



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DE PEIXES
ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA LORICARIIDAE (SILURIFORMES)
COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM-PA.

ALBINO LUCIANO PORTELA DE SOUSA

Santarém, PA
Junho, 2019.

ALBINO LUCIANO PORTELA DE SOUSA

**ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR
DE PEIXES ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA LORICARIIDAE
(SILURIFORMES) COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM-PA.**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) da Universidade Federal do Oeste do Pará, na área de Recursos naturais, Biodiversidade e Bioprospecção da Amazônia, como requisito para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues

**Santarém-PA
Junho, 2019.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S725a Sousa, Albino Luciano Portela de
Aspectos socioeconômicos e identificação molecular de peixes ornamentais da família Loricariidae (Siluriformes) comercializados em Santarém - Pará./ Albino Luciano Portela de Sousa. – Santarém, 2019.
72 p. : il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.

1. Rio Tapajós. 2. Loricariidae. 3. Aquariorfilia. I. Rodrigues, Luís Reginaldo Ribeiro, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 597.098115

Bibliotecária - Documentalista: Renata Ferreira – CRB/2 1440



Universidade Federal do Oeste do Pará
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM SOCIEDADE
NATUREZA E DESENVOLVIMENTO

ATA Nº 13

Ao vigésimo sétimo dia do mês de junho do ano de dois mil e dezenove, às nove horas, no Auditório do Núcleo Tecnológico de Bioativos da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, realizou-se a SESSÃO PÚBLICA de defesa da Tese de Doutorado em Ciências Ambientais área de concentração SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO, linha de pesquisa RECURSOS NATURAIS, BIODIVERSIDADE E BIOPROSPECÇÃO NA AMAZÔNIA, intitulada ESTUDO DA BIODIVERSIDADE GENÉTICA E CONSERVAÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA LORICARIIDAE (SILURIFORMES) DO RIO TAPAJÓS, do discente ALBINO LUCIANO PORTELA DE SOUSA. A Banca Examinadora e Julgadora, aprovada e homologada pelo Colegiado, constituiu-se dos seguintes professores doutores: PRESIDENTE Prof. Dr. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues (PPGSND/UFOPA); TITULAR 1 Prof. Dr. Jarsen Luis Castro Guimarães (PPGSND/UFOPA); TITULAR 2: Prof. Dr. Antônio Humberto Hamad Minervino (PPGSND/UFOPA); TITULAR 3: Prof. Dr. Anderson Alvarenga de Moura Meneses (IEG/UFOPA); TITULAR 4: Prof. Dr. Marcos Prado Lima (ICTA/UFOPA); TITULAR 5: Prof.ª Dr.ª Heloisa Do Nascimento De Moura Meneses (ISCO/UFOPA). Em conformidade com o Regimento Interno do Programa, o Presidente da Banca, Prof. Dr. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues, abriu a sessão, passando a palavra ao discente, que fez a exposição do trabalho, seguido da arguição de todos os membros da Banca. Finda a arguição, a Banca Examinadora e Julgadora se reuniu, sem a presença do doutorando e do público, deliberando pelo seguinte parecer: aprovada; () sujeita à reformulação; () reprovada, seguindo o prazo definido no Regimento do Programa. Nada mais havendo por constar, lavrou-se e fez-se a leitura da presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e Julgadora, Presidente da Banca e Doutorando. Santarém (PA), vigésimo sétimo dia do mês de junho do ano de dois mil e dezenove, às doze horas.

Marcos Prado Lima

Dr. MARCOS PRADO LIMA, UFOPA

Examinador Externo ao Programa

Heloisa n. m. meneses

Dra. HELOISA DO NASCIMENTO DE MOURA MENESES, UFOPA

Examinadora Externa ao Programa

Jarsen Luis Castro Guimarães
Dr. JARSEN LUIS CASTRO GUIMARAES, UFOPA

Examinador Interno

Antônio Humberto Hamad Minervino
Dr. ANTONIO HUMBERTO HAMAD MINERVINO, UFOPA

Examinador Interno



Universidade Federal do Oeste do Pará

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM SOCIEDADE
NATUREZA E DESENVOLVIMENTO

Anderson A. M.
Dr. ANDERSON ALVARENGA DE MOURA MENESES, UFOPA
Examinador Interno

Luís Reginaldo R. Rodrigues
Dr. LUIS REGINALDO RIBEIRO RODRIGUES, UFOPA

Presidente

Albino Luciano Portela de Sousa
ALBINO LUCIANO PORTELA DE SOUSA

Doutorando

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida.

Minha mãe, grande incentivadora de toda minha trajetória escolar;

Meu pai, grande exemplo de coragem e de homem trabalhador;

Meus irmãos, companheiros para toda hora;

Ao meu grande amor, esposa, amiga, incentivadora e grande companheira;

Minhas filhas, que amo mais que tudo: Clara e Estela, que compreendam a grande importância da educação em suas vidas.

EU AMO INFINITAMENTE VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao Senhor Deus todo poderoso e sua Divina Misericórdia. Ele que é fonte de toda sabedoria, por ter me permitido chegar até aqui, me dado coragem fortalecendo meu coração nos momentos de angústia, e meus pés quando o cansaço e as provações assolaram minha caminhada.

À Nossa Senhora da Conceição, eterna intercessora e protetora.

Ao meu pai José Ferreira, grande exemplo de homem trabalhador e de coragem. Por ter me ensinado valores como a honestidade e a gratidão, tão importantes na vida do ser humano. Por ter trabalhado duro (por mais de 50 anos no mercado municipal) e ter feito o que podia para permitir que eu concluísse meus estudos.

À minha mãe Maria Francisca, grande exemplo de mulher, doce, corajosa e a maior incentivadora de minha vida acadêmica. Pelo empenho e dedicação de levar a pé meus irmãos e eu para a escola todos os dias, de nos ensinar as lições de casa mesmo cansada de um dia inteiro de trabalho.

Ao meu grande amor, Eli Tapajós, parceira que a vida me deu. Pela sua presença constante nos momentos de conquista e de desafios (que não são poucos), pelo incentivo, por acreditar em mim, por me fazer perceber o potencial que tenho, pela amizade, carinho, compreensão, dedicação, apoio e paciência. É uma das grandes responsáveis pela conquista deste sonho.

Às minhas filhas, Clara e Estela, minha maior riqueza. Obrigado pela compreensão nos momentos de ausência e até impaciência. Por serem minhas companheiras e amigas. Pelas palavras de carinho quando o caminho ficou estreito. Elas são maravilhosas!

Às minhas irmãs, Luciane, Leiliane e Leidiana pelo incentivo nestes anos de estudos, e ao meu grande irmão e amigo Alberto Portela, que com suas orações e conselhos diários me levantou nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Prof.º Dr. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues, exemplo de professor e pesquisador, responsável pela minha carreira científica. Foi meu orientador de TCC (2002), coorientador no mestrado (2006 – 2008) e agora orientador desta Tese. Não tenho palavras para expressar minha gratidão por todos os ensinamentos acadêmicos e pessoais que adquiri nestes anos de convivência e que vão me acompanhar para o resto de minha vida.

Ao projeto AUXPE 3318/2013 (CAPES/PROAMAZONIA), que financiou a parte prática da Tese, meus sinceros agradecimentos.

Ao governo do estado do Pará, por meio da Secretaria de Estado de Educação (SEDUC), por ter concedido minha licença aprimoramento. À 5ª URE – Sede Santarém/Pará, pela atenção durante o processo de documentação.

Ao grupo de pesquisa LGBio/UFOPA, pela troca de experiências e pelo convívio sempre harmonioso. Minha gratidão.

À turma de Doutorado SND/UFOPA 2015/2, pelos momentos de convivência, aprendizado e amizade construídos ao longo destes 04 anos.

Por fim, aos meus familiares e as pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram com palavras de incentivo ou simplesmente um pensamento positivo criando um clima favorável para o término deste trabalho.

Muito obrigado!

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”.

George Bernard Shaw

RESUMO

O rio Tapajós é um dos principais rios de águas claras que formam a bacia amazônica. Caracteriza-se por águas pobres em sedimentos e com um grande número de cachoeiras e corredeiras. Grandes projetos ligados ao agronegócio, mineração, construção de barragens e infraestrutura representam fortes ameaças para a sua estrutura física e ambiental, assim como, para a biota aquática associada. Os peixes reofilicos da família Loricariidae, são adaptados aos ambientes lóticos e pedrais comuns do médio e alto Tapajós. Apresentam a taxonomia subfamiliar confusa e muitas espécies que ainda não estão formalmente descritas pela ciência são liberadas para fins comerciais, o que certamente dificulta as ações fiscalizatórias e de conservação. Estes organismos constituem importante recurso natural que sustenta uma cadeia produtiva de peixes ornamentais para o mercado nacional e internacional de aquarofilia. Projetos que visam o aproveitamento hidrelétrico do rio Tapajós na região de Itaituba preveem a construção de barragens e modificação imediata do habitat natural destes peixes. O presente estudo tem por objetivo geral descrever padrões socioeconômicos e genéticos moleculares de peixes ornamentais da família Loricariidae do rio Tapajós visando a maior compreensão da biodiversidade e contribuir para a resolução de problemas taxonômicos, e do manejo sustentável deste recurso natural. Para a análise socioeconômica foram utilizados dados obtidos a partir das Guias de Transporte Animal (GTA) e Guias de Trânsito de Peixes com fins Ornamentais e de Aquarofilia (GTPON), perfazendo o período de janeiro/2013 a dezembro/2016. Para a caracterização genética foi desenvolvido marcadores taxonômicos moleculares do tipo DNA barcoding para as espécies mais comercializadas na região do rio Tapajós em Santarém-PA. Foram comercializados um total de 136.705 exemplares que geraram a receita bruta de R\$ 365.013,80. As espécies *Baryancistrus* sp. (LDA33), *Hypancistrus* sp. (L260), *Pseudacanthicus* sp. (L273) e *Peckoltia compta* (L134) são as mais produtivas e economicamente rentáveis, sendo responsáveis por 59,6% da receita bruta gerada no período de janeiro/2013 a dezembro/2016. Foram produzidas 29 sequências de código de barras do DNA com mais de 500 pb, sem códons de parada ou indels. A composição de base mostrou uma porcentagem média de 17,57% (G), 25,29% (C), 25,22% (A) e 31,92% (T). A análise de DNA barcoding confirmou a identificação de 9 espécies com uma divergência média intraespecífica de 0,24%. A produção de peixes ornamentais em Santarém/PA é oriunda da atividade extrativista da pesca artesanal e quase totalmente comercializada no mercado nacional. Em vista a enorme diversidade da ictiofauna amazônica recomenda-se maiores esforços no sentido de incrementar a coleção pública de referência das etiquetas moleculares DNA barcoding.

Palavras-chave: Rio Tapajós. Loricariidae. Aquarofilia. DNA Barcoding.

ABSTRACT

The Tapajós River is one of the main clear water rivers that make up the Amazon basin. It is characterized by sediment-poor waters and a large number of waterfalls and rapids. Large projects related to agribusiness, mining, dam construction and infrastructure pose strong threats to their physical and environmental structure, as well as to the associated aquatic biota. The reophilic fish of the family Loricariidae, are adapted to the common lotic and stone environments of the medium and high Tapajós. They have a confusing subfamilial taxonomy and many species that are not yet formally described by science are released for commercial purposes, which certainly hinder conservation and enforcement actions. These organisms constitute an important natural resource that supports a productive chain of ornamental fish for the national and international aquarium market. Projects aiming at the Tapajós river hydroelectric development in the Itaituba region foresee the construction of dams and immediate modification of the natural habitat of these fish. The aim of the present study is to describe the socioeconomic and molecular genetic patterns of ornamental fish of the Loricariidae family of the Tapajós River aiming at a better understanding of the biodiversity and to contribute to the resolution of taxonomic problems and the sustainable management of this natural resource. For the socioeconomic analysis, data were obtained from the Animal Transport Guides (GTA) and Fish Transit Guides for Ornamental and Aquaristic purposes (GTPON), covering the period from January/2013 to December/2016. For genetic characterization, DNA barcoding molecular taxonomic markers were developed for the most commercialized species in the Tapajós River region in Santarém-PA. A total of 136,705 examples were sold, generating gross revenue of R\$ 365,013.80. The species *Baryancistrus* sp. (LDA33), *Hypancistrus* sp. (L260), *Pseudacanthicus* sp. (L273) and *Peckoltia compta* (L134) are the most productive and economically profitable, accounting for 59.6% of gross revenue generated from January 2013 to December 2016. 29 DNA barcode sequences over 500 bp were produced without stop codons or indels. The base composition showed an average percentage of 17.57% (G), 25.29% (C), 25.22% (A) and 31.92% (T). Barcoding DNA analysis confirmed the identification of 9 species with an average intraspecific divergence of 0.24%. Given the enormous diversity of the Amazonian ichthyofauna, greater efforts are recommended to increase the public reference collection of DNA barcoding molecular labels.

Keywords: Tapajós River. Loricariidae. Aquarium trade. DNA Barcoding.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1	A BACIA DO RIO TAPAJÓS E A CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS	4
2.2	AQUARIOFILIA: CONCEITO, HISTÓRICO E INFORMAÇÕES GERAIS	6
2.3	PANORAMA ECONÔMICO DA AQUARIOFILIA.....	8
2.4	A ORDEM SILURIFORMES E A FAMÍLIA LORICARIIDAE.....	10
2.5	ESTUDOS MOLECULARES EM LORICARIIDAE	12
3	OBJETIVOS	15
4	RESULTADOS	16
4.1	ARTIGO 1: ESTUDO DA COMERCIALIZAÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA LORICARIIDAE (SILURIFORMES) EM SANTARÉM/PA.....	17
4.2	ARTIGO 2: DNA BARCODING DOS ACARIS ORNAMENTAIS MAIS EXPLOTADOS (LORICARIIDAE, SILURIFORMES) DO RIO TAPAJÓS, BRASIL. ...	32
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXO	60

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica representa a maior bacia hidrográfica do mundo, com a drenagem de uma área aproximada de 7 milhões de km², sendo cerca de 67% dessa área situada exclusivamente no Brasil (JUNK *et al.*, 2011).

A ictiofauna dessa região é muito rica, estima-se que cerca de 3.000 espécies habitam os mais diferentes ambientes encontrados na bacia (BARTHEM, 2001). Esses ambientes são caracterizados por diferentes estruturas geológicas e tipos de água, estando estes, anualmente submetidos a elevadas mudanças ocasionadas pela precipitação, pulsos de inundação, favorecendo assim a grande heterogeneidade de ambientes.

O rio Tapajós possui águas claras, tendo como origem o cerrado brasileiro pela junção dos rios Teles Pires e Juruena, na fronteira entre os estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso. Dentre as principais características deste rio pode-se citar, a transparência de suas águas com visibilidade próxima de 5 metros, pequena quantidade de sedimentos e sólidos dissolvidos, baixa condutividade elétrica e pH ácido (JUNK *et al.*, 2010).

Este rio apresenta uma característica bem peculiar que é a presença de cachoeiras e corredeiras que ocorrem preferencialmente na região do alto Tapajós, este tipo de ambiente apresenta-se extremo para a sobrevivência dos peixes, pois, combina correnteza forte, grande turbulência aquática e solo pedregoso (ZUANON, 1999).

A ictiofauna reofilica compõe um grupo que é considerado ameaçado principalmente pela construção hidrelétrica, podemos citar como exemplo a construção de barragens nos rios Tocantins e Jamari que teve como consequência a perda de força das corredeiras e a diminuição drástica de sua ictiofauna (SANTOS *et al.*, 2006).

Uma importante ameaça para a sobrevivência dos peixes ornamentais é a pesca sem controle, que pode ser considerada a principal fonte de renda para ribeirinhos ou empresários que de alguma forma sobrevivem da exploração deste recurso natural. O grupo dos peixes loricariídeos, que são comumente chamados por “acarís”, apresentam grande exploração nos rios da bacia Amazônica (RIBEIRO *et al.* 2009).

Os peixes da família Loricariidae possuem o corpo coberto por três ou mais séries de placas dérmicas, sendo chamados comumente por “cascudos”. Apresentam a boca modificada em um disco (ventosa) localizado na região ventral. A alimentação destes peixes é basicamente feita por algas e microrganismos que estão aderidos às rochas ou na lama próxima das margens do rio (SILVANO *et al.* 2001). Do ponto de vista comercial, a família Loricariidae desperta um forte interesse por parte dos aquarofilistas, por sua grande diversidade, representando a terceira família mais comercializada no estado do Amazonas (ANJOS *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2017). No estado do Pará, os principais polos fornecedores de cascudos ornamentais são as bacias do rio Xingu e Tapajós, pois, as mesmas agregam uma vasta biodiversidade de espécies e apresentam peculiaridades, geográficas e hidrológicas, que favorecem a diversidade deste grupo (ARAÚJO, 2016; BUCKUP & SANTOS, 2010).

Este trabalho de tese é justificado na constatação que informações sobre a comercialização de peixes ornamentais do rio Tapajós são escassos, e os poucos dados disponíveis não encontram-se facilmente acessíveis, tanto para a consulta acadêmica como para a disseminação do conhecimento junto à sociedade, além disso, a taxonomia da subfamília de Loricariidae é confusa, e muitas espécies ainda não foram formalmente descritas pela ciência, por conta disso há uma dificuldade inerente de identificação, assim utiliza-se o código L para identificar indivíduos que não possuem classificação taxonômica definida, mas são amplamente comercializados no mercado (CAMARGO *et al.*, 2012).

Visando contribuir com a identificação taxonômica das espécies de acaris comercializados no rio Tapajós utilizou-se neste trabalho a metodologia do DNA barcode proposta por Hebert *et al.* (2003). Esta técnica busca a identificação de espécies a partir de um fragmento de 648 pb do gene mitocondrial Citocromo C Oxidase Subunidade I (COI). O gene COI apresenta características, tais como, fácil amplificação, ausência de íntrons, taxas pequenas de recombinação, herança haploide e tem rápida evolução, que o credenciam como um excelente marcador ao nível interespecífico (MAY, 2010).

Baseado nas características citadas este gene foi escolhido como o código de barras universal dos animais, com a criação do “Consortium for the Barcode of Life” (CBOL -www.barcoding.si.edu), que se baseia na produção de sequências do gene, seguida por uma comparação com sequências anteriormente depositadas nesta

base de dados, que através da similaridade das sequências comparadas, permite a identificação molecular do espécime (HEBERT *et al.*, 2003).

Neste contexto, o problema da tese foi em explicar como está organizada a comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae no entreposto de Santarém/PA no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2016. Adicionalmente, aplica-se a técnica de identificação taxonômica DNA Barcoding em espécies comercializadas em Santarém, tendo em vista a importância da identificação precisa para auxiliar, na taxonomia e nas ações fiscalizatórias e de conservação deste importante recurso natural.

Esta Tese tem por objetivo principal descrever padrões socioeconômicos e genéticos moleculares de peixes ornamentais da família Loricariidae do rio Tapajós visando a maior compreensão da biodiversidade e contribuir para a resolução de problemas taxonômicos, e do manejo sustentável deste recurso natural. Ela está dividida em 3 seções, sendo a primeira composta pelo Referencial teórico e Objetivos, a segunda pelos resultados e discussão, abordados em dois artigos científicos e a terceira pela Conclusão e Referências Bibliográficas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A bacia do Rio Tapajós e a Construção de Barragens

A região Amazônica representa a maior bacia hidrográfica do mundo, com a drenagem de uma área aproximada de 7 milhões de km², sendo cerca de 67% dessa área situada exclusivamente no Brasil (JUNK et al., 2011). O rio Amazonas ocupa um eixo central e flui na direção Leste-Oeste da cordilheira dos Andes até o Oceano Atlântico, neste percurso recebe a descarga de grandes tributários na margem esquerda: Japurá, Negro e Trombetas, e na margem direita: Juruá, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu e Tocantins (Agência Nacional de Águas - Governo Federal <http://www2.ana.gov.br/>; Projeto Radam 1974).

O rio Tapajós possui águas claras, tendo como origem o cerrado brasileiro pela junção dos rios Teles Pires e Juruena, na fronteira entre os estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso. Dentre as principais características deste rio pode-se citar, a transparência de suas águas com visibilidade próxima de 5 metros, pequena quantidade de sedimentos e sólidos dissolvidos, baixa condutividade elétrica e pH ácido (JUNK et al, 2010).

Um dos primeiros estudos sobre a Ictiofauna na bacia do Tapajós foi realizado através de inventário da ictiofauna da ecorregião aquática Xingu-Tapajós. Neste trabalho foram identificadas 305 espécies de peixes, sendo 141 exclusivas da bacia do Tapajós (BUCKUP & SANTOS, 2010). A tabela 01 resume os gêneros e espécies da família Loricariidae descritos atualmente na bacia do Tapajós.

As barragens em rios para o aproveitamento de energia hidrelétrica representam uma das principais ameaças para a viabilidade da vida aquática. A construção de barragens para a implementação de usinas hidrelétricas altera áreas de corredeiras de diversos rios amazônicos, assim como influencia na perda da ictiofauna destes habitats (ZUANON, 1999).

O represamento de rios pode gerar extinção local de peixes adaptados aos ambientes de corredeiras (reofílicos), devido ao aumento do volume d'água e de sua permanência no sistema por um período maior de tempo (SANTOS e HERNANDEZ, 2009). Essas mudanças no habitat produzem a diminuição dos níveis de oxigênio, a morte de algas reofílicas, provocadas pela baixa incidência de luz e interfere nas

relações reprodutivas que são influenciadas pelas variações do nível e dinâmicas das águas (ICMBio, 2013).

O rio Tapajós e seus tributários nos últimos anos vêm sofrendo especulações sobre a construção de hidrelétricas, com previsão de implementação de mais de 10 Usinas Hidrelétricas no leito deste rio e a construção de pequenas usinas hidrelétricas nos rios Juruena e Apiacás, devido às necessidades crescentes de produção de energia, para abastecer os grandes centros econômicos do Brasil. (BERMAN, 2012).

Existem especulações de que uma das maiores usinas hidrelétricas poderá ser construída na região de São Luiz do Tapajós, Itaituba – PA, pois, esta região é considerada estratégica, em virtude da presença de inúmeras cachoeiras, que aumentam o aproveitamento hidrelétrico (ELETRONORTE, 2008). É importante ressaltar que o local de construção desta UHE, é próximo a Unidade de Conservação – Parque Nacional da Amazônia (PARNA da Amazônia), criado em 1974, através do Decreto nº 73.683 de 19 de fevereiro de 1974, apresentando uma área de 1.084.895,62 hectare, considerado o sexto maior Parque Nacional (RIBEIRO, 2013).

Os impactos acometidos por grandes represamentos são pouco conhecidos em relação aos seres vivos que habitam estes locais, entretanto, são prováveis e irreparáveis por meio dos exemplos de situações semelhantes ocorridas em outros rios do território brasileiro (ICMBio, 2013). Essa probabilidade de impacto se torna preocupante quando se considera esse ecossistema desconhecido, e que ainda existem inúmeras espécies de peixes, que habitam essa região, sem a descrição taxonômica definida (BUCKUP & SANTOS, 2010).

Tabela 01: Representação de gêneros e espécies da família Loricariidae que ocorrem na bacia do Tapajós.

Gênero	Espécie
<i>Farlowella</i>	<i>Farlowella amazona</i>
<i>Furcodontichthys</i>	<i>Furcodontichthys novaesi</i>
<i>Harttia</i>	<i>Harttia dissidens</i>
<i>Hemiodontichthys</i>	<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>
<i>Loricaria</i>	<i>Loricaria clavipinna</i>
<i>Pseudoloricaria</i>	<i>Pseudoloricaria laeviscula</i>
<i>Reganella</i>	<i>Reganella depressa</i>
<i>Sturisoma</i>	<i>Sturisoma rostratum</i>
<i>Hypostomus</i>	<i>Hypostomus hemicochliodon</i> <i>Hypostomus rondoni</i> <i>Hypostomus soniae</i> <i>Hypostomus melanephelis</i>
<i>Pterygoplichthys</i>	<i>Pterygoplichthys barbatus</i>
<i>Ancistrus</i>	<i>Ancistrus dolichopterus</i> <i>Ancistrus parecis</i> Fisch-Muller
<i>Hopliancistrus</i>	<i>Hopliancistrus tricornis</i>
<i>Leporacanthicus</i>	<i>Leporacanthicus joselimai</i>
<i>Peckoltia</i>	<i>Peckoltia kuhlmanni</i> <i>Peckoltia snethlageae</i> <i>Peckoltia vittata</i> <i>Peckoltia compta</i>
<i>Scobinancistrus</i>	<i>Scobinancistrus pariolispos</i>
<i>Spectracanthicus</i>	<i>Spectracanthicus murinus</i>
<i>Baryancistrus</i>	<i>Baryancistrus</i> sp.
<i>Hypancistrus</i>	<i>Hypancistrus</i> sp.

Fonte: Adaptado de Júnior & Nakayama, 2008.

2.2 Aquariofilia: Conceito, Histórico e Informações Gerais.

A aquariofilia é a atividade de estudo, criação e comercialização de organismos aquáticos ornamentais que abrange aproximadamente 20 milhões de vertebrados, uma grande variedade de corais, plantas e a classe dos peixes (WABNITZ, 2003).

Segundo o Art. 2º - II, da Instrução Normativa Interministerial 001/2012, estabelecida pelo Ministério da Pesca e Aquicultura e Ministério do Meio Ambiente, diz que a aquariorfilia: “é considerado o ato de manter ou comercializar para fins de lazer ou de entretenimento, indivíduos vivos em aquários, lagos, tanques ou outro tipo de reservatório” (IBAMA, 2016).

Os organismos aquáticos ornamentais são definidos por Ribeiro & Lima (2010) como: “espécies com habitats predominantemente aquáticos, em qualquer um dos seus estágios de desenvolvimento e que alguém deseje manter em aquários, tanques, lagos ornamentais com fins estéticos, para diversão ou educação”.

Dentre esses organismos se destacam os peixes ornamentais que estão associados àquelas espécies pequenas e coloridas com aspectos morfológicos belos e elegantes, porém, esta imagem não é correta, têm-se vários espécimes grandes como aruanã-prateado (*Osteoglossum bicirrhosum*), outros sem coloração alguma como os coridoras albinos (*Pristella maxillaris* e *Corydoras* sp.), ou ainda espécimes conhecidos como bizarras (RIBEIRO, 2005).

O aquarismo representa uma atividade antiga dos seres humanos, em que são reveladas historicamente essa atividade por figuras de peixes no Egito, relatos de criação de peixes em banheiras na Roma antiga e pela criação de peixes em zoológico de um imperador Azteca. Entretanto, esta atividade se desenvolveu com maior intensidade na China e Japão durante os séculos I e II, chegando na Europa no século XVII e nas Américas no século XVIII (MILLS, 1998).

A publicação do Livro “Chu Sha Yu P’U” (“Peixe Vermelho”) em 1596 de autoria Chang Chi’En-Tê é considerado o marco inaugural do início desta atividade de aquariorfilia. Neste livro é descrito de que forma o autor cuidava da manutenção dos peixes, da higienização e da manutenção da temperatura do aquário (BOTELHO FILHO, 1990).

Esta atividade se difundiu a partir do século XX, com a introdução de tecnologias que facilitaram o estudo e a criação desses organismos aquáticos, como, por exemplo, a utilização de aquário de vidro com estrutura em metal com controle de temperatura realizado de forma elétrica, além do desenvolvimento de filtros de água mais modernos (CASIMIRO *et al*, 2010).

No Brasil a aquariorfilia surgiu em 1922, no Rio de Janeiro, a partir da realização da Exposição Internacional do Centenário da Independência, que tinha

por objetivo expor as principais modalidades de trabalho no Brasil e exposição de produtos de empresas internacionais (LIMA, 2003; VIDAL Jr, 2006).

O Brasil se destaca nesta atividade por apresentar a maior biodiversidade de peixes de água doce do mundo, com aproximadamente 2.500 espécies registradas, e ainda se acredita que existam pelo menos 3.000 espécies que não são conhecidas pelos cientistas (SABINO & PRADO 2003).

A aquariofilia se popularizou na década de 80 em todo mundo tornando-se um *hobby* e até mesmo peça de decoração em inúmeras casas, escritórios e ainda atração de entretenimento em alguns shoppings (RIBEIRO, 2008). Entretanto, o aumento nesta atividade econômica pode trazer alguns desafios para a manutenção do equilíbrio ecológico no habitat, como é o caso da introdução de espécies exóticas (CASIMIRO *et al.*, 2010). As espécies exóticas encontram um ambiente vasto de caça e conseqüentemente o habitat que elas foram introduzidas não apresentará um predador específico para ela, em conseqüência disso o equilíbrio ecológico da cadeia alimentar será alterado podendo afetar a perda da biodiversidade (LEÃO *et al.*, 2011).

2.3 Panorama Econômico da Aquariofilia.

O mercado do aquarismo representa um importante setor econômico nacional e internacional de peixes. De acordo com dados da ONU de 2002 a 2006 houve um crescimento de 55,21% nas exportações mundiais, sendo atualmente, o sudoeste asiático os maiores produtores e exportadores de peixes ornamentais. No início do século XXI o total comercializado no atacado foi estimado em torno de 900 milhões de dólares e no varejo cerca de 3 milhões de dólares (CARDOSO & IGARASHI, 2009) e nos anos de 2016 e 2017 US\$ 660 milhões em exportação (COMTRADE, 2019).

Singapura é o principal polo exportador de peixes ornamentais com cerca de US\$ 50,2 milhões, seguido da Espanha com U\$ 34.6 e do Japão, berço do aquarismo mundial, com U\$ 30.4 milhões (FARIA, 2016). Nos Estados Unidos essa atividade é bem desenvolvida destacando-se o estado da Flórida, com cerca de 200 trabalhadores envolvidos na produção de 700 variedades de peixes ornamentais. Este estado americano alcançou vendas de cerca de US\$ 57,2 milhões, sendo sua

maior demanda o mercado interno, que movimenta cerca de US\$ 1,5 bilhão por ano venda de espécimes ou produtos no mercado de aquariorfilia (CHAPMAN, 2000).

Ao nível mundial a América do Sul tem expandido suas exportações de peixes ornamentais ao longo dos anos, destacando-se a Colômbia e o Brasil, não pelo uso de novas tecnologias, mas pela organização de pequenas associações de pescadores ou produtores da piscicultura ornamental (CARDOSO & IGARASHI, 2009).

A comercialização de peixes ornamentais no Brasil passou por várias fases, do apogeu no início da década de 90 em que passou 15ª posição para a 10ª em exportação no mercado mundial, ao declínio entre os anos de 1996 a 2003 (RIBEIRO, 2005). Entretanto, o Brasil exportou no início dos anos 2000 uma média de 30 milhões de indivíduos, atingindo uma receita de 5 milhões de dólares anuais (IBAMA, 2018), e em 2014 exportou cerca US\$ 13.5 milhões, tendo forte participação a pesca extrativista de peixes de águas marinhas e continentais. (FARIA, 2016). No ano de 2015, as exportações brasileiras renderam mais de 9 milhões de dólares com a movimentação de cerca de 3 milhões de exemplares de peixes de água doce. Os principais destinos das exportações brasileiras de peixes ornamentais são Alemanha, Estados Unidos, Hong Kong, Japão e Tailândia (ARAÚJO *et al.*, 2017).

A atividade extrativista de peixes ornamentais do Brasil tem se concentrado principalmente na região amazônica, onde se destacam polos regionais como o município de Barcelos (AM) e Altamira (PA). Os estados do Amazonas e Pará são detentores de 88% das exportações derivadas de pesca extrativista (ARAÚJO, 2016).

A cadeia de produção de peixes ornamentais no Brasil é formada por pescadores que trabalham com o extrativismo, aquicultores, pelos agentes distribuidores sendo eles intermediários, exportadores e atacadistas, pelos empresários (lojas especializadas e pet-shops), o consumidor final, e de pode-se colocar também as empresas de transporte. Acredita-se que este contingente de trabalhadores mencionado seja aproximadamente de 25 mil (RIBEIRO, 2008).

De acordo com dados do IBAMA (2008), o comércio de peixes ornamentais acontece em praticamente todos os estados do território brasileiro, destacando-se os estados do Amapá, Pará, Ceará, Mato Grosso, São Paulo, Espírito Santo, Bahia e Rio de Janeiro, pois, estes executam a cadeia de produção completa, enquanto que

os outros estados realizam uma ou outra etapa da cadeia produtiva, destacando-se a venda no varejo.

Devido à grande procura de espécies de peixes ornamentais, preferencialmente por pessoas de países como EUA, Japão, Itália, Bélgica, Alemanha, Reino Unido e França, originou-se uma nova técnica na produção deste tipo de peixes, a piscicultura ornamental. Este tipo de atividade teve um grande desenvolvimento na década de 90, comercializando cerca de US\$ 200 milhões em exportações de peixes e invertebrados em 1996, sendo que 60% dessa quantia foi destinada a economia de países em desenvolvimento (FAO, 1996).

A técnica de piscicultura ornamental diminui o impacto ambiental causado pela pesca extrativista e permite a produção de variedades com maior valor agregado. Pode-se destacar como grandes piscicultores ornamentais os países da Europa, Ásia e dos Estados Unidos produzindo espécies com preço dez vezes superior ao de um exemplar selvagem (RIBEIRO, 2005).

Uma atividade de piscicultura ornamental bem organizada pode produzir uma receita de R\$ 30.000,00 por hectare com tanques de pequeno porte (RIBEIRO, 2008). Um exemplo dessa lucratividade no comércio de peixes ornamentais é o município de Barcelos no estado do Amazonas, em que esta atividade representa mais de 60% de sua economia (ARAÚJO, 2016).

2.4 A Ordem Siluriformes e a Família Loricariidae.

A Ordem Siluriformes é um grupo diverso que tem como representantes os bagres e acaris ou cascudos, que são classificados em 39 famílias e mais de 5.199 espécies nomeadas, sendo que pelo menos 3.707 são consideradas válidas (ESCHMEYER e FONG, 2015). Os siluriformes são peixes populares, que habitam o fundo dos rios, preferencialmente entre as rochas e a vegetação. A maioria das espécies vive em ambiente de água doce, sendo que apenas duas famílias, Ariidae e Plotosidae, apresentam uma representação significativa de espécies marinhas. São utilizados em inúmeras atividades, tais como, na pesca esportiva, como alimento e no mercado de aquarofilia (ZUANON, 1999; NELSON, 2016). A ocorrência da maior biodiversidade dos Siluriformes está nas regiões neotropicais, África subsaariana e sudeste da Ásia. É importante destacar que na região neotropical são encontrados 40% dessas espécies (ARMBRUSTER, 2011).

De acordo com Nelson (2016), a família Loricariidae é a maior dentre os Siluriformes e uma das maiores famílias de peixes do mundo, contabilizando 992 espécies (FRICKE *et al.*, 2019). Esta diversidade taxonômica ocasiona muitos problemas na classificação dos táxons subfamílias (MARTINS *et al.*, 2013). Schaefer (1987) reconheceu dentro de Loricariidae seis subfamílias: 1) Lithogeneinae (1 gên./3 esp.), Neoplecostominae (13 gên./59 esp.), Hypoptomatinae (14 gên./ 52 esp.), Loricariinae (35 gên./ 239 esp.), Ancistrinae (19 gên./78 esp.) e Hypostominae (82 gên./ 464 esp.). Esta classificação foi apoiada por Reis *et al.*, (2003). Entretanto, Armbruster (2004) publicou outra proposta de relacionamento filogenético, a partir de uma pesquisa com as subfamílias Hypostominae e Ancistrinae, em que foi analisado caracteres morfológicos, osteológicos e de anatomia do trato digestivo de espécimes. Uma nova subfamília foi nomeada sendo chamada de Delturinae e formada por 2 gêneros (*Delturus*, *Hemipsilichthys*) e 7 espécies (Reis *et al.*, 2006).

Chiachio *et al.* (2008) propôs um novo táxon subfamília denominada de Otothyrinae, mas manteve a subfamília Hypoptopomatinae representada por membros da tribo Hypoptopomatini. Entretanto, Cramer *et al.* (2011) refutou a validade de Otothyrinae ao reconhecer sua origem parafilética. Por outro lado, Roxo *et al.* (2014) apoia o monofiletismo de Otothyrinae, além de evidenciar que Neoplecostominae está mais relacionada com Otothyrinae do que com Hypoptopomatinae.

Recentemente, Roxo *et al.* (2019) propuseram uma nova classificação baseada em um conjunto de dados em escala genômica (1041 loci, 328,330 pb) para 140 espécies abrangendo 75 gêneros e cinco das seis subfamílias já mencionadas anteriormente. Ambas as análises de máxima verossimilhança e bayesiana suportaram fortemente o monofiletismo de Loricariidae. Este trabalho reforça a espinha dorsal estabelecida das inter-relações loricariídeas: Delturinae como irmã de todos os outros loricariídeos analisados, com a subfamília Rhinelepinae divergindo em seguida, acompanhado por Loricariinae irmã de Hypostominae + Hypoptopomatinae. Relacionamentos anteriores baseados em DNA dentro de Hypostominae e Loricariinae foram fortemente apoiados.

Os peixes da família Loricariidae apresentam-se como um grupo monofilético, com origem provável há 15 milhões de anos na região das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (SILVA, 2009). Os peixes da família Loricariidae possuem o corpo coberto por três ou mais séries de placas dérmicas, sendo chamados

comumente por “cascudos”. Apresentam a boca modificada em um disco (ventosa) localizado na região ventral. A alimentação destes peixes é basicamente feita por algas e microrganismos que estão aderidos às rochas ou na lama próxima das margens do rio (SILVANO *et al.* 2001).

Além de sua grande diversidade, os acaris apresentam uma ampla distribuição no continente americano mais precisamente na região Neotropical, em trecho que vai da Costa Rica até à Argentina, além de possuírem variação morfológica e de coloração (REIS *et al.*, 2003). Os peixes ornamentais mais frequentes na bacia do rio Tapajós pertencem à família Loricariidae, com um percentual de 25,85% (comparado às demais espécies), distribuídos em 17 gêneros e 23 espécies.

2.5 – Estudos Moleculares em Loricariidae

Estudos com marcadores moleculares vêm sendo largamente utilizados na reconstrução filogenética e identificação de espécies biológicas (WILLIS *et al.*, 2007; HRBEK *et al.*, 2007). O DNA mitocondrial (mtDNA) é um importante marcador molecular por apresentar estrutura molecular simples, transmissão genética praticamente sem recombinação ou rearranjos, rápida evolução genica, sendo cerca de 10 vezes mais rápida do que as mudanças em genes nucleares, além de mostrar uma grande variação interespecífica (AVISE, 2000). Dentre os genes mitocondriais mais utilizados na descrição molecular de espécies destaca-se o Citocromo Oxidase C Subunidade I (COI), (Hebert *et al.*, 2003). O COI, tem se apresentado bastante eficiente na identificação genética de uma diversidade de táxons, principalmente no grupo dos peixes (COLLINS *et al.*, 2012), inclusive em táxons da família Loricariidae (FISCH-MULLER *et al.*, 2012).

A classificação baseada na morfologia é uma ferramenta ainda utilizada como o método favorito para identificação de espécies, em uso por muitos ictiólogos, porém, esta metodologia apresenta algumas limitações devido a equívocos na identificação de espécies em virtude da variação genética nos caracteres utilizados, do negligenciamento da existência de espécies morfologicamente crípticas e da dificuldade do uso de chaves de classificação para os primeiros estágios de vida de muitos táxons (HEBERT *et al.*, 2003).

Devido a problemas na identificação de peixes da família Loricariidae o mercado internacional de peixes ornamentais utiliza-se do código L para identificar espécimes que não possuem classificação taxonômica definida, mas são amplamente comercializados no mercado (CAMARGO et al., 2012). Isto é verificado na Instrução Normativa Interministerial nº 001, de 3 janeiro de 2012 que estabelece normas, critérios e padrões para a exploração de peixes nativos ou exóticos de águas continentais com finalidade ornamental ou de aquariofilia, na qual apresenta uma lista de 731 espécimes em que é permitida a captura para fins ornamentais.

Nesta lista estão os loricarídeos de valor comercial que são apresentados pelo nome científico e pelo código do código L. Entretanto, a organização desta lista é confusa, visto que 27 espécimes de loricarídeos nem sequer tem a identificação taxonômica formal precisa como, por exemplo, as espécies *Baryancistrus* sp., *Hypancistrus* sp. e *Pseudancistrus* sp. utilizadas neste estudo, além de trazer mais de um código L para algumas espécies, como é o caso de *Peckoltia vittata* (L015 e L049) e *Hypancistrus* sp. (L004, L005, L028 e L073). Esse problema na identificação taxonômica, produz uma série de consequências que vão desde a captura sem controle até falta de manutenção adequada nos recintos produzindo um grande número de mortes (GOMES et al., 2003). Essas mortes são atribuídas ao estresse que os espécimes são submetidos, que diminuem a produção e aumentam os gastos da exploração, oferecendo riscos a sustentabilidades dos estoques e por fim atinge a segurança econômica deste tipo de atividade comercial (SALARO et al., 2003).

Na tentativa de solucionar estas limitações na identificação taxonômica para as espécies de loricarídeos comercializados no rio Tapajós utilizou-se a neste trabalho a metodologia do DNA barcode proposta por Hebert et al. (2003). Esta técnica tem por metodologia a utilização de um fragmento de 648 pb do gene mitocondrial Citocromo C Oxidase Subunidade I (COI), para a identificação de espécies. O gene COI apresenta característica, tais como, fácil ampliação, não possui íntrons, taxas pequenas de recombinação, apresenta herança haploide e tem rápida evolução, que o credenciam como um excelente marcador ao nível interespecífico (MAY, 2010).

O DNA Barcode tem por função a identificação taxonômica precisa de um organismo dentro de uma espécie ou pode indicar que o espécime não pertence a nenhum grupo taxonômico descrito (MORITZ & CICERO, 2004). E tem como

princípio a presença de um intervalo (Barcode gap) entre as divergências genéticas intraespecíficas e interespecíficas. Este princípio mostra que a variação entre as bases nitrogenadas dentro de uma espécie não pode exceder a variação entre espécies diferentes dentro de um intervalo de 10 vezes (HEBERT *et al.*, 2004).

Neste contexto, têm-se os estudos com DNA Barcode em diversos loricariídeos, destacando-se o estudo da diversidade molecular nos Ancistrini, peixes encontrados na ecorregião Xingu-Tapajós, que mostrou a existência de 46 espécies nesta região, sendo distribuídas por 16 gêneros, e possivelmente um gênero novo (RIBEIRO *et al.*, 2013); a pesquisa entre espécies do gênero *Rineloricaria* (Siluriformes: Loricariidae: Loricariinae) com base em caracteres moleculares utilizando o gene mitocondrial COI, no qual apontam monofiletismo do gênero (SILVA, 2013); e uma análise filogenética das espécies do gênero *Acestridium*, com dados moleculares e morfológicos, os resultados apontam o monofiletismo para gênero, também foi encontrado como um grupo-irmão de *Niobichthys* e este clado como grupo-irmão sucessivo de *Oxyropsis* e *Hypoptopoma* (RODRIGUEZ *et al.*, 2015).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Descrever padrões socioeconômicos e genéticos moleculares de peixes ornamentais da família Loricariidae do rio Tapajós, visando a maior compreensão da biodiversidade e contribuir para a resolução de problemas taxonômicos, e do manejo sustentável deste recurso natural.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar aspectos socioeconômicos da comercialização de peixes ornamentais (família Loricariidae) oriundos do rio Tapajós, tendo em vista à geração de conhecimentos aplicáveis a gestão de recursos naturais e na mitigação de impactos sobre os estoques deste valioso recurso pesqueiro;
- Analisar a diversidade taxonômica e molecular das espécies comerciais da família Loricariidae;

4. RESULTADOS

Os resultados desta tese estão apresentados em forma de artigos científicos:

Artigo 1: ESTUDO DA COMERCIALIZAÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA LORICARIIDAE (SILURIFORMES) EM SANTARÉM/PA.

Publicado na Revista PUBVET (<https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n9a176.1-7>)

Artigo 2: DNA BARCODING DOS ACARIS ORNAMENTAIS MAIS EXPLOTADOS (LORICARIIDAE, SILURIFORMES) DO RIO TAPAJÓS, BRASIL.

Artigo 1

**ESTUDO DA COMERCIALIZAÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS DA FAMÍLIA
LORICARIIDAE (SILURIFORMES) EM SANTARÉM/PA**

**Albino Luciano Portela de Sousa
Luan Aécio Melo Maciel
Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues**

1 – Artigo publicado na Revista Pubvet v.12, n. 9. set. 2018
(<https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n9a176.1-7>PUBVET v.12, n.9, a176, p.1-7,
set.2018)

RESUMO

No Brasil, o comércio de peixes ornamentais de ambientes dulcícolas ainda depende essencialmente da atividade extrativista, principalmente na região amazônica. O estado do Pará se apresenta como um dos principais fornecedores de peixes ornamentais da família Loricariidae, sobretudo nas bacias do rio Xingu e Tapajós. No presente estudo analisamos a comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae oriundos do rio Tapajós e comercializados por empresas instaladas na cidade de Santarém. Os dados primários foram obtidos a partir das Guias de Transporte Animal (GTA) e Guias de Trânsito de Peixes com fins Ornamentais e de Aquariorfilia (GTPON), perfazendo o período de janeiro/2013 a dezembro/2016. Foram comercializados um total de 136.705 exemplares que geraram a receita bruta de R\$ 365.013,80. As espécies *Baryancistrus* sp. (LDA33), *Hypancistrus* sp. (L260), *Pseudacanthicus* sp. (L273) e *Peckoltia compta* (L134) são as mais produtivas e economicamente rentáveis, sendo responsáveis por 59,6% da receita bruta gerada no período de janeiro/2013 a dezembro/2016. A produção de peixes ornamentais em Santarém/PA é oriunda da atividade extrativista da pesca artesanal e quase totalmente comercializada no mercado nacional. Os resultados obtidos são importantes para a compreensão da cadeia produtiva de peixes ornamentais da bacia do Tapajós, pois ainda existe pouco conhecimento publicado sobre a estrutura da pesca ornamental nesta região.

Palavras-chave: Acari. Aquariorfilia. Cadeia Produtiva. Exploração. Rio Tapajós

ABSTRACT

In Brazil, the trade of ornamental fish from freshwater environments still relies on the essentially extractive activity, largely in the Amazon region. The Pará State is one of the major Loricariidae ornamental fish supplier, especially with the Xingu and Tapajós river basins. In the present study, we analyzed the Loricariidae ornamental fish trade from the Tapajós River, marketed by companies operating at Santarém city. The raw data were compiled from the official documents: Animal Transport Guides (GTA) and Fish Transit Guides for Ornamental and Aquarium Fisheries (GTPON), covering a period from January/2013 to December/2016. Were sold 136.705 fish units, which yielded the gross income of R\$ 365.013,80. The species *Baryancistrus* sp. (LDA33), *Hypancistrus* sp. (L260), *Pseudacanthicus* sp (L273) and *Peckoltia compta* (L134) were the most productive and economically profitable, accounting for 59.6% of the gross income in the period from January/2013 to December/2016. The ornamental fish production of Santarém/PA resulted from the extractive artisanal fishing and was almost fully sold into the Brazilian market. Since there is still scarce literature about the ornamental fishery in the Tapajós basin, these results are important for the understanding of the local productive chain.

Keywords: Cascudo Aquarium. Productive Chain. Exploitation. Tapajós River

INTRODUÇÃO

A comercialização de peixes ornamentais no Brasil representa um importante setor econômico que, no início do século 21, movimentou um volume aproximado de 900 milhões de dólares (Cardoso & Igarashi, 2009). Em 2005 este patamar atingiu 15 bilhões de dólares e estima-se que esta atividade econômica crescerá em média 14% ao ano (Moreau & Coomes, 2007). Este mercado movimenta cerca de 400 milhões de exemplares por ano, sendo que cerca de 90% são peixes produzidos por criadores e 10% são provenientes da atividade pesqueira extrativista (Chapman, 2000).

O Brasil e a Colômbia são os principais exportadores de peixes ornamentais nativos da América do Sul. A atividade extrativista de peixes ornamentais do Brasil tem se concentrado principalmente na região amazônica, onde se destacam polos regionais como o município de Barcelos (AM) e Altamira (PA). Os estados do Amazonas e Pará são detentores de 88% das exportações derivadas de pesca extrativista (Araújo, 2016). No ano de 2015, as exportações brasileiras renderam mais de 9 milhões de dólares com a movimentação de cerca de 3 milhões de exemplares de peixes de água doce. Os principais destinos das exportações brasileiras peixes ornamentais são Alemanha, Estados Unidos, Hong Kong, Japão e Tailândia (Araújo *et al.*, 2017).

Os peixes da família Loricariidae (Siluriformes) são caracterizados por possuírem o corpo recoberto por três ou mais séries de placas dérmicas, e por isso, recebem o nome popular de “cascudos” ou “acaris”. Possuem a boca modificada em forma de disco ou ventosa, que geralmente são usadas para a fixação em substratos rochosos e troncos de madeira no leito dos rios (Silvano *et al.*, 2001). Apresentam alto valor comercial e representam a terceira família mais comercializada no estado no Amazonas (Anjos *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2017). No estado do Pará os principais polos fornecedores de cascudos ornamentais são as bacias do rio Xingu e Tapajós, pois as mesmas apresentam uma grande biodiversidade de espécies de peixes e exibem condições ambientais que favorecem o aparecimento de microambientes (Araújo, 2016; Buckup & Santos, 2010).

O rio Tapajós de acordo com ICMBio (2011) “ é formado pela confluência do rio Teles Pires com o rio Juruena, em Barra de São Manuel na fronteira entre Pará e

Mato Grosso, e percorre uma extensão de aproximadamente 800 km até desaguar no Amazonas”.

Informações sobre a comercialização de peixes ornamentais do rio Tapajós são escassas, e os poucos dados disponíveis não se encontram facilmente acessíveis tanto para a consulta acadêmica como para a disseminação do conhecimento junto a sociedade. No presente trabalho analisamos aspectos sócio econômicos da comercialização de peixes ornamentais (fam. Loricariidae) oriundos do rio Tapajós, tendo em vista a geração de conhecimentos aplicáveis a gestão de recursos naturais e na mitigação de impactos sobre os estoques deste valioso recurso pesqueiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta dos dados foi obtida a partir da pesquisa documental utilizando como fonte as Guias de Transporte Animal (GTA) e Guias de Trânsito de Peixes com fins Ornamentais e de Aquariorfilia (GTPON), ambos disponibilizados pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARA) gerência Santarém-Pará.

Foram analisados os dados referentes aos períodos de janeiro de 2013 a dezembro de 2016. Os documentos incluem o nome das espécies, identificação comercial (código L), número de exemplares, preço unitário e total, local da compra (mercado nacional e internacional), nome do comprador (indivíduo/empresa) e procedência (extrativismo ou aquicultura). A coleta de dados e análises se restringem aos peixes ornamentais da família Loricariidae cuja procedência situa-se na bacia do rio Tapajós. Com relação aos nomes científicos das espécies adotou-se a nomenclatura citada na literatura corrente (Armbruster, 2004; Buckup & Santos, 2010; Reis *et al.*, 2006; Froese & Pauly, 2018).

RESULTADOS

Foram analisadas 343 GTA e 164 GTPON. No período de janeiro/2013 a dezembro/2016 foram comercializados a partir de Santarém/PA, 136.705 unidades de peixes ornamentais de 21 espécies da família Loricariidae (Figura 1, Tabela 1).

Tabela 1 - Unidades de peixes ornamentais da família Loricariidae comercializadas em Santarém/PA e valor bruto de receita agregado por espécie, no período de 2013-2016.

Espécie	Identidade comercial	2013	2014	2015	2016	Total	Valor agregado (R\$)
<i>Ancistrus sp.</i>	-	30	0	161	0	191	346,00
<i>Baryancistrus sp.</i>	LDA33	1350	3467	2796	9755	17368	39586,60
<i>Baryancistrus sp.</i>	L142	195	295	25	8377	8892	35196,50
<i>Farlowella amazona</i>	-	70	0	0	0	70	70,00
<i>Hemiancistrus sabaji</i>	L075	829	2122	1021	1531	5503	10145,30
<i>Hemiancistrus snethlageae</i>	L215	620	597	0	2366	3583	5849,50
<i>Hypancistrus sp.</i>	L260	1700	3219	3433	14858	23210	64591,70
<i>Hypancistrus sp.</i>	L262	409	540	1000	4900	6849	14699,50
<i>Hypancistrus sp.</i>	L333	470	398	1142	5675	7685	19955,25
<i>Hypostomus soniae</i>	L137	453	1635	1001	2130	5219	8877,00
<i>Leporacanthicus joselimae</i>	L264	732	993	903	5653	8281	19649,50
<i>Panaque sp.</i>	L271	70	560	30	1356	2016	3764,50
<i>Panaque ambrusteri</i>	L027	585	988	1285	664	3522	8326,00
<i>Peckoltia compta</i>	L134	1180	9943	2905	10586	24614	70116,00
<i>Peckoltia vittata</i>	L015	980	557	630	1860	4027	8202,35
<i>Pseudacanthicus sp.</i>	L097	89	239	249	1335	1912	5357,00
<i>Pseudacanthicus sp.</i>	L273	1075	760	1105	7326	10266	43318,00
<i>Pseudancistrus sp.</i>	L259	95	14	129	662	900	1412,00
<i>Scobiancistrus sp.</i>	L048	140	79	0	155	374	2888,60
<i>Scobiancistrus pariolispos</i>	L133	0	83	263	462	808	1035,00
<i>Spectracanthicus murinus</i>	-	317	156	357	585	1415	1564,50
Total		11389	26645	18435	80236	136705	365013,80

No ano de 2013 foram comercializadas 11.389 unidades, seguidas por 26.645 em 2014, 18.435 em 2015 e 80.236 em 2016. No período analisado observou-se um crescimento de 7 vezes sobre o número inicial de unidades comercializadas. Neste período, as espécies mais exploradas foram *Peckoltia compta* (L134) com 24.614

unidades (18%), seguida de *Hypancistrus sp.* (L260) com 23.210 unidades (17%). Algumas espécies não foram comercializadas no período de um ano (*Hemiancistrus snethlageae*, *Scobiancistrus sp.*, *Scobiancistrus pariolispos*), dois anos (*Ancistrus sp.*) e três anos (*Farlowella amazona*).

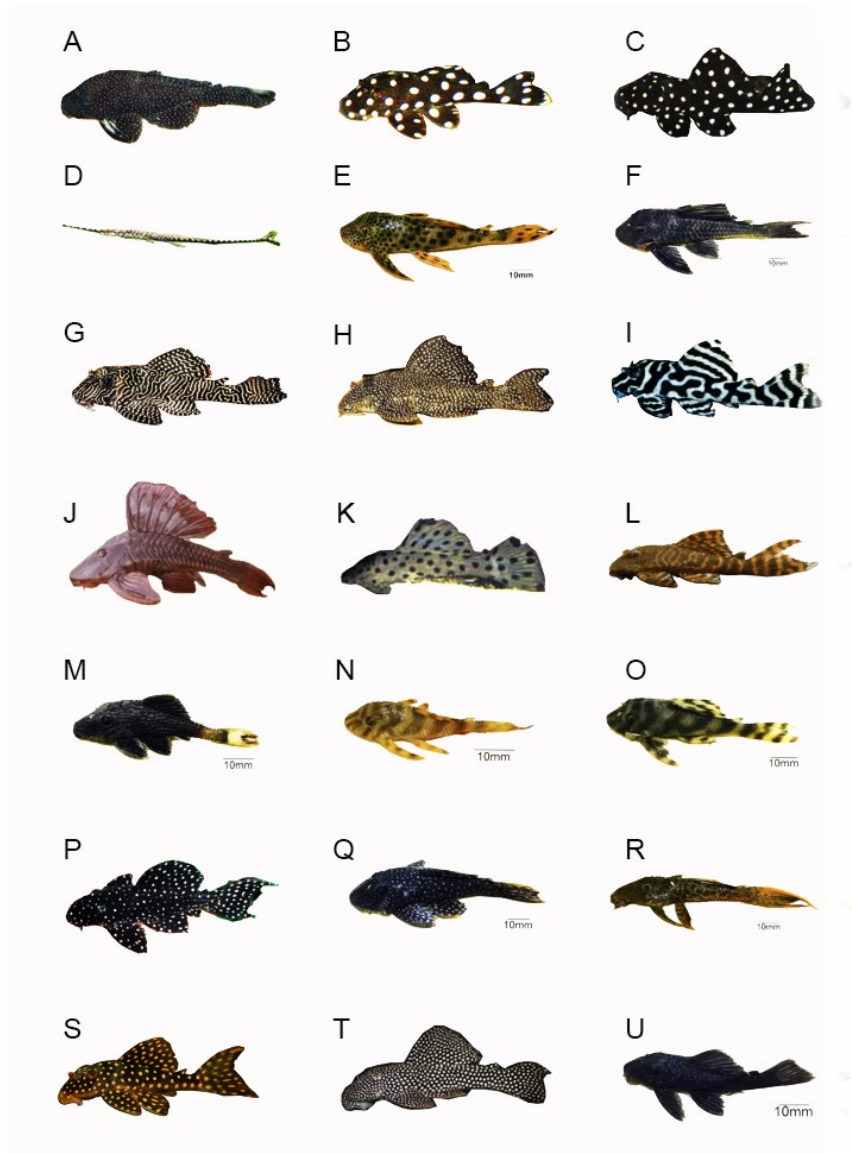


Figura 01: Ilustração da morfologia externa e padrão de colorido dos cascudos ornamentais comercializados em Santarém/PA. A. *Ancistrus sp.*; B. *Baryancistrus sp.* LDA 33; C. *Baryancistrus sp.* L142; D. *Farlowella amazona*; E. *Hemiancistrus sabaji* L075; F. *Hemiancistrus snethlageae* L215; G. *Hypancistrus sp.* L260; H. *Hypancistrus sp.* L262; I. *Hypancistrus sp.* L333; J. *Hypostomus soniae* L137; K. *Leporacanthicus joselimae* L264; L. *Panaque sp.* L271; M. *Panaque ambrusteri* L27; N. *Peckoltia compta* L134; O. *Peckoltia vittata* L015; P. *Pseudacanthicus sp.* L097; Q. *Pseudacanthicus sp.* 259; R. *Pseudacanthicus sp.* L273; S. *Scobiancistrus sp.* L048; T. *Scobiancistrus pariolispos* L133; U. *Spectracanthicus murinus*

Os principais mercados consumidores nacionais foram às cidades de Belém, São Paulo e Manaus e os principais destinos internacionais foram os países de Hong Kong, China e Japão (Figura 2). No período de 2013 a 2016 a comercialização

de peixes ornamentais loricarídeos, em Santarém/PA, gerou uma receita bruta de R\$ 365.013,80.

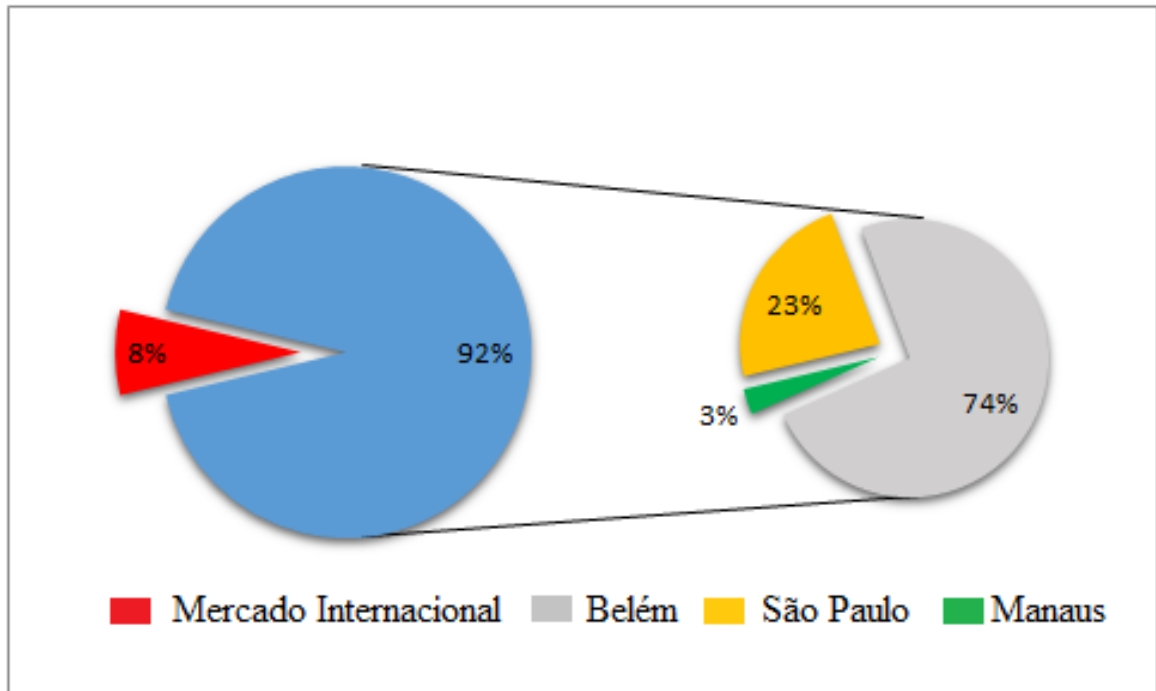


Figura 2. Principais destinos dos peixes ornamentais da família Loricariidae explorados no rio Tapajós

O ano de maior arrecadação foi 2016, cuja receita atingiu R\$ 226.633,50, o que coincide com o ano de maior volume de unidades comercializadas. Analisando o quantitativo financeiro por espécie, pode-se destacar a espécie *Peckoltia compta* (L134) que movimentou o maior valor financeiro cerca de R\$ 70.116,00 seguida pelo *Hypancistrus sp.*(L260) com um montante de R\$ 64.591,70 e pelo *Pseudacanthicus sp.* (L273) com a quantia de R\$ 43.381,00 (Tabela 1). Em geral, todas as espécies apresentaram uma valorização do preço/unidade ao longo do período estudado, entretanto, algumas espécies apresentaram enormes variações de preço/unidade, como por exemplo, *Scobinancistrus sp.* (L048) cujo valor mínimo passou de R\$ 1,00 para R\$ 31,00, assim como *Hypancistrus sp.* (L333) comercializada inicialmente por R\$ 0,80/unidade em 2013 para R\$ 27,50/unidade em 2016, *Pseudacanthicus sp.* (L273), por sua vez teve preço R\$0,05/unidade elevado para R\$ 25,00/unidade (Tabela 2).

Tabela 2: Preço mínimo e máximo de comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae.

Espécie	Identidade comercial	Preço mínimo	Preço máximo
<i>Ancistrus</i> sp.		1,00	3,00
<i>Baryancistrus</i> sp.	LDA33	1,00	15,00
<i>Baryancistrus</i> sp.	L142	1,00	3,00
<i>Farlowella amazona</i>	-	1,00	1,00
<i>Hemiancistrus sabaji</i>	L075	1,00	11,85
<i>Hemiancistrus snethlageae</i>	L215	0,50	3,00
<i>Hypancistrus</i> sp.	L260	0,80	20,00
<i>Hypancistrus</i> sp.	L262	1,00	5,00
<i>Hypancistrus</i> sp.	L333	0,80	27,45
<i>Hypostomus soniae</i>	L137	0,15	4,00
<i>Leporacanthicus joselimae</i>	L264	1,00	18,00
<i>Panaque</i> sp.	L271	1,00	3,00
<i>Panaque ambrusteri</i>	L27	1,00	18,00
<i>Peckoltia compta</i>	L134	1,00	6,00
<i>Peckoltia vittata</i>	L015	1,00	15,42
<i>Pseudacanthicus</i> sp.	L097	1,00	10,00
<i>Pseudacanthicus</i> sp.	L273	0,05	25,00
<i>Pseudancistrus</i> sp.	L259	1,00	3,00
<i>Scobiancistrus</i> sp.	L048	1,00	31,00
<i>Scobiancistrus pariolispos</i>	L133	1,00	3,50
<i>Spectracanthicus murinus</i>	-	0,50	3,00

DISCUSSÃO

As espécies ornamentais *Peckoltia compta* (L134, Teoro ou Tigre), *Hypancistrus sp.* (L260, Acari Pão) e *Baryancistrus sp.* (LDA33, Bola de Neve) foram os peixes loricarídeos mais explorados comercialmente em Santarém/PA no período de 2013-2016, representando 47,8% das unidades (indivíduos) comercializadas e correspondendo a 47,8% da receita bruta deste empreendimento.

Pela análise documental registramos a ocorrência de dois táxons denominados *Baryancistrus sp.*, comercialmente identificados como LDA33 e L142; porém, de acordo com a Instrução Normativa Interministerial N^o.001/2012 os dois códigos são atribuídos a mesma espécie. Portanto, a exploração de *Baryancistrus sp.* no mercado de peixes ornamentais em Santarém/PA contribuiu com a comercialização de 26.260 unidades (19,2%), o que a coloca no ranking de segunda espécie mais explorada, superada apenas por *Peckoltia compta*. Por outro lado, *Baryancistrus sp.* gerou a receita bruta de R\$ 74.783,31, o que a torna a espécie de maior valor comercial no mercado de peixes ornamentais de Santarém/PA, no período 2013-2016.

Em geral houve aumento da produtividade na maioria das espécies, com um crescimento acentuado no último ano do período. Das 21 espécies relacionadas apenas três mostraram declínio do número de unidades comercializadas: *Farlowella amazona*, *Panaque ambrusteri* (L027) e *Pseudacanthicus sp.* (L273). Das quatro espécies mais comercializadas *Peckoltia compta* foi a que apresentou a maior variação do número de unidades no período analisado (Figura 3). A captura de cascudos ornamentais não é regular durante o ano, isto porque a abundância de cada espécie é influenciada, não somente pela disponibilidade de áreas de coleta, mas também, por questões peculiares da região amazônica, tais como, a sua área geográfica e seus ciclos hidrológicos (Araújo, 2016).

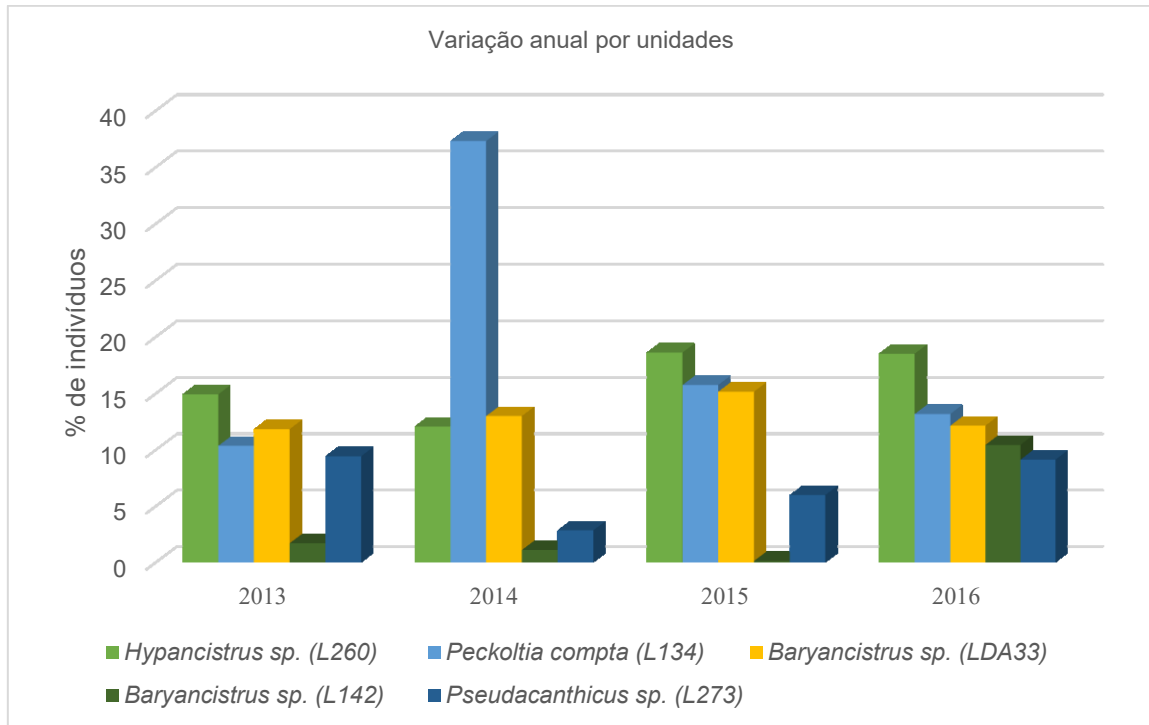


Figura 3: Variação anual do número de indivíduos comercializados das principais espécies ornamentais da família Loricariidae exploradas em Santarém/PA no período 2013-2016.

No Brasil, o comércio de peixes ornamentais de água doce ainda depende essencialmente da atividade extrativista, que constitui um importante setor econômico em várias cidades da região amazônica, tais como, Barcelos (AM) localizada na bacia do rio Negro e Altamira (PA) na bacia do rio Xingu (Anjos *et al.*, 2009). Na bacia do Tapajós, a cidade de Itaituba é referida como importante polo exportador de peixes ornamentais (Camargo *et al.*, 2005). No presente estudo, evidencia-se o crescimento deste setor na cidade de Santarém, situada na confluência dos rios Tapajós e baixo Amazonas.

A atividade extrativista de peixes ornamentais é considerada potencialmente prejudicial à preservação da biodiversidade, visto que algumas das espécies exploradas são desconhecidas do ponto de vista taxonômico e ecológico, ou seja, existe uma carência de estudos básicos sobre a biologia de várias espécies comercializadas (Araújo, 2016). O principal marco regulatório desta atividade econômica é a Instrução Normativa Interministerial 001/2012. Dentre as espécies comercializadas em Santarém, apenas *Ancistrus sp.* não está citada para uso comercial pela referida IN.

O preço/unidade de peixe ornamental apresenta variação ao longo do ano devido a inúmeras variáveis, tais como, regime de cheias e vazante dos rios, quantidade disponível do pescado para aquele ano (demanda x oferta) e condições de logística da cadeia produtiva e de comercialização. De acordo com Prang (2007) a cadeia de comercialização deste recurso natural exibe uma grande diferença de preço em cada nível e essa variação contribui com a oscilação de renda nas comunidades provedoras e pela ausência de sustentabilidade da atividade, visto que provoca a necessidade de grandes quantidades capturadas para obtenção de um nível mínimo de renda (Araújo *et al.*, 2017).

A maior parte dos produtos da pesca ornamental brasileira é destinada ao mercado consumidor internacional, sendo que os principais destinos estão localizados na Europa, América do Norte e na Ásia (Prang, 2007). Os estados do Pará e Amazonas concentram 88% das exportações de peixes ornamentais com captura extrativista do país (Araújo *et al.*, 2017).

Apesar do declínio gradual do Brasil nas exportações ao nível internacional de exemplares de peixes ornamentais de água doce no período de 2006 a 2015 (Figura 4), com perda de aproximadamente 89% do volume total exportado (Ferreira, 2016), este padrão de declínio não se ajusta aos dados observados na comercialização de peixes ornamentais loricarídeos da bacia do Tapajós, o que se caracteriza por um vertiginoso crescimento tanto na produção quanto nos valores de receita associados.

Uma das explicações possíveis para o aumento da exploração de peixes ornamentais do rio Tapajós pode estar ligada ao declínio nos últimos 10 anos do comércio e da pesca de peixes ornamentais na cidade de Barcelos no estado do Amazonas (Ferreira, 2016) e, por isso, a necessidade de buscar novas áreas que ainda são pouco exploradas e que apresentam uma vasta diversidade de espécies, como é o caso bacia do rio Tapajós, na qual pode se configurar em nível nacional como uma importante área de exploração extrativista de peixe ornamental de água doce.

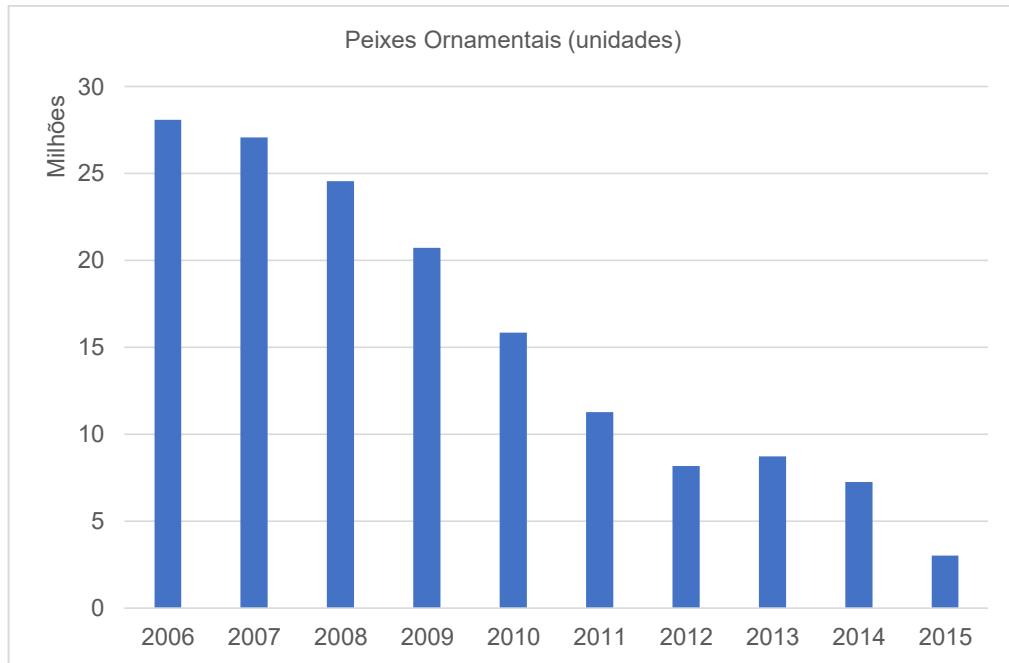


Figura 4: Volume de exportação de peixes ornamentais brasileiros no período de 2006-2015. Dados modificados de Ferreira (2016).

Os dados relativos à comercialização de peixes ornamentais na bacia do rio Tapajós ainda são incipientes comparados a de outras bacias da região amazônica, como a bacia do rio Xingu. A cidade de Santarém possui a melhor infraestrutura de portos e aeroportos na região do Tapajós e, portanto, poderá alavancar o crescimento da cadeia produtiva local. Vislumbra-se a necessidade de investimentos neste setor econômico, de modo a promover a modernização das instalações e logística do transporte, a organização dos atores que compõe a cadeia produtiva, o fortalecimento das políticas voltadas para a exploração e conservação deste recurso natural, aproximação do meio acadêmico com vistas a geração de conhecimentos científicos demandados para o melhor uso e agregação de valor aos produtos comercializados (peixes ornamentais).

CONCLUSÃO

A bacia do rio Tapajós representa importante polo produtivo de peixes ornamentais da família Loricariidae com oferta diversificada de pelo menos 21 espécies legalmente autorizadas para a exploração. As espécies *Baryancistrus sp.* (LDA33), *Hypancistrus sp.* (L260), *Pseudacanthicus sp.* (L273) e *Peckoltia compta* (L134) são as mais produtivas e economicamente rentáveis, sendo responsáveis por

59.6% da receita bruta gerada no período de janeiro/2013 a dezembro/2016. A produção de peixes ornamentais em Santarém/PA é quase totalmente comercializada no mercado nacional

AGRADECIMENTOS

A Agência de Defesa Agropecuária do Estado Pará (ADEPARA) agência Santarém-Pará, por conceder acesso às bases documentais. As empresas AMAZON FISH e TAPAJÓS AQUÁRIOS pelo compartilhamentos de dados comerciais. A CAPES pela bolsa de mestrado concedidas para LAMM. Ao Programa CAPESPROAMAZÔNIA, AUXPE 3318/2013O pelo financiamento do projeto "Estudos Citogenéticos e Citogenômicos da Biodiversidade da Amazônia com implementação de avanços técnicos" que permitiu realizar o estudo

REFERÊNCIAS

- ANJOS, H.D.B, SIQUEIRA, J.A., AMORIM, R.M.S & ANJOS, C.R. 2009. Exportação de peixes ornamentais do estado do Amazonas, bacia amazônica, Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 35: 259-274.
- ARAÚJO, J.G. Economia e Pesca de Espécies Ornamentais do Rio Xingu, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- ARAÚJO, J.G; SANTOS, M.A.S; REBELLO, F.K; ISSAC, V.J. 2017. Cadeia comercial de peixes ornamentais do rio Xingu, Pará, Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 42: 297-307.
- ARMBRUSTER, J. W. 2004. Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. Zoological Journal of the Linnean Society, 141: 1-80. 2004.
- BUCKUP, P. A. & SANTOS, G.M. 2010. Ictiofauna da Ecorregião Tapajós-Xingu: fatos e perspectivas. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 98. 2010.
- CAMARGO, M., GIARRIZZO, T. & CARVALHO Jr., J. 2005. Levantamento Ecológico Rápido da Fauna Ictica de Tributários do Médio -Baixo Tapajós e Curuá. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais 2(1):229-247.

CARDOSO, R.S. & IGARASHI, M.A. 2009. Aspectos do agronegócio da produção de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. PUBVET, 3, n.14. 2009.

CHAPMAN, F.A. 2000. Ornamental fish culture, freshwater. Encyclopedia of Aquaculture, USA, 3: 602-610.

FERREIRA, V.A.M. Avaliação da Pesca e Comércio de Peixes Ornamentais no município de Barcelos, Amazonas, Brasil. Dissertação (Mestrado Biologia Aplicada) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2016.

FROESE, R.; D. & PAULY. 2018. Editors. FishBase.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Levantamento da Ictiofauna, Caracterização Genética e da Fauna Parasitária da bacia hidrográfica do rio Tapajós. 2011.

MOREAU, M.A & COMES, O. T. 2007. Aquarium fish exploitation in western Amazonia: conservation issues in Peru. Environmental Conservation, 34,1, 12-22.

PRANG, G. 2007. An Industry Analysis Of The Freshwater Ornamental Fishery With Particular Reference To The Supply Of Brazilian Freshwater Ornamentals To The UK Market. Uakari,3,1, 7-51.

REIS, R. E, PEREIRA, E. H. L. & ARMBRUSTER, J. W. 2006. Delturinae, a new loricariid catfish subfamily (Teleostei, Siluriformes), with revisions of Delturus and Hemipsilichthys. Zoological Journal of the Linnean Society, 147, 277-299.

SILVANO, R.A.M., OYAKAWA, O.T., AMARAL, L. B.D. & BEGOSSI, A.2001. Peixes do alto rio Juruá (Amazônia, Brasil). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 298p. 2001.

Artigo 2

**DNA BARCODING DOS ACARIS ORNAMENTAIS MAIS EXPLOTADOS
(LORICARIIDAE, SILURIFORMES) DO RIO TAPAJÓS, BRASIL.**

**Albino Luciano Portela de Sousa
Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues**

RESUMO

A comercialização internacional de peixes ornamentais representa um importante setor econômico que mobiliza uma receita anual de bilhões de dólares e tem na bacia amazônica um dos principais centros fornecedores de espécies nativas. Entre os grupos de peixes ornamentais amazônicos preferidos no mercado internacional destacam-se os cascudos ou acaris (Loricariidae, Siluriformes). Este grupo representa mais de 900 espécies válidas, sendo que 128 espécies são autorizadas pelo governo brasileiro para a comercialização. A taxonomia subfamiliar de Loricariidae é confusa e muitas espécies que ainda não estão formalmente descritas pela ciência são liberadas para fins comerciais, o que certamente dificulta as ações fiscalizatórias e de conservação. No presente trabalho foi desenvolvido marcadores taxonômicos moleculares do tipo DNA barcoding para as espécies mais comercializadas na região do rio Tapajós em Santarém-PA no período de 2013-2016. Foram analisados 29 indivíduos: *Peckoltia vittata* (n=3), *Hypostomus soniae* (n=6), *Baryancistrus* sp. (n=6), *Leporachanticus joselimai* (n=3), *Hypancistrus* sp. (n=5), *Pseudancistrus* sp. (n=3), *Spectracanthicus murinus* (n=1), *Hemiancistrus snethlageae* (n=1) e *Pseudacanthicus sp. titanic* (n=1). O DNA genômico foi extraído do tecido muscular utilizando o método "salting out". A sequência DNA barcoding, região 5' do gene mitocondrial Citocromo Oxidase I, foi amplificada por reação em cadeia da polimerase utilizando-se primers degenerados COL6 e COH6. O sequenciamento foi feito pelo método de Sanger di-desoxiterminal e as sequências foram depositadas e analisadas na plataforma www.boldsystems.org. Foram produzidas 29 sequências de código de barras do DNA com mais de 500 pb, sem códons de parada ou indels. A composição de base mostrou uma porcentagem média de 17,57% (G), 25,29% (C), 25,22% (A) e 31,92% (T). A análise de DNA barcoding confirmou a identificação de 9 espécies com uma divergência média intraespecífica de 0,24%. A menor distância para o vizinho mais próximo foi superior a 2% entre todos os pares de espécies. Os resultados demonstram que a identificação taxonômica por DNA barcoding é eficiente e pode auxiliar na resolução de questões de natureza taxonômica, forense e de conservação. Em vista a enorme diversidade da ictiofauna amazônica recomenda-se maiores esforços no sentido de incrementar a coleção pública de referência das etiquetas moleculares DNA barcoding.

Palavras-chave: Acari. Bacia Amazônica. Cascudo. DNA Barcoding. Rio Tapajós.

ABSTRACT

The international trade of ornamental fishes represents an important economic sector that mobilizes an annual revenue of billions of dollars and has in the Amazon basin one of the main centers suppliers of native species. Among the groups of ornamental fish preferred in the international market are caracasses or acaris (Loricariidae, Siluriformes). This group represents more than 900 valid species, and 128 species are authorized for commercialization. The subfamilial taxonomy of Loricariidae is confusing and many species that are not yet formally described by science are released for commercial purposes, which certainly hampers inspection and conservation actions. In the present work we developed DNA barcoding molecular taxonomic markers for the most commercialized species in the region of the Tapajós river in Santarém-PA. We analyzed 29 specimens of *Peckoltia vittata* (n = 3), *Hypostomus soniae* (n = 6), *Baryancistrus sp.* (n = 6), *Leporachanticus joselimai* (n = 3), *Hypancistrus sp.* (n = 5), *Pseudancistrus sp.* (n = 3), *Spectracanthicus murinus* (n = 1), *Hemiancistrus snethlageae* (n=1) and *Pseudacanthicus sp titanica* (n=1). Genomic DNA was extracted from muscle tissue using the "salting out" method. The DNA barcoding sequence, 5' region of the mitochondrial Cytochrome Oxidase I gene, was amplified by polymerase chain reaction using degenerate primers COL6 and COH6. Sequencing was done by the Sanger di-deoxyterminal method and the sequences were deposited and analyzed on the platform www.boldsystems.org. Twenty-nine DNA barcode sequences were produced with more than 500 bp, without stop codons or indels, were produced. The base composition showed an average percentage of 17,57% (G), 25,29% (C), 25,22% (A) and 31,92% (T). DNA barcoding analysis confirmed the identification of 9 species with a mean intraspecific divergence of 0,24%. The shortest distance to the nearest neighbor was greater than 2% among all pairs of species. The results demonstrate that the taxonomic identification by DNA barcoding is efficient and can aid in the resolution of questions of taxonomic, forensic and conservation nature. In view of the enormous diversity of the Amazonian ichthyofauna, greater efforts are recommended to increase the public reference collection of molecular tags DNA barcoding.

Keyword: Acari. Amazon Basin. Cascudo, DNA Barcoding. Rio Tapajós.

INTRODUÇÃO

O comércio de peixes ornamentais é um importante setor econômico que movimentava bilhões de dólares em mais de cem países, operando com mais de 2500 espécies, que aproximadamente 60% vêm de habitats de água doce, onde normalmente são coletados de estoques naturais. Os países tropicais e subtropicais da Ásia constituem o principal centro fornecedor, enquanto os EUA e a Europa são o mercado consumidor mais importante (Dey, 2016). Na América do Sul, o Brasil e a Colômbia são os principais países exportadores, mas eles têm uma pequena fatia do mercado global. Em 2014, eles foram colocados respectivamente na 8ª e na 10ª posição no rank dos países fornecedores (Dey, 2016). Esta fragilidade da América do Sul no comércio internacional é altamente contrastante com o seu enorme potencial para a produção de peixe, dada a sua gigantesca rede de sistemas de água e as mais ricas faunas de peixes com milhares de espécies (Reis, 2016).

O governo brasileiro autoriza a exploração de 731 espécies de peixes de água doce para empresas ornamentais (Brasil, 2012). O mercado consumidor tem sido dominado por poucas espécies emblemáticas (por exemplo, peixes dourados, carpas, espaduras, platy, guppy, zebra danio), todos nativos da Ásia e da América Central (Dey, 2016). No entanto, o Brasil assume um status importante como fornecedor de algumas espécies nativas atraentes: tetras cardinais (*Paracheirodon spp.*), Tetras (*Hyphessobrycon spp.*), Disco (*Symphysodon spp.*) e acaris ornamentais (Loricariidae) (Ribeiro *et al.* 2008; Araújo *et al.*, 2017). A família Loricariidae (Siluriformes) engloba mais de 992 espécies válidas (Fricke *et al.* 2019) que ocorrem desde a América Central (Costa Rica e Panamá) até o sul da América do Sul chegando à Argentina (Armbruster, 2004). No Brasil, 17% (126 sp) de peixes de água doce autorizados para exploração comercial são loricarídeos, quase que totalmente extraídos da bacia amazônica, mais precisamente do rio Xingu (Araújo *et al.* 2017) e do rio Tapajós (Sousa *et al.* 2018).

Em relação à sustentabilidade e melhoria da complexa cadeia de negócios mundial, algumas questões importantes foram levantadas com foco no equilíbrio entre a conservação de espécies e os interesses da indústria. Fornecimento irregular, rastreabilidade, disseminação de doenças, logística de transporte

deficiente, métodos de pesca destrutivos e introdução de espécies exóticas são apontados como fatores ameaçadores mais importantes (Dey, 2016).

No presente trabalho, adotou-se uma abordagem de identificação molecular (DNA barcoding, ver Hebert *et al.* 2003; Steinke *et al.* 2009) para provar marcas de referência de loricariídeos (cascudos ornamentais) do rio Tapajós (Brasil, Estado do Pará) e exportado para o comércio internacional de aquarofilia partir do entreposto de Santarém-Belém. Além disso, discutimos sobre a aplicabilidade de ferramentas moleculares para melhorar a resolução da incerteza taxonômica e seu uso potencial por pessoas comuns envolvidas com o comércio de peixes ornamentais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostragem e local de coleta

Foram estudados 29 espécimes de peixes loricariídeos de nove espécies (Tabela 1, figura 1), estas espécies foram escolhidas por possuírem o maior valor econômico na área de estudo (Sousa *et al.* 2018). As amostras foram obtidas por doação de dois vendedores locais (Exportador) na cidade de Santarém e originalmente coletados nas corredeiras do rio Tapajós nas proximidades da vila Pimental (W 56°14'59,8 " / S 04°27'29,2") e da cidade de Jacareacanga (W 57°45'10 " / S 06°13'20") Figura 2. Os peixes foram sacrificados com imersão em solução de Eugenol, de acordo com procedimentos éticos aprovados pelo CEUA/IESPES, conforme protocolo 015/18. De cada espécime foram tiradas fotografias, medidas de peso e comprimento padrão e amostra de tecido muscular preservada em etanol absoluto. Os espécimes testemunhos foram fixados com formol a 10% durante 48h, lavados com água corrente e armazenados em etanol a 70% para depósito futuro no Instituto de Pesquisas de Ciência e Tecnologia da Água na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). A identificação taxonômica foi assumida "a priori" conforme informado pelos fornecedores de peixes ornamentais (Tabela 1, figura 2).

Tabela 1 - Espécies ornamentais de bagres (família Loricariidae) do rio Tapajós, exploradas no comércio internacional de aquários. W = peso, SL = comprimento padrão.

Espécies	L-número	n	W (g)	SL (mm)
<i>Ancistomus snethlageae</i> Steindachner, 1911	L215	1	12	8
<i>Baryancistrus</i> sp.	L142	6	13.5±8.36	7.75±2.20
<i>Hypancistrus</i> sp.	L262	5	5±2.43	5.5±0.82
<i>Hypostomus soniae</i> Carvalho & Weber, 2004	L137	6	7±1.09	6.5±0.54
<i>Leporacanthicus joselimae</i> Isbrücker & Nijssen, 1989	L264	3	8±6.42	6.5±6.42
<i>Peckoltia vittata</i> Steindachner, 1882	L015	3	4±2.08	7±1.75
<i>Pseudacanthicus</i> sp. <i>titanic</i>	L 273	1	18	9,5
<i>Pseudancistrus</i> sp.	L259	3	21±14.52	9±1.80
<i>Spectracanthicus murinus</i> Nijssen & Isbrücker, 1987	-	1	5	5.5

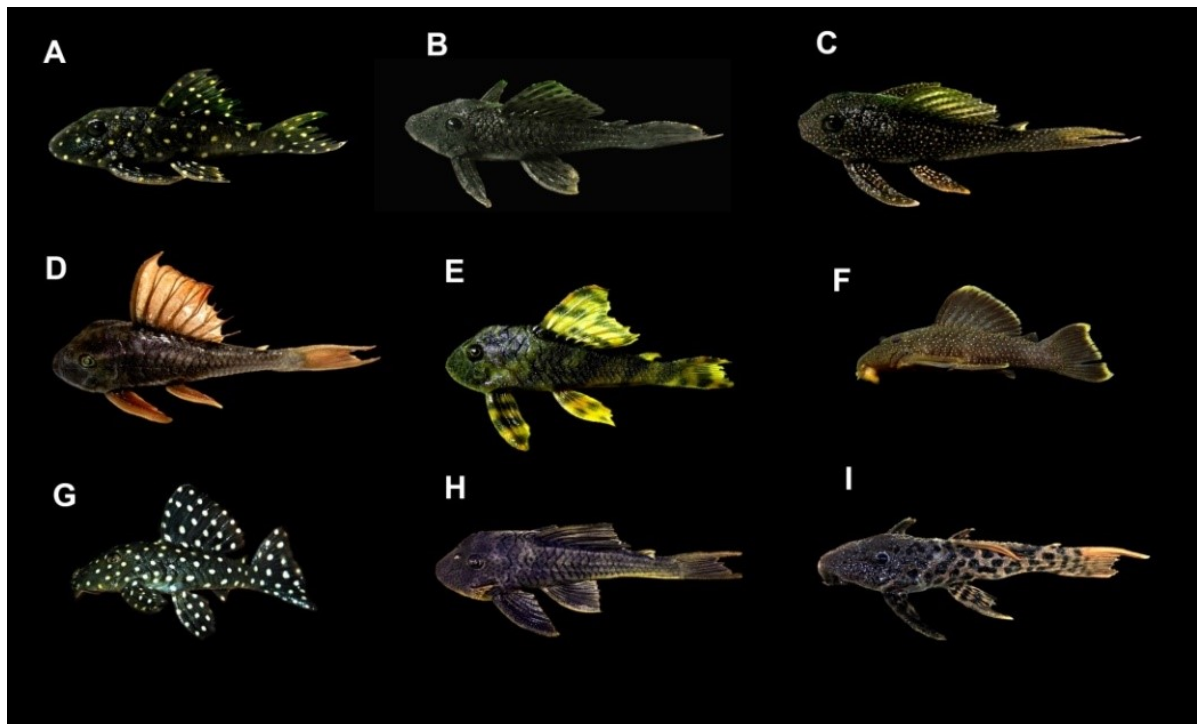


Figura 1: Ilustração de alguns exemplares da família Loricariidae presentes no rio Tapajós. A - *Baryancistrus* sp. - L142; B - *Leporacanthicus joselimae* - L264; C - *Hypancistrus* sp. L262; D - *Hypostomus soniae* L137; E - *Peckoltia vittata* L015; F -

Spectracanthicus murinus (Chamon e Py-Daniel, 2014, Foto: Autor L.M. Sousa); G - *Pseudancistrus* sp. - L259 (Foto: www.rsdiscus.com.br). H - *Ancistomus snethlageae*; I - *Pseudacanthicus sp. titanic* – L 273.

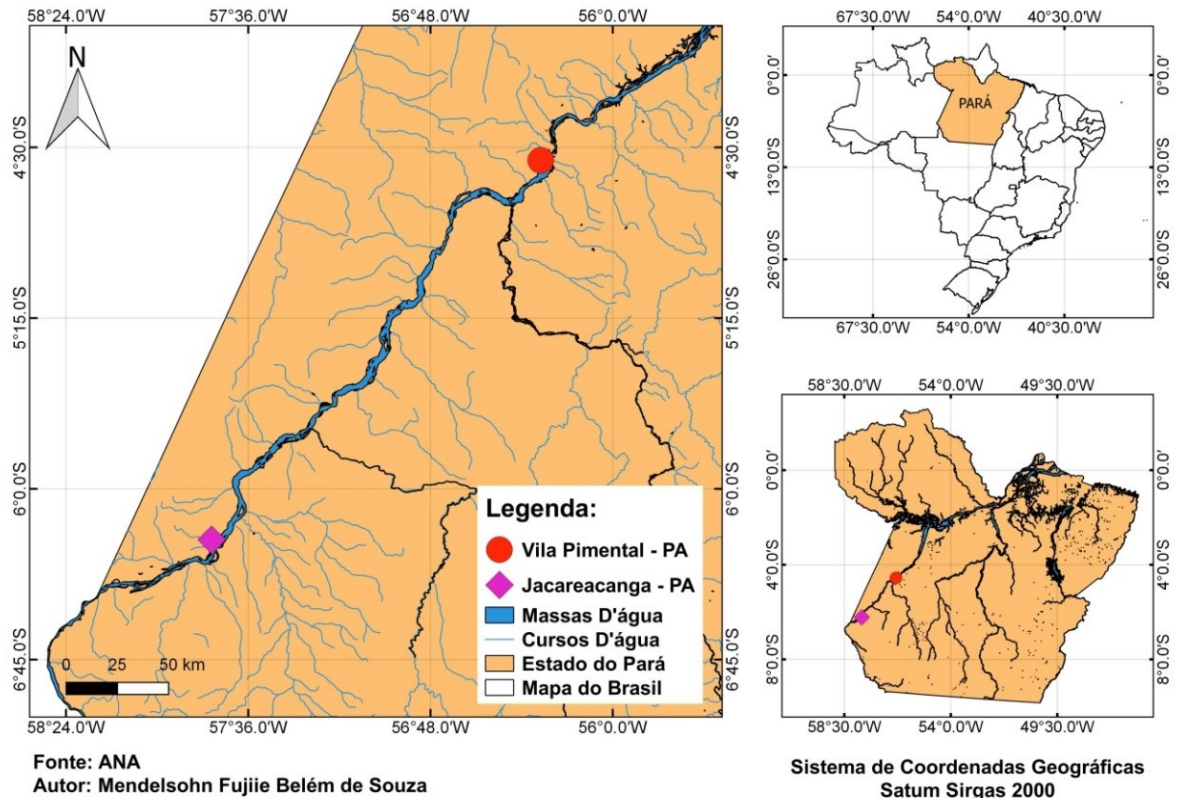


Figura 2. Mapa de locais de coleta de bagres ornamentais armados (família Loricariidae) no rio Tapajós, Pará, Brasil.

Métodos Moleculares

O DNA genômico foi extraído seguindo o protocolo “Salting Out” por Aljanabi e Martinez (1997) modificado por Vittorino *et al.* (2015). Resumidamente, um pedaço de tecido de 1mm foi picado e lisado com tampão de lise (10 mM Tris-HCl, 2 mM EDTA, 400 mM NaCl, 2% SDS) adicionada com 10 μ L de proteinase K (10 mg / mL) incubada a 55 °C overnight. O DNA foi precipitado com 300 μ L de NaCl 5M, transferido para tubos limpos com isopropanol a 100% frio seguido de lavagem com etanol 70 μ L 70%. Após seco o DNA foi eluído com 30 μ L de H₂O estéril ultrapura, adicionado com 5 μ L de RNase (10mg / mL), em seguida, incubado a 37 ° C durante 30 minutos. A qualidade e concentração do DNA foram avaliadas por eletroforese

com gel de agarose a 1% coradas com GelRed (Biotium-Uniscience) e medidas espectrométricas com o biofotômetro L-Quant (Loccus Biotecnologia).

Os códigos de barras do DNA foram extraídos seguindo procedimentos padrão de PCR visando a região 5' do gene mitocondrial Citocromo c oxidase subunidade I (COI) (para revisão, ver Hebert *et al.* 2003; Ward *et al.* 2005; Steinke *et al.* 2009; Guimarães *et al.* 2018). Para amplificar os códigos de barras de DNA dos bagres cascudos, utilizou-se primers degenerados: COL6b 5'-ACAAATCATAAAGATATYGG-3' e COH6 5'-TDACTTCDGGRTGDCCAAARAAYCA-3' originalmente formulados por Schubart e Huber (2006). As reações tiveram 25µL de volume final com 15µL de H₂O ultrapura, 2,8 µL de mistura dNTP (1,25mM cada), 2,5µL de tampão 10X (200mM Tris-HCl, pH = 8,4 + 500mM KCl), 2,5 µL 50mM MgCl₂, 0,5µL de cada primer 10µM), 0,2 µL de DNA polimerase Taq (5U / µL) e cerca de 100 ng de DNA molde. Ciclagem seguida: 95/2 min, [94 / 30seg, 54 / 30seg, 72/1 min] x35 ciclos, 72/10 min; processado com termociclador Pxe 0.2 (ThermoScientific). Os produtos de PCR foram avaliados com eletroforese em gel de agarose a 1%. As reações positivas foram limpas seguindo um protocolo adaptado com precipitação com PEG8000 e sequenciadas pelo método de Sanger com o kit ABI Prism Big Dye Terminator Cycle Sequencing V.3 (Applied Biosystems) seguindo as instruções do fabricante.

Análise de dados

As leituras do código de barras do DNA foram visualmente inspecionadas e editadas para resolver as ambiguidades entre as bases e para suprimir as pontas com sequências de baixa qualidade. Para cada par de sequências (direta/reversa) uma leitura de consenso foi obtida e utilizada para alinhamento múltiplo seguindo o algoritmo Clustal W1.4 (Thompson *et al.* 1994) implementado no software BioEdit (Hall, 1999).

Todas as sequências de códigos de barras do DNA e os metadados associados (SuppFile 1) foram reunidos no repositório público da BOLD Systems (<http://www.boldsystems.org>) - Projeto BLOR: “Estudo da biodiversidade genética de peixes ornamentais da família Loricariidae do rio Tapajós”

Para testar “a priori” a congruência entre a taxonomia e a identificação formal das espécies por exame morfológico (especialista no grupo) e análise molecular (DNA barcoding), delimitou-se as Unidades Taxonômicas Operacionais (OTUs)

utilizando o algoritmo RESL (*Refined Single Linkage Analysis*) implementado na base do BOLD System através do Barcode Index Number (BIN) (Ratnasingham e Hebert 2013). Este procedimento atribui sequências de códigos de barras DNA às OTUs seguindo as etapas de processamento: 1) fazer o alinhamento da sequência, 2) gerar limites iniciais de OTU para um único agrupamento de ligação, 3) refinar os limites de OTU usando agrupamento de Markov, 4) selecionar as partições ideais para OTUs e validar a robustez dos clusters com um índice Silhouette. A distância máxima entre clusters é pré-fixada em 2,2%, se uma nova sequência divergir de qualquer cluster existente em mais de duas vezes o limite ($> 4,4\%$), ela será atribuída como fundadora de um novo cluster.

Para ilustrar o agrupamento das OTUs sinalizadas, foi feita uma árvore Neighbor-Joining com distâncias-p não corrigidas usando o software MEGA v.7.0 (Kumar *et al.* 2016). O FigTree v.1.2.2 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>) foi usado para a edição em árvore.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O código de barras de DNA da região 5' do gene COI, de nove espécies de bagres cascudos do rio Tapajós, apresentou um comprimento de até 500 bp. A análise do BIN revelou nove agrupamentos que combinam com as linhagens de espécies assumidas a priori, com base na nomenclatura taxonômica dada pelos fornecedores locais (Figura 3).

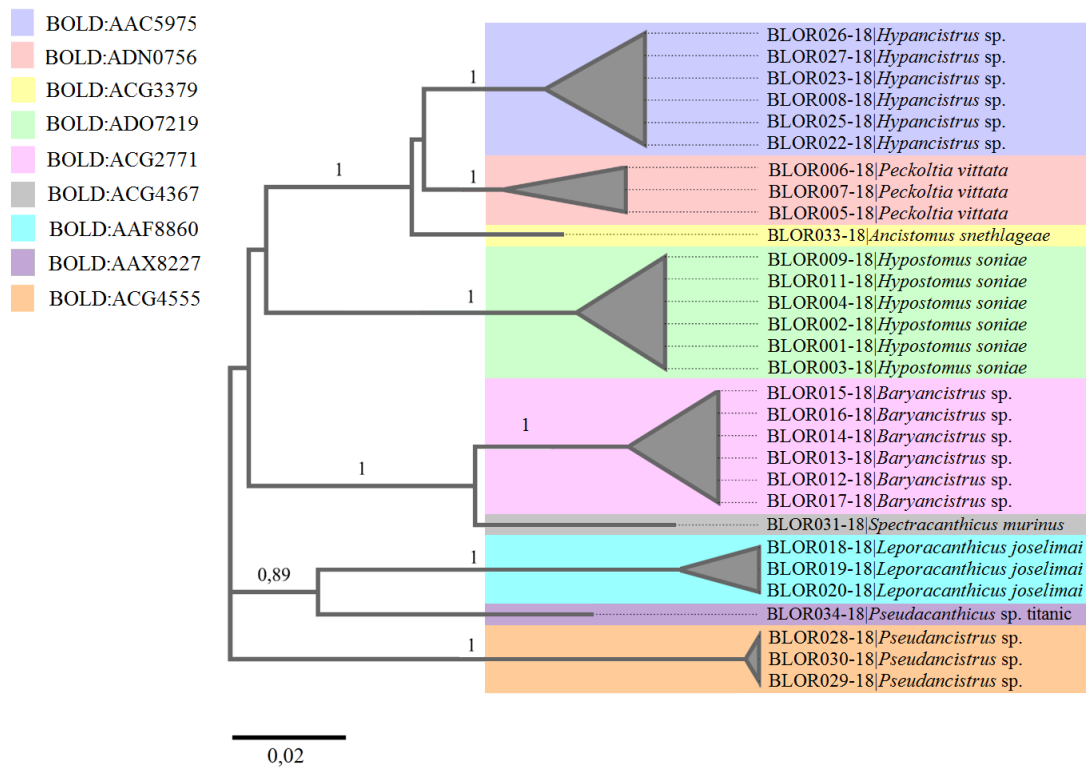


Figura 3: Árvore filogenética de vínculo de vizinhança mostrando nove grupos de espécies de bagres ornamentais blindados do rio Tapajós, reconhecidos com análise de BIN.

Os códigos de barras de DNA de muitas espécies de loricarídeos foram relatados anteriormente, mas *Hypostomus soniae* (L-137) o teve pela primeira vez, portanto, inicia um BIN fundador (BOLD: ADO7219). Nossas amostras de *H. soniae* vieram da localidade tipo (Carvalho e Weber, 2004), que é bem adequado para o rótulo de referência de código de barras do DNA. Essa espécie é conhecida apenas na bacia do rio Tapajós, onde parece ser endêmica. Segundo Sousa *et al.* (2018) no período de 2013-2016 foram exportados 5219 indivíduos L-137, o que foi suficiente para colocá-lo entre os dez loricarídeos mais explorados da região do Tapajós.

Da mesma forma, *Peckoltia vittata* (L-015) do rio Tapajós foi agrupada em um único BIN (BOLD: ADN0756). No entanto, observaram-se dois BINs adicionais associados a este táxon: BOLD: AAX1776 (*P. cf. vittata*, n = 3, extraído do Genbank KP772575, KP772583, KP772603) e BOLD: AAX1777 (*P. vittata*, n = 1, extraído de Genbank EU359459). Este resultado é surpreendente porque normalmente espera-se um único BIN para uma espécie ou OTU (unidade taxonômica operacional). Tal

incongruência é sugestiva de erros de identificação taxonômica e/ ou diversidade oculta.

Peckoltia cf. vittata (BOLD: AAX1776) também inclui uma amostra previamente atribuída a *P. vermiculata* (Steindachner 1908) (acesso GenBank: EU359458), cujo DNA barcode foi originalmente depositado por Cramer *et al.* (2007). No entanto, este espécime testemunho é armazenado no Museu de História Natural da Universidade de Auburn (AUM39245), registrado como *Peckoltia lineola* Armbruster (2008), e coletado no rio Ventuari, na Colômbia. Os códigos de barras de DNA de *Peckoltia cf. vittata* foram depositado por Collins *et al.* (2015), os espécimes foram coletados no rio Nhamundá, no Brasil, e os espécies testemunhos armazenados no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA: 43894, 43869, 43881).

Para explorar o status taxonômico de *P. vittata* "Tapajós" (presente estudo), reuniu-se sequências de código de barras de DNA de nove congêneres. O Dna barcoding do espécime depositado por Cramer *et al* (2007) mostrou alta distância genética para *P. vittata* "Tapajós" (5,7%), *P. cf. Vittata* (6,8%) e *P. vermiculata* (7,3%), que suporta sua identidade posterior como *P. lineola*. Enquanto isso, *P. vittata* "Tapajós" divergiu de *P. cf. vittata* em 2,1% (Tabela 2) e esta posteriormente está mais próxima de *P. vermiculata* e *P. oligospila* (Figura 4). Então, pode-se argumentar que ambas as OTUs provavelmente são espécies distintas, mas dada a falta de códigos de barras de DNA para o material de referência, a taxonomia de *Peckoltia* dos rios Nhamundá e Tapajós permanece incerta.

Tabela 2. Distâncias genéticas máximas (K2P) entre os congêneres de *Peckoltia* com base na variação do COI (DNA barcode). Valores em negrito indicam as prováveis distâncias entre *P. vittata* (OTUs).

Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Peckoltia</i> "Cramer et al. 2007"									
<i>P. cf. vittata</i> "Collins et al. 2015"	0,068								
<i>P. vittata</i> "Tapajós"	0,057	0,021							
<i>P. oligospila</i>	0,068	0,012	0,025						
<i>P. sabaji</i>	0,068	0,041	0,032	0,046					
<i>P. vermiculata</i>	0,073	0,012	0,027	0,016	0,046				
<i>P. capitulata</i>	0,070	0,067	0,052	0,061	0,061	0,066			
<i>P. simulata</i>	0,064	0,051	0,044	0,050	0,050	0,050	0,046		
<i>P. cavaltica</i>	0,068	0,037	0,035	0,037	0,042	0,046	0,057	0,046	
<i>P. otali</i>	0,052	0,023	0,017	0,023	0,019	0,030	0,045	0,036	0,019

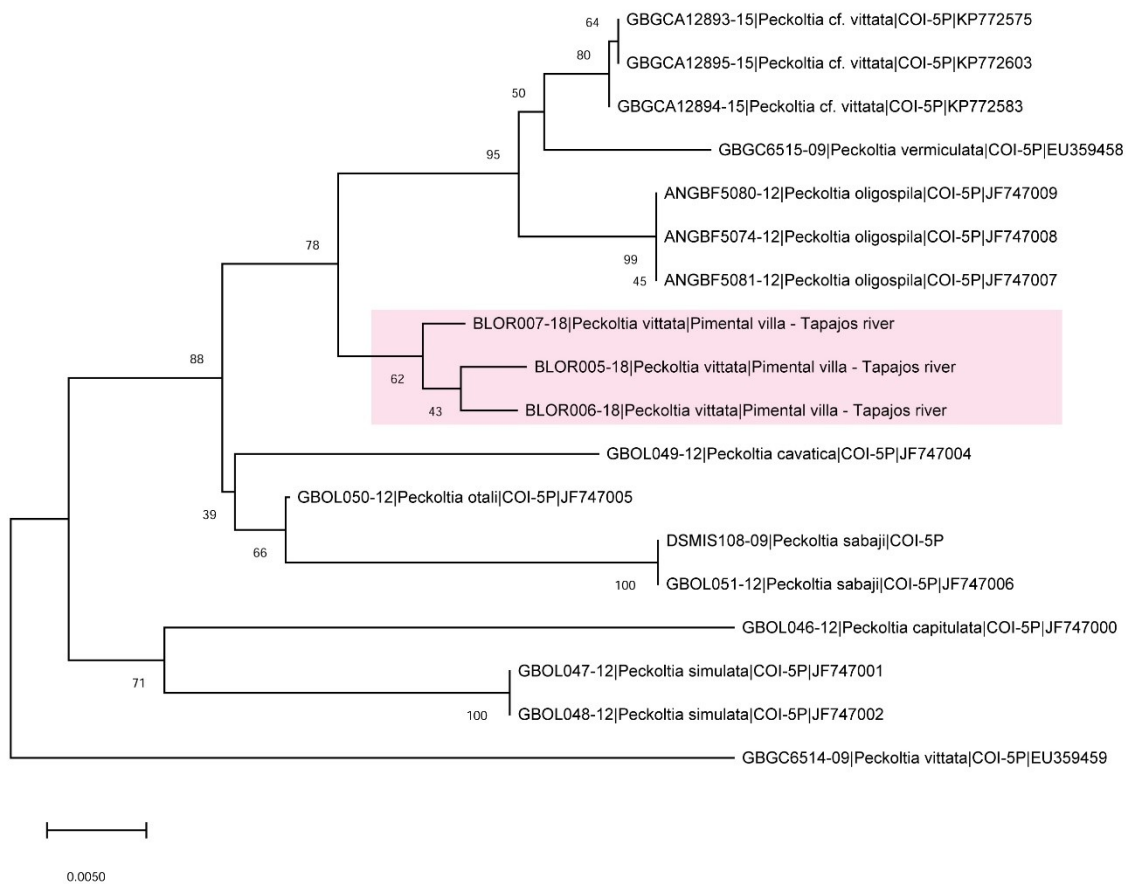


Figura 4: Árvore filogenética de Neighbor-Joining de congêneres de *Peckoltia*. *Peckoltia vittata* “Tapajós” são coloridas. Os valores nos nós tem suporte estatístico de 1000 pseudoreplicas de bootstrap.

A metodologia do código de barras DNA foi verdadeiramente eficaz para detectar nove espécies de bagres cascudos explorados do rio Tapajós (Brasil) no comércio internacional de aquarofilia. Por outro lado, a identificação taxonômica precisa em nível de espécie por este procedimento, através da análise BIN pesquisada na biblioteca pública de códigos de barras de DNA (www.boldsystems.org) pode ser limitada por causa da escassez de sequências de código de barras da família Loricariidae que funcionam como material de referência. Fatores limitantes adicionais são encontrados na ocorrência de registros com identificação de espécies errôneas e na taxonomia complexa desse grupo, que possui vários táxons não descritos e disputados arranjos filogenéticos.

A taxonomia é básica para a conservação da biodiversidade. Mesmo uma análise bruta da taxonomia de Loricariidae revela um campo minado de incongruências dadas a falta de localização da taxa subfamiliar e descrição frequente de novas espécies (Armbruster, 2004; Reis *et al* 2006; Chamon *et al* 2018.). Devido à má resolução taxonômica para muitas espécies comercializadas, os pescadores e o comércio adotaram a classificação do número L (www.aqualog.de) e este sistema é usado atualmente no setor governamental e algumas vezes na literatura científica.

Além de seu valor prático para discriminar variedades de cores e categoria de idade, pouco contribui para melhorar a taxonomia formal e a conservação de espécies, já que táxons não descritos recebem o número L e permissão para exploração (ver Brasil, 2012; Rapp Py-Daniel, 2011). Um exemplo ilustrativo pode ser apreciado no gênero *Baryancistrus* Rapp Py-Daniel, 1989, que compreende seis espécies nominais: *B. beggini* Lujan, Arce e Armbruster 2009; *B. Chrysolomus* Rapp Py-Daniel, Zuanon e Ribeiro de Oliveira 2011; *B. demantoides* Werneke, Sabaj Pérez, Lujan e Armbruster 2005; *B. longipinnis* (Kindle 1895); *B. niveatus* (Castelnau 1855); e *B. xanthellus* Rapp Py-Daniel, Zuanon e Ribeiro de Oliveira 2011 (Fricke *et al.* 2019). O comércio de aquário brasileiro comercializa *B. chrysolomus*, *B. longipinnis*, *B. niveatus*, *B. xanthellus* e, adicionalmente, quatro espécies candidatas não descritas de *Baryancistrus* sp. (L-003, L-019, L-026 e L-142).

A exploração de espécies taxonomicamente imprecisas e não descritas, somada à degradação ambiental e políticas insustentáveis são práticas habituais nos países exportadores da América do Sul (ver Moreau e Coomes, 2006; Pelicice *et al.* 2017). Esse cenário pode favorecer a sobrepesca das espécies mais valiosas, ameaçando a viabilidade dos estoques naturais e a estabilidade da cadeia de negócios local (ver Rapp Py-Daniel *et al.* 2011; Araújo *et al.* 2017; Ramos *et al.* 2015).

A conservação da biodiversidade de peixes deve ser o desafio central para a indústria de aquariofilia e governos, mas parece estar longe da realidade, pelo menos no cenário da América do Sul (ver Prang, 2007; Ramos *et al.* 2015; Pelicice *et al.* 2017). Alinhado aos fatores ameaçadores descritos acima, a indústria brasileira de peixe ornamental lida com perda de biodiversidade associada com políticas insustentáveis, legislações controversas e projetos de desenvolvimento de grande escala, que perturbam os ecossistemas terrestres e aquáticos, resultando em

extensa degradação da cobertura vegetal, dos lagos naturais, das zonas úmidas, das várzeas e matas ciliares (Pelicice *et al.* 2017).

CONCLUSÃO

A pesca extrativista ornamental na bacia amazônica sustenta uma cadeia de grandes negócios que repercute na economia local, com enormes impactos sobre as comunidades tradicionais (ribeirinhos) instaladas em lugares remotos próximos às zonas de pesca. Atualmente, esse setor comercial está ameaçado por muitas forças, como as usinas hidrelétricas (ver Araujo *et al.* 2017). Ferramentas moleculares modernas (por exemplo, códigos de barras de DNA) é, sem dúvida, uma opção poderosa para explorar a biodiversidade e a taxonomia. Outras melhorias na taxonomia de Loricariidae podem contribuir para a conservação de estoques e subsidiar melhores políticas governamentais.

REFERÊNCIAS

ALJANABI, S. M.; MARTINEZ, I. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. **Nucleic Acids Research** 25(22): 4692-4693, 1997.

ARAÚJO, J. G; SANTOS, M. A. S; REBELLO, F. K; ISSAC, V. J. Cadeia comercial de peixes ornamentais do rio Xingu, Pará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 43(2): 297-307, 2017.

ARMBRUSTER, J. W. Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. **Zoological Journal of the Linnean Society** 141: 1-80, 2004.

BRASIL. MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **INSTRUÇÃO NORMATIVA INTERMINISTERIAL Nº 001, DE 3 JANEIRO DE 2012**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/2331-instrucao-normativa-interministerial-n-01-2012>, 2012.

CHAMON, C. C.; PEREIRA, T. N. A.; MENDONÇA, M. B.; AKAMA, A. New species of the genus *Spectracanthicus* (Loricariidae, Hypostominae, Ancistrini) from the Rio Javaés (Rio Araguaia basin), with a description of gross brain morphology. **Journal of Fish Biology** 92: 438-451, 2018.

COLLINS, R. A.; RIBEIRO, E. D.; MACHADO, V. N.; HRBEK, T.; FARIAS, I. P. A preliminary inventory of the catfishes of the lower Rio Nhamundá, Brazil (Ostariophysi, Siluriformes). **Biodiversity Data Journal** 3: e4162, 2015.

CRAMER, C. A.; LIEDKE, A. M. R.; BONATTO, S. L.; REIS R. E. The phylogenetic relationships of the Hypoptopomatinae and Neoplecostominae (Siluriformes: Loricariidae) as inferred from mitochondrial cytochrome c oxidase I sequences. **Bulletin of Fish Biology** 9: 51-59, 2007.

DEY, V. K. The Global Trade in Ornamental Fish. **INFOFISH International** 4: 52-55, 2016.

GUIMARÃES, K. L. A.; DE SOUSA, M. P. A.; RIBEIRO, F. R. V.; PORTO, J. I. R.; RODRIGUES, L. R. R. DNA barcoding of fish fauna from low order streams of Tapajós River basin. **PLoS ONE** 13(12): e0209430, 2018.

HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A.; BALL S. L.; DEWAARD, J. R. Biological identifications through DNA barcodes. **Philosophical transactions of The Royal Society B** 270: 313–321, 2003.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Versão eletrônica acessada em 27 de maio de 2019.

KUMAR, S.; STECHER, G.; TAMURA, K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. **Molecular Biology and Evolution** 33 (7):1870-1874, 2016.

MOREAU, M-A.; COOMES, O. T. Potential threat of the international aquarium fish trade to silver arawana *Osteoglossum bicirrhosum* in the Peruvian Amazon. **Oryx** 40(2): 152-160, 2006.

PELICICE, F. M.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; VITULE, J. R. S.; ORSI, M. L.; LIMA-JUNIOR, D. P.; MAGALHÃES, A. L. B.; POMPEU, P. S.; PETRERE-JUNIOR, M.; AGOSTINHO, A. A. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. **Fish and Fisheries** 18: 1119-1133, 2017.

PRANG, G. An industry analysis of the freshwater ornamental fishery with particular reference to the supply of Brazilian freshwater ornamentals to the uk market. **UAKARI** 3 (1): 7-51, 2007.

RAMOS, F. M.; ARAÚJO, M. L. G.; PRANG, G.; FUJIMOTO, R. Y. Ornamental fish of economic and biological importance to the Xingu River. **Brazilian Journal Biology** 75(1): 95-98, 2015.

RAPP PY-DANIEL, L.; ZUANON, J.; DE OLIVEIRA, R. R. Two new ornamental loricariid catfishes of *Baryancistrus* from rio Xingu drainage (Siluriformes: Hypostominae). **Neotropical Ichthyology** 9(2): 241-252, 2011.

RATNASINGHAM, S.; HEBERT, P. D. N. A DNA-Based Registry for All Animal Species: The Barcode Index Number (BIN) System. **PLoS ONE** 8(7): e66213, 2013.

REIS, R. E., PEREIRA, E. H. L. & ARMBRUSTER, J. W. Delturinae, a new loricariid catfish subfamily (Teleostei, Siluriformes), with revisions of *Delturus* and *Hemipsilichthys*. **Zoological Journal of the Linnean Society** 147: 277-299, 2006.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology* 89:12-47, 2016.

RIBEIRO, F. A. S.; JR CARVALHO, J. R.; FERNANDES, J. B. K.; NAKAYAMA, E. L. Comércio brasileiro de peixes ornamentais. **Panorama da Aquicultura** 110: 54-59, 2008.

SCHUBART, C. D.; HUBER, M. G. J. Genetic comparisons of German populations of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Crustacea: Astacidae). *Bull. Fr. Pêche Piscic* 1019-1028, 2006.

SOUSA, A. L. P. DE; MACIEL, L. A. M.; RODRIGUES, L. R. R. Estudo da comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae (Siluriformes) em Santarém/PA. **PUBVET** 12 (9): 1-7, 2018.

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

THOMPSON, J. D.; HIGGINS, D. G.; GIBSON, T. J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research** (22): 4673-4680, 1994.

VITORINO, C. A; OLIVEIRA, R. C. C; MARGARIDO, V. P.; VENERE, P. C. Genetic diversity of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) in the Araguaia-Tocantins basin estimated by ISSR marker. **Neotropical Ichthyology** 13: 557-568, 2015.

WARD, R. D; ZEMLAK, T. S; INNES, B. H; LAST, P. R.; HEBERT, P. D. N. DNA *barcoding* Australia's fish species. **Philosophical transactions of The Royal Society B** (359):1847-1857, 2005.

5. CONCLUSÃO

A presente tese apresenta as seguintes conclusões:

- A bacia do rio Tapajós representa um importante polo produtivo de peixes ornamentais da família Loricariidae com oferta diversificada de pelo menos 21 espécies legalmente autorizadas para a exploração. As espécies *Baryancistrus* sp. (LDA33), *Hypancistrus* sp. (L260), *Pseudacanthicus* sp. (L273) e *Peckoltia compta* (L134) são as mais produtivas e economicamente rentáveis, sendo responsáveis por 59.6% da receita bruta gerada no período de janeiro/2013 a dezembro/2016.
- A produção de peixes ornamentais em Santarém/PA é quase totalmente comercializada no mercado nacional (92%) endereçada para as cidades de Belém, São Paulo e Manaus e uma pequena parcela (8%) vai direto para o mercado internacional principalmente para Hong Kong, China e Japão, gerando uma receita bruta de R\$ 365.013,80 entre os anos de 2013 a 2016.
- Foram produzidas 29 sequências de código de barras do DNA com mais de 500 pb, sem códons de parada ou indels. A composição de base mostrou uma porcentagem média de 17,57% (G), 25,29% (C), 25,22% (A) e 31,92% (T). A análise de DNA barcoding confirmou a identificação de 9 espécies comercializadas exploradas no rio Tapajós, com uma divergência média intraespecífica de 0,24%.
- A menor distância para o vizinho mais próximo foi superior a 2% entre todos os pares de espécies. Este resultado demonstra que a identificação taxonômica por DNA barcoding é eficiente e pode auxiliar na resolução de questões de natureza taxonômica, forense e de conservação.

Em vista a enorme diversidade da ictiofauna amazônica recomenda-se esforços no sentido de incrementar a coleção pública de referência das etiquetas moleculares DNA barcoding.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - Governo Federal Disponível em: <http://www2.ana.gov.br>, Projeto RADAM. acesso em 02/10/2016.

ALMEIDA-VAL, V. M. F.; FARIAS, I. P. Respiration in fish of the Amazon: metabolic adjustments to chronic hypoxia. In: Val, A.L.; ALMEIDA-VAL, V.M.F.; RANDALL, D.J. (eds). *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus: INPA, p. 257-271.1996.

ALVES, A. L.; OLIVEIRA, C.; FORESTI, F. Kariotypic relationship among the tribes Hypostominae (Siluriformes: Loricariidae) with description X0 sex chromosome system in a Neotropical fish species. *Genética* 128, 1-9, 2006.

ANJOS, H. D. B., SIQUEIRA, J. A., Amorim, R. M. S., & Anjos, C. R. Exportação de peixes ornamentais do estado do Amazonas, Bacia Amazônica, Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 35, 259-274. 2009.

ARARIPE, J.; REGO, P. S.; QUEIROZ, H.; SAMPAIO, I.; SHNEIDER, H. Dispersal capacity and genetic structure of *Arapaima gigas* on different geographic scales using microsatellites markers. *PloSOne*, v. 8, n, 2013.

ARAÚJO, J.G. Economia e Pesca de Espécies Ornamentais do Rio Xingu, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

ARAÚJO, J.G; SANTOS, M.A.S; REBELLO, F.K; ISSAC, V.J. Cadeia comercial de peixes ornamentais do rio Xingu, Pará, Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 42: 297-307. 2017.

ARMBRUSTER, J. W. Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141: 1-80. 2004.

ARMBRUSTER, J.W. Global Catfish Biodiversity. *American Fisheries Society Symposium*, 2011.

AVISE, J. C. *Molecular markers, natural history and evolution*. 2 ed. Sinauer, Sunderland, USA. 2004.

AVISE, J. C. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard University. Press 447 p. 2000.

BARTHEM, R. B. Biodiversidade e funções ecológicas dos ecossistemas: Componentes biota aquática. In: CAPOBIANCO, J. P. R. *et al.*, (org). *Biodiversidade na Amazônia Brasileira*. Instituto Socioambiental. São Paulo: Estação Liberdade, p. 60-78. 2001.

BOTELHO FILHO, G. F. *Síntese da história da aquariofilia*. Interciência. Rio de Janeiro, 88 pp. 1990.

BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. Estudos Avançados, v. 21, n. 59. São Paulo, 2007.

BERTOLLO, L. A. C.; MOREIRA-FILHO, O.; FONTES, M. S. **Karyotypic diversity and distribution in *Hoplias malabaricus* (Pisces, Erythrinidae)**. Cytotypes with 2n=40 chromosomes. Brazilian Journal of Genetics, v. 20, p. 237-342, 1997.

BRASIL, Decreto nº 73.683 de 19 de fevereiro de 1974, Art. 1º Fica criado, ao Estado do Pará, o Parque Nacional da Amazônia, com área estimada em 1.000.000 de hectares. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 de fevereiro de 1974. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D73683.htm>

BUCKUP, P. A.; SANTOS, G.M. Ictiofauna da Ecorregião Tapajós-Xingu: fatos e perspectivas. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 98. 2010.

BURT, A. & TRIVERS, R. Genes in conflict: the biology of selfish genetic elements. Cambridge: Harvard University Press,. p. 228-300. 2006.

CABRAL-DE-MELLO, D.C., MOURA, R.C., MARTINS, C. Chromosomal mapping of repetitive DNAs in the beetle *Dicothomius geminates* provides the first evidence for an association of 5S rRNA and histone H3 genes in insects, and repetitive DNA similarity between the B chromosome and A complement. Heredity, p. 393-400, 2010.

CAMARGO, M.; JUNIOR, H.G.; PY-DANIEL, L.R. Acaris Ornamentais do Médio Rio Xingu: Ornamental Plecos of the Middle Xingu river. (1 ed.) Belém: Maurício Camargo, 2012. p.197.

CAPY, P. *et al.* Stress and transposable elements: co-evolution or useful parasites? Heredity, v. 85, p. 101-106, 2000.

CARDOSO, R. S. Caracterização da Aquicultura Ornamental na zona da Mata Mineira. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

CARDOSO, R.S.; IGARASHI, M.A. Aspectos do agronegócio da produção de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. PUBVET, Londrina, V.3, N. 14. 2009.

CARVALHO, D. C., NETO, D. A., Brasil, B. S., & Oliveira, D. A.. DNA barcoding unveils a high rate of mislabeling in a commercial freshwater catfish from Brazil. Mitochondrial DNA, 22(sup1), 2011. p. 97-105.

CARVALHO, C. B. V.; Freitas, J. M. O uso do DNA Barcode para identificar barbatanas de tubarão comercializadas ilegalmente no Brasil. Saúde, Ética e Justiça. 18 (Ed. Especial), 2013.

CARVALHO, D. C.; PALHARES, R. M.; DRUMMOND, M. G.; Frigo, T. B. DNA Barcode identification of commercialized seafood in South Brazil: a governmental regulatory forensic program. Food Control, 50, 784-788. 2015.

CASIMIRO, A.C.R.; ASHIKAGA, F.Y.; KURCHEVSKI, G.; ALMEIDA, F.S. & ORSI, M.L.. Os impactos das introduções de espécies exóticas em sistemas aquáticos continentais. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia. N. 38. 2010.

CHAPMAN, F.A. Ornamental fish culture, Freshwater. In: STICKNEY, R. R. (Ed.). Encyclopedia of Aquaculture, Wiley-Interscience, Nova York, 2000.

CHARLESWORTH, D., SNLEGOWSKL, P., STEPHAN, W. The evolution dynamics of repetitive DNA in eukaryotes. Nature, 215-220. 1994.

CHIACHIO, M. C. OLIVEIRA C. & MONTOYA-BURGOS J.I. Molecular systematic and historical biogeography of the armored Neotropical, Mol. Phylogenet. Evol. 2008,

COMTRADE. Aquaculture, Import/Export Data. International Trade Statistics Database. 2019.

CRAMER, C. A.; BONATTO, S. L.; REIS, R. E. Molecular phylogeny of the Neoplecostominae and Hypoptopomatinae (Siluriformes: Locariidae) using multiple genes. Molecular Phylogenetics and Evolution, 59: 43-52. 2011.

COSTA, G. C.; NOQUEIRA, C.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. Diversity and Distributions, 13: 714 - 724. 2007.

COLLINS, R. A.; ARMSTRONG, K. F.; MEIER, R.; Yi, Y.; BROWN, S. D.; CRUICKSHANK, R. H.; JOHNSTON, C. Barcoding and border biosecurity: identifying cyprinid fishes in the aquarium trade. PloS one, 7(1): e28381. 2012.

DONLON, T. A., Lrrr, M., Neucom, S. R. & Magenis, R. E. Localization of the restriction fragment length polymorphism D14SI (pAW101) to chromosome 14q32.1-32.2 by in situ hybridization. Am. J. Human. Genetic. 1097-1106. 1983.

ELETRONORTE – BRASIL. Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim — Vol 18-22 –apêndice D Tomo 1- 2008

ESCHMEYER, W. & FONG, J. D. Catalog of fishes electronic version. California Academy of Sciences. 2016. <<http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/lchthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. Acesso em 17 de janeiro de 2017.

ESCHMEYER, W; FRICKE, R. Catalog of fishes electronic version. California Academy of Sciences. Acesso em: 20-03-2017.

FAO. Ornamental Aquatic Life: What FAO got to do with it?. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1996. <http://www.fao.org/NEWS/1999/990901-e.htm>. Acessado em 05/01/2016.

FARIA, P.M.C., Ribeiro, K., Almeida, C.F., Santos, R.F.B., Santos, F.W.M. Aquicultura Ornamental: Um mercado promissor. Rev. Panor. Aquicultura, 2016.

FELDBERG, E; MEDEIRO, L. A; GINANI, E. G.SOUSA, L.M; RAPP PY DANIEL, L. H. Cytogenetic analysis of *Baryancistrus xanthellus* (Siluriformes: Loricariidae: Ancistrini), an ornamental fish endemic to the Xingu River, Brazil. Neotropical Ichthyology, 14(2): e150108, 2016.

FERREIRA, I.A., MARTINS, C. Physical chromosome mapping of repetitive DNA sequences in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Evidences for a differential distribution of repetitive elements in the sex chromosomes. Micron, 1-8. 2008.

FISCH-MULLER, S.; MONTOYA-BURGOS, J. I.; LE BAIL, P. Y.; COVAIN, R. Diversity of the Ancistrini (Siluriformes: Loricariidae) from the Guianas: the Panaque group, a molecular appraisal with descriptions of new species. Cybium, 36(1), 163-193. 2012.

GALINDO, B. A.; Diversidade de peixes do rio Laranjinha – Alto rio Paraná. Tese de Doutorado em Genética e Biologia Molecular - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular. p. 152 – 211: 2014.

GOMES, L. C. Effect of Fish Density During Transportation on Stress and Mortality of Juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum*. WORLD AQUACULTURE SOCIETY JOURNAL OF THE Vol. 34, No. 1. March, 2003.

GREENSTONE, M. H; ROWLEY, D. L.; HEIMBACH, U.; LUNDGREN, J. G.; PFANNENSTIEL, R. S.; REHNER, S. A.. Barcoding generalist predators by polymerase chain reaction: carabids and spiders. Molecular Ecology, 2005.

GROSS, M. C. *et al.* Comparative Cytogenetic Analysis of the Genus *Symphysodon* (Discus Fishes, Cichlidae): Chromosomal Characteristics of Retrotransposons and Minor Ribosomal DNA. Cytogenet Genome Research, p. 1-11, 2009.

HARVEY, C.; MASABANDA, J.; CARRASCO, L. A. P.; BROMAGE, N. R.; PENMAN, D. J.; GRIFFIN, D. K.; Molecular- cytogenetic analysis reveals sequence differences between the sex chromosomes of *Oreochromis niloticus*: evidence for an early stage of sex-chromosome differentiation. Cytogenet. Gen. Res., v. 97, p. 76-80, 2002.

HEBERT, P. D. N., RATMASINGHAM, S. WARD, J. R.. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. Proc Biol Sci, 270:S96-99. 2003.

HEBERT, P.D.N.; STOECKLE, M. Y.; ZEMLAK, T. S.; FRANCIS, C. M. Identification of Birds through DNA Barcodes. PLoS Biol 2(10): e312. 2004. Disponível em:<<http://www.plosbiology.org>>.

HRBEK, T, CROSSA, M. & FARIAS, I..P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. Brazilian Journal of Biology, 67(4, suppl.): 909-917. 2007.

HOLMES, B. H; STEINKE, D.; WARD, R.D. Identification of shark and ray fishes using DNA barcoding. Fish Res. 95: 280-288, 2009.

HOWELL, W. M. & BLACK, D. A. Controlled silver staining nucleolus organizer regions with protective colloidal developer: a 1-step method. *Experientia* 1014-1015. 1980.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. Coordenador: Clemeson Pinheiro. Brasília, versão revisada, agosto, 217p. 2008.

ICMbio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: Levantamento da Ictiofauna, Caracterização Genética e da Fauna Parasitária da bacia hidrográfica do rio Tapajós. 2013.

JÚNIOR, J. R. C. & NAKAYAMA, L. A composição e distribuição da Ictiofauna de interesse ornamental no Estado do Pará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém. 2008.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M. T. F.; PAROLIN, J. S. P. (Eds.). Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management. *Ecological Studies* 210. 2010.

JUNK, W. J. *et al.* A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*. v. 31, p. 623-640, jul. 2011.

KAVALCO, K.F.; PAZZA, R.; BERTOLLO, L.A.C.; MOREIRA-FILHO, O. Heterochromatin characterization of four fish species of the family Loricariidae (Siluriformes). *Hereditas*. v.141, p.237-242, 2004.

KAVALCO, K. F.; REIS, D. A. R.; BRANDÃO, K. O.; TOLEDO, L. F. A.; PAZZA, R. Localização Física dos Genes Ribossomais 5S e 18S em *Ancistrus sp.* (LORICARIIDAE: ANCISTRINI) de Angra dos Reis/RJ, Bacia dos rios Costeiros. *Evolução e Conservação da Biodiversidade*. Rio Paranaíba, Vol. 3 Nº 1. 39-44. 2012.

KERR, K.C. STOECKLE, M.Y. DOVE, C.J. WEIGT, L.A. FRANCIS, C.M. Comprehensive DNA barcode coverage of North American birds. *Molecular Ecology Notes*. 2007.

KOMIYA, H. & TAKEMURA, S. Nucleotide sequence of 5S ribosomal RNA from rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) liver. *The Journal of Biochemistry*. 1067-1080.1979.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, R. S. Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, 2011.

LEE, M.R.; ELDER, F. F. B. Yeast stimulation of bone marrow mitosis for cytogenetic investigations. *Cytogenet.Cell*. v 26, p. 36-40. 1980.

LEE, W.J; COROY, J. HOWELL, W.H; KOCHER, T.D. Structure and evolution of fish mitochondrial control regions. *J Mol Evol* 41:54–66. 1995.

- LIMA, A. O., Aqüicultura ornamental: O potencial de mercado para algumas espécies ornamentais: Formas alternativas de diversificação da produção na aqüicultura brasileira. *Revista Panorama da Aqüicultura*, 13, 23-29. 2003.
- LIMA, A. O., Agronegócio de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. *Revista Panorama da Aqüicultura*, v.14, n. 83. 2004.
- LIMA, R. C. Análise da exportação de peixes ornamentais marinhos no Brasil. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2012.
- MAGALHÃES, A.L.B. Novos registros de peixes exóticos para o Estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24 (1). p. 250-252. 2007.
- MARTINEZ, E, R, M. Estudo da evolução do gênero *Hypostomus* (Teleostei, Siluriformes. Loricariidae) com base em caracteres cromossômicos e sequências de DNA. Tese de doutorado. Botucatu. 2009.
- MARTINS, F. O.; CALEGARI, B. B.; LANGEANI, F.. *Microlepidogaster arachas*, a new species of Hypoptopomatinae catfish (Siluriformes: Loricariidae) from the upper rio Paraná basin, Brazil. *Zootaxa*, 3608(5): 379-388.2013.
- MARIOTO, S. MIYAZAWA, C. S. *Ancistrus cf dubius* (Siluriformes, Ancistrinae) a complexo of species. Chromosomal characterization os four populations and occurrence of sex chromosomes of types XX/XY, in the Pantanal Basin of Mato Grosso, Brasil. *Caryologia*. 2006.
- MARIOTO, S & FILHO, O. M. Estudo Citogenético clássico e molecular em quinze espécies da tribo Ancistrini (Siluriformes, Loricariidae) de três bacias hidrográficas brasileiras. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 2009.
- MARKO, P.B.; LEE, S. C.; RICE, A. M.; GRAMLING, J. M.; FITZHENRY, T. M.; MCALISTER, J. S.; HARPER, G. R.; MORAN, A. L. Fisheries: Mislabelling of a depleted reef fish. *Nature* 430. 2004. p. 309–310.
- MAY, R. M. Tropical Arthropod Species, More or Less? *SCIENCE*, Vol 329. 2 JULY 2010. Disponível em <[http:// www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)>.
- MEYER, A. DNA technology and phylogeny of fish. In: Beaumont, A. R. (Ed.). *Genetics and evolution of aquatic organisms*. London: Chapman & Hall, p. 219-249. 1994.
- MILLS, D. Peixes de aquário. Rio de Janeiro, Ediouro Publicações. 1998, p.304.
- MOREAU, M.A; COMES O.T. Aquarium fish exploitation in western Amazonia: conservation issues in Peru. *Environmental Conservation*, 34(1):12-22. 2007.
- MORITZ, C.; CICERO, C. DNA barcoding: promise and pitfalls. *PLoS Biol.* v. 2, n. 10, p. 1529-1531, 2004.

NAHUM, L.A. Evolução dos Genomas. In: Matioli, Biologia Molecular e Evolução. Ribeirão Preto: Holos Ed., 2001.

NELSON, J. S; GRANDE, T.C; WILSON, M.V.H. Fishes of the world. 5rd edition Wiley, Hoboken, Nova Jersey, EUA. 2016.

OLIVEIRA, R.R. Diversidade cariotípica entre dez espécies do gênero *Ancistrus* (Siluriformes, Loricariidae) da Bacia Amazônica: estrutura e mecanismos de evolução cromossômica. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2006.

PIRES, A. A. A. Identificação Molecular e caracterização de peixes do gênero *Zungaro* (SILURIFORMES, PIMELODIDAE) de diferentes bacias hidrográficas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 2014.

PY-DANIEL, L. R. ANATOLIO, H. BESSA, J. OLIVEIRA, R. Expedição para Identificação e Avaliação de Espécies não-descritas de Loricariídeos explorados com finalidade ornamental no rio Xingu. Relatório COOPE. Altamira, 2008.

RASMUSSEN, R. S. & MORRISSEY, M. T. DNA-Based Methods for the Identification of Commercial Fish and Seafood Species comprehensive reviews in food science and food safety—Vol. 7, 2008. p. 280-295.

REIS, R.E., S.O. KULLANDER AND C.J. FERRARIS JR. (org.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 742p.

REIS, R. E. KULLANDER, S. O. FERRARIS, C. J (Orgs.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs. 2003.

REIS, R. E. PEREIRA, E. H. L & ARMBRUSTER, J. W. Delturinae, a new loricariid catfish subfamily (Teleostei, Siluriformes), with revisions of *Delturus* and *Hemipsilichthys*. Zoological Journal of the Linnean Society, 147: 277-299. 2006.

REIS, D. A. R. Estudos citogenético-moleculares em espécies do gênero *Hypostomus* (Teleostei, Loricariidae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Viçosa, MG, 2016.

REMIGIO, E. A.; HEBERT, P. D. N. Testing the utility of partial COI sequences for phylogenetic estimates of gastropod relationships. Molecular Phylogenetic and Evolution, 29. 2003. p. 641-647

RIBEIRO, F. A. S. Desempenho do acará-bandeira *Pterophyllum scalare* com diferentes níveis de proteína bruta. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 27 pp. 2005.

RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial do mercado de peixes ornamentais. Panorama da Aqüicultura. 108: 32-37. 2008.

RIBEIRO, F. A. S.; CARVALHO JUNIOR, J.R.; FERNANDES, J.B.K.; NAKAYAMA, L. Cadeia produtiva do peixe ornamental. Panorama da Aqüicultura, Rio de Janeiro, 19(112): 2009. 36-45.

RIBEIRO, F. A. S., LIMA, M.T. & Kochenborger, J.C.B. Panorama Do Mercado De Organismos Aquáticos Ornamentais. Boletim - Sociedade Brasileira De Limnologia 38(2), 2010. p. 1-8.

RIBEIRO, E. D. Diversidade molecular dos Ancistrini (Loricariidae: Siluriformes) reofílicos da ecorregião Xingu-Tapajós. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2013.

RODRIGUES, R. M. Estudos Cromossômicos e Moleculares em Loricariinae com ênfase em espécies do gênero *Rineloricaria* (Siluriformes, Loricariidae): uma perspectiva evolutiva. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 2010.

RODRIGUEZ, M. S.; DELAPIEVE, M. L.S.; REIS, R.E. Phylogenetic relationships of the species of *Acestridium* Haseman, 1911 (Siluriformes: Loricariidae). Neotropical Ichthyology, 13(2): 325-340, 2015.

ROXO, F. F.; ALBERT, J. S.; SILVA, G. S.; ZAWADZKI, C. H.; FORESTI, F.; OLIVEIRA, C. Molecular Phylogeny and Biogeographic History of the Armored Neotropical Catfish Subfamilies Hypoptopomatinae, Neoplecostominae and Otothyriinae (Siluriformes: Loricariidae). 2014.

ROXO, F. F.; OCHOA, L E.; SABAJ, M. H.; LUJAN, N. K.; COVAIN, R.; SILVA, G. S.C.; MELO, B. F.; . ALBERT, J. S.; CHANG, J.; FORESTI, F.; ALFARO, M. E.; OLIVEIRA, C. Phylogenomic reappraisal of the Neotropical catfish family Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) using ultraconserved elements, Molecular Phylogenetics and Evolution. 2019.

SABINO, J.; PRADO, P.I. Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica do Brasil. Versão Preliminar. Brasília, COBIO/MMA – GTB/CNPq – NEPAM/UNICAMP, 131. 2003.

SALARO, A. L., LUZ, R. K.; NOGUEIRA, G. C. C. B.; REIS, A., SAKABE, R.; LAMBERTUCCI, D. M. Revista. Brasileira. Zootecnia. v.32, n.5, 2003. p.1033-1036.

SAMBROOK, J., RUSSEL, D.W. Molecular Cloning. 3rd edition. 3 vol. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York. 2001.

SANTOS, S. M. S. B. M; HERNADEZ, F. M. (Orgs.). Análise crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Painel de Especialistas. 2009. Disponível em:
<https://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf>.

SANTOS, V. H., FORESTI, F., OLIVEIRA, C., ALMEIDA-TOLEDO, L.F., TOLEDO FILHO, A.S., BERNARDINO, G. Synaptonemal complex analysis in the fishes species *Piaractus mesoptamicus* and *Colossoma macropomum*, and in the interspecific hybrid. *Caryologia*, 73-79. 2007.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. Peixes comerciais de Manaus. Manaus: Ibama/AM. ProVárzea. 2006.

SCHWEIZER, D. Reverse Fluorescent Chromosome Banding with Chromomycin and DAPI. Berlin Heidelberg: SpringerVerlag. 1976.

SCHAEFER, S. A. Osteology of *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus), with a phylogenetic analysis of the loricariid subfamilies (Pisces: Siluroidei). *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County*, 394: 1-31. 1987.

SILVA, G. J. C. Análise filogenética entre gêneros da subfamília Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae) com ênfase no gênero *Harttia*, baseada em caracteres moleculares. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 2009.

SILVANO, R.A.M.; Oyakawa O.T.; Amaral B.D.; Begossi, A. Peixes do alto rio Juruá (Amazônia, Brasil) São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 298p. 2001.

SILVESTRE, D. Sequenciamento e análise do genoma mitocondrial de *Melipona bicolor* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, USP, São Paulo, Brasil. 2002.

SOUZA, A. C. P. Descrição cariotípica de peixes dos gêneros *Baryancistrus*, *Parancistrus*, *Peckoltia* e *Ancistrus* (Ancistrinae, Loricariidae) da bacia Amazônica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará/Museu Emílio Goeld. Pará. 2003.

SOUZA, A. C. P. Karyotypic analysis of *Baryancistrus aff. Niveatus* (Ancistrinae, Loricariidae), by C-banding, ag-NOR, CMA3, DAPI, and FISH. *Cariologia*, 2004.

SUMNER, A.T. A simple technic for demonstrating centromere heterochromatin. *Exptl. Cell. Res.*, 75, 304-306. 1972.

TRAUT, W.; WINKING, H. Meiotic chromosomes and stages of sex chromosome evolution in fish: zebrafish, platyfish and guppy. *Chromosome Res.*, v.9 p. 659-672, 2001.

TREBACH R. H.; CERQUEIRA, N. M.; MEDEIROS, S. R.; GUTIERREZ, H. J. P.; HERNÁNDEZ, N. O.; RODRIGUES, M. D. N. Dna barcoding: uma ferramenta de apoio molecular para identificação de espécies de peixes. *Scientia Agraria Paranaensis – SAP; Marechal Cândido Rondon*, v. 14, n. 2, abr./jun., 2015. p. 77-81.

VENCES, M.; THOMAS, M.; VAN DER MEIJDEN, A.; CHIARI, Y.; VIEITES, D. R. Comparative performance of the 16S rRNA gene in DNA barcoding of amphibians. *Frontiers in Zoology*, 2(1): 5. 2005.

VIZZOTTO, P. C; BECKER, Q. M. C. CASTRO, R. J; SILVA, A. M. Caracterização Citogenética de duas espécies de *Hypostomus* (SILURIFORMES, LORICARIIDAE) de tributários do rio Vermelho, bacia do alto rio Paraguai. *Biodiversidade - V.13, N1*, 2014.

VIDAL JR., M. V. V. Sistemas de produção de peixes ornamentais. *Cad.Téc. Vet. Zootec.* 51, 62-74. 2006.

WILLIS, S.; NUNES, M.S.; MONTANA, C.; FARIAS, I.P.; LOVEJOY, N. Systematics, biogeography, and evolution of the neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes: Cichlidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Detroit, v. 44, p. 291-307, 2007.

WARD, R. D; ZEMLAK, T. S; INNES, B. H; LAST, P. R.; HEBERT, P. D. N. DNA *barcoding* Australia's fish species. *Philosophical transactions of The Royal Society B* (359):1847-1857, 2005.

ZUANON, J. A. S.. História natural da ictiofauna de corredeiras do rio Xingu, na região de Altamira, Pará. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1999.

ANEXO

ANEXO I**Parecer do Comitê de ética no Uso de Animais**


Instituto Esperança de Ensino Superior – IESPES
Portaria de Recredenciamento: 291-23/2015 – D.O.U. 24/03/2015
Av. Coaracy Nunes, 3315 – Caranazal – (93) 3529.1760
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA


**PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO PROJETO DE PESQUISA SOB
PROTOCOLO N°. 015/18.**

Prezado Prof. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues, venho através deste informá-lo que o Projeto intitulado "DNA BARCODING DE ACARIS ORNAMENTAIS (LORICARIIDAE, SILURIFORMES) DO RIO TAPAJÓS EXPLORADOS COMERCIALMENTE NO SETOR DE AQUARIOFILIA" foi recebido e avaliado e APROVADO pela CEUA/IESPES. O projeto possui elevada relevância científica.

Reiteramos a importância deste Parecer Substantiado, e lembramos que a pesquisadora responsável deverá encaminhar à CEUA-Iespes o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei n°. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa n°. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa.

Santarém, 30 de Agosto de 2019.


Arimar Chagas de Almeida
Membro CEUA/Iespes


Osvaldo Gato Nunes Neto
Membro CEUA/Iespes