i>      | 648 | São Paulo - Brasil       | AAF1235 | JQ365565 | LBPV51325 | MFSP-799 11  |
| <i>Selene vomer</i>      | 602 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842687 | SMSA7056  | SMSA-056 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 620 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842689 | SMSA7099  | SMSA-099 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 655 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842692 | SMSA7100  | SMSA-100 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 598 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842688 | SMSA7101  | SMSA-101 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 655 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842690 | SMSA7229  | SMSA-229 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 655 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842691 | SMSA7231  | SMSA-231 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 655 | Flórida - Estados Unidos | AAF1235 | JQ842686 | SMSA7232  | SMSA-232 09  |
| <i>Selene vomer</i>      | 648 | Oceano Atlântico         | AAF1235 | FJ584093 |           | TZAIB-796 07 |
| <i>Selene vomer</i>      | 641 | Estados Unidos           | AAF1235 | KF930427 | KU 29658  | UKFBJ-536 08 |
| <i>Selene setapinnis</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB7372 | GU702380 | LBPV35156 | MFSP-13509   |
| <i>Selene setapinnis</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB7372 | GU702377 | LBPV35157 | MFSP-136 09  |
| <i>Selene setapinnis</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB7372 | GU702335 | LBPV35158 | MFSP-137 09  |
| <i>Selene setapinnis</i> | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB7372 | GU702379 | LBPV35159 | MFSP-138 09  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                |     |                          |         |          |              |              |
|--------------------------------|-----|--------------------------|---------|----------|--------------|--------------|
| <i>Selene setapinnis</i>       | 652 | São Paulo - Brasil       | AAB7372 | GU702382 | LBPV35160    | MFSP-139 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 631 | Belize                   | AAB1130 | JQ840306 | BZLW4121     | BZLWA-212 06 |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 655 | Flórida - Estados Unidos |         | JQ841971 | FCC8008      | FCCA-008 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Quintana Roo - México    |         | GU225450 | ECOCH5504    | MEFM-101 05  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Quintana Roo - México    |         | GU225452 | ECOCH5504    | MEFM-102 05  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Quintana Roo - México    |         | GU225453 | ECOCH5504    | MEFM-103 05  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 608 | Quintana Roo - México    |         | GU225451 | ECOCH5504    | MEFM-104 05  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702328 | LBPV41589    | MFSP-317 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 630 | São Paulo - Brasil       |         | GU702327 | LBPV41590    | MFSP-318 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       |         | GU702330 | LBPV41591    | MFSP-319 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       |         | JQ365575 | LBPV40509    | MFSP-351 10  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 648 | São Paulo - Brasil       |         | JQ365574 | LBPV46909    | MFSP-504 10  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | São Paulo - Brasil       |         | JQ365576 | LBPV46910    | MFSP-505 10  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 651 | Campeche - México        |         | GU225665 | CINV-NEC7301 | MXII-281 07  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 651 | Campeche - México        |         | GU225665 | CINV-NEC7301 | MXII-282 07  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Campeche - México        |         | GU225666 | CINV-NEC7301 | MXII-283 07  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                                |     |                            |         |          |              |              |
|--------------------------------|-----|----------------------------|---------|----------|--------------|--------------|
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 634 | Campeche - México          |         | GU225667 | CINV-NEC7301 | MXII-284 07  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Campeche - México          |         | GU225668 | CINV-NEC7310 | MXII-316 07  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 655 | Flórida - Estados Unidos   |         | JQ842705 | SMSA7036     | SMSA-036 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 630 | Flórida - Estados Unidos   |         | JQ842706 | SMSA7037     | SMSA-037 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 587 | Flórida- Estados Unidos    |         | JQ842707 | SMSA7055     | SMSA-055 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 582 | Tobago - Trindade e Tobago |         | JQ843064 | TOB9375      | TOBA-375 09  |
| <i>Sphoeroides testudineus</i> | 652 | Belize                     |         | KF930455 | KU 34277     | UKFBJ-808 08 |
| <i>Sphoeroides greeleyi</i>    | 652 | Bahia - Brasil             | AAZ0868 |          | HG4929       | BAHIA-499 15 |
| <i>Sphoeroides greeleyi</i>    | 652 | São Paulo - Brasil         | AAZ0868 | JQ365573 | LBPV46908    | MFSP-503 10  |
| <i>Sphoeroides greeleyi</i>    | 652 | São Paulo - Brasil         | AAZ0868 | JQ365572 | LBPV40541    | MFSP-535 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 655 | Bahia - Brasil             | AAB9493 |          | HG3792       | BAHIA-134 14 |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 655 | Alabama-Estados Unidos     |         | KF461244 | 394197       | CFSAN-097 11 |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 652 | São Paulo - Brasil         |         | JQ365597 | LBPV40564    | MFSP-405 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 652 | São Paulo - Brasil         |         | JQ365598 | LBPV40590    | MFSP-426 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 652 | Rio de Janeiro - Brasil    |         | JX124913 | LBPV48518    | MFSP-627 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i>   | 652 | Rio de Janeiro - Brasil    |         | JX124912 | LBPV48519    | MFSP-628 10  |

## Apêndice 2 (continuação)

|                              |     |                         |          |           |              |
|------------------------------|-----|-------------------------|----------|-----------|--------------|
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | JX124914 | LBPV48520 | MFSP-629 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 652 | Rio de Janeiro - Brasil | JX124911 | LBPV48521 | MFSP-630 10  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | JX034018 | LBPV51301 | MFSP-922 11  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | JX034019 | LBPV51497 | MFSP-923 11  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 652 | São Paulo - Brasil      | JX034020 | LBPV51499 | MFSP-925 11  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 651 | São Paulo - Brasil      | JQ365599 | LBPV51500 | MFSP-926 11  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 655 | Alabama-Estados Unidos  | KF461245 | 404984    | RODEO-026 13 |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 595 | Flórida- Estados Unidos | JQ842749 | SMSA7087  | SMSA-087 09  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 633 | Flórida- Estados Unidos | JQ842753 | SMSA7285  | SMSA-285 09  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 644 | Flórida- Estados Unidos | JQ842752 | SMSA7286  | SMSA-286 09  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 614 | Flórida- Estados Unidos | JQ842750 | SMSA7485  | SMSA-485 09  |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 647 | Flórida- Estados Unidos | JQ842751 | SMSA7486  | SMSA-486 09  |