



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO



CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

DIEGO SOUSA CAMPOS

**PADRÕES ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE CICHLIDAE
(PERCOMORPHA) NO ESTADO DO MARANHÃO, AVALIANDO O
COMPARTILHAMENTO DE FAUNA COM TRÊS ECORREGIÕES
NEOTROPICAIS DE ÁGUA DOCE**

**São Luís
2016**

DIEGO SOUSA CAMPOS

**PADRÕES ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE CICHLIDAE
(PERCOMORPHA) NO ESTADO DO MARANHÃO, AVALIANDO O
COMPARTILHAMENTO DE FAUNA COM TRÊS ECORREGIÕES
NEOTROPICAIS DE ÁGUA DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

**São Luís
2016**

DIEGO SOUSA CAMPOS

**PADRÕES ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE CICHLIDAE
(PERCOMORPHA) NO ESTADO DO MARANHÃO, AVALIANDO O
COMPARTILHAMENTO DE FAUNA COM TRÊS ECORREGIÕES
NEOTROPICAIS DE ÁGUA DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes - Orientador

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski – Avaliador interno

Prof. Dr. Felipe Polivanov Ottoni – Avaliador externo

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CAMPUS IV – UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

Aprovado em ___/___/_____

APOIO INSTITUCIONAL



BOLSA DE MESTRADO



APOIO FINANCEIRO



Deus é bom o tempo todo...

Para Deborah, minha amada esposa,

Para os melhores pais do mundo, Manoel e Ana Cleide, ao meu irmão Irving...

pelo sacrifício, paciência e amor investidos

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela infinita graça que tem me oferecido, me levando a todas as realizações até aqui. Nada me faria ignorar a importância do Senhor da minha vida, toda glória a Ele.

Obrigado, Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes, amigo e orientador, pelo grande investimento humano e material, pelo empenho na instrução, nas horas e horas de boas conversas e conselhos, sobre a vida em geral e a vida acadêmica. Além dos exemplos de caráter, credibilidade, hombridade, determinação e insistência na busca por fazer e ser melhor.

Agradeço à Universidade Federal do Maranhão, ao conjunto de profissionais que compõe o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação – PPGBC, pelos momentos de aprendizado e crescimento e pela estrutura disponibilizada.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento científico e tecnológico do Maranhão - FAPEMA, pelo apoio financeiro ao projeto, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de mestrado.

À banca examinadora, Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski pelas conversas enriquecedoras e pelas críticas ao trabalho além do seu importante incentivo e estímulo para que eu continuasse, e ao Prof. Dr. Felipe Polivanov Ottoni por aceitar participar desta defesa enriquecendo grandiosamente esse trabalho com seus comentários e sugestões.

Ao caro Dr. Henrique Rosa Varela, pela disponibilidade em tirar várias dúvidas sobre a possível identificação e distribuição de alguns ciclídeos, inclusive aceitando participar da minha banca. Espero poder retribuir logo com uma parceria materializada em artigos, até lá meu sincero agradecimento.

Minha família, que sempre me serviu de base e fonte de incentivo, suportando a distância e me tranquilizando sempre, em especial minha mãe cujas orações explicam muito do que já aconteceu de bom na minha vida.

À minha esposa, coluna forte que não me deixou desmoronar nas muitas ondas e dificuldades nesses período tão exíguo, embora também tão extenso. Pela sua paciência e cuidado, até mesmo com a minha saúde. Seu incentivo e suas orações me acompanham, e a felicidade de todas as minhas realizações só é completa com você ao meu lado.

Aos amigos Talvane, Elisa, Dhynnael, Lis e Alan, Danilo e sua Família, Luiz Phelipe, Pâmella, além de todos que me ajudaram a driblar a loucura em vários momentos, com bastante alegria, conversa, comida boa e oração! Vocês são especiais, assim como tantos outros que estiveram torcendo por mim nessa empreitada, de perto ou de longe.

Aos amigos que fiz nesse longo período na turma 2014.1, aos colegas do Laboratório Organismos Aquáticos – LabAqua pela companhia e auxílio nas coletas e do Laboratório de Ecologia e Sistemática de Peixes - Labesp pelo espaço cedido para a triagem do material e pelas conversas sempre divertidas.

Agradeço a todos que de várias formas contribuíram para que eu pudesse concluir esta caminhada e alcançar a realização desse sonho!

RESUMO

Nós buscamos reunir as informações sobre a diversidade de ciclídeos presentes em três ecorregiões na transição entre o domínio amazônico, o nordeste e o centro-oeste do Brasil; Além de verificar padrões espaciais na distribuição e ocorrência das espécies, com comentários sobre padrões de riqueza e compartilhamento de espécies. Utilizamos dados de ocorrência de 82 espécies de ciclídeos, em 69 bacias hidrográficas, contidas nas ecorregiões: do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras (EADC), Tocantins-Araguaia (TA) e Parnaíba (PI), cobrindo uma área de aproximadamente 1,7 milhões de quilômetros quadrados. A riqueza de espécies e o padrão de distribuição foram comparados entre bacias hidrográficas e ecorregiões. As variáveis bioclimáticas foram calculadas a partir das coordenadas de ocorrência das espécies e foram utilizados para descrever os ambientes. Nossas análises indicaram um padrão de maior riqueza de espécies de ciclídeos na ecorregião do EADC, seguida pelas ecorregiões TA e PI. Foi verificado o maior compartilhamento entre EADC e TA, com 50 espécies em comum, enquanto estas duas ecorregiões compartilham apenas 13 espécies cada uma com a ecorregião PI e apenas 11 espécies foram comuns às três ecorregiões. A maior parte das espécies se concentra em drenagens abaixo dos 250m nas ecorregiões EADC e PI, enquanto na região TA se estendem até bem acima de 500m. Temperatura e Pluviosidade mostraram relação inversa com a elevação e latitude, enquanto a amplitude térmica anual teve relação direta. Apesar da grande quantidade de espécies acumuladas nas três ecorregiões estudadas, o compartilhamento entre as três é relativamente baixo, embora EADC e Tocantins-Araguaia apresentem várias espécies em comum. As características ambientais como temperatura e pluviosidade anual foram associadas à elevação, que junto com a configuração de relevo representou o principal divisor na distribuição das espécies com quase a totalidade das espécies encontradas abaixo dos 250m. Porém poucas amostragens foram realizadas acima dessa elevação nas ecorregiões EADC e Parnaíba, indicando que as cabeceiras de rios nessas regiões devem receber maior atenção na busca por espécies taxonomicamente indeterminadas.

Palavras-chave: América do Sul, biogeografia, Ciclídeos neotropicais, distribuição geográfica, riqueza de espécies, zoogeografia.

ABSTRACT

We seek to gather information about the diversity of cichlids present in three ecoregions in the transition between the Amazon area, the Northeast and the Midwest of Brazil, and also spatial patterns in the distribution and occurrence of species, with comments on species richness patterns and species sharing. We used occurrence data from 82 species of cichlids in 69 watersheds included in three eco-regions: the Amazon Estuary and Coastal Drainages (EADC), Tocantins-Araguaia (TA) and Parnaíba (PI); covering an area of approximately 1.7 million square kilometers. Species richness and distribution patterns were compared between watersheds and ecoregions. The variables of bioclimatic were calculated from coordinates of the occurrence of the species and were used to describe the environment. Our analysis indicated a pattern of greater richness of cichlid species in the ecoregion of the EADC, followed by TA basins and PI. The largest share of EADC and TA was found, with 50 species in common, while these two ecoregions share only 13 species each with ecoregion Parnaíba and only 11 species were common to the three ecoregions. The most species focuses drains below 250m in ecoregions EADC and PI, while in the TA region to extend well above 500m. Temperature and rainfall showed inverse relationship with elevation and latitude, while the annual temperature range was directly related. Despite the large number of species accumulated in the three ecoregions studied sharing between the three is relatively low, although EADC and TA present several species in common. Environmental characteristics such as temperature and annual rainfall were associated with elevation, the same pattern observed the relief configuration represented the main divide in the distribution of species with almost all of the species found below 250m. But as few samples were taken above this elevation in ecoregions EADC and Parnaíba, this could be indicative that the headwaters of rivers in these regions should receive more attention in the search for undetermined species.

Keywords: Neotropical cichlids, geographical distribution, species richness, biogeography, South America, zoogeography

LISTA DE FIGURAS

- Figure 1. - Registros de ocorrência de espécies de ciclídeos obtidas das coletas e adquiridas das bases de dados de biodiversidade Slink e GBIF para a área estudada 60
- Figure 2. - Quantidade de espécies e gêneros de ciclídeos registrados nas três ecorregiões.... 61
- Figure 3. - Variação espacial dos parâmetros climáticos Temperatura média anual, Amplitude térmica anual e Precipitação acumulada anual em função dos gradientes de elevação, latitude e longitude para os locais de ocorrência das espécies de ciclídeos neste estudo. Triângulos em cinza suave= Ecorregião EADC; Quadrados em cinza-escuro=Ecorregião PI; Cruzes pretas=Ecorregião TA..... 61
- Figure 4. - Distribuição das ocorrências de espécies de ciclídeos em relação à hipsometria nas três ecorregiões. As cores dos pontos indicam a elevação no local da coleta e a cor cinza nos mapas representa a área incluída em cada cota de elevação: a) 0-125m b) 125-250m e c) 250-1000m 62
- Figure 5. - Variação da riqueza de espécies de ciclídeos no gradiente de elevação nas três ecorregiões. Os números nos extremos dos gráficos representam o valor mínimo e máximo de elevação no local da captura dos espécimes 62

LISTA DE TABELAS

Table 1. -Lista de espécies com ocorrências registradas para as bacias hidrográficas das três ecorregiões a partir do material coletado e das ocorrências obtidas das bases de dados de biodiversidade Slink e GBIF. As espécies cujos nomes estão precedidos por asteriscos (*) são consideradas introduzidas, ou não-naturais dos ambientes onde foram coletadas.....42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO 1 – Padrões espaciais na distribuição de espécies de Cichlidae (Percomorpha) no Estado do Maranhão, Brasil, avaliando o compartilhamento de fauna com três ecorregiões neotropicais de água doce.....	18
Abstract	19
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
Aquisição de espécimes e dados	25
RESULTADOS	28
DISCUSSÃO	30
AGRADECIMENTOS	36
REFERÊNCIAS	36
ANEXO: Normas da Revista.....	63

INTRODUÇÃO GERAL

A distribuição das espécies apresenta padrões que variam sensivelmente entre os diversos ambientes, e esta questão há muito atrai a atenção de estudos direcionados por diversas hipóteses biogeográficas, sintetizadas por Oberdorff *et al.*(1997) em três linhas principais de pensamento: As relações espécies-área, que associam a diversidade biológica à área geográfica disponível; as relações espécies-energia, que sugerem associação entre a riqueza e a energia na forma da biomassa disponível para circular entre os compartimentos dos ecossistemas; e por fim, a hipótese histórica, que inclui a consideração dos eventos pretéritos em uma escala temporal considerável, combinados com cenários multifatoriais ligados à história natural das espécies, mas que devidamente compreendidos permitem uma visão robusta dos padrões de ocupação do ambiente.

Com atenção especial à ictiofauna, a região neotropical ostenta comunidades megadiversas com mais de 8000 espécies dulcícolas(Schaefer, 1998; Reis *et al.*, 2003), e fatores como a geomorfologia das bacias sedimentares e a dinâmica ecológica das interações harmônicas e desarmônicas entre as espécies podem ter atuado modulando essa riqueza, explicando este número tão expressivo(Hulen *et al.*, 2005; Hubert and Renno, 2006).

A própria extensão da área geográfica ocupada pelas redes de drenagens já admite a existência de variações importantes nos padrões de ocorrência e distribuição das espécies de peixes. Segundo Albert & Reis (2011), a riqueza de espécies de peixes na América do Sul é mais relacionada com área geográfica (Km²), apresentando melhor ajuste da relação espécies-área principalmente em ecorregiões centrais do continente. Notadamente, há diferenças nessa relação entre os grupos taxonômicos, principalmente em função das estratégias de ocupação do hábitat, reprodução, dinâmica populacional e capacidade de locomoção.

Dentre os grupos de peixes mais representativos da ictiofauna neotropical, a família Cichlidae é um dos grupos de peixes teleósteos mais diversificados no mundo, amplamente distribuída em ambientes de água doce na região Neotropical, continente africano, Madagascar, Sri Lanka, Índia e em algumas localidades do Oriente médio (Leo Smith *et al.*, 2008). As quatro subfamílias de Cichlidae reúnem cerca de 1700 espécies válidas, sendo que 210 foram descritas apenas nos últimos 10 anos (Eschmeyer and Fong, 2016). Na região neotropical são conhecidas cerca de 600 espécies de ciclídeos com aproximadamente 60 gêneros endêmicos dessa região (Kullander, 2003; López-Fernández *et al.*, 2010).

Todas as espécies encontradas na região Neotropical pertencem à subfamília Cichlinae, um grupo monofilético cuja riqueza é menor apenas em comparação com o seu

clado-irmão, a subfamília Pseudocrenilabrinae (1.100 espécies) que é restrita ao centro de irradiação na África e possui algumas espécies no Oriente Médio (Sparks and Smith, 2004; Leo Smith et al., 2008). A subfamília Etroplinae conta com apenas 16 espécies em três gêneros restritos ao Sri Lanka, Índia e Madagascar (Pethiyagoda et al., 2014) e a subfamília Ptychochrominae reúne também 16 espécies, encontradas apenas em Madagascar (Sparks and Smith, 2004).

A distribuição global dos ciclídeos apresenta padrão Gondwânico, o que sugeria uma origem do grupo por volta de 160 milhões de anos atrás (Smith et al. 2008). Por outro lado, reconstruções mais recentes baseadas no registro fóssil e em dados moleculares indicam uma data mais recente, cerca de 57,3-76Ma para a família como um todo e 25,5-34,8Ma para o conjunto das espécies neotropicais, portanto posterior à separação da Gondwana (Friedman et al., 2013; McMahan et al., 2013).

A biogeografia de peixes de água doce busca descrever a história evolutiva dos grupos taxonômicos baseando-se em dados ambientais nas escalas temporal e espacial de fatores associados à história e geomorfologia das bacias hidrográficas (Lundberg et al., 1998). Os autores que descrevem as áreas de endemismo para peixes na América do Sul afirmam que eventos como a formação dos Andes e do rio Amazonas; as incursões marinhas no Mioceno e a influência de componentes geológicos como os lineamentos tectônicos, arcos estruturais e os escudos cristalinos da Guiana e do Brasil Central são fatores importantes para a configuração atual das assembleias de peixes na região (Lundberg et al., 1998; Hubert and Renno, 2006; Lovejoy et al., 2006; Cooke et al., 2012). Assim, eventos como as oscilações na elevação do continente, o surgimento de divisores de terra firme derivados dos lineamentos tectônicos e capturas de drenagem, entre outros processos ao longo do tempo, teriam promovido uma alternância de momentos de junção e separação que foram determinantes para os padrões atuais de dispersão (Hubert and Renno, 2006).

Para a área de interesse deste estudo, foram descritas zonas de endemismo para peixes por Lundberg et al. (1998) e Hubert & Renno (2006) que, apesar de algumas divergências pontuais, reconhecem as drenagens dos rios Tocantins e Araguaia e seus tributários como sendo associadas ao conjunto das drenagens da margem direita do baixo Amazonas. Descrevem também a zona de endemismo do Maranhão que se estende desde o rio Parnaíba incluindo rios Munim, Itapecuru, Mearim, Pindaré e Gurupi que nascem no Maranhão até o rio Capim no Pará compondo outra unidade diferenciada. Por fim, a zona do Parnaíba que ocupa todo o território do Piauí e mais as drenagens do Maranhão que deságuam

no rio Parnaíba sendo considerada como mais próxima à ictiofauna da região nordeste em função do compartilhamento de espécies (Lundberg et al., 1998; Hubert and Renno, 2006).

A proposta de ecorregiões de água doce (Abell et al., 2008) é uma abordagem alternativa para a definição de áreas de endemismo, delimitando unidades geográficas baseada em estudos de composição, compartilhamento de espécies e endemismo. Além disso, considera o aspecto histórico e os limites de barreiras naturais, como o curso de rios principais ou as cotas de elevação que são usuais na delimitação de bacias hidrográficas. A partir dessa abordagem de classificação, as bacias hidrográficas mencionadas neste estudo estão incluídas nas ecorregiões do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras (ecorregião 323), Tocantins-Araguaia (ecorregião 324) e Parnaíba (ecorregião 325).

A área equivalente à ecorregião Tocantins-Araguaia é de importância estratégica para a conservação devido à presença de *hotspots* no Cerrado (Myers et al., 2000). Também são encontrados vários ambientes considerados preferenciais pela insubstituível na ecorregião do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras, como os rios do Amapá no escudo das Guianas (Hubert and Renno, 2006). Porém há um risco crescente de perdas na diversidade relacionados ao declínio de populações, inclusão de espécies nas listas de animais ameaçados de extinção (Machado and Paglia, 2008), e introdução de espécies exóticas e sobrepesca de várias espécies de peixes (Nunes and Mendonça, 2013). Assim, mesmo estando em áreas de endemismo e com uma malha hidrográfica privilegiada, a ictiofauna dessas ecorregiões corre o risco de perda de biodiversidade antes mesmo que seja possível o seu conhecimento pela ciência (Barletta et al., 2010).

O presente estudo busca apresentar um *checklist* das espécies de ciclídeos com comentários sobre sua distribuição nas ecorregiões do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras, Tocantins-Araguaia e Parnaíba, que constituem a transição entre o domínio amazônico e as bacias costeiras do nordeste e do centro-oeste do Brasil, verificando a ocorrência de padrões de limitação geográfica e similaridade na ocorrência das espécies e das principais características ambientais em escala regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL R., THIEME M.L., REVENGA C., BRYER M., KOTTELAT M., BOGUTSKAYA N., COAD B., MANDRAK N., BALDERAS S.C., BUSSING W., STIASSNY M.L.J., SKELTON P., ALLEN G.R., UNMACK P., NASEKA A., NG R., SINDORF N., ROBERTSON J., ARMIJO E., HIGGINS J. V., HEIBEL T.J., WIKRAMANAYAKE E., OLSON D., LÓPEZ H.L., REIS R.E., LUNDBERG J.G., SABAJ PÉREZ M.H., & PETRY P., 2008. - Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *Bioscience*, 58(5):, 403. doi:10.1641/B580507
- ALBERT J.S., & REIS R.E., 2011. - Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes, Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. 408pp. Berkeley / Los Angeles / London: University of California Press. doi:10.1525/j.ctt1pp29c
- BARLETTA M., JAUREGUIZAR A.J., BAIGUN C., FONTOURA N.F., AGOSTINHO A.A., ALMEIDA-VAL V.M.F., VAL A.L., TORRES R.A., JIMENES-SEGURA L.F., GIARRIZZO T., FABRÉ N.N., BATISTA V.S., LASSO C., TAPHORN D.C., COSTA M.F., CHAVES P.T., VIEIRA J.P., & CORRÊA M.F.M., 2010. - Fish and aquatic habitat conservation in South America: A continental overview with emphasis on neotropical systems. *J. FishBiol.*, 76(9):, 2118–2176. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x
- COOKE G.M., CHAO N.L., & BEHEREGARAY L.B., 2012. - Marine incursions, cryptic species and ecological diversification in Amazonia: The biogeographic history of the croaker genus *Plagioscion* (Sciaenidae). *J. Biogeogr.*, 39(4):, 724–738. doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02635.x
- ESCHMEYER W.N., & FONG J.D., 2016. - Catalogue of Fishes - Species by Family/Subfamily [WWW Document]. URL <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (accessed 7.10.16).
- FRIEDMAN M., KECK B.P., DORNBURG A., EYTAN R.I., MARTIN C.H., HULSEY C.D., WAINWRIGHT P.C., & NEAR T.J., 2013. - Molecular and fossil evidence place

the origin of cichlid fishes long after Gondwanan rifting. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 280(1770):, 20131733–20131733. doi:10.1098/rspb.2013.1733

HENNING F., & MEYER A., 2014. - The evolutionary genomics of cichlid fishes: explosive speciation and adaptation in the postgenomic era. *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 15:, 417–441. doi:10.1146/annurev-genom-090413-025412

HUBERT N., & RENNO J.F., 2006. - Historical biogeography of South American freshwater fishes. *J. Biogeogr.*, 33(8):, 1414–1436. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01518.x

HULEN K.G., CRAMPTON W.G.R., & ALBERT J.S., 2005. - Phylogenetic systematics and historical biogeography of the Neotropical electric fish *Sternopygus* (Teleostei: Gymnotiformes). *Syst. Biodivers.*, 3(4):, 407–432. doi:10.1017/S1477200005001726

KOCHER T.D., 2004. - Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nat. Rev. Genet.*, 5(4):, 288–298. doi:10.1038/nrg1316

KULLANDER S.O., 2003. - Family Cichlidae (Cichlids), In: Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Reis, R.E., Kullander, S.O., Ferraris Jr., C.J. (Eds.), pp. 605–654, Porto Alegre: EDIPUCRS, .

LEO SMITH W., CHAKRABARTY P., & SPARKS J.S., 2008. - Phylogeny, taxonomy, and evolution of Neotropical cichlids (Teleostei: Cichlidae: Cichlinae). *Cladistics*, 24(5):, 625–641. doi:10.1111/j.1096-0031.2008.00210.x

LÓPEZ-FERNÁNDEZ H., WINEMILLER K.O., & HONEYCUTT R.L., 2010. - Multilocus phylogeny and rapid radiations in Neotropical cichlid fishes (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 55(3):, 1070–1086. doi:10.1016/j.ympev.2010.02.020

LOVEJOY N.R., ALBERT J.S., & CRAMPTON W.G.R., 2006. - Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: Evidence from Neotropical fishes. *J. South Am. Earth Sci.*, 21(1–2):, 5–13. doi:10.1016/j.jsames.2005.07.009

LUNDBERG J.G., MARSHALL L.G., GUERRERO J., HORTON B., MALABARBA M.C.S.L., & WESSELINGH F.P., 1998. - The stage for neotropical fish diversification A history of tropical south american rivers, In: Phylogeny and Classification of

Neotropical Fishes. Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M., Lucena, C.A.S. de (Eds.), pp. 13–48, Porto Alegre: EDIPUCRS, .

MACHADO A.B.M., DRUMMOND G.M., & PAGLIA A.P. (Eds.), 2008. - Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 1.ed. ed. 1420pp.Brasília, DF: MMA: Fundação Biodiversitas.

MCMAHAN C.D., CHAKRABARTY P., SPARKS J.S., SMITH W.M.L., & DAVIS M.P., 2013. - Temporal patterns of diversification across global cichlid biodiversity (Acanthomorpha: Cichlidae). *PLoSOne*, 8(8):, e71162. doi:10.1371/journal.pone.0071162

MYERS N., MITTERMEIER R. a, MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B., & KENT J., 2000. - Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772):, 853–858. doi:10.1038/35002501

NUNES J.L.S., & MENDONÇA M.A., 2013. - Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão. 208pp.São Luís: EDUFMA.

OBERDORFF T., HUGUENY B., & GUÉGAN J.-F., 1997. - Is there an influence of historical events on contemporary fish species richness in rivers? Comparisons between Western Europe and North America. *J. Biogeogr.*, 24(4):, 461–467. doi:10.1111/j.1365-2699.1997.00113.x

PETHIYAGODA R., MADUWAGE K., & MANAMENDRA-ARACHCHI K., 2014. - Validation of the South Asian cichlid genus *Pseudetroplus* Bleeker (Pisces: Cichlidae). *Zootaxa*, 3838(5):, 595. doi:10.11646/zootaxa.3838.5.9

REIS R.E.R., KULLANDER S.O., FERRARIS C.J.C., GRINGS D.D., ZILLES U., & BERTOLETTI J.J., 2003. - Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. 742pp.Porto Alegre: EDIPUCRS.

SCHAEFER S.A., 1998. - Conflict and resolution: impact of new taxa on Phylogenetic studies of the Neotropical cascudinhos (Siluroidei: Loricariidae), In: Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S., Lucena, C.A.S. (Eds.), pp. 375–400, Porto Alegre: EDIPUCRS, .

SPARKS J.S., & SMITH W.L., 2004. - Phylogeny and biogeography of cichlid fishes (Teleostei: Perciformes: Cichlidae). *Cladistics*, 20(6):, 501–517. doi:10.1111/j.1096-0031.2004.00038.x

CAPÍTULO 1 –PADRÕES ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE CICHLIDAE (PERCOMORPHA) NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL, AVALIANDO O COMPARTILHAMENTO DE FAUNA COM TRÊS ECORREGIÕES NEOTROPICAIS DE ÁGUA DOCE

Periódico a ser submetido: *Cybium, International Journal of Ichthyology* (ISSN - 0399-0974)

Classificação QUALIS 2014: B2 – BIODIVERSIDADE

a. Padrões espaciais na distribuição de espécies de Cichlidae (Percomorpha) no Estado do Maranhão, Brasil, avaliando o compartilhamento de fauna com três ecorregiões neotropicais de água doce

by

b. Diego Sousa CAMPOS(1), Felipe Polivanov OTTONI (2) & Jorge Luiz Silva NUNES*(3)

c. (1) Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses 1966, CEP 65080-805, Cidade Universitária do Bacanga, São Luís, Maranhão, Brazil. [camposds1@yahoo.com.br]

(2) Laboratório de Sistemática e Ecologia de Organismos Aquáticos, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão. Campus Universitário, CCAA, BR-222, KM 04, S/N, Boa Vista, CEP 65500-000, Chapadinha, MA, Brasil. [fpottoni@gmail.com]

(3) Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Av. dos Portugueses, s/n, Campus do Bacanga, São Luís, Maranhão, CEP 65080-040, Brazil [silvanunes@yahoo.com]

*Corresponding author [silvanunes@yahoo.com]

d. Characters: 65,451; Figs: 5; Tabs: 1

e. **Possible reviewers recommended by the authors:** 3 or 4 names and emails.

f. Running title

Cichlids: Spatial patterns in three neotropical ecoregions

Abstract

We seek to gather information about the diversity of cichlids present in three ecoregions in the transition between the Amazon area, the Northeast and the Midwest of Brazil, and also spatial patterns in the distribution and occurrence of species, with comments on species richness patterns and species sharing. We used occurrence data from 82 species of cichlids in 69 watersheds included in three eco-regions: the Amazon Estuary and Coastal Drainages (EADC), Tocantins-Araguaia (TA) and Parnaíba (PI); covering an area of approximately 1.7 million square kilometers. Species richness and distribution patterns were compared between watersheds and ecoregions. The variables of bioclimatic were calculated from coordinates of the occurrence of the species and were used to describe the environment. Our analysis indicated a pattern of greater richness of cichlid species in the ecoregion of the EADC, followed by TA basins and PI. The largest share of EADC and TA was found, with 50 species in common, while these two ecoregions share only 13 species each with ecoregion Parnaíba and only 11 species were common to the three ecoregions. The most species focuses drains below 250m in ecoregions EADC and PI, while in the TA region to extend well above 500m. Temperature and rainfall showed inverse relationship with elevation and latitude, while the annual temperature range was directly related. Despite the large number of species accumulated in the three ecoregions studied sharing between the three is relatively low,

although EADC and TA present several species in common. Environmental characteristics such as temperature and annual rainfall were associated with elevation, the same pattern observed the relief configuration represented the main divide in the distribution of species with almost all of the species found below 250m. But as few samples were taken above this elevation in ecoregions EADC and Parnaíba, this could be indicative that the headwaters of rivers in these regions should receive more attention in the search for undetermined species.

h. French title

Configurations spatiales dans la distribution des espèces de cichlidés (Percomorpha) dans l'état de Maranhão, Brésil, en évaluant le partage de la faune avec trois écorégions d'eau douce néotropicaux

i. French abstract

Nous cherchons à recueillir des informations sur la diversité des cichlidés présents dans trois écorégions dans la transition entre la région de l'Amazonie, le nord-est et du Midwest des régions du Brésil; En plus de vérifier la répartition spatiale dans la distribution et l'apparition des espèces, avec des commentaires sur les tendances de la richesse et le partage des espèces. Utilisez les données d'occurrence de 82 espèces de cichlidés dans 69 bassins fluviaux contenus dans écorégions: l'estuaire de l'Amazonie et des zones côtières de drainage (EADC), Tocantins-Araguaia (MT) et Parnaíba (PI), couvrant une superficie d'environ 1,7 million de kilomètres carrés. La richesse en espèces et la structure de distribution ont été comparés entre les bassins hydrographiques et les écorégions. Les variables bioclimatique sont calculées à partir des coordonnées de la présence de l'espèce et ont été utilisées pour décrire l'environnement. Notre analyse a révélé un modèle de plus grande richesse d'espèces de cichlidés dans l'écorégion de EADC, suivie par écorégions TA et PI. la plus grande part a été

enregistrée entre EADC et TA, avec 50 espèces en commun, alors que ces deux écorégions partagent seulement 13 espèces chacune avec PI écorégion et seulement 11 espèces étaient communes aux trois écorégions. La plupart des espèces sont concentrées dans drainages ci-dessous 250m dans les écorégions EADC et IP, tandis que la région TA étendre à plus de 500m. La température et les précipitations ont montré une relation inverse avec l'altitude et la latitude, tandis que la gamme de température annuelle était directement liée. Malgré le grand nombre d'espèces accumulées dans les trois écorégions a étudié le partage entre les trois est relativement faible, bien que EADC et Tocantins-Araguaia présentent plusieurs espèces en commun. Les caractéristiques environnementales telles que la température et les précipitations annuelles ont été associées à l'élévation, que Juin avec réglage de soulagement était la fracture principale dans la répartition des espèces avec la quasi-totalité des espèces présentes ci-dessous 250m. Mais quelques échantillons ont été prélevés au-dessus de cette altitude dans les écorégions EADC et Parnaíba, indiquant que le cours supérieur des rivières dans ces régions devraient recevoir plus d'attention à la recherche d'espèces taxonomiquement indéterminées.

j. Key words

Neotropical cichlids, geographical distribution, species richness, biogeography, South America, zoogeography

INTRODUÇÃO

A família Cichlidae é um dos grupos de peixes teleósteos mais diversificados no mundo, amplamente distribuída em ambientes de água doce na região Neotropical, continente africano, Madagascar, Sri-lanka, Índia e em algumas localidades do Oriente médio. As quatro subfamílias de Cichlidae reúnem cerca de 1700 espécies válidas, sendo que 210 foram descritas apenas nos últimos 10 anos (Eschmeyer and Fong 2015). Na região neotropical são

conhecidas cerca de 600 espécies de ciclídeos com aproximadamente 60 gêneros endêmicos dessa região (Reis et al., 2003; López-Fernández et al., 2010)

Todas as espécies encontradas na região Neotropical pertencem à subfamília Cichlinae, um grupo monofilético cuja riqueza é menor apenas em comparação com o seu clado-irmão, a subfamília Pseudocrenilabrinae (1100 espécies) que é restrita ao centro de irradiação na África e possui algumas espécies no Oriente Médio (Sparks and Smith, 2004; Leo Smith et al., 2008).

A distribuição global dos ciclídeos apresenta padrão Gondwana, o que sugeria uma origem do grupo por volta de 160 milhões de anos atrás (Smith et al. 2008). Por outro lado, reconstruções mais recentes baseadas no registro fóssil e em dados moleculares indicam uma data mais recente, cerca de 57,3-76Ma para a família como um todo e 25,5-34,8Ma para o conjunto das espécies neotropicais, portanto posterior à separação da Gondwana (Friedman et al. 2013; McMahan et al. 2013).

Uma característica de relevante interesse biológico observada nos ciclídeos é o surgimento de muitas de espécies em um intervalo de tempo relativamente curto (Kocher 2004; Henning and Meyer 2014). Essa forma de diversificação tem atraído a atenção de estudos sobre a biogeografia, a especiação explosiva e a radiação adaptativa destacando como principais condições para o sucesso evolutivo dos ciclídeos a plasticidade observada em características da morfologia, alimentação, reprodução, repertório comportamental e aspectos genômicos (Hulsey et al. 2010; López-Fernández et al. 2010; Montaña and Winemiller 2010; Sampaio and Goulart 2011; Piálek et al. 2012; McMahan et al. 2013; Maan and Sefc 2013; Henning and Meyer 2014; Burress 2015).

A biogeografia de peixes de água doce busca descrever a história evolutiva dos grupos taxonômicos baseando-se em dados ambientais nas escalas temporal e espacial de fatores

associados à história e geomorfologia das bacias hidrográficas (Lundberg et al. 1998). Os autores que descrevem as áreas de endemismo para peixes na América do Sul afirmam que eventos como a formação dos Andes e do rio Amazonas, as incursões marinhas no Mioceno e a influência de componentes geológicos como os lineamentos tectônicos e arcos estruturais e os escudos cristalinos da Guiana e do Brasil Central são fatores importantes para a configuração atual das assembleias de peixes na região (Lundberg et al. 1998; Hubert and Renno 2006; Lovejoy et al. 2006; Cooke et al. 2012). Assim, eventos como as oscilações na elevação do continente, o surgimento de divisores de terra firme derivados dos lineamentos tectônicos e capturas de drenagem entre outros processos ao longo do tempo teriam promovido uma alternância de momentos de junção e separação que foram determinantes para os padrões atuais de dispersão (Hubert and Renno 2006).

A definição de áreas de endemismo na América do Sul tem sido discutida e melhorada de acordo a evolução do conhecimento disponível sobre o ambiente, hipóteses sobre a história geológica e geomorfologia das bacias hidrográficas, sendo complementadas pelo conhecimento de aspectos da distribuição e filogeografia da fauna (Lundberg et al. 1998; Tedesco et al. 2005; Hubert and Renno 2006; Sigrist and Carvalho 2009; Albert and Reis 2011; Cooke et al. 2012). Por outro lado, embora sejam importantes para a compreensão dos padrões de ocorrência de espécies de peixes, a relevância dos fatores históricos e climáticos sobre os padrões de riqueza e dispersão das espécies é diretamente associada à escala espacial, uma vez que nas escalas local e regional outros fatores podem ser muito mais explicativos sobre a manutenção da riqueza de espécies (Oberdorff et al. 1995; Oberdorff et al. 1997).

Para a área de interesse deste estudo, foram descritas zonas de endemismo para peixes por diferentes autores que, apesar de algumas divergências pontuais, reconhecem as drenagens dos rios Tocantins e Araguaia e seus tributários como sendo associadas ao conjunto das drenagens da margem direita do baixo Amazonas. Descrevem também a zona de

endemismo do Maranhão que se estende desde o rio Parnaíba incluindo rios Munim, Itapecuru, Mearim, Pindaré e Gurupi que nascem no Maranhão até o rio Capim no Pará compondo outra unidade diferenciada. Por fim, a zona do Parnaíba que ocupa todo o território do Piauí e mais as drenagens do Maranhão que deságuam no rio Parnaíba sendo considerada como mais próxima à ictiofauna da região nordeste em função do compartilhamento de espécies (Lundberg et al. 1998; Hubert and Renno 2006).

A proposta de ecorregiões de água doce (Abell et al. 2008) é uma abordagem alternativa para a definição de áreas de endemismo, delimitando unidades geográficas baseada em estudos de composição, compartilhamento de espécies e endemismos. Além disso considera o aspecto histórico e os limites de barreiras naturais, como o curso de rios principais ou as cotas de elevação que são usuais na delimitação de bacias hidrográficas. A partir dessa abordagem de classificação, a área das bacias hidrográficas incluídas neste estudo está incluída nas ecorregiões do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras (ecorregião 323), Tocantins-Araguaia (ecorregião 324) e Parnaíba (ecorregião 325).

A área equivalente à ecorregião Tocantins-Araguaia é de importância estratégica para a conservação devido a presença de hotspots no Cerrado (Myers et al. 2000). Também são encontrados vários ambientes considerados preferenciais pela insubstituível na ecorregião do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras como os rios do Amapá no escudo das Guianas (Hubert and Renno 2006). Porém há um risco crescente de perdas na diversidade relacionados ao declínio de populações, inclusão de espécies nas listas de animais ameaçados de extinção (Machado and Paglia 2008), introdução de espécies exóticas e sobrepesca de várias espécies de peixes (Nunes and Mendonça 2013). Assim, mesmo estando em áreas de endemismo e com uma malha hidrográfica privilegiada, a ictiofauna dessas ecorregiões corre o risco de perda de biodiversidade antes mesmo que seja possível o seu conhecimento pela ciência (Barletta et al. 2010).

O presente estudo busca apresentar um checklist das espécies de ciclídeos com comentários sobre sua distribuição nas ecorregiões do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras, Tocantins-Araguaia e Parnaíba, que constituem a transição entre o domínio amazônico e as bacias costeiras do nordeste e do centro-oeste do Brasil verificando a ocorrência de padrões de limitação geográfica e similaridade na ocorrência das espécies e das principais características ambientais em escala regional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição de espécimes e dados

Este estudo reuniu as ocorrências de espécies de ciclídeos dentro das três ecorregiões de água doce que compõem a área de transição entre o domínio amazônico e a costa nordeste, de acordo com a divisão e nomenclatura proposta por (Abell et al. 2008), denominadas como Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras (código 323, representada como EADC neste estudo) , Tocantins-Araguaia (324, TA neste estudo) e Parnaíba (325, PI neste estudo), compreendendo uma área total de quase 1,7 milhões de quilômetros quadrados (Fig. 1).

Uma parte dos registros de ocorrência de ciclídeos no Maranhão foi obtida de coletas realizadas nos rios Gurupi, Tocantins, Pindaré, Mearim, Preguiças, Itapecuru e Munim, por meio de metodologias de captura passiva que incluem as redes de espera com malhas de tamanhos variados e as armadilhas do tipo covão, e também por técnicas de captura ativa com peneiras de mão nas margens dos riachos e nos bancos de macrófitas, além de redes de arrasto de malha com aberturas de 0,5cm e redes de arremesso (tarrafas). Os exemplares coletados estão depositados na coleção da Universidade Federal do Maranhão (CPUFMA), e também foram utilizados exemplares já disponíveis nessa coleção, que concentra o maior volume de espécimes de peixes das bacias hidrográficas do Maranhão. Dados adicionais de ocorrência

foram obtidos dos bancos de dados Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<http://www.gbif.org/occurrence>) e SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br>) que agregam os catálogos das principais coleções científicas, com dados mantidos pelas instituições. Esses bancos de dados são importantes ferramentas funcionando como um repositório de informações primárias de ocorrência à disposição da comunidade científica, especialmente para o conhecimento da distribuição geográfica (Canhos et al. 2015) e tem sido usado em diversos estudos importantes sobre distribuição de espécies (Galves et al. 2007; Casatti et al. 2013; Marceniuk et al. 2013; Hipólito et al. 2015; Vandepitte et al. 2015). Foram obtidos registros das coleções: The Academy of Natural Sciences Fish Collection (ANSP-ICHTHYOLOGY), Auburn University Museum of Natural History (AUM), California Academy of Sciences (Ich), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Museu de Biologia Professor Mello Leitão - MBML, Museum of Comparative Zoology (Fish), Natural History Museum London (NHM, ZOO, NHMUK), Swedish Museum of Natural History (NRM-Fish), Subcoleção Ictiológica do Campus Parnaíba da Universidade Estadual do Piauí (UESPIPHB), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCP-PEIXES), South African National Biodiversity Institute (SAIAB), Senckenberg SMF (Collection Pisces), Biodiversity Research and Teaching Collections (TCWC - Ichthyology), Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL-PEIXES), Coleção Ictiológica do Nupélia (NUP), Coleção de Peixes da Universidade Federal do Mato Grosso (CPUFMT), Universidade Federal do Pará (GEA, OBIS_BR), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Coleção de Peixes da Universidade Federal do Tocantins (UNT), Universidade Estadual Paulista – São José do Rio Preto (DZSJRP- PISCES), Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC-PIS), Smithsonian National Museum of Natural History (USNM-Fishes), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto –

Universidade de São Paulo (LIRP). Foi usado como filtro a espacialização dos registros, excluindo-se da busca as ocorrências com coordenadas geográficas suspeitas ou que não tenham sido analisadas nos procedimentos de “data cleaning”. Os nomes científicos foram checados e em caso de nome em desuso foram atualizados, sendo mantido o número do tomo para consultas futuras, além disso alguns nomes obtidos das bases de biodiversidade foram corrigidas por consulta a dois especialistas, Dr. Henrique R. Varella e Dr. Felipe P. Ottoni.

Adotamos um critério de confiabilidade para retirar da análise as espécies cujos registros ofereceram pouca representatividade para a discussão biogeográfica devido a fatores como: baixo número de ocorrências da espécie no geral ($n < 5$), ocorrência em apenas uma única drenagem ou problemas taxonômicos como possíveis identificações incorretas, como observado em exemplares identificados como *Crenicichla saxatilis* (Linnaeus, 1758) com ocorrências marcadas para drenagens do Piauí, Maranhão, Goiás e Mato Grosso, porém possivelmente se referem ao “grupo saxatilis” uma vez que a espécie é restrita ao Suriname (Kullander and Nijssen, 1989), caso semelhante ao de *Crenicichla cyanonotus* Cope, 1870 assinalada na coleção para a bacia do rio Mearim, no Maranhão, porém devendo se tratar de *C. reticulata* (Heckel, 1840) ou uma espécie do “grupo reticulata” (Varella H Comunicação pessoal). Assim, das 112 espécies listadas, 33 foram desconsideradas para fins de comparação da ictiofauna nas ecorregiões.

Os registros de ocorrência foram organizados e georreferenciados no software QGIS (QGIS Development Team 2015), também utilizado para o processamento das imagens de satélite para a composição do modelo digital de elevação e posterior reamostragem dos dados bioclimáticos obtidos do WorldClim Project (Hijmans et al. 2005) na forma de raster grids de resolução espacial de 30-arc seconds (aproximadamente 1 km). Os preditores bioclimáticos WorldClim utilizados foram a média anual da temperatura (BIO1), a amplitude térmica anual

(BIO7) que indica a diferença entre o mês mais frio e o mais quente, e a precipitação anual em série histórica (BIO12). No QGIS o plugin Point Sampling Tool foi utilizado para extrair os valores das variáveis bioclimáticas das imagens WorldClim sob os pontos de ocorrência dos ciclídeos. Os dados bioclimáticos extraídos foram plotados em uma regressão linear para a obtenção dos padrões de variação nas dimensões vertical (elevação) e horizontal (latitude/longitude).

RESULTADOS

Foram registradas 112 espécies de ciclídeos com distribuição em 71 bacias hidrográficas dentro do limite das três ecorregiões incluídas neste estudo. A ecorregião do Estuário do Amazonas e Drenagens Costeiras apresentou a maior riqueza com 93 espécies pertencentes a 26 gêneros, seguida pela ecorregião Tocantins-Araguaia com 68 espécies em 24 gêneros e a ecorregião do Parnaíba com 18 espécies em 9 gêneros (Tab. I).

Os gêneros com a maior quantidade de espécies foram, em ordem decrescente de quantidade, *Crenicichla* Heckel, 1840, *Apistogramma* Regan, 1913, *Geophagus* Heckel, 1840, *Cichla* Schneider, 1801, *Satanoperca* Günther, 1862, *Aequidens* Eigenmann & Bray, 1894, *Cichlasoma* Swainson, 1839, *Mesonauta* Günther, 1862, *Teleocichla* Kullander, 1988, *Heros* Heckel, 1840, *Laetacara* Kullander, 1986, *Astronotus* Swainson, 1839, *Hypselecara* Kullander, 1986, e *Retroculus* Eigenmann & Bray, 1894, todos os demais tiveram apenas duas espécies ou menos (Fig. 2). Porém, considerando-se apenas o conjunto das espécies que atenderam ao critério de confiabilidade (n=82), a ecorregião EADC ainda teve a maior riqueza com 72 espécies e a ecorregião TA teve 60 enquanto PI apenas 16 espécies.

As variáveis climáticas Temperatura média anual, Amplitude térmica e Precipitação anual acumulada obtidas do *dataset* WordClim (Hijmans et al. 2005) para os pontos referentes

às ocorrências de cada espécie indicam forte relação com a elevação do terreno e a latitude. A amplitude térmica anual aumenta proporcionalmente com a elevação do terreno, enquanto a temperatura média anual e a pluviosidade decrescem. O padrão oposto foi observado em função da latitude, sendo observadas as maiores temperaturas e precipitações acumuladas conforme se aproxima da linha do equador (0°), ao mesmo tempo em que a amplitude térmica diminui (Fig. 3).

Os registros de ocorrência de ciclídeos se mostraram concentrados em relação às cotas altimétricas abaixo dos 250m nas ecorregiões EADC e Parnaíba (Fig. 4a), enquanto as amostragens realizadas nas drenagens da ecorregião Tocantins-Araguaia foram mais distribuídas até aproximadamente 500m (Fig. 4b). O perfil de elevação do terreno varia de forma sensível na área das três ecorregiões estudadas, com um gradiente que pode ser considerado limitante para a comunicação com as drenagens de ecorregiões vizinhas, principalmente nas cotas mais altas em toda a borda leste das ecorregiões do Parnaíba e Tocantins-Araguaia e na região próxima às cabeceiras dos rios Araguaia e Tocantins (Fig. 4c). A riqueza varia de forma similar nas ecorregiões EADC e PI, entre 1 e aproximadamente 200m de elevação, padrão bem diferente da região TA, onde a maior riqueza se estende de cerca de 70m aos 400m de elevação Fig. 5).

O maior compartilhamento de espécies baseado na presença das espécies nas bacias hidrográficas foi observado entre as ecorregiões do Tocantins-Araguaia e EADC com 50 espécies em comum. Por outro lado, entre Tocantins-Araguaia e Parnaíba foram 13 espécies, enquanto entre Parnaíba e EADC também 13 espécies. Apenas *Aequidens tetramerus*, *Astronotusocellatus*, *Cichlakelberi*, *C. monoculus*, *Crenicichla cametana*, *Crenicichla marmorata*, *Crenicichla menezesi*, *Satanoperca acuticeps* e *Satanoperca jurupari* foram comuns às três ecorregiões (Tab. 1).

DISCUSSÃO

A composição de ciclídeos nas bacias hidrográficas abordadas neste estudo foi de 82 espécies, excluindo-se as possíveis identificações incorretas, espécies restritas a uma única drenagem ou nomes com registro duvidoso. Essa riqueza é distribuída de forma desigual nas três ecorregiões que abrangem a área, com maior quantidade de espécies nas ecorregiões EADC e TA.

Nossos resultados representam um incremento de duas espécies à atual lista de ciclídeos do rio Itapecuru apresentada por Barros et al. (2011), incluindo *Crenicichla cametana* Steindachner, 1911, *Aequidens* cf. *tetramerus*. Em relação às espécies do rio Parnaíba (Ramos et al. 2014), foram acrescentadas as espécies *Cichlakelberi* Kullander & Ferreira, 2006, *Crenicichlamarmorata* Pellegrin, 1904 e *Satanopercaacuticeps* (Heckel, 1840), considerando estes dois estudos os mais recentemente publicados.

De modo, geral as drenagens principais da ecorregião Tocantins-Araguaia correm sentido sul-norte até a divisa com o Maranhão, tendo como divisor geográfico mais marcante as formações elevadas que seguem o lineamento tectônico Marajó-Parnaíba, e representam o limite do Escudo Brasileiro, a partir de onde nascem os principais rios do Maranhão drenados em direção ao Golfão (Hoorn, 1994). Essa mesma barreira de relevo elevado abriga as nascentes do rio Itapecuru e forma uma borda entre o Maranhão e o Piauí continuando até o curso médio do Parnaíba, onde são encontradas espécies compartilhadas entre essas duas ecorregiões verificadas neste estudo e em Ramos et al. (2014), como as duas espécies endêmicas dessa área de transição, *Apistogramma piauiensis* Kullander, 1980 e *Geophagus parnaibae* Staeck & Schindler, 2006.

Estas formações elevadas do relevo na região central do Maranhão formam um importante gradiente de declividade em direção às divisas com os estados do Piauí no alto rio Parnaíba e no lado oeste formando a serra do Tiracambu, que estabelece os limites com as bacias de Maracaçumé, Pindaré e Turiaçu, constituindo verdadeiras bordas sedimentares. Também se apresentam com cotas acima de 300 metros (>500 metros em alguns trechos), condições que são importantes fatores de variação para a composição de assembleias de peixes em riachos e pequenos canais (Buisson et al. 2008; Jaramillo-Villa et al. 2010).

A elevação atua como um *proxy* influenciando e covariando com diversos fatores hidrológicos e climáticos, sendo portanto um dos principais fatores a determinar condições como correnteza, vazão e sazonalidade dos canais. Estas características podem resultar na conectividade ou separação de habitats aquáticos adjacentes. Ainda sobre a importância biogeográfica dos gradientes de altitude, Hubert and Renno (2006) afirmam que as áreas mais baixas tendem a ter maior riqueza de espécies, porém menores taxas de endemismo. Mencionam também que as partes altas do continente serviram como refúgio caracterizando seu isolamento durante eventos pretéritos de incursões marinhas que mesclaram as assembleias das regiões mais baixas.

Um padrão biogeográfico que tem sido notado precisamente com a citogenética em alguns estudos com peixes Characiformes do Maranhão na transição entre as ecorregiões EADC e Parnaíba, sugere que as populações de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794)(Erythrinidae) das drenagens centrais do Maranhão como Pindaré, Mearim e até mesmo do rio Gurupi constituem unidades distintas em comparação com as encontradas no rio Tocantins na divisa entre os estados (Souza 2014). Outro exemplo é o estudo com a variação geográfica de haplótipos de *Schizodon vittatus* (Valenciennes, 1850)(Anostomidae) (Abreu 2013) que confirma esse padrão e acrescenta que as populações dos rios Parnaíba, Itapecuru, Mearim e Pindaré formam um clado separado das drenagens do Tocantins. Até o momento

não existem estudos similares com ciclídeos nessa área, embora o presente estudo mostre que apesar de compartilhar algumas espécies, é possível ver um limite zoogeográfico na região para a ocorrência de *Geophagusparnaibae*, *Crenicichla menezesi* e *Apistogrammapiauiensis*, que são restritas à transição entre a ecorregião do Parnaíba e EADC, não sendo encontradas no rio Tocantins à altura da divisa entre Tocantins e Maranhão nem após o rio Gurupi na divisa com o Pará.

A maior riqueza de espécies de ciclídeos observada para a ecorregião EADC pode ser explicada por diversos fatores, tanto aqueles associados à origem, quanto à manutenção dessa riqueza. Uma vez que essa ecorregião abriga um complexo de drenagens com histórias geológicas distintas; como os rios do Amapá e da margem esquerda do rio Amazonas, pertencentes ao domínio do Escudo das Guianas, e que ficaram separadas das drenagens que correm do Escudo Brasileiro (Lundberg et al. 1998).

Em um estudo sobre os padrões de diversificação de *Symphysodon* spp., Farias and Hrbek (2008) propõem que a ictiofauna do trecho baixo da bacia Amazônica deve ter sido afetada pelas flutuações no nível do mar no Plio–Pleistoceno (Lundberg et al. 1998), com as drenagens sendo submetidas repetidamente a momentos de junção e separação em ciclos que podem ter durado o suficiente para o acontecimento de diferenciação alopátrica. Porém, os mesmos autores observam que as espécies de *Symphysodon* Heckel, 1840 da região de Cametá (Pará) nos rios Araguaia e Tocantins, que representam o limite leste da área de ocorrência do gênero, apresentam mais diferenciação entre si do que a observada nas outras áreas.

Por outro lado, as espécies do rio Jari (Amapá), no extremo norte da bacia amazônica, tem pouca diferenciação dos demais grupos da região, o que sustenta a importância do rio Amazonas como uma barreira biogeográfica para esse grupo, e possivelmente para outras espécies com dispersão mais restrita, como *Apistogramma* spp. e outras de tamanho reduzido.

Na região centro-sul do Maranhão, que é a parte mais elevada do estado, se concentram as nascentes dos mais importantes rios, como Itapecuru, Corda, Grajaú, Pindaré e Mearim, que também está sofrendo com a ocupação para a instalação de plantações e áreas de pastagem que em muitos casos alcançam as margens dos rios (Cunha et al. 2008). Impactos antrópicos dessa natureza são relacionadas à perda de habitats, e afetam diretamente a biodiversidade tanto em ecossistemas terrestres quanto os ecossistemas aquáticos, sobretudo os de água doce (Wang et al. 2001; Collen et al. 2014). Além disso, modificam sensivelmente atributos dos ecossistemas que são importantes para as espécies, como temperatura, pH, turbidez e vegetação marginal (Hopkins and Burr 2009). Esses tipos de impactos são críticos principalmente nas áreas com potencial endemismo ou locais com pouca facilidade de escape para a fauna como as cabeceiras dos rios e riachos, afetando principalmente as espécies com baixa mobilidade e com distribuições mais restritas. Esses ambientes tem sido desmatadas em função da expansão agrícola e também para fins de extrativismo ou pesca predatória (Ribeiro et al. 2014).

As hipóteses para a interpretação dos padrões de riqueza de espécies em um determinado local podem ser sintetizadas em três relações teóricas (Oberdorff et al. 1995): A relação espécies-área, associa a riqueza à área geográfica disponível (Eadie et al. 1986); a relação espécies-energia associa riqueza à produtividade nos ambientes (Guégan et al. 1998; Griffiths et al. 2014); e a hipótese histórica inclui os efeitos de eventos de vicariância e mudanças nos ambientes em uma perspectiva de escala temporal, variáveis mais difíceis de quantificar e nas quais a aplicação em escalas espaciais menores requer muita cautela (Oberdorff. et. al 1997). A relação espécies-área encontrada neste estudo com maior número de espécies nas duas maiores ecorregiões, Tocantins-Araguaia e EADC segue o padrão observado em muitas outras drenagens neotropicais, cuja riqueza de espécies tende a ser menor nas bacias costeiras quando comparadas às bacias do interior do continente, principalmente onde o relevo regional

oferece condições de maior hierarquização das redes de drenagem como na região central da “superbacia” amazônica (Albert and Reis 2011).

Nossa análise do perfil de elevação do terreno demonstrou maior compartilhamento de espécies abaixo da cota de 250m. Por outro lado, algumas espécies foram encontradas apenas acima dessa elevação especificamente na ecorregião do Tocantins-Araguaia. É importante considerar que uma vez que os peixes têm sua dispersão limitada por barreiras de terra, de acordo com a teoria da biogeografia de ilhas podemos inferir que a maior riqueza pode estar diretamente associada ao tamanho da drenagem e ao grau de conectividade que é maior em terrenos mais aplainados, onde também é esperada menor susceptibilidade à extinção (MacArthur and Wilson 1967; Lévêque et al. 2008; Dias et al. 2013).

A necessidade de estimar adequadamente o efeito de fatores locais sobre de eventos que ocorrem a nível regional é uma das razões para se conhecer a comunidade partindo do inventário de espécies, etapa fundamental para a elaboração de abordagens biogeográficas sobre a distribuição de espécies em largas escalas territoriais (Argent et al. 2003; Lévêque et al. 2008). A caracterização dos ambientes, neste estudo, com base nas variáveis climáticas e de terreno, representa uma leitura de fatores de efeito regional, assim como a caracterização do *pool* regional de espécies. Essa riqueza regional pode desempenhar um papel muito mais importante do que variáveis climáticas ou ambientais (Reyjol et al. 2007) na determinação da composição de comunidades locais, especialmente onde a conectividade é mais difícil, como lagoas ou riachos sazonais.

De acordo com Ramos et al. (2014), o número de espécies de peixes endêmicas para a bacia do rio Parnaíba é de 54, superando o estimado anteriormente em revisões como Albert and Reis (2011). Porém, ainda segundo Ramos et al. (2014), as lacunas no conhecimento da diversidade de peixes da bacia do rio Parnaíba se devem principalmente à carência de

amostragem em regiões como as cabeceiras dos rios e também por falta de estudos mais aprofundados sobre as relações entre as espécies do rio Parnaíba com outros rios conectados. Essas dificuldades se repetem nos rios do Maranhão, nos quais a maior parte dos registros foi verificada nas proximidades dos centros urbanos como observado na distribuição dos registros de ocorrência neste estudo, em pouca distância das estradas principais que cortam o estado e com pouco alcance de áreas como as cabeceiras dos rios, além de amostragens pontuais ou voltadas para as espécies de interesse comercial, em detrimento de uma amostragem sistemática para a captura mais generalizada possível (Garavello et al. 2010). Por outro lado, lembramos que há uma boa quantidade de espécimes depositados em diversas coleções do país e também internacionais que, apesar de disponíveis para consulta e com coordenadas geográficas, foram identificadas apenas ao nível de família ou gênero ficando portanto de fora deste estudo, o que evidencia uma carência de trabalhos de revisão da taxonomia mesmo em um grupo tão diversificado como os ciclídeos.

Com base no que observamos em termos de informação disponível, encorajamos que seja direcionada uma maior atenção principalmente às localidades mais vulneráveis, como as cabeceiras dos rios Mearim, Itapecuru, Pindaré e Munim, além das drenagens próximas ao litoral como as do Peria, Maracaçumé, Litoral Ocidental e Turiaçu. As avaliações ecológicas e as tomadas de decisão sobre áreas prioritárias para estudo e conservação carecem de informações primárias como características físicas e ambientais, portanto o conhecimento da composição de espécies é um requisito fundamental.

Verificamos um elevado compartilhamento de espécies de ciclídeos entre as ecorregiões EADC e TA que não se repete em relação à ecorregião PI, o que confere com o observado para outros grupos de peixes e é um indicativo de limite zoogeográfico bem estabelecido. O padrão de que nas regiões mais baixas a riqueza é maior e há mais compartilhamento entre bacias adjacentes se aplica bem ao observado neste estudo, indicando que além da

necessidade de se buscar resolver os entraves filogenéticos das espécies já conhecidas e com distribuição ampla, o roteiro para a descoberta de novas espécies possivelmente está “ladeira acima” nas três ecorregiões estudadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Estado do Maranhão - FAPEMA pelo apoio financeiro, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela Bolsa de Mestrado do primeiro autor e à Universidade Federal do Maranhão pela infraestrutura disponibilizada.

Licença Ambiental para as coletas – SISBIO 42415.

REFERÊNCIAS

- ABELL R., THIEME M.L., REVENGA C., BRYER M., KOTTELAT M., BOGUTSKAYA N., COAD B., MANDRAK N., BALDERAS S.C., BUSSING W., STIASSNY M.L.J., SKELTON P., ALLEN G.R., UNMACK P., NASEKA A., NG R., SINDORF N., ROBERTSON J., ARMIJO E., HIGGINS J. V., HEIBEL T.J., WIKRAMANAYAKE E., OLSON D., LÓPEZ H.L., REIS R.E., LUNDBERG J.G., SABAJ PÉREZ M.H., & PETRY P., 2008. - Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *Bioscience*, 58(5):, 403. doi:10.1641/B580507
- ABREU J.M.S., 2013. - Variação geográfica em *Schizodon dissimilis* (Garmanm 1890) e diversidade genética e e filogenética do grupo *Schizodon fasciatus sensu lato* (CHARACIFORMES: ANOSTOMIDAE). Universidade Federal do Pará.
- ALBERT J.S., & REIS R.E., 2011. - Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes, Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. 408pp. Berkeley / Los Angeles / London: University of California Press. doi:10.1525/j.ctt1pp29c
- ARGENT D.G., BISHOP J.A., STAUFFER J.R., CARLINE R.F., & MYERS W.L., 2003. - Predicting freshwater fish distributions using landscape-level variables. *Fish. Res.*, 60(1):, 17–32. doi:10.1016/S0165-7836(02)00076-0

- BARLETTA M., JAUREGUIZAR A.J., BAIGUN C., FONTOURA N.F., AGOSTINHO A.A., ALMEIDA-VAL V.M.F., VAL A.L., TORRES R.A., JIMENES-SEGURA L.F., GIARRIZZO T., FABRÉ N.N., BATISTA V.S., LASSO C., TAPHORN D.C., COSTA M.F., CHAVES P.T., VIEIRA J.P., & CORRÊA M.F.M., 2010. - Fish and aquatic habitat conservation in South America: A continental overview with emphasis on neotropical systems. *J. Fish Biol.*, 76(9):, 2118–2176. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x
- BARROS M., FRAGA E., & BIRINDELLI J., 2011. - Fishes from the Itapecuru River basin , State of Maranhão, northeast Brazil. *Brazilian J. Biol.*, 71(2):, 375–380. doi:10.1590/S1519-69842011000300006
- BUISSON L., BLANC L., & GRENOUILLET G., 2008. - Modelling stream fish species distribution in a river network: The relative effects of temperature versus physical factors. *Ecol. Freshw. Fish*, 17(2):, 244–257. doi:10.1111/j.1600-0633.2007.00276.x
- BURRESS E.D., 2015. - Cichlid fishes as models of ecological diversification: patterns, mechanisms, and consequences. *Hydrobiologia*, 748(1):, 7–27. doi:10.1007/s10750-014-1960-z
- CANHOS D.A.L., SOUSA-BAENA M.S., DE SOUZA S., MAIA L.C., STEHMANN J.R., CANHOS V.P., DE GIOVANNI R., BONACELLI M.B.M., LOS W., & PETERSON A.T., 2015. - The Importance of Biodiversity E-infrastructures for Megadiverse Countries. *PLOS Biol.*, 13(7):, e1002204. doi:10.1371/journal.pbio.1002204
- CASATTI L., PÉREZ-MAYORGA M.A., CARVALHO F.R., BREJÃO G.L., & DA COSTA I.D., 2013. - The stream fish fauna from the rio Machado basin, Rondônia State, Brazil. *Check List*, 9(6):, 1496. doi:10.15560/9.6.1496
- COLLEN B., WHITTON F., DYER E.E., BAILLIE J.E.M., CUMBERLIDGE N., DARWALL W.R.T., POLLOCK C., RICHMAN N.I., SOULSBY A., & BÖHM M., 2014. - Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 23(1):, 40–51. doi:10.1111/geb.12096
- COOKE G.M., CHAO N.L., & BEHEREGARAY L.B., 2012. - Marine incursions, cryptic species and ecological diversification in Amazonia: The biogeographic history of the croaker genus *Plagioscion* (Sciaenidae). *J. Biogeogr.*, 39(4):, 724–738. doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02635.x
- CUNHA N.R. da S., LIMA J.E. de, GOMES M.F. de M., & BRAGA M.J., 2008. - A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. *Rev. Econ. e Sociol. Rural*, 46(2):, 291–323. doi:10.1590/S0103-20032008000200002
- DIAS M.S., CORNU J.-F., OBERDORFF T., LASSO C.A., & TEDESCO P.A., 2013. - Natural fragmentation in river networks as a driver of speciation for freshwater fishes. *Ecography (Cop.)*, 36(6):, 683–689. doi:10.1111/j.1600-0587.2012.07724.x

- EADIE J.M., HURLY T.A., MONTGOMERIE R.D., & TEATHER K.L., 1986. - Lakes and rivers as islands: species-area relationships in the fish faunas of Ontario. *Environ. Biol. Fishes*, 15(2):, 81–89. doi:10.1007/BF00005423
- ESCHMEYER W.N., & FONG J.D., 2016. - Catalogue of Fishes - Species by Family/Subfamily [WWW Document]. URL <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (accessed 7.10.16).
- FARIAS I.P., & HRBEK T., 2008. - Patterns of diversification in the discus fishes (*Symphysodon* spp. Cichlidae) of the Amazon basin. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 49(1):, 32–43. doi:10.1016/j.ympev.2008.05.033
- FRIEDMAN M., KECK B.P., DORNBURG A., EYTAN R.I., MARTIN C.H., HULSEY C.D., WAINWRIGHT P.C., & NEAR T.J., 2013. - Molecular and fossil evidence place the origin of cichlid fishes long after Gondwanan rifting. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 280(1770):, 20131733–20131733. doi:10.1098/rspb.2013.1733
- GALVES W., SHIBATTA O.A., & JEREP F.C., 2007. - Fish, Taquara river basin, northern of the state of Paraná, Brazil. *Check List*, 3(3):, 253. doi:10.15560/3.3.253
- GARAVELLO J.C.P., GARAVELLO J.C.P., & OLIVEIRA A.K., 2010. - Ichthyofauna, fish supply and fishermen activities on the mid-Tocantins River, Maranhão State, Brazil. *Brazilian Rev. Bras. Biol.*, 70(3):, 575–585. doi:10.1590/S1519-69842010000300014
- GRIFFITHS D., MCGONIGLE C., & QUINN R., 2014. - Climate and species richness patterns of freshwater fish in North America and Europe. *J. Biogeogr.*, 41(3):, 452–463. doi:10.1111/jbi.12216
- GUÉGAN J.-F., LEK S., & OBERDORFF T., 1998. - Energy availability and habitat heterogeneity predict global riverine fish diversity. *Nature*, 391(January):, 382–384. doi:10.1038/34899
- HENNING F., & MEYER A., 2014. - The evolutionary genomics of cichlid fishes: explosive speciation and adaptation in the postgenomic era. *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 15:, 417–441. doi:10.1146/annurev-genom-090413-025412
- HIJMANS R.J., CAMERON S.E., PARRA J.L., JONES P.G., & JARVIS A., 2005. - Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.*, 25(15):, 1965–1978. doi:10.1002/joc.1276
- HIPÓLITO J., HASUI É., & VIANA B.F., 2015. - Solving problems involving the distribution of a species of unknown distribution via ecological niche modeling. *Nat. Conserv.*, 13(1):, 15–23. doi:10.1016/j.ncon.2015.03.001
- HOORN C., 1994. - An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle–Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 112(3–4):, 187–238. doi:10.1016/0031-0182(94)90074-4

- HOPKINS R.L., & BURR B.M., 2009. - Modeling freshwater fish distributions using multiscale landscape data: A case study of six narrow range endemics. *Ecol. Modell.*, 220(17):, 2024–2034. doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.04.027
- HUBERT N., & RENNO J.F., 2006. - Historical biogeography of South American freshwater fishes. *J. Biogeogr.*, 33(8):, 1414–1436. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01518.x
- HULSEY C.D., HOLLINGSWORTH P.R., & HOLZMAN R., 2010. - Co-evolution of the premaxilla and jaw protrusion in cichlid fishes (Heroine: Cichlidae). *Biol. J. Linn. Soc.*, 100(3):, 619–629. doi:10.1111/j.1095-8312.2010.01468.x
- JARAMILLO-VILLA U., MALDONADO-OCAMPO J. a., & ESCOBAR F., 2010. - Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *J. Fish Biol.*, 76(10):, 2401–2417. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02629.x
- KOCHER T.D., 2004. - Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nat. Rev. Genet.*, 5(4):, 288–298. doi:10.1038/nrg1316
- LEO SMITH W., CHAKRABARTY P., & SPARKS J.S., 2008. - Phylogeny, taxonomy, and evolution of Neotropical cichlids (Teleostei: Cichlidae: Cichlinae). *Cladistics*, 24(5):, 625–641. doi:10.1111/j.1096-0031.2008.00210.x
- LÉVÊQUE C., OBERDORFF T., PAUGY D., STIASSNY M.L.J., & TEDESCO P. a., 2008. - Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1):, 545–567. doi:10.1007/s10750-007-9034-0
- LÓPEZ-FERNÁNDEZ H., WINEMILLER K.O., & HONEYCUTT R.L., 2010. - Multilocus phylogeny and rapid radiations in Neotropical cichlid fishes (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 55(3):, 1070–1086. doi:10.1016/j.ympev.2010.02.020
- LOVEJOY N.R., ALBERT J.S., & CRAMPTON W.G.R., 2006. - Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: Evidence from Neotropical fishes. *J. South Am. Earth Sci.*, 21(1–2):, 5–13. doi:10.1016/j.jsames.2005.07.009
- LUNDBERG J.G., MARSHALL L.G., GUERRERO J., HORTON B., MALABARBA M.C.S.L., & WESSELINGH F.P., 1998. - The stage for neotropical fish diversification A history of tropical south american rivers, In: *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M., Lucena, C.A.S. de (Eds.), pp. 13–48, Porto Alegre: EDIPUCRS, .
- MAAN M.E., & SEFC K.M., 2013. - Colour variation in cichlid fish: Developmental mechanisms, selective pressures and evolutionary consequences. *Semin. Cell Dev. Biol.*, 24(6–7):, 516–528. doi:10.1016/j.semcdb.2013.05.003
- MACARTHUR R.H., & WILSON E.O., 1967. - The theory of island biogeography, *Monographs in Population Biology*. 203pp.Princeton, N. J.: Princeton University Press. doi:10.2307/1796430

- MACHADO A.B.M., DRUMMOND G.M., & PAGLIA A.P. (Eds.), 2008. - Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 1.ed. ed. 1420pp.Brasília, DF: MMA: Fundação Biodiversitas.
- MARCENIUK A.P., CAIRES R.A., WOSIACKI W.B., & DI DARIO F., 2013. - Conhecimento e conservação dos peixes marinhos e estuarinos (Chondrichthyes e Teleostei) da costa norte do Brasil. *Biota Neotrop.*, 13(4):, 251–259. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032013000400022
- MCMAHAN C.D., CHAKRABARTY P., SPARKS J.S., SMITH W.M.L., & DAVIS M.P., 2013. - Temporal patterns of diversification across global cichlid biodiversity (Acanthomorpha: Cichlidae). *PLoS One*, 8(8):, e71162. doi:10.1371/journal.pone.0071162
- MONTAÑA C.G., & WINEMILLER K.O., 2010. - Local-scale habitat influences morphological diversity of species assemblages of cichlid fishes in a tropical floodplain river. *Ecol. Freshw. Fish*, 19(2):, 216–227. doi:10.1111/j.1600-0633.2010.00406.x
- MYERS N., MITTERMEIER R. a, MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B., & KENT J., 2000. - Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772):, 853–858. doi:10.1038/35002501
- NUNES J.L.S., & MENDONÇA M.A., 2013. - Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão. 208pp.São Luís: EDUFMA.
- OBERDORFF T., GUÉGAN J.-F., & HUGUENY B., 1995. - Global scale patterns of fish species richness in rivers. *Ecography (Cop.)*, 18(4):, 345–352. doi:10.1111/j.1600-0587.1995.tb00137.x
- OBERDORFF T., HUGUENY B., & GUÉGAN J.-F., 1997. - Is there an influence of historical events on contemporary fish species richness in rivers? Comparisons between Western Europe and North America. *J. Biogeogr.*, 24(4):, 461–467. doi:10.1111/j.1365-2699.1997.00113.x
- OLDEN J.D., KENNARD M.J., LEPRIEUR F., TEDESCO P.A., WINEMILLER K.O., & GARCÍA-BERTHOU E., 2010. - Conservation biogeography of freshwater fishes: recent progress and future challenges. *Divers. Distrib.*, 16(3):, 496–513. doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00655.x
- PIÁLEK L., ŘÍČAN O., CASCIOTTA J., ALMIRÓN A., & ZRZAVÝ J., 2012. - Multilocus phylogeny of *Crenicichla* (Teleostei: Cichlidae), with biogeography of the *C. lacustris* group: Species flocks as a model for sympatric speciation in rivers. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 62(1):, 46–61. doi:10.1016/j.ympev.2011.09.006
- QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015. - QGIS Geographic Information System.

- RAMOS T.P.A., RAMOS R.T. da C., & RAMOS S.A.Q.A., 2014. - Ichthyofauna of the Parnaíba river Basin, Northeastern Brazil. *Biota Neotrop.*, 14(1):, 1–8. doi:10.1590/S1676-06020140039
- REIS R.E.R., KULLANDER S.O., FERRARIS C.J.C., GRINGS D.D., ZILLES U., & BERTOLETTI J.J., 2003. - Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. xi + 729 p. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- REYJOL Y., HUGUENY B., PONT D., BIANCO P.G., BEIER U., CAIOLA N., CASALS F., COWX I., ECONOMOU A., FERREIRA T., HAIDVOGL G., NOBLE R., DE SOSTOA A., VIGNERON T., & VIRBICKAS T., 2007. - Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 16(1):, 65–75. doi:10.1111/j.1466-8238.2006.00264.x
- RIBEIRO M.F.R., PIORSKI N.M., ALMEIDA Z. da S. de, & NUNES J.L.S., 2014. - Fish aggregating known as moita, an artisanal fishing technique performed in the Munim river, State of Maranhão, Brazil. *Bol. do Inst. Pesca*, 40(4):, 677–682.
- SAMPAIO A.L.A., & GOULART E., 2011. - Ciclídeos neotropicais: Ecomorfologia trófica. *Oecologia Aust.*, 15(4):, 775–798. doi:10.4257/oeco.2011.1504.03
- SIGRIST M.S., & CARVALHO C.J.B. De, 2009. - Historical relationships among areas of endemism in the tropical South America using Brooks Parsimony Analysis (BPA). *Biota Neotrop.*, 9(4):, 79–90. doi:10.1590/S1676-06032009000400009
- SOUZA C.P.A., 2014. - Diversidade genética e morfométrica de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) em drenagens do estado do Maranhão. Universidade Federal do Maranhão.
- SPARKS J.S., & SMITH W.L., 2004. - Phylogeny and biogeography of cichlid fishes (Teleostei: Perciformes: Cichlidae). *Cladistics*, 20(6):, 501–517. doi:10.1111/j.1096-0031.2004.00038.x
- TEDESCO P. a., OBERDORFF T., LASSO C. a., ZAPATA M., & HUGUENY B., 2005. - Evidence of history in explaining diversity patterns in tropical riverine fish. *J. Biogeogr.*, 32(11):, 1899–1907. doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01345.x
- VANDEPITTE L., BOSCH S., TYBERGHEIN L., WAUMANS F., VANHOORNE B., HERNANDEZ F., DE CLERCK O., & MEES J., 2015. - Fishing for data and sorting the catch: assessing the data quality, completeness and fitness for use of data in marine biogeographic databases. *Database*, 2015(0):, bau125-bau125. doi:10.1093/database/bau125
- WANG L.Z., LYONS J., & KANEHL P., 2001. - Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales. *Environ. Manage.*, 28(2):, 255–266. doi:10.1007/s002670010222

Table 1. -Lista de espécies com ocorrências registradas para as bacias hidrográficas das três ecorregiões a partir do material coletado e das ocorrências obtidas das bases de dados de biodiversidade Splink e GBIF. As espécies cujos nomes estão precedidos por asteriscos (*) são consideradas introduzidas, ou não-naturais dos ambientes onde foram coletadas

Species	State/Province	Hydrographic basin	Reference	Ecoregion		
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>
<i>Acarichthys heckelii</i> (Müller & Troschel, 1849)	AP	Maracá-Pucu	Splink	X		
		Preto	Splink	X		
	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Guamá	GBIF	X		
			Splink	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
		Marajó Ocidental	GBIF	X		
		Marajó Oriental	Splink	X		
Tocantins PA	Splink	X				
<i>Acaronianassa</i> (Heckel, 1840)	AP	Preto	Splink	X		
		Acará	GBIF	X		
	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Calha Amazônica	GBIF	X		
		Costa Atlântica	GBIF	X		
		Guamá	GBIF	X		
			Splink	X		
		Marajó Oriental	GBIF	X		
Tocantins PA	Splink	X				
<i>Rondonacarahoehe</i> <i>ei</i> (Miranda Ribeiro, 1918)	PA	Araguaia	Splink			X
	TO	AEG 04	Splink			X
<i>Aequidens cf. tetramerus</i>	AP	Ajuruxi	GBIF	X		
		Cajari	Splink	X		
		Igarapé Tambaqui	Splink	X		
		Maracá-Pucu	GBIF	X		
		Mazagão	Splink	X		
		Preto	Splink	X		
	GO	Almas	Splink			X
		Médio Araguaia GO	Splink			X
		Paraná	GBIF			X
	MA	Gurupi MA	este estudo	X		
Splink			X			
Itapecuru		este estudo	X			
		Splink	X			
		Mearim	este estudo	X		
Munim	este estudo			X		

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
<i>Apistogramma cf. agassizii</i> (Steindachner, 1875)		Parnaíba	Splink		X		
		Preguiças	este estudo		X		
		Tocantins MA	este estudo			X	
			Splink			X	
		MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X
			Acará	GBIF	X		
		Splink		X			
			Baía de Caxiuanã	Splink	X		
			Capim	GBIF	X		
		Splink		X			
			Costa Atlântica	GBIF	X		
		Splink		X			
			Guamá	GBIF	X		
		Splink		X			
		PA	Gurupi PA	Splink	X		
			Itacaiúnas	este estudo			X
		Splink					X
			Marajó Oriental	GBIF	X		
		Splink		X			
			Moju	Splink	X		
			Tocantins PA	este estudo			X
		GBIF		X			
		Splink	X				
			Tocantins-Foz	Splink	X		
		PI	Difusas do Alto Parnaíba	Splink		X	
		TO	AEG 01	Splink			X
			AEG 09	Splink			X
<i>Apistogramma caetei</i> Kullander, 1980		Ajuruxi	GBIF	X			
			GBIF	X			
		AP	Maracá-Pucu	Splink	X		
			Mazagão	Splink	X		
			Preto	Splink	X		
			Baixo Xingu	Splink	X		
			Capim	GBIF	X		
		PA	Costa Atlântica	Splink	X		
			Guamá	Splink	X		
			Gurupi PA	Splink	X		
	MA	Tocantins MA	este estudo			X	
	PA	Capim	GBIF	X			
			Splink	X			
		Costa Atlântica	GBIF	X			
			Splink	X			

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				Amazon Estuary and Coastal Drainages	Parnaíba	Tocantins-Araguaia
		Guamá	GBIF	X		
			Splink	X		
		Gurupi PA	GBIF	X		
			Splink	X		
		Itacaiúnas	este estudo			X
Tocantins PA	Splink	X				
<i>Apistogrammacf. eunotus</i>	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X
	MA	Tocantins MA	este estudo			X
	PA	Araguaia	Splink			X
	TO	AEG 01	Splink			X
<i>Apistogrammagossesi</i> Kullander, 1982		Ajuruxi	GBIF	X		
			Splink	X		
		Cajari	GBIF	X		
			Splink	X		
			Preto	Splink	X	
		Vila Nova	Splink	X		
			Baía de Caxiuanã	Splink	X	
Pará	Splink	X				
<i>Apistogramma piauiensis</i> Kullander, 1980	MA	Itapecuru	Splink	X		
		Munim	este estudo			X
		Parnaíba	Splink			X
		Preguiças	este estudo			X
	PI	Longá	Splink			X
Piranji	GBIF				X	
<i>Apistogrammacf. piauiensis</i>	MA	Mearim	este estudo	X		
<i>Astronotus cf. crassipinnis</i>	PA	Acará	GBIF	X		
		Marajó Oriental	Splink	X		
	TO	AEG 11	Splink			X
* <i>Astronotusocellatus</i> (Agassiz, 1831)	MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X
		Baixo Xingu	GBIF	X		
	PA	Splink	X			
		Guamá	Splink	X		
		Marajó Oriental	GBIF	X		
	Tocantins PA	Splink	X			
	PI	Poti	Splink			X
<i>Biotodomacupido</i> (Heckel, 1840)	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X
	MA	Tocantins MA	Splink			X
	MT	Alto Araguaia MT	Splink			X
		Baixo Araguaia	Splink			X
		Baixo Rio das Mortes	Splink			X
		Médio Araguaia MT	GBIF			X
		Splink				X

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
	PA	Araguaia	GBIF			X	
			Splink			X	
		Costa Atlântica	GBIF	X			
		Marajó Oriental	Splink	X			
		Moju	Splink	X			
	Tocantins PA	Splink	X		X		
	TO	AEG 01	Splink			X	
		AEG 02	GBIF			X	
			Splink			X	
		AEG 04	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
	AEG 11	Splink			X		
	<i>Caquetaiaspectabilis</i> (Steindachner, 1875)	AP	Araguari	Splink	X		
		PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
			Baixo Xingu	GBIF	X		
Splink				X			
Costa Atlântica			Splink	X			
Guamá			GBIF	X			
Itacaiúnas			Splink			X	
Paru-Jari			Splink	X			
Tocantins PA			Splink	X		X	
Tocantins-Foz		Splink	X				
TO	AEG 05	Splink			X		
<i>Chaetobranchopsis orbicularis</i> (Steindachner, 1875)	PA	Baixo Xingu	GBIF	X			
		Marajó Oriental	GBIF	X			
		Pará	GBIF	X			
<i>Chaetobranchus flavescens</i> Heckel, 1840	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X	
	MA	Tocantins MA	este estudo			X	
	PA	Médio Araguaia MT	GBIF			X	
			Splink			X	
		Baía de Caxiuanã	Splink	X			
		Baixo Xingu	GBIF	X			
		Calha Amazônica	GBIF	X			
		Guamá	GBIF	X			
		Marajó Oriental	GBIF	X			
			Splink	X			
	Moju	Splink	X				
	Tocantins PA	Splink	X				
	TO	AEG 02	GBIF			X	
			Splink			X	
	<i>Cichlakelberi</i> Kullander & Ferreira, 2006	GO	Almas	Splink			X
Médio Araguaia GO			Splink			X	
MA		Mearim	este estudo	X			

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>
		Tocantins MA	este estudo			X
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
		Médio Araguaia MT	Splink			X
	PA	Guamá	Splink	X		
		Gurupi PA	Splink	X		
	PI	Poti	Splink		X	
	TO	AEG 02	Splink			X
		AEG 07	Splink			X
		AEG 09	Splink			X
		AEG 11	Splink			X
<i>Cichlamelaniae</i> Kullander & Ferreira, 2006	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF Splink	X X		
	AP	Matapi	Splink	X		
	GO	Médio Tocantins	Splink			X
	MA	Mearim	este estudo	X		
		Tocantins MA	este estudo			X
	MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X
<i>Cichlamonoculus</i> Agassiz, 1831	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
	PA	Marajó Oriental	GBIF	X		
			Splink	X		
		Tocantins PA	Splink	X		
		Tocantins-Foz	Splink	X		
	PI	Difusas do Baixo Parnaíba	Splink		X	
		Longá	Splink		X	
		Poti	Splink		X	
	TO	AEG 11	GBIF			X
AEG 17		GBIF			X	
<i>Cichlaocellaris</i> Bloch & Schneider, 1801	GO	Médio Araguaia GO	GBIF			X
	MA	Mearim	este estudo	X		
		Tocantins MA	Splink			X
	PA	Guamá	GBIF	X		
		Marajó Oriental	GBIF	X		
	TO	AEG 17	GBIF			X
<i>Cichlapinima</i> Kullander & Ferreira, 2006	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Capim	Splink	X		
		Guamá	GBIF	X		
Splink	X					

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
<i>Cichlapiquiti</i> Kullander & Ferreira, 2006	GO	Almas	Splink			X	
		Alto Araguaia GO	GBIF			X	
			Splink			X	
	PA	Paraná	Splink			X	
		Araguaia	Splink			X	
	TO	AEG 01	Splink			X	
		AEG 04	Splink			X	
		AEG 07	Splink			X	
		AEG 09	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
<i>Cichlatemensis</i> Humboldt, 1821	AP	Araguari	GBIF	X			
	MA	Mearim	este estudo	X			
	PA	Baixo Xingu	GBIF	X			
		Tocantins PA	GBIF	X			
			Splink	X			
<i>Cichlasoma amazonarum</i> Kullander, 1983	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X	
	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X			
		Baixo Xingu	GBIF	X			
		Calha Amazônica	GBIF	X			
		Guamá	GBIF	X			
		Itacaiúnas	Splink			X	
<i>Cichlasoma araguaense</i> Kullander, 1983	GO	Almas	Splink			X	
		Alto Araguaia GO	Splink			X	
		Médio Araguaia GO	GBIF			X	
			Splink			X	
		Médio Tocantins	GBIF			X	
			Splink			X	
		Paraná	Splink			X	
		Vermelho	Splink			X	
	MT	Alto Araguaia MT	Splink			X	
		Alto Rio das Mortes	Splink			X	
		Baixo Araguaia	Splink			X	
			GBIF			X	
		Baixo Rio das Mortes	Splink			X	
			Splink			X	
		PA	Araguaia	Splink			X
			Tocantins PA	GBIF	X		
	Splink			X		X	
	AEG 01		Splink			X	
	TO	AEG 02	GBIF			X	
			Splink			X	
AEG 04		Splink			X		

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
		AEG 05	Splink			X	
		AEG 06	Splink			X	
		AEG 07	Splink			X	
		AEG 08	Splink			X	
		AEG 09	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
		AEG 12	Splink			X	
		AEG 14	Splink			X	
	<i>Cichlasoma orientale</i> cf. <i>zarskei</i>	MA	Gurupi MA	este estudo	X		
			Itapecuru	Splink	X		
			Mearim	este estudo	X		
				Splink	X		
			Munim	este estudo		X	
Parnaíba			Splink		X		
Tocantins MA		este estudo				X	
		Itacaiúnas	este estudo			X	
PA		Tocantins PA	este estudo			X	
		Difusas do Baixo Parnaíba	Splink			X	
Difusas do Litoral (PB)			Splink			X	
Difusas do Médio Parnaíba			Splink			X	
Longá			Splink			X	
			Piranji	GBIF			X
PI	Splink			X			
	Poti	Splink			X		
<i>Crenicara punctulatum</i> (Günther, 1863)	MA	Tocantins MA	este estudo			X	
	PA	Costa Atlântica	Splink	X			
		Tocantins PA	Splink	X			
<i>Crenicichla</i> cf. <i>adpersa</i>	PA	Moju	Splink	X			
		Tocantins PA	GBIF	X			
			Splink	X			
	TO	AEG 07	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
<i>Crenicichla cametana</i> Steindachner, 1911	GO	Paraná	Splink			X	
	MA	Itapecuru	Splink	X			
		Munim	este estudo		X		
	PA	Araguaia	Splink			X	
		Gurupi PA	Splink	X			
		Moju	Splink	X			
		Tocantins PA	GBIF	X			X
			Splink	X			X

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				Amazon Estuary and Coastal Drainages	Parnaíba	Tocantins-Araguaia
	TO	AEG 07	Splink			X
		AEG 10	Splink			X
		AEG 11	Splink			X
<i>Crenicichla cf. compressiceps</i>	PA	Araguaia	GBIF			X
		Moju	Splink	X		
		Tocantins PA	GBIF			X
			Splink	X		X
<i>Crenicichla cyclostoma</i> Ploeg, 1986	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X
	MT	Médio Araguaia MT	Splink			X
	PA	Araguaia	GBIF			X
		Tocantins PA	GBIF	X		
			Splink	X		
<i>Crenicichla geayi</i> Pellegrin, 1903	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Pará	Splink	X		
<i>Crenicichla hummelincki</i> Ploeg, 1991	AP	Ajuruxi	GBIF	X		
		Maracá-Pucu	GBIF	X		
		Mazagão	Splink	X		
<i>Crenicichla inpa</i> Ploeg, 1991	PA	Capim	Splink	X		
		Costa Atlântica	Splink	X		
		Guamá	Splink	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
		Tocantins PA	Splink	X		
		Tocantins-Foz	Splink	X		
	TO	AEG 02	GBIF			X
		Splink			X	
<i>Crenicichla jegui</i> Ploeg, 1986	PA	Itacaiúnas	este estudo			X
		Tocantins PA	Splink	X		
	TO	AEG 05	Splink			X
<i>Crenicichla johanna</i> Heckel, 1840	AP	Jari	Splink	X		
	PA	GO	Paraná	Splink		X
		Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
		Capim	Splink	X		
		Guamá	GBIF	X		
			Splink	X		
		Gurupi PA	Splink	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
		Marajó Oriental	Splink	X		
Tocantins PA		GBIF	X			
	Splink	X				
Tocantins-Foz	Splink	X				

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
<i>Crenicichla labrina</i> (Spix & Agassiz, 1831)	TO	AEG 11	Splink			X	
		AEG 12	Splink			X	
	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X	
		Médio Araguaia GO	Splink			X	
	MA	Mearim	este estudo	X			
		Tocantins MA	este estudo			X	
	MT	Alto Araguaia MT	Splink			X	
		Baixo Araguaia	Splink			X	
	PA	Itacaiúnas	este estudo			X	
			Splink			X	
		Moju	Splink	X			
		Tocantins PA	este estudo				X
	Splink		X			X	
	TO	AEG 02	GBIF			X	
			Splink			X	
		AEG 04	Splink			X	
		AEG 07	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
		AEG 17	Splink			X	
GO		Alto Araguaia GO	Splink			X	
	MA	Gurupi MA	este estudo	X			
		Mearim	este estudo	X			
	MT	Tocantins MA	este estudo			X	
		Baixo Rio das Mortes	Splink			X	
	PA	Médio Araguaia MT	GBIF			X	
		Gurupi PA	Splink	X			
	<i>Crenicichla lepidota</i> Heckel, 1840	PA	Itacaiúnas	este estudo			X
			Tocantins PA	este estudo			X
		TO	AEG 01	Splink			X
AEG 05			Splink			X	
AEG 07			Splink			X	
AEG 08			Splink			X	
AEG 09			Splink			X	
AEG 10			Splink			X	
AEG 11			Splink			X	
AEG 14			Splink			X	
GO	Médio Araguaia GO	Splink			X		
	Paraná	Splink			X		
	MA	Tocantins MA	este estudo			X	
<i>Crenicichla cf. lugubris</i>	PA	Baía de Caxiuana	Splink	X			
		Baixo Xingu	GBIF	X			

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
		Itacaiúnas	Splink			X	
		Tocantins PA	Splink			X	
		AEG 04	Splink			X	
		AEG 07	Splink			X	
		AEG 09	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
		AEG 12	Splink			X	
		AEG 16	Splink			X	
<i>Crenicichla cf. macrophthalmia</i>	PA	Baixo Xingu	GBIF	X			
			Splink	X			
		Guamá	GBIF	X			
<i>Crenicichla cf. marmorata</i>	MA	Parnaíba	Splink		X		
		Tocantins MA	este estudo			X	
	PA	Baixo Xingu	GBIF	X			
			Splink	X			
		Tocantins PA	Splink			X	
<i>Crenicichla menezesi</i> Ploeg, 1991		Gurupi MA	este estudo	X			
			Splink	X			
		Itapecuru	este estudo	X			
			Splink	X			
		MA	Mearim	este estudo	X		
				Splink	X		
				Munim	este estudo		X
				Parnaíba	Splink		X
				Preguiças	este estudo		X
				Tocantins MA	este estudo		X
				Capim	Splink	X	
				Costa Atlântica	Splink	X	
		PA	Guamá	Splink	X		
			Gurupi PA	Splink	X		
				Itacaiúnas	este estudo		X
		Tocantins PA	este estudo		X		
PI		Difusas do Baixo Parnaíba	Splink		X		
		Difusas do Litoral (PB)	Splink		X		
		Difusas do Médio Parnaíba	Splink		X		
		Longá	Splink		X		
		Poti	Splink		X		
<i>Crenicichla regani</i> Ploeg, 1989	AP	Cajari	Splink	X			
		Matapi	Splink	X			
		Preto	Splink	X			
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X	

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
<i>Crenicichla reticulata</i> (Heckel, 1840)		Baixo Rio das Mortes	Splink			X	
		Médio Araguaia MT	GBIF			X	
	PA	Acará	Splink	X			
		Baixo Xingu	GBIF	X			
			Splink	X			
		Capim	Splink	X			
		Marajó Oriental	GBIF	X			
			Splink	X			
		Moju	Splink	X			
		Tocantins PA	este estudo				X
			Splink	X			X
		TO	AEG 01	Splink			X
	AEG 02		GBIF			X	
			Splink			X	
	GO	Médio Araguaia GO	GBIF			X	
			Splink			X	
		Médio Tocantins	Splink			X	
	MA	Tocantins MA	Splink			X	
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X	
		Médio Araguaia MT	GBIF			X	
	PA	Araguaia	Splink			X	
		Baixo Xingu	GBIF	X			
			Splink	X			
		Itacaíunas	Splink			X	
		Marajó Ocidental	GBIF	X			
		Marajó Oriental	Splink	X			
		TO	AEG 02	GBIF			X
Splink					X		
AEG 04	Splink				X		
AEG 05	Splink				X		
AEG 07	Splink				X		
AEG 10	Splink				X		
AEG 11	Splink				X		
AP	Cajari	Splink	X				
	Maracá-Pucu	Splink	X				
		Splink	X				
	GO	Paraná	GBIF			X	
	MA	Mearim	Splink	X			
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X	
PA	Baixo Xingu	GBIF	X				
	Calha Amazônica	GBIF	X				
	Guamá	GBIF	X				
<i>Crenicichla saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)		Baixo Rio das Mortes	Splink			X	
		Médio Araguaia MT	GBIF			X	
	PA	Acará	Splink	X			
		Baixo Xingu	GBIF	X			
	TO	AEG 02	Splink			X	

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
<i>Crenicichla strigata</i> Günther, 1862		Gurupi PA	GBIF	X			
			Splink	X			
			Marajó Ocidental	GBIF	X		
			Marajó Oriental	GBIF	X		
	PI	Piranji	GBIF		X		
	TO	AEG 01	Splink			X	
		AEG 07	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
		AEG 14	Splink			X	
		AEG 16	Splink			X	
	AP	Cajari	Splink	X			
	GO	Médio Tocantins	GBIF			X	
	PA	Baixo Xingu	GBIF	X			
			Splink	X			
		Capim	Splink	X			
		Guamá	Splink	X			
		Tocantins PA	Splink	X			
	TO	AEG 07	Splink			X	
		AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X	
AP	Cajari	Splink	X				
	Matapi	Splink	X				
GO	Médio Tocantins	Splink			X		
	Paraná	Splink			X		
MA	Gurupi MA	Splink	X				
	Itapecuru	Splink	X				
	Maracaçumé	Splink	X				
	Tocantins MA	Splink			X		
<i>Geophagus cf. parnaibae</i>		Acará	Splink	X			
		Araguaia	GBIF			X	
		Baixo Xingu	GBIF	X			
	PA	Capim	Splink	X			
		Costa Atlântica	Splink	X			
		Guamá	GBIF	X			
			Splink	X			
		Gurupi PA	GBIF	X			
			Splink	X			
		Itacaiúnas	Splink			X	
	TO	Tocantins PA	Splink	X			
		Tocantins-Foz	Splink	X			
		PI	Difusas do Médio Parnaíba	Splink		X	
TO	AEG 02	GBIF			X		
	AEG 06	Splink			X		

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				Amazon Estuary and Coastal Drainages	Parnaíba	Tocantins-Araguaia
		AEG 07	Splink			X
		AEG 09	Splink			X
		AEG 10	Splink			X
		AEG 11	Splink			X
		AEG 12	Splink			X
		AEG 14	Splink			X
<i>Geophagus argyrostictus</i> Kullander, 1991	PA	Baía de Caxiuana	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
<i>Geophagus cf. brasiliensis</i>	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
	PA	Itacaiúnas	Splink			X
<i>Geophagus camopiensis</i> Pellegrin, 1903	AP	Araguari	GBIF	X		
		Igarapé Tambaqui	Splink	X		
<i>Geophagus neambi</i> Lucinda, Lucena & Assis, 2010	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
		Médio Tocantins	Splink			X
	MA	Tocantins MA	Splink			X
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
		Baixo Xingu	Splink	X		
	PA	Itacaiúnas	Splink			X
		AEG 02	Splink			X
	TO	AEG 04	Splink			X
		AEG 05	Splink			X
		AEG 06	Splink			X
AEG 07		Splink			X	
AEG 08		Splink			X	
AEG 10		Splink			X	
AEG 11		Splink			X	
<i>Geophagus parnaíbae</i> Staeck & Schindler, 2006	MA	Itapecuru	Splink	X		
		Munim	este estudo		X	
	PI	Difusas do Alto Parnaíba	Splink			X
		Difusas do Baixo Parnaíba	Splink			X
		Difusas do Litoral (PB)	Splink			X
		Difusas do Médio Parnaíba	Splink			X
		Longá	Splink			X
		Poti	Splink			X
<i>Geophagus proximus</i> (Castelnau, 1855)	PA	Guamá	Splink	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
		Tocantins PA	Splink			X
<i>Geophagus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
		Paraná	GBIF			X
	MA	Mearim	este estudo	X		
		Tocantins MA	Splink			X

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				Amazon Estuary and Coastal Drainages	Parnaíba	Tocantins-Araguaia
<i>Geophagus sveni</i> Lucinda, Lucena & Assis, 2010	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
		Calha Amazônica	GBIF	X		
		Guamá	GBIF	X		
		Tocantins PA	GBIF	X		
	PI	Difusas do Médio Parnaíba	GBIF		X	
		Piranji	GBIF		X	
		Poti	GBIF		X	
	TO	AEG 11	GBIF			X
		AEG 12	Splink			X
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
		Baixo Rio das Mortes	Splink			X
TO	AEG 01	Splink			X	
	AEG 04	Splink			X	
	AEG 07	Splink			X	
	AEG 09	Splink			X	
	AEG 10	Splink			X	
		AEG 11	Splink			X
	MA	Tocantins MA	este estudo			X
<i>Heros cf. efasciatus</i>	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Guamá	Splink	X		
		Pará	Splink	X		
			GBIF	X		
		Splink	X		X	
MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X	
<i>Heros severus</i> Heckel, 1840	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Costa Atlântica	GBIF	X		
		Guamá	GBIF	X		
		Itacaiúnas	Splink			X
		Marajó Oriental	GBIF	X		
			Splink			X
	TO	AEG 02	GBIF			X
<i>Hypselecara temporalis</i> (Günther, 1862)	AP	Araguari	Splink	X		
		Maracá-Pucu	Splink	X		
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
			GBIF	X		
		Baixo Xingu	Splink	X		
		Guamá	Splink	X		
		Moju	Splink	X		
	TO	AEG 02	GBIF			X

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				Amazon Estuary and Coastal Drainages	Parnaíba	Tocantins-Araguaia
			Splink			X
<i>Krobia guianensis</i> (Regan, 1905)	AP	Igarapé Tambaqui	Splink	X		
	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
<i>Laetacara araguaiae</i> Ottoni & Costa, 2009	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
		Médio Araguaia GO	Splink			X
		Médio Tocantins	Splink			X
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
		Baixo Rio das Mortes	Splink			X
	PA	Araguaia	Splink			X
	TO	AEG 11	Splink			X
<i>Laetacara cf. curviceps</i>	MA	Mearim	este estudo	X		
	PA	Calha Amazônica	GBIF	X		
	TO	AEG 02	GBIF			X
Splink					X	
<i>Laetacara thayeri</i> (Steindachner, 1875)	PA	Gurupi PA	GBIF	X		
		Marajó Oriental	GBIF	X		
<i>Mesonauta cf. acora</i>	GO	Médio Araguaia GO	Splink			X
	MT	Alto Araguaia MT	Splink			X
		Baixo Araguaia	Splink			X
	PA	Araguaia	Splink			X
			Baía de Caxiuanã	Splink	X	
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Tocantins PA	Splink			X
	TO	AEG 02	GBIF			X
			Splink			X
		AEG 05	Splink			X
AEG 06		Splink			X	
<i>Mesonauta festivus</i> (Heckel, 1840)	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
	MT	Baixo Rio das Mortes	Splink			X
		Médio Araguaia MT	GBIF			X
	PA	Costa Atlântica	GBIF	X		
			Guamá	GBIF	X	
		Itacaiúnas	Splink			X
		Marajó Ocidental	Splink	X		
	TO	Marajó Oriental	GBIF	X		
AEG 01		Splink			X	
<i>Mesonauta guyanae</i> Schindler, 1998	AP	Maracá-Pucu	Splink	X		
		Matapi	Splink	X		
<i>Mesonauta insignis</i> (Heckel, 1840)	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
		Calha Amazônica	GBIF	X		
		Guamá	GBIF	X		

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion			
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>	
			Splink	X			
		Gurupi PA	GBIF	X			
		Itacaiúnas	Splink			X	
		Marajó Ocidental	GBIF	X			
			Splink	X			
		Moju	Splink	X			
		Tocantins PA	Splink	X		X	
<i>* Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	DF	Afluentes do Rio Maranhão	Splink			X	
	GO	Paraná	Splink			X	
	MA	Munim	este estudo		X		
	MT	Alto Araguaia MT	Splink			X	
	PI	Difusas do Litoral (PB) Piranji	Splink		X		
<i>Pterophyllum scalare</i> (Schultze, 1823)	MA	Tocantins MA	Splink			X	
	MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X	
			Baixo Xingu	GBIF	X		
				Splink	X		
	PA	Guamá	GBIF	X			
			Marajó Oriental	GBIF	X		
		Tocantins PA	Splink	X			
<i>Retroculus acherontos</i> Landim, Moreira & Figueiredo, 2015	GO	Almas	Splink			X	
		Médio Tocantins	Splink			X	
<i>Retroculus lapidifer</i> (Castelnau, 1855)	TO	AEG 06	Splink			X	
	DF	Afluentes do Rio Maranhão	Splink			X	
			Almas	Splink			X
				Splink			X
			Alto Araguaia GO	Splink			X
			Médio Araguaia GO	GBIF			X
				Splink			X
	GO	Médio Tocantins	GBIF			X	
			Splink			X	
			Paraná	GBIF			X
				Splink			X
			Vermelho	Splink			X
	MA	Tocantins MA	Splink				X
	MT		Alto Araguaia MT	Splink			X
				Splink			X
		Araguaia	GBIF			X	
			Splink			X	
PA		Guamá	GBIF	X			
			GBIF	X			
			Splink			X	
		Moju	Splink	X			

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>
	TO	Tocantins PA	Splink	X		X
		AEG 01	Splink			X
		AEG 02	GBIF			X
			Splink			X
		AEG 04	Splink			X
		AEG 05	Splink			X
		AEG 06	Splink			X
		AEG 07	GBIF			X
			Splink			X
		AEG 08	Splink			X
		AEG 09	Splink			X
		AEG 10	Splink			X
		AEG 11	GBIF			X
			Splink			X
		AEG 12	Splink			X
		AEG 14	Splink			X
		AEG 17	GBIF			X
<i>Retroculus xinguensis</i> Gosse, 1971	GO	Almas	Splink			X
	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
Splink			X			
<i>Satanoperca acuticeps</i> (Heckel, 1840)	MA	Gurupi MA	este estudo	X		
		Mearim	este estudo	X		
		Parnaíba	Splink			X
		Tocantins MA	este estudo			X
	MT	Baixo Araguaia	Splink			X
			Splink			X
	PA	Gurupi PA	GBIF	X		
		Marajó Ocidental	GBIF	X		
	AP	Araguari	Splink	X		
		Flechal	GBIF	X		
<i>Satanoperca jurupari</i> (Heckel, 1840)	GO	Alto Araguaia GO	Splink			X
		Médio Araguaia GO	Splink			X
		Médio Tocantins	GBIF			X
			Splink			X
	MA	Paraná	Splink			X
		Mearim	este estudo	X		
		Munim	este estudo			X
	MT	Tocantins MA	este estudo			X
		Alto Araguaia MT	Splink			X
		Baixo Araguaia	Splink			X
Baixo Rio das Mortes		Splink			X	
Médio Araguaia MT		GBIF			X	

Species	State/Province	Hidrographic basin	Reference	Ecorregion		
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>
	PA	Acará	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
		Calha Amazônica	GBIF	X		
		Capim	GBIF	X		
			Splink	X		
		Costa Atlântica	GBIF	X		
			Splink	X		
		Guamá	GBIF	X		
			Splink	X		
		Gurupi PA	Splink	X		
		Itacaiúnas	este estudo			X
			Splink			X
		Tocantins PA	este estudo			X
			Splink	X		
		Tocantins-Foz	Splink	X		
	TO	AEG 01	Splink			X
		AEG 04	Splink			X
		AEG 05	Splink			X
		AEG 06	Splink			X
		AEG 07	Splink			X
		AEG 08	Splink			X
		AEG 09	Splink			X
		AEG 10	Splink			X
		AEG 11	Splink			X
		<i>Satanoperca rynchitis</i> Kullander, 2012	AP	Cajari	Splink	X
Maracá-Pucu	Splink			X		
Preto	Splink			X		
<i>Symphysodon cf. aequifasciatus</i>	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
		Marajó Oriental	Splink	X		
<i>Symphysodon cf. discus</i>	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
		Guamá	GBIF	X		
<i>Teleocichla cinderella</i> Kullander, 1988	PA	Araguaia	Splink			X
		Tocantins PA	GBIF	X		
			Splink	X		
<i>Teleocichla monogramma</i> Kullander, 1988	PA	Baía de Caxiuanã	Splink	X		
		Baixo Xingu	GBIF	X		
			Splink	X		
<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897)	GO	Almas	Splink			X
			GBIF			X
		Médio Tocantins	Splink			X
	PA	Paraná	Splink			X
		Itacaiúnas	Splink			X

Species	State/Province	Hydrographic basin	Reference	Ecoregion		
				<i>Amazon Estuary and Coastal Drainages</i>	<i>Parnaíba</i>	<i>Tocantins-Araguaia</i>
<i>Uaru amphiacanthoides</i> Heckel, 1840	MT	Médio Araguaia MT	GBIF			X
	PA	Baixo Xingu	GBIF	X		
		Marajó Oriental	Splink	X		

Figuras anexas e legendas

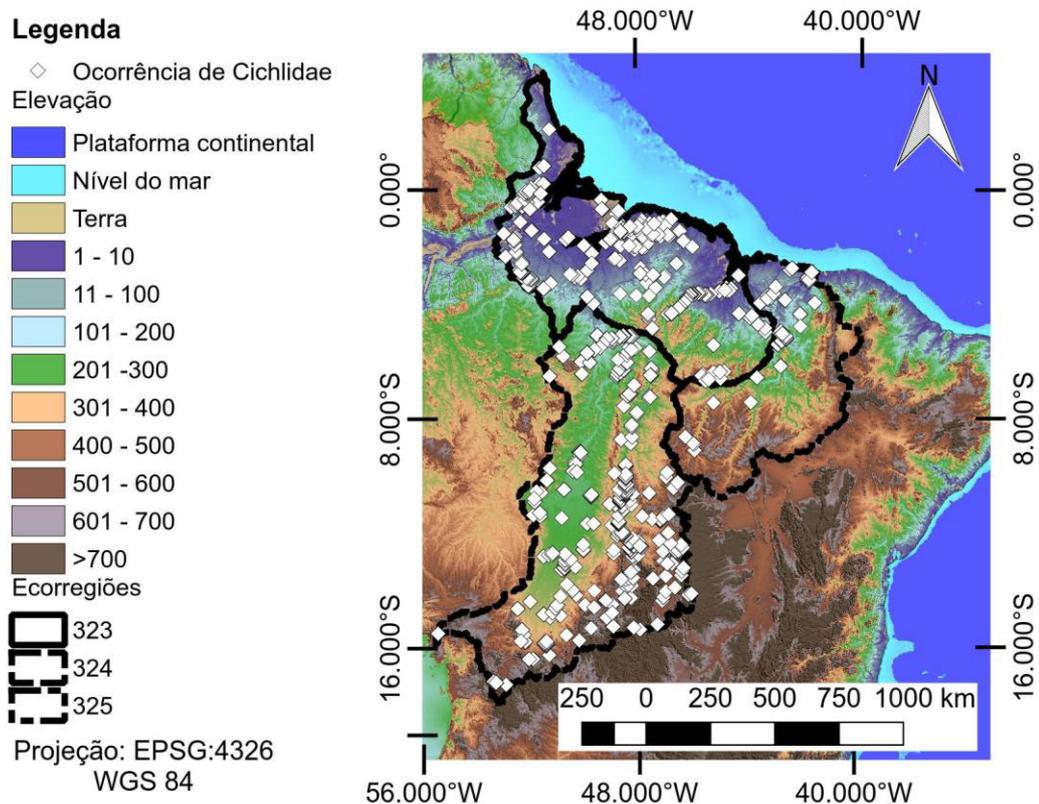


Figure 1. -Registros de ocorrência de espécies de ciclídeos obtidas das coletas e adquiridas das bases de dados de biodiversidade Splink e GBIF para a área estudada

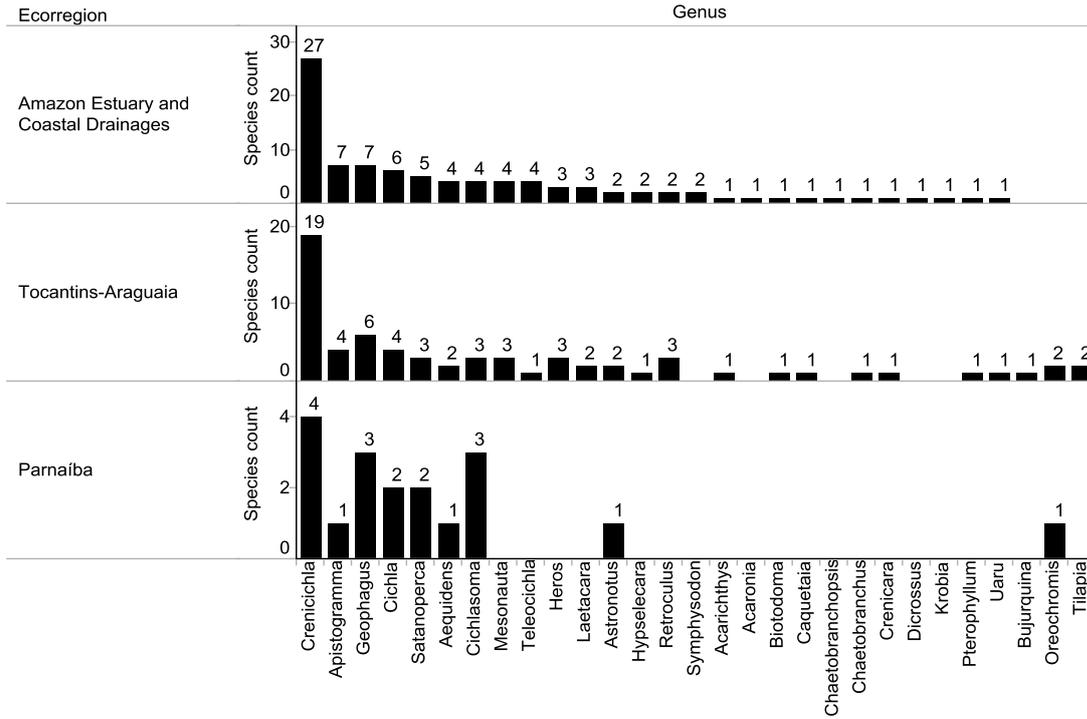


Figure 2. - Quantidade de espécies e gêneros de ciclídeos registrados nas três ecorregiões

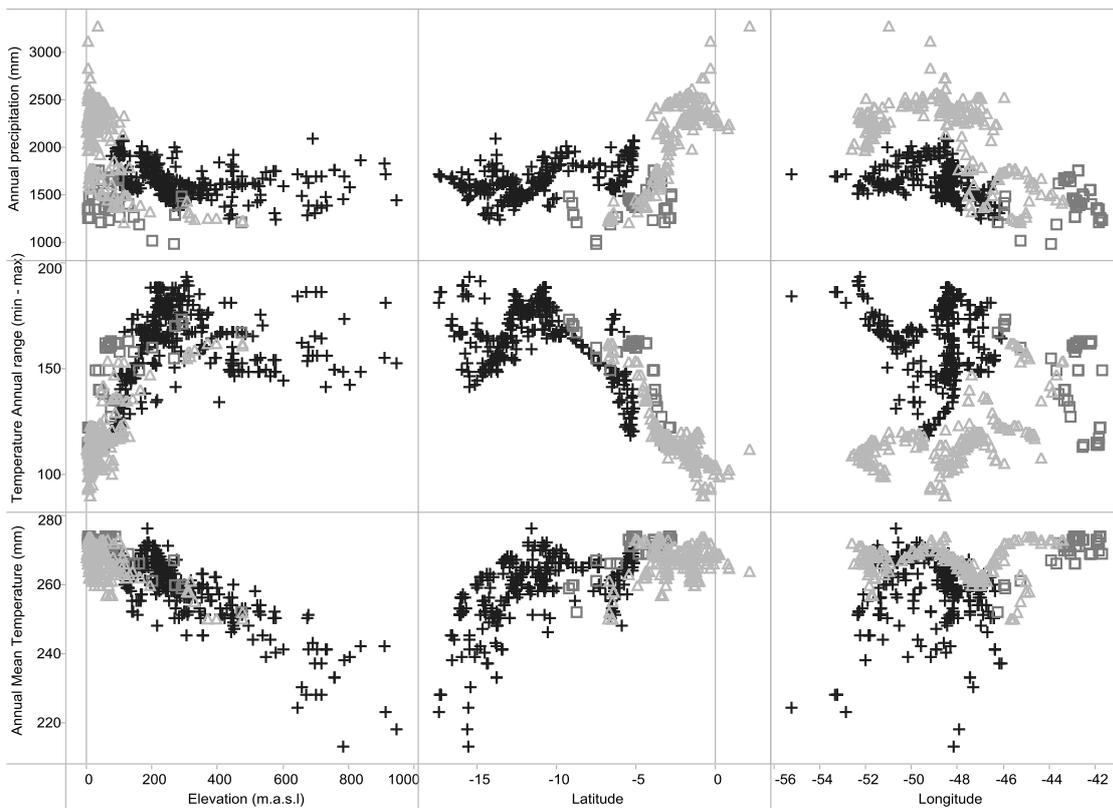


Figure 3. - Variação espacial dos parâmetros climáticos Temperatura média anual, Amplitude térmica anual e Precipitação acumulada anual em função dos gradientes de elevação, latitude e longitude para os locais de ocorrência das espécies de ciclídeos neste estudo. Triângulos em cinza suave=Ecorregião EADC; Quadrados em cinza-escuro=Ecorregião PI; Cruzes pretas=Ecorregião TA

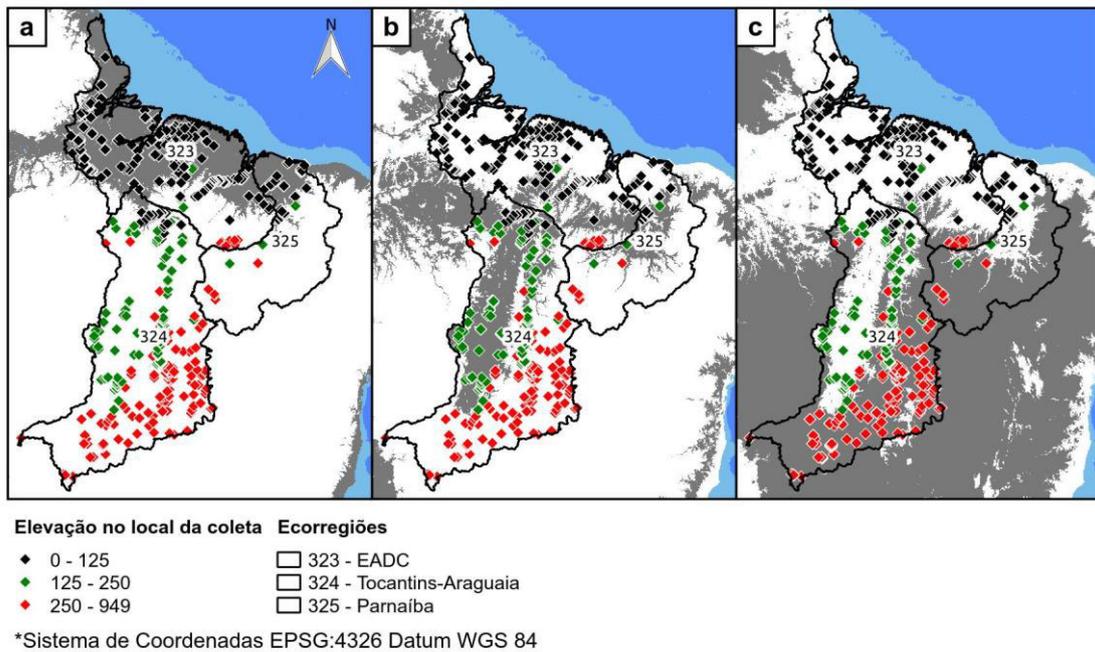


Figure 4. - Distribuição das ocorrências de espécies de ciclídeos em relação à hipsometria nas três ecorregiões. As cores dos pontos indicam a elevação no local da coleta e a cor cinza nos mapas representa a área incluída em cada cota de elevação: a) 0-125m b) 125-250m e c) 250-1000m

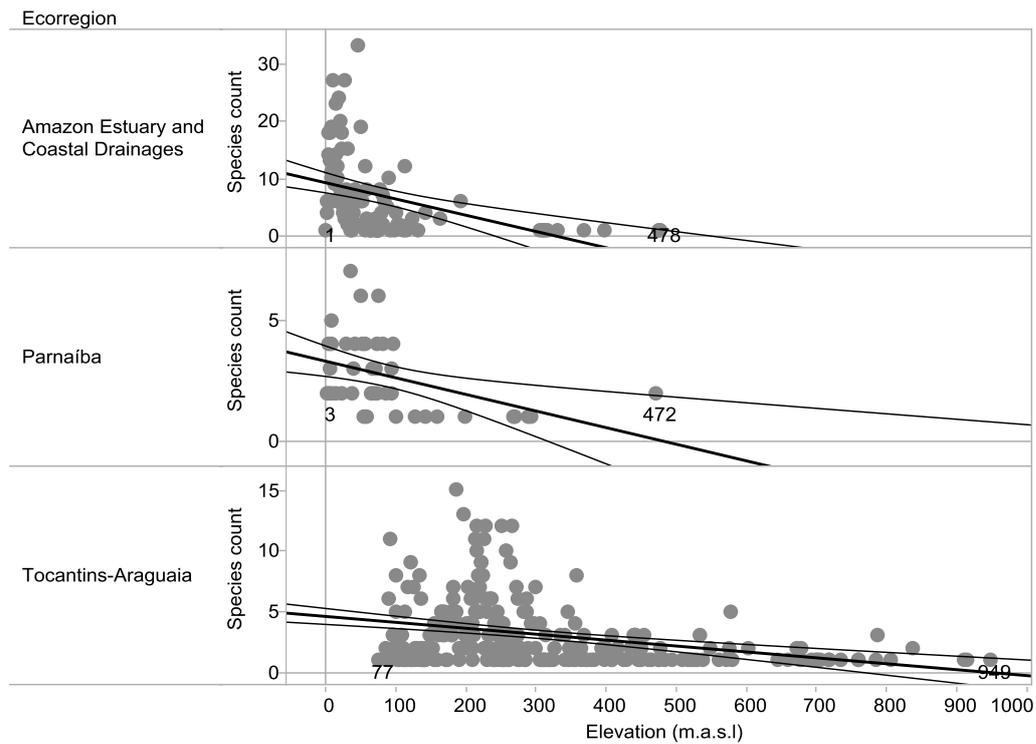


Figure 5. - Variação da riqueza de espécies de ciclídeos no gradiente de elevação nas três ecorregiões. Os números nos extremos dos gráficos representam o valor mínimo e máximo de elevação no local da captura dos espécimes

ANEXO: NORMAS DA REVISTA

Instructions to Authors

Caution: Only subscribing members of the Society may publish in *Cybium* free of charge; non-members are requested to pay page costs.

Submission of an article to *Cybium* implies that the article is original and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all the authors have approved the paper for release in *Cybium* and are in agreement with its content.

Types of contribution

1. Original research papers (Regular papers)
2. Review articles
3. Ichthyological notes
4. 'First records'
5. Summaries of Ph.D. theses
6. Book reviews

1. Regular papers : Should report only original results. They are limited to 20 printed pages (80,000 characters). The publication of larger articles is subjected to Editor's agreement.

2. Review articles: They should be invited or agreed by the Editor. They should be concise (up to 25 printed pages, i.e., 100,000 characters). Prospective authors are asked to send an extended abstract (two pages maximum) of their paper to the Editor by E-mail (valerie.gaudant@upmc.fr). The abstract should outline the review interest for ichthyologists, its main points and objectives. One colour plate and 100 reprints will be offered free of charge.

3. Ichthyological notes: Short communications, which do not occupy more than four printed pages (16,000 characters).

4. "First records": Short Ichthyological notes, which do not exceed two printed pages (8,000 characters). They must include: A localization map of the capture (maximum width: 8.5 cm); the registration number in a national or recognized collection; the main morphometric and meristic characters of the specimen; possibly a good photo of the specimen (colour or black & white print). The bibliography should not exceed 10 references.

5. Summaries of Ph.D. theses: They will be published only when a copy of the thesis is provided to the Editor (Pdf and/or paper). Length: 5,000 to 6,000 characters.

6. Book reviews: They will be published only when a copy of the book is provided to the Editor. Length: 5,000 to

6,000 characters

Manuscript submission

The manuscripts are to be submitted **in English**. Manuscripts in French are no longer accepted.

The Editorial team reserves the right to ask the authors whose mother language is not English, the certificate of professional English editor or the certificate of an English speaking person.

Manuscripts must be sent by email to the Editorial team:

valerie.gaudant@upmc.fr

You are asked to recommend three or four possible reviewers, and their E-mails address.

Manuscript preparation

Manuscripts should be prepared with numbered pages, with double spacing throughout and 2.5 cm right and left margins.

They should be organised in the following order:

- a. Title: Brief, clear and referring to the content of the article ; common name of species should be avoided.
- b. Name(s) of author(s) followed by (1) (2)... for the address.
- c. Complete postal address(es) of affiliations preceded by (1) (2)... and E-mail addresses for every authors; Indicate name and E-mail address of the corresponding author.
- d. Number of characters (spaces included) of the article (including title, abstracts, references and legends).
- e. Names and E-mail address of suggested reviewers; possibly reviewers names to be avoided.
- f. Short title limited to 6 words.
- g. Abstract in English; should be clear, descriptive and no longer than 400 words.
- h. Title in French
- i. Abstract in French. This abstract can be extended to 800 words.
- j. Key words (6 items max.).
- k. Introduction: Should indicate the precise purposes of the study.
- l. Material studied, area descriptions, methods and techniques.

m. Results.

n. Discussion: Should be separated from the results.

o. Acknowledgements.

p. References.

q. Figure and table legends.

When first cited in the article, all species should be identified by their Latin name in italic, followed by their authors and date.

The Editorial team could return to the authors their manuscript, if it is not prepared according to this guide, in particular regarding the size of illustrations and the reference presentation.

References

All references quoted in the text must be found in the reference list at the end of the article. The manuscript should be carefully checked to ensure that spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

In the text, do conform to the following examples: Lévêque (1983), (Lévêque, 1983a, 1983b, 1986), (Hopson and Hopson, 1965), (Daget, 1957; Blache *et al.*, 1978). The references must follow a chronological order. When there is more than two authors, the name of the first author should be used followed by '*et al.*' in italic.

The references should be listed as follows:

For periodicals:

DAYTON P.K., MORDIDA B.J. & BACON F., 1994. - Polar marine communities. *Am. Zool.*, 34: 90-99.

For book chapters and proceedings:

DAYTON P.K., 1990. - Polar benthos. *In: Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology, and Geology* (Smith W.O., ed.), pp. 631-685. San Diego: Academic Press.

For books:

NELSON J.S., 1994. - Fishes of the World (3rd edit.). 600 p. New York: John Wiley & Sons.

The titles of the periodicals must be abbreviated according to the international rules of abbreviations.

The publications 'in press' are accepted in the reference list but not the articles 'submitted for publication' or 'in preparation'; they should not be cited in the reference list but mentioned in the text as 'unpublished data'.

In the case of publications in non-Latin alphabets, the titles must be translated and a notation such as '(in Russian)' should be added.

Illustrations

In the text:

All tables and figures must be quoted in the text, and numbered according to their sequence: table I; (Tab. I); (Tabs I, II); figure 1; (Fig. 1) (Figs 1, 2). They should never be included in the text.

Tables :

Tables should be prepared with Excel (xls) or Word (doc) software. Authors should take notice of the limitations, set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided.

Figures:

For drawings and photographs, a scale bar must be indicated on each figure. Indications of magnification (x 1000) are not accepted.

The original figures should be provided printed at high quality and at the size wished for the printed version.

Three widths are allowed: 8.5, 12 and 17.5 cm; maximal height is 22.0 cm. Beware of possible reduction during final preparation of the figures. Label the figures using Times font for a final size of Times 9.

For the photographs in colour and in B&W, and for drawings (1 figure per file), supply files to the following format: JPEG, PSD (Photoshop), EPS (Photoshop, Illustrator), with a definition at least of 300 dpi (final format).

Caution! Do not send figures in GIF, BMP, PICT, WPG format; do not send files that are too low in resolution; do not send graphs that are disproportionately large for the content.

Free colour plates:

Cybiu's subscribers can one publish colour plate free of charges, after editors' agreement.

Copyright

1. An author, when considering reproducing an illustration or table from a book or a journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.

2. An author should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should be sought.

3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.

4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

Manuscript evaluation

Manuscripts are submitted to the Editorial Committee, which entrusts them to two experts of the speciality. After definitive acceptance of the manuscript, minor modifications concerning exclusively the style (and the illustrations) can be directly introduced by the editorial committee without consulting the authors, to accelerate the publication.

Proofs

One set of proofs will be sent to the corresponding author indicated on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected. The editorial team will do its best to get your article corrected and published as quickly as possible.

Offprints

A pdf file free of charge will be sent by E-mail to the authors.

Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which will be included with the proofs.

Online publishing

The pdf of published articles will be available online one year after their publication in *Cybium*.