

CAPÍTULO 03

Distribuição da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* e impactos de hidrelétricas em suas populações na região amazônica

Ana Rita Onodera Palmeira Nunes

Luciano André Chaves Ferreira

Almerinda Macieira Medeiros

Marcos Eduardo Miranda Santos

Jorge Luiz Silva Nunes

Getulio Rincon Filho

HIGHLIGHTS

- Registros em coleções científicas refletem a ampla distribuição de *P. orbignyi*;
- Lacunas de dados indicam dificuldade de acesso e transporte do material às coleções;
- As hidrelétricas causam impactos negativos nas relações ecológicas dos ecossistemas;
- As raías sofrem com a perda de habitat e quebra de conectividade entre as populações;
- É importante monitorar as populações de *P. orbignyi* a longo prazo nas barragens.

RESUMO

Muitos esforços têm sido realizados a fim de sistematizar o conhecimento da megadiversidade da Amazônia. Por outro lado, os impactos ambientais na região são numerosos e de grandes magnitudes, como é o caso da implantação de um elevado número de hidrelétricas. Dentre as espécies aquáticas atingidas por essa atividade está a raia de água doce *Potamotrygon orbignyi*, também exposta à pressão de captura promovida pelo comércio ilegal de espécies amazônicas. Este estudo teve como objetivo verificar a distribuição da raia de água doce *P. orbignyi* na Amazônia Legal com base em dados do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) e SpeciesLink (CRIA) e os impactos causados pelas hidrelétricas em suas populações. Os registros adquiridos em 15 coleções biológicas foram filtrados e sobrepostos às camadas das Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Nível 2), em mapa confeccionado no software QGIS. Foram considerados 79 registros e 24 hidrelétricas em funcionamento dentro da Amazônia Legal. As informações levantadas nas coleções fornecem um panorama geral da ocorrência da espécie por meio de dados sistematizados e as lacunas de registros costumam ocorrer devido à dificuldade de acesso e transporte a locais remotos de coleta, bem como acondicionamento adequado dos exemplares nas próprias coleções. *Potamotrygon orbignyi* é uma espécie de médio porte e apresenta uma das maiores distribuições espaciais conhecidas dentre as espécies de raia de água doce da América do Sul, da Guiana Francesa ao Peru. Sua elevada adaptabilidade pode justificar sua ampla distribuição, porém a espécie vem sofrendo com os impactos das hidrelétricas: metilação de mercúrio, emissão de metano, quebra de conectividade entre populações, perda de habitat, enfim, drástica modificação do ecossistema e consequentemente das relações ecológicas locais. É importante que haja o monitoramento da espécie a longo prazo nas barragens hidrelétricas, pois consequências preocupantes vêm acontecendo com outras espécies congêneres, que ficam impedidas de entrar em algumas bacias e correm o risco de extinção local à montante dessas construções. Com este trabalho, incentivamos as pesquisas de monitoramento das populações de *P. orbignyi* nas áreas temáticas: comportamento e uso de habitat, para avaliar os impactos da perda de habitat; toxicologia (metais), principalmente para verificar

a presença de mercúrio nas regiões afetadas pelas hidrelétricas, e interações ecológicas com outras espécies, considerando que pode haver a diminuição da conectividade entre populações, e aumento de competição com outras espécies.

Palavras-chave: Coleção científica, distribuição, barragem, biodiversidade, conservação.

ABSTRACT

Many efforts have been made to systematize the knowledge of the Amazon's megadiversity. On the other hand, the environmental impacts in the region are numerous and of great magnitude, such as the implementation of many hydroelectric dams. Among the aquatic species affected by this activity is the freshwater stingray *Potamotrygon orbignyi*, also exposed to the capture pressure promoted by the illegal trade of Amazonian species. This study aimed to verify the distribution of *P. orbignyi* in the Legal Amazon based on data from the *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) and SpeciesLink (CRIA) and the impacts caused by dams on their populations. The records acquired in 15 biological collections were filtered and overlaid on the layers of the Ottocodified Hydrographic Basins (Level 2), in a map made using the QGIS software. Seventy-nine stingray's records and 24 dams operating within the Legal Amazon were considered. Information collected from collections provides an overview of the occurrence of the species through systematic data, and gaps in records usually occur due to the difficulty of access and transport to remote collection sites, as well as proper storage of specimens in collections. *Potamotrygon orbignyi* is a large species and has one of the largest known spatial distributions among freshwater stingray species in South America, from French Guiana to Peru. Its high adaptability may justify its wide distribution, but the species has been suffering the impacts of dams: mercury methylation, methane emission, loss of connectivity between populations, loss of habitat, in short, drastic modification of the ecosystem and local ecological relations. It is important to monitor the species in a long term at dams, as worrying consequences have occurred to other similar species, which are prevented from entering some basins and threatened with local extinction upstream of these constructions. With this work,

we encourage research to monitor populations of *P. orbigny* in the thematic areas: behavior and habitat use, to assess the impacts of habitat loss; toxicology (heavy metals), mainly to verify the presence of mercury in the regions affected by dams and ecological interactions with other species, since there may be decreased connectivity between populations and increased competition with other species.

Keywords: Scientific collection, distribution, dam, biodiversity, Conservation.

INTRODUÇÃO

A região Amazônica corresponde a um dos mais importantes locais do planeta devido à sua megadiversidade (Antonelli et al., 2018), aos serviços ecossistêmicos e à regulação climática (Pearce, 2019). Em função da grande extensão territorial da Amazônia e amplitude da sua complexidade sistêmica, muitos esforços têm sido realizados a fim de sistematizar seu conhecimento (e.g. Jézéquel et al., 2020). Por outro lado, os impactos ambientais na região Amazônica são numerosos e de grandes magnitudes, principalmente em função das implantações de infraestrutura básica (Faria e Jaramillo, 2017; Ritter et al., 2017; Walker et al., 2019), atividades econômicas (Silva-Júnior, 2020) e queimadas (Brando et al., 2020).

O aumento na implantação de barragens hidrelétricas na Amazônia é justificado pela necessidade de atender ao aumento na demanda de energia elétrica decorrente do crescimento populacional e atividades econômicas (Faria e Jaramillo, 2017; Ritter et al., 2017). Entretanto, mudanças ambientais e paisagísticas resultantes desses empreendimentos têm remodelado a complexidade sistêmica da região em um curto

intervalo de tempo (Andrade et al., 2015; Andrade et al., 2019), interferindo no fluxo e qualidade da água, nas taxas de sedimentação e consequentemente na estrutura físico-química dos habitats (Lees et al., 2016; Winemiller et al., 2016; Latrubesse et al., 2017).

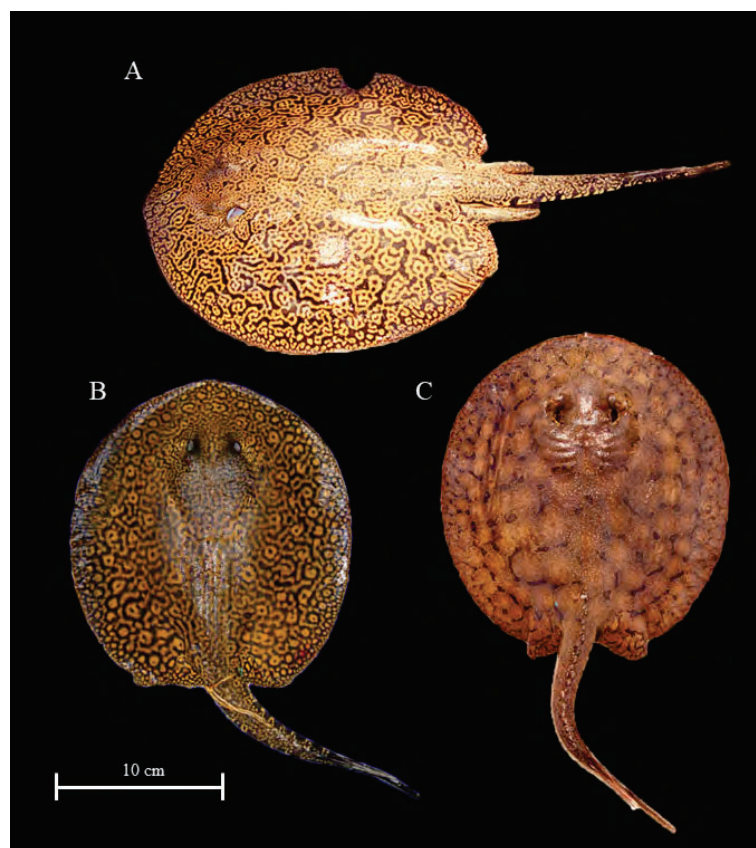


Figura 1. Exemplos de *P. orbigny* com diferentes padrões de colorido: A-B) roseta modificado, coletado no rio Paraná; C) reticulado, coletado no rio Tocantins. Foto: Getulio Rincon.

Este panorama de transformações na Amazônia tem promovido o fortalecimento de esforços e estudos sobre conservação da biodiversidade na região (Malhado et al., 2020). Diante de um cenário dinâmico do Antropoceno, os elasmobrânquios estão entre o grupo de animais vertebrados mais ameaçados de extinção no planeta, como consequência da sobrepesca e redução de habitat; além disso, as características intrínsecas da sua história natural (e.g. baixa fecundidade, maturação tardia, crescimento lento) já são suficientes para garantir sua vulnerabilidade (Abel e Grubbs, 2020).

Inseridas no grupo dos elasmobrânquios encontram-se as raias de água doce, com 38 espécies já descritas que se distribuem em quatro gêneros pertencentes à família Potamotrygonidae (Lasso et al., 2014; Silva e Loboda, 2019). Apesar da indiscutível ascendência marinha, há muitas divergências acerca da origem do grupo, em relação ao ancestral comum e ao período geológico de seu ingresso nos rios da América do Sul (Lasso et al., 2014). Esse evento pode ter ocorrido do Cretáceo ao Mioceno, e desde então as raias de água doce vêm diferenciando-se à medida que novas barreiras geográficas surgem, o que as torna um grupo diverso e também específico para algumas bacias hidrográficas, principalmente se considerarmos o gênero derivado multiespecífico *Potamotrygon* (Lasso et al, 2014).

Dentre as espécies do gênero *Potamotrygon*, algumas se destacam por seu aspecto cosmopolita nas bacias hidrográficas onde ocorrem, apresentando registros em diversas sub-bacias, como é o caso de *P. orbignyi* (Castelnau, 1855) e *P. motoro* (Müller & Henle, 1841); aspecto também observado em *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) (Rosa et al., 2010; Lasso et

al., 2014). Silva (2009), em uma revisão de *P. orbignyi*, a identifica para a drenagem do rio Orinoco na Venezuela, Amazônia Colombiana, Guianas, Suriname (rio Suriname), Peru (Ucayali); bacia Amazônica brasileira, no Acre (Breu), Amazonas (Solimões, Yavari, Tefé, Negro, Branco, Aripuanã, Uatumã, Tiquié), Roraima (Anauá, Urariquera, Branco), Mato Grosso (Pindaíba), Pará (Amazonas, Curuá, Atacaiunas, Tapajós, Trombetas, Xingu, Goiapi, Guamá, Baía de Marajó), Amapá (Iratapuru, Jari) e até a porção mais baixa da bacia Amazônica, no Tocantins. Ramos et al. (2014) a identificam também na bacia do Parnaíba. Finalmente, Silva e Carvalho (2015) a identificaram como uma espécie que se distribui no alto, médio e baixo Amazonas, bacia do Orinoco e em rios das Guianas e Suriname.

Potamotrygon orbignyi (Figura 1) é uma espécie de raia de médio porte, tipicamente brasileira, descrita para o rio Tocantins e que pode alcançar 44 cm de largura de disco (LD) (Araújo et al., 2009). Apresenta policromatismo com vários padrões distintos no dorso, aspecto intraespecífico bastante comum encontrado no gênero, com predominância de alguns padrões em determinadas regiões ou bacias (Rincon, 2006). Desta forma, um padrão de colorido não pode ser considerado caráter único de identificação do animal (Rincon, 2006). De acordo com os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), esta espécie de raia encontra-se atualmente na categoria Menos Preocupante (Least Concern - LC) (Araújo et al., 2009), porém está exposta à pressão de captura promovida pelo comércio ilegal de espécies amazônicas para ornamentação; pesca artesanal, principalmente como by-catch; contaminação causada por atividades de

mineração na região (Rosa, 1987; Araújo et al., 2004; Araújo et al., 2009; Lobo et al., 2016), indústria petroquímica e efluentes domésticos; erradicação em praias durante o período de seca (Araújo et al., 2004; Rincon et al., 2006); desmatamento florestal (Sonter et al., 2017) e queimadas com consequente lixiviação do solo e assoreamento de cursos d'água de menor fluxo; e barragens hidrelétricas de grande, médio e pequeno porte (Fernside, 2015), que terminam por isolar populações ou impedir a entrada e saída em tributários onde essa espécie costumava frequentar para completar parte de seu ciclo de vida, acarretando em efeitos imprevisíveis em suas populações (Charvet-Almeida et al., 2002).

Desta forma, a escolha da Amazônia Legal se deve à distribuição de *P. orbigny* abranger também parte do cerrado contemplado dentro deste limite, e às populações da espécie encontrarem-se sob forte pressão antrópica pulverizada na região Amazônica brasileira com áreas de maior pressão distribuídas de forma heterogênea, segundo atividades desenvolvidas em áreas específicas de mineração, centros urbanos, comunidades ribeirinhas, áreas de desmatamento, dentre outras (Araújo et al., 2009; Lobo et al., 2016; Sonter et al., 2017). Por isso, dada a necessidade de identificar os possíveis impactos antrópicos a que essa espécie está submetida, com especial atenção às hidrelétricas, este estudo teve como objetivo verificar a distribuição da raia de água doce *P. orbigny* na Amazônia Legal com base em dados do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) e SpeciesLink (CRIA) sob a ótica da distribuição das hidrelétricas e o provável impacto em suas populações.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Amazônia Legal abrange uma área com pouco mais de 5 milhões de quilômetros quadrados (dois terços do país) e compreende os estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá, Mato Grosso e as regiões situadas ao norte do paralelo 13° S do Estado de Tocantins, e a oeste do meridiano 44° W do estado do Maranhão. É caracterizada por um mosaico de habitats com uma expressiva riqueza e densidade de espécies (Dexter et al., 2017). Nela encontram-se a Floresta Amazônica, 40% do Bioma Pantanal, 37% do Bioma Cerrado, e pequenos trechos de formações vegetais variadas (IBGE, 2020). A Floresta Amazônica tem cerca de 4,2 milhões de quilômetros quadrados e é a região de maior biodiversidade do planeta (Paiva et al., 2020). As explicações para essa grande diversidade de espécies e ecossistemas apontam para as variações climáticas (atuais e passadas), geológicas, geográficas, das formas de ocupação e uso dos recursos naturais existentes no bioma (Mello e Artaxo, 2017) que configura grande estabilidade ao ambiente para os processos evolutivos e ecológicos.

Obtenção dos Dados - Registros de *Potamotrygon orbignyi*

Os registros de ocorrências de *P. orbignyi* foram obtidos nos bancos de dados online *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (<https://www.gbif.org/>) e *SpeciesLink* (CRIA) (<http://www.splink.org.br/>), que são repositórios amplamente utilizados em estudos de análise de padrões biogeográficos (Jézéquel et al., 2020;

Mejía-Falla et al., 2020). Os registros passaram por um processo de padronização e filtragem, através do qual foram excluídas as ocorrências: (1) fora dos limites da Amazônia Legal (2) sem coordenadas geográficas, (3) repetidas, (4) anteriores a 1980 e (5) distantes de corpos hídricos, os quais provavelmente foram registrados com erros de digitação.

Os registros catalogados nas bases de dados estão depositados em 15 coleções biológicas: Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática da Universidade Federal do Tocantins – UNT (177 indivíduos depositados na coleção), Coleção de Peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA (33), The Academy of Natural Sciences Fish Collection – ANSP Ichthyology (25), Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da USP – MZUSP (24), Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da UNICAMP – ZUEC PIS (5), Extant Specimen and Observation Records – NMNH US Animalia (4), Coleção de Peixes da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – MCP (3), The Fishes Collection of Muséum National d’Histoire Naturelle – MNHN IC (2), Laboratório de Ictiologia do Grupo de Ecologia Aquática – GEA UFPA (2), Coleção Ictiológica do Nupélia – NUP (2), Sub-coleção Ictiológica do Campus Parnaíba da UESPI – PHB (1), Coleção Científica da Divisão de Peixes do Museu de Zoologia – MZFS (1), Museum of Comparative Zoology – MCZ (1), Florida Museum of Natural History – FLMNH (2), Field Museum of Natural History – FMNH (2), The Collection includes the Fish, Herpetology, Bird and Mammal Collections of the Natural History Museum of Los Angeles County – LACM (1), Coleção de Peixes da Universidade Estadual Paulista – DZSJRP (1), A Coleção Ictiológica do Museu Nacio-

nal – MNRJ (1) e Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina – MZUEL (1). Os principais determinadores da espécie, segundo os bancos de dados consultados, foram: Soares AB; Carvalho MR; Rosa RS; Saul WG; Freitas IS e Araújo MLG. Todos os acrônimos de instituições e museus seguem os fornecidos pelos bancos de dados acima mencionados e posteriormente estandardizados baseados em Sabaj (2016).

Dados de Hidrografia e Usinas Hidrelétricas

Os dados de referência das bacias e sub-bacias hidrográficas foram obtidos na plataforma da Agência Nacional das Águas (ANA) (<https://dadosabertos.ana.gov.br/>) e Hydrosheds – WWF (<https://www.hydrosheds.org/page/hydrobasins>). As camadas referentes às Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Nível 2) foram combinadas com as camadas referentes às Sub-Bacias HydroBASINS (Nível 5), adaptado de Jézéquel et al. (2020). Segundo a classificação proposta por Pfafstetter (1989), as Ottobacias são áreas de contribuição de cada trecho da rede hidrográfica, sendo, portanto, útil na análise de escalas mais refinadas. Dessa forma, a sobreposição destas camadas resulta na distinção das regiões hidrográficas da Amazônia, com todas as suas subdivisões de drenagem associadas.

As informações das usinas hidrelétricas foram adquiridas no Portal de Geoprocessamento da ANEEL (<https://sigel.aneel.gov.br/>), que reúne os dados geográficos do setor elétrico brasileiro.

Para a construção dos mapas, as feições obtidas, foram padronizadas ao Sistema de Referência de Coordenadas EPSG:4326 - WGS 84 e reunidas no software

QGIS versão 3.14.1-Pi (<https://qgis.org/en/site/>), onde foram feitas as composições.

RESULTADOS

Ao todo foram contabilizados 705 registros de *P. orbignyi*, sendo 246 no SpeciesLink e 459 no GBIF, inclusive os dados sem coordenadas geográficas em toda a América do Sul. Dentro dos limites da Amazônia Legal, encontram-se 262 registros georreferenciados. As coleções do banco de dados do SpeciesLink apresentaram maior número de registros no Brasil, com grande volume de dados para a bacia do rio Tocantins sustentada pelos exemplares pertencentes à Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática da Universidade Federal do Tocantins – UFT. Por outro lado, as coleções do banco de dados do GBIF apresentaram maior número de registros fora do país, e o maior volume de dados observado foi de material biológico depositado na Colección de Peces del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexandre von Humboldt (IAvH-P), sob a forma de amostras de tecido para análises moleculares e espécimes inteiros (Figura 2).

Ao final do processo de filtragem, foram considerados 79 registros de ocorrência dentro da Amazônia Legal. Dentre as regiões hidrográficas ottocodificadas definidas neste limite, a região 22, que abrange a superfície de drenagem na qual se localiza o rio Tocantins, apresentou o maior número de registros de *P. orbignyi*; seguido pela região número 6, na qual está inserido o rio Tapajós (Figura 3A). Foram incluídos todos os registros que ocorrem dentro das regiões hidrográficas do Tocantins e do Araguaia, bem como foi considerado o

registro da bacia do Rio Parnaíba. Considerando a metodologia e os limites propostos no presente trabalho, não foram registradas ocorrências da espécie para as regiões hidrográficas do Marajó e do Paraná.

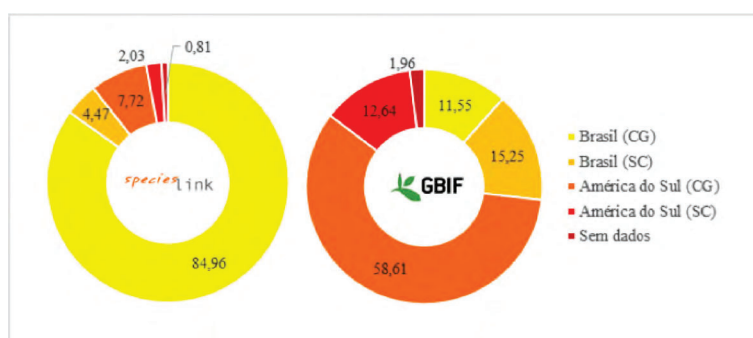


Figura 2. Percentual dos registros de ocorrência da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* disponíveis nas plataformas SpeciesLink (n=262) e GBIF (n=53). CG: coordenadas geográficas disponíveis; SC: sem coordenadas geográficas disponíveis.

Foram verificadas 24 hidrelétricas em funcionamento na Amazônia Legal (Figura 3B), apresentadas com informações sobre sua potência e área inundada na Tabela 1. As usinas hidrelétricas de maior potência foram Belo Monte, na bacia do Xingu, e Tucuruí, na bacia do Tocantins, com 11.233 MW e 8.370 MW, respectivamente. No que diz respeito à área inundada, as usinas que apresentaram maior área foram Balbina, no rio Uatumã, afluente da margem esquerda do Amazonas, e Tucuruí, na bacia do Xingu, com 4437,7 km² e 3014,2 km², respectivamente.

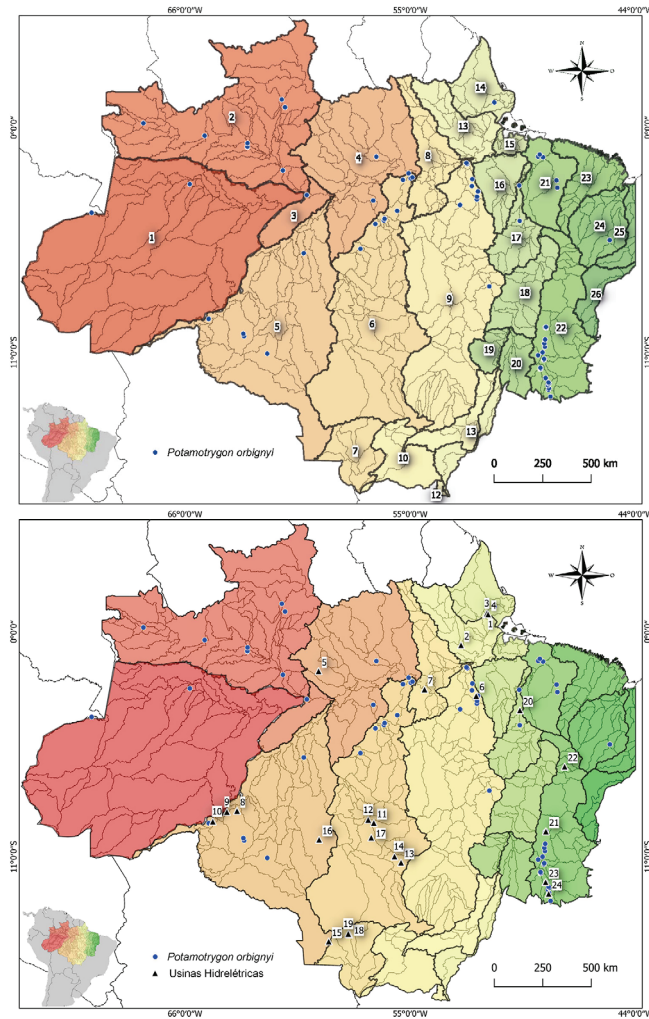


Figura 3. Distribuição espacial dos registros da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* nas regiões hidrográficas inseridas nos limites da Amazônia Legal (círculos azuis). A) Áreas de 1 a 26: Bacias Hidrográficas Ottocodificadas - nível 2. B) Distribuição das usinas hidrelétricas em funcionamento na Amazônia Legal (triângulos pretos): 1. Cachoeira Caldeirão; 2. Santo Antônio do Jari; 3. Coaracy Nunes; 4. Ferreira Go-

mes; 5. Balbina; 6. Belo Monte; 7. Curuá-Una; 8. Samuel; 9. Santo Antônio; 10. Jirau; 11. Teles Pires; 12. São Manoel; 13. Sinop; 14. Colider; 15. Guaporé; 16. Dardanelos; 17. Salto Apiacás; 18. Juba I; 19. Juba II; 20. Tucuruí; 21. Lajeado; 22. Estreito; 23. Peixe Angical; 24. São Salvador.

Tabela 1. Hidrelétricas em funcionamento nas regiões hidrográficas de ocorrência da espécie *Potamotrygon orbignyi*. Dados de potência e áreas inundadas estão escala de intensidade de cor; cores mais escuras representam os valores mais elevados.

n	Barragem	Bacia		Estado	Potência	Área
		Hidrográfica	Rio		(MW)	(km²)
1	Cachoeira Caldeirão	Amazônica	Araguari	AP	219	47,9
2	Santo Antonio do Jari	Amazônica	Jari	AP/PA	373	31,7
3	Coaracy Nunes	Amazônica	Araguari	AP	78	30,3
4	Ferreira Gomes	Amazônica	Araguari	AP	252	17,7
5	Balbina	Amazônica	Uatumã	AM	250	4437,7
6	Belo Monte	Amazônica	Xingu	PA	11233	478
7	Curuá-Una	Amazônica	Curuá-Una	PA	30	120,9
8	Samuel	Amazônica	Jamari	RO	216	655,5
9	Santo Antônio	Amazônica	Madeira	RO	3150	421,56
10	Jirau	Amazônica	Madeira	RO	3300	207,7
11	Teles Pires	Amazônica	Teles Pires	MT/PA	1820	95
12	São Manoel	Amazônica	Teles Pires	MT/PA	175	66
13	Sinop	Amazônica	Teles Pires	MT	461	342
14	Colider	Amazônica	Teles Pires	MT	342	171,7
15	Guaporé	Amazônica	Guaporé	MT	120	5
16	Dardanelos	Amazônica	Aripuanã	MT	275	89,9
17	Salto Apiacás	Amazônica	Apiacás	MT	275	89,9
18	Juba I	Amazônica	Juba	MT	42	0,916
19	Juba II	Amazônica	Juba	MT	42	2,7
20	Tucuruí	Araguaia-Tocantins	Tocantins	PA	8870	3014,2
21	Lajeado	Araguaia-Tocantins	Tocantins	TO	902	1040,1
22	Estreito	Araguaia-Tocantins	Tocantins	TO/MA	1087	555
23	Peixe Angical	Araguaia-Tocantins	Tocantins	TO	499	313,1
24	São Salvador	Araguaia-Tocantins	Tocantins	TO	192	104

DISCUSSÃO

Os registros de *P. orbigny* obtidos cobrem grande parte da região amazônica, confirmando a ampla distribuição da espécie na América do Sul (Araújo et al., 2009; Rosa et al., 2010; Lasso et al., 2014, Silva e Carvalho, 2015). Apesar das limitações apresentadas, como lacunas de registros em diversas áreas e ausência de registros encontrados na literatura científica, as informações obtidas fornecem um panorama geral da ocorrência da espécie por meio de dados sistematizados de coleções científicas reconhecidas, acessados de maneira rápida (e.g. Nelson e Ellis, 2018; Jézéquel et al., 2020). Atualmente, essas ferramentas têm sido utilizadas em trabalhos científicos por fornecerem informações primárias de ocorrência, como local e ano de coleta do espécime (e.g. Nelson e Ellis, 2018; Zuquim et al., 2019).

As lacunas de registros podem ser verificadas especialmente ao Leste e ao Sul do território da Amazônia Legal, por se tratar de regiões de acesso remoto e complexo, em que o transporte de pessoas e cargas ocorre predominantemente por meio de hidrovias, já que há um número irrisório de rodovias na região (Jézéquel et al., 2020). Consequentemente, o acesso dos pesquisadores a esses locais torna-se inviável, além de perigoso. Ainda, sobre a ausência de registros nas coleções, há grande dificuldade de transporte entre locais remotos e coleções, bem como o armazenamento adequado dos exemplares coletados nas próprias coleções pelo grande porte de alguns exemplares capturados (mais de um metro de largura de disco) pela falta de espaço e logística para acondicionar os exemplares (Almeida et al.,

2008, Bakker et al., 2020). Desta forma, relativamente poucos exemplares inteiros são tombados em coleções e, assim, o material não é disponibilizado para futuras pesquisas científicas.

A exemplo de muitos registros disponibilizados nas plataformas de dados, hoje em dia é possível registrar apenas as amostras genéticas dos espécimes em bancos autorizados pelo SISGEN, por serem mais fáceis de transportar e armazenar nas coleções. A importância de se registrar exemplares inteiros é indiscutível, contudo, a solução de amostras genéticas pode ser muito vantajosa (Marinho et al., 2019; Bakker et al., 2020). Além disso, cada vez mais são incentivados métodos não-letais de coletas de dados, tendo em vista que as ameaças às raías de água doce aumentam a cada dia, principalmente a degradação de habitat e a pesca para o comércio visando a aquariofilia (Araújo et al., 2004; Charvet-Almeida et al., 2005; Lasso et al., 2014).

Potamotrygon orbignyi apresenta uma das maiores distribuições espaciais conhecidas dentre as espécies de raia de água doce da América do Sul (Rincon, 2006; Araújo et al. 2009, Lasso et al., 2014). A espécie foi anteriormente registrada nas porções média, de transição e baixa do Rio Tocantins (Rincon, 2006), e no presente trabalho também verificamos sua ocorrência na porção alta, por meio de registros nas coleções estudadas, o que justifica a inserção de toda a bacia dentro do contexto de distribuição de *P. orbignyi* no território brasileiro, mesmo que ultrapasse os limites da Amazônia Legal.

Obviamente a espécie não segue os limites políticos impostos pelo homem, mas considerando a distribuição de *P. orbignyi* no território brasileiro, ela ocorre

dentro dos limites da Amazônia Legal, com exceção da parte alta do Rio Tocantins, já que a espécie pode ser encontrada nas cabeceiras de alguns afluentes, mesmo que em menor densidade (Rincon, 2006). Também foi registrado um espécime de *P. orbignyi* na Bacia do Parnaíba, região de transição entre a Amazônia e o semiárido, localizada na região hidrográfica do Atlântico Sul. Esse registro refere-se a um exemplar coletado em 2012 e tombado na Sub-coleção Ictiológica do Campus Parnaíba da Universidade Estadual do Piauí, e posteriormente outro exemplar da espécie também foi coletado na mesma bacia por Ramos et al. (2014). É possível que estes exemplares isolados no Parnaíba passem por uma futura análise taxonômica e essa ocorrência da espécie seja inválida.

Além dos dados encontrados nas coleções, a distribuição de *P. orbignyi* alcança também a região hidrográfica do Marajó, no estado do Pará, principalmente na parte sul e sudeste da ilha (Almeida et al., 2008). Embora a espécie tenha apresentado tolerância à salinidade maior que a das demais espécies registradas para a região da ilha de Marajó, não foi possível determinar os fatores ambientais que delimitassem sua distribuição (Almeida et al., 2009). Outro quesito observado consiste na amplitude de nicho de *P. orbignyi* que pode justificar sua ampla distribuição, pois além de habitar essa área do Marajó, também alcança as cabeceiras dos rios da Bacia do Tocantins, cujos serviços ecossistêmicos disponíveis ofertados em cada local também são diferentes (Ribeiro et al., 1995; Rincon, 2006). Contudo, isso não significa que a espécie realize migração ao longo dos rios, ao contrário, existem indicativos que demonstram a sua longa permanência em determinadas

regiões após atingirem a maturidade (Rincon, 2006; Almeida et al., 2008).

Devido a essa ampla distribuição, Rosa et al. (2010) sugeriram que *P. orbigny* poderia ser um complexo de espécies habitando diversas bacias, enquanto Silva (2009) concluiu que *P. dumerilii* e *P. reticulata* são sinônimas de *P. orbigny*. Dentre as congêneres, apenas *P. motoro* apresenta distribuição comparável a de *P. orbigny* em termos de amplitude (Rosa et al., 2010; Lasso et al., 2014), visto que as demais apresentam a distribuição restrita ou endêmica a alguma bacia hidrográfica.

A distribuição das raias de água doce em região tão promissora na geração de energia elétrica fez com que esses animais compartilhassem o seu habitat com uma série de usinas hidrelétricas construídas nas bacias hidrográficas da Amazônia, que se atrelam a grandes barragens emissoras de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano (Fernside, 2015; Gibson et al., 2017). Desta forma, embora seja apresentada como energia verde (sem emissões de gases), a matriz energética proveniente das hidrelétricas apresenta impactos ambientais negativos, seja pela perda de vegetação local para inundação direta ou desmatamento para acomodação da população (Fernside, 2015; Gibson et al., 2017).

Segundo o Plano Nacional de Energia Elétrica 1987-2010 da Eletrobrás, estão previstas no Brasil cerca de 80 barragens com potencial hidrelétrico que inundarão ~2% da Amazônia Legal, ou 10 milhões de ha (Fernside, 2015). Os impactos sobre as florestas e habitats aquáticos são grandes, além da problemática social, especialmente sobre os povos indígenas que vivem

nas áreas de maior potencial hidrelétrico como as cabeceiras do Tocantins, Xingu e Tapajós (Fernside, 2015; Freire et al., 2017; Setubal et al., 2019; Fainguelernt, 2020). Embora a hidrelétrica de Belo Monte no Xingu apresente grande capacidade instalada, ela precisa de um reservatório do mesmo porte que sustente esse potencial, porém a sua área inundada é proporcionalmente pequena (Fernside, 2015). Por isso está prevista a construção do reservatório de Altamira (Babaquara), que superaria o tamanho de área inundada de Balbina e Tucuruí juntas, além de liberar grande quantidade de gases de efeito estufa, cujos efeitos só apresentariam saldo positivo em um período de 41 anos após sua inundação (Fernside, 2015; Atkins, 2020).

Dentre os impactos preocupantes para os organismos aquáticos, estão: metilação de mercúrio, emissão de metano e liberação de água anóxica, quebra de conectividade entre populações, bioinvasão, perda de habitat, enfim, drástica modificação do ecossistema e conseqüentemente das relações ecológicas locais, além de todos os outros impactos indiretos que, juntos, potencializam os efeitos das usinas hidrelétricas (Charvet-Almeida et al., 2002; Fernside, 2015; Ferreira, 2020).

Impactos causados pela metilação do mercúrio (Hg) ocorrem devido à sua concentração nos maiores níveis tróficos, levando alguns peixes que assumem a posição de predadores a apresentarem concentrações acima do limite de segurança, como o Tucunaré no reservatório de Tucuruí no rio Tocantins (Leino e Lodeios, 1995). Tendo em vista que a população ribeirinha também se encontra nessa cadeia trófica por possuir a base de sua alimentação composta por peixes do reserva-

tório, as concentrações desse metal têm apresentado valores elevados em pessoas que vivem nesta região, podendo causar efeitos neurológicos e malformação nos mesmos (Leino and Lodeios, 1995; Fernside, 2015; Arrifano et al., 2018; Silva e Lima, 2020). Nesse contexto, as raias de água doce, inclusive a *P. orbignyi*, ocupam o nível trófico de mesopredadores (Rincon, 2006; Márquez-Velásquez et al., 2019), e possivelmente estão sendo afetadas por altas concentrações de mercúrio em áreas de reservatórios para usinas hidrelétricas.

O metano (CH_4) é formado no fundo dos reservatórios, quando a matéria orgânica se decompõe na ausência de oxigênio, e se acumula em duas camadas de água com diferentes temperaturas separadas por uma termoclina: uma inferior mais fria e com grande concentração de metano e outra superior mais quente em contato com o ar (Fernside, 2015; Ferreira, 2020). Quando as turbinas liberam a água do reservatório, a camada liberada é a inferior, consideravelmente mais fria e anóxica, o que provoca a morte de muitos peixes, além de emitir grande quantidade de gás para a atmosfera e contribuir, assim, para o aquecimento global (Fernside, 2015). Embora *P. orbignyi* pareça apresentar tolerância às variações dos fatores abióticos, como por exemplo a salinidade (Almeida et al., 2008), já foi verificado que algumas espécies de raias percebem pequenas mudanças de temperatura e, assim, seu metabolismo pode ser afetado por bruscas variações causadas pela liberação das camadas mais fundas e frias dos reservatórios (Fangue e Bennett, 2003; Wallman e Bennett, 2006). É possível que elas busquem áreas mais afastadas das turbinas, e seria interessante a verificação de uso de habitat relacionado à temperatura e outros fatores abióticos.

A multiplicação das hidrelétricas ao longo da distribuição de *P. orbignyi* potencializa o efeito da quebra de conectividade entre as populações dentro e entre os tributários, diminuindo a diversidade genética e provocando a perda da variabilidade de coloridos. Ainda, espécies que apresentavam o hábito de entrar na bacia Tocantins-Araguaia ficaram impedidas após a construção da barragem de Tucuruí, o que pode ter resultado na extinção local dessas espécies à montante da barragem (Rincon, 2006). Rosa (1987) reporta o registro de *P. motoro* na bacia Tocantins-Araguaia baseado em coletas antes ou imediatamente após a construção da barragem em 1984, mas Rincon (2006) após extensas coletas em ambas sub-bacias, não capturou exemplares de *P. motoro*, sugerindo que esta espécie pode ter desaparecido após a barragem ou teve sua abundância seriamente reduzida. O efeito da transformação do rio em um ambiente lântico também parece ter favorecido algumas espécies, que aprenderam a pescar das redes dos pescadores (Charvet-Almeida, 2002), bem como a desfrutar do aumento da área alagada, e consequentemente, do aumento da biomassa de invertebrados como larvas de insetos, importantes componentes da dieta de *P. orbignyi* (Rincon, 2006; Moro et al., 2012; Gama e Rosa, 2015).

Embora *P. orbignyi* não esteja nas listas vermelhas nacional e global, e apresente ampla distribuição em relação às outras espécies de raias de água doce da América do Sul, os impactos causados pelas hidrelétricas amazônicas podem ser consideráveis em suas populações e, consequentemente, de outros organismos. A exemplo disso temos a experiência de Itaipu no sudeste do Brasil, em que a barreira natural das cachoeiras de

Salto de Sete-Quedas foi inundada em 1982 para virar o reservatório da hidrelétrica, o que permitiu a dispersão de muitas espécies aquáticas antes isoladas à jusante dessas cachoeiras (Garrone-Neto et al., 2007). As raias de água doce, *P. motoro* e *Potamotrygon falkneri* (Castex & Maciel, 1963) atravessaram a barragem por meio das eclusas e escadas de peixes e passaram a ser registradas como espécies exóticas no alto curso do rio Parará alguns anos após esta construção (Garrone-Neto et al., 2007). Considerando o grupo das raias de água doce, com tantas lacunas ainda por se desvendar, é provável que os pesquisadores só percebam todas as consequências das hidrelétricas a longo prazo.

Assim, os impactos extremamente negativos nos ecossistemas amazônicos devem ser considerados nas tomadas de decisões do processo de construção de um número tão elevado de hidrelétricas na região, em que grande parte da produção de energia (dentro dos 75% que não serão desperdiçados) subsidiará os lucros de multinacionais de alumínio estrangeiras que pouco empregam mão-de-obra do país (Fernside, 2015; 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de *P. orbignyi* obtidos em coleções científicas refletiram a distribuição conhecida para a espécie, de modo que o universo amostral armazenado nelas proveu o suporte necessário para essa pesquisa biogeográfica. Além disso, demonstram a importância das coleções científicas, que registram dados valiosos acerca das variações morfológicas e genéticas, por meio de amostras biológicas do passado e presente. Desta forma, foi possível confirmar a larga abrangência

geográfica de *P. orbignyi*, porém a sua abundância ao longo de sua distribuição, bem como em quais bacias e sub-bacias essa espécie apresenta relevância na respectiva potamotrygofauna, ainda são aspectos a serem elucidados.

Além do comércio ilegal para ornamentação, as raias de água doce vêm sofrendo grande ameaça com a construção de barragens hidrelétricas, que não produzem energia verde como se acreditava no passado. O panorama de planejamento das hidrelétricas no Brasil inclui a construção de 79 unidades na Amazônia Legal, o que causará grandes impactos nos ecossistemas e nas relações ecológicas locais. Seria mais eficiente e menos poluente se os desperdícios das hidrelétricas já existentes fossem evitados, tendo em vista que se perde cerca de 25% da energia produzida.

Com este trabalho, incentivamos as pesquisas de monitoramento a longo prazo das populações de *P. orbignyi* nas barragens, nas áreas temáticas: 1) comportamento e uso de habitat, para avaliar os impactos da perda de habitat; 2) toxicologia (metais) e fisiologia, principalmente para verificar a presença de mercúrio nas regiões afetadas pelas hidrelétricas e a saúde dos animais; 3) interações ecológicas com outras espécies, considerando que pode haver a diminuição da conectividade entre populações, e aumento de competição com outras espécies.

REFERÊNCIAS

- Abel DC, Grubbs RD. Shark Biology and Conservation. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2020.
- Almeida MP, Barthem RB, Viana AS, Almeida PC. Diversidade de raias de

- água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no estuário amazônico. *Arq Cien Mar.* 2008;1(2):82–89.
- Almeida MP, Barthem RB, Viana AS, Almeida PC. Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River. *Pan-Am. J. Aqua. Sci.* 2009; 4(1):1-11.
- Andrade M, Jesus A, Giarrizzo T. Length-weight relationships and condition factor of the eaglebeak pacu *Ossubtus xinguense* Jégu, 1992 (Characiformes, Serrasalminae), an endangered species from Rio Xingu rapids, northern Brazil. *Braz J Biol.* 2015;75(3 suppl 1):102–105. doi:10.1590/1519-6984.01214bm
- Andrade MC, Fitzgerald DB, Winemiller KO, Barbosa PS, Giarrizzo T. Trophic niche segregation among herbivorous serrasalmids from rapids of the lower Xingu River, Brazilian Amazon. *Hydrobiologia.* 2018. doi:10.1007/s10750-018-3838-y
- Antonelli A, Zizka A, Carvalho FA, Scharn R, Bacon CD, Silvestro D, Condamine FL. Amazonia is the primary source of Neotropical biodiversity. *P Natl Acad Sci Usa.* 2018;115(23):6034–6039. doi:10.1073/pnas.1713819115
- Araújo MLG, Almeida MP, Rincón G, Charvet-Almeida P, Rosa RS. *Potamotrygon orbignyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: [cited 2020 Sep 11]. Available from: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161609A5463698.en>.
- Araújo MLG, Charvet P, Pereira H, Almeida M. Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. Information document AC. 2004;20(8):1-6.
- Arrifano GPF, Martín-Doimeadios RCR, Jiménez-Moreno M, Ramírez-Mateos V, da Silva NFS, Souza-Monteiro JR, ... Crespo-Lopez ME. Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: The case-study of the Tucuruí Dam. *Ecotox and Environ Safe.* 2018;147:299–305. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.08.048
- Atkins E. Contesting the “greening” of hydropower in the Brazilian Amazon. *Polit Geogr.* 2020;80:102179. doi:10.1016/j.polgeo.2020.102179
- Bakker FT, Antonelli A, Clarke JA, Cook JA, Edward SV, Ericson Per GP, Faurby S, ... Källersjö M. The Global Museum: natural history collections and the future of evolutionary science and public education. *PeerJ.* 2020;8: e8225. 10.7717/peerj.8225
- Brando PM, Soares-Filho B, Rodrigues L, Assunção A, Morton D, Tuschneider D, Fernandes ECM, Macedo MN, Oliveira U, Coe MT. The gathering firestorm in southern Amazonia. *Science Advances.* 2020;6(2):eaay1632. DOI: 10.1126/sciadv.aay1632
- Charvet-Almeida P, Araújo MLG, Rosa R, Rincon G. Neotropical Freshwa-

- ter Stingrays: diversity and conservation status. Shark News. IUCN Specialist Group. 2002;14.
- De Faria FAM, Jaramillo P. The future of power generation in Brazil: An analysis of alternatives to Amazonian hydropower development. *Energy Sustain Dev.* 2017;41:24–35. doi:10.1016/j.esd.2017.08.001
- Dexter KG, Lavin M, Torke BM, Twyford AD, Kursar TA, Coley PD, ... Pennington, RT. Dispersal assembly of rain forest tree communities across the Amazon basin. *Proc Natl Acad Sci.* 2017;114(10): 2645-2650.
- Fainguelernt MB. Impactos da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: uma análise da visão das populações ribeirinhas das reservas extrativistas da Terra do Meio. *Civitas.* 2020;20(1):43-52.
- Fangue NA, Bennett WA. Thermal Tolerance Responses of Laboratory-Acclimated and Seasonally Acclimatized Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*. *Copeia.* 2003;2:315–325. doi:10.1643/0045-8511(2003)003[0315:ttrola]2.0.
- Fearnside PM. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras / Fearnside PM - Manaus: Editora do INPA, 2015.
- Fearnside PM. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. *World Dev.* 2016;77:48–65. doi:10.1016/j.worlddev.2015.08.015
- Ferreira RS. The negative effects caused by the construction and operation of hydroelectric plants. *Research, Society and Development.* 2020;9(7):1-14.e543972406
- Freire LM, Lima JS, Silva, EV. 2017. Belo Monte: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. *Sociedade e Natureza.* 2017;30(3):18-41. DOI: 10.14393/SN-v30n3-2018-2
- Gama CS, Rosa RS. Uso de recursos e dieta das raia de água doce (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) da Reserva Biológica do Parazinho, AP. *Biota Amazônia.* 2015;5(1):90-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n1p90-98>
- Garrone-Neto D, Haddad-Jr V, Vilela MJA, Uieda VS. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. *Biota Neotrop.* 2007;7:1-3.
- Gibson L, Wilman EN, Laurance WF. How Green is “Green” Energy? *Trends Ecol Evol.* 2017;32(12):922–935. doi:10.1016/j.tree.2017.09.007
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [Acesso em 10 de agosto de 2020]. Available from: <http://www.ibge.gov.br> .

- Jézéquel C, Tedesco PA, Bigorne R, ..., Berdorff TO. Um banco de dados de espécies de peixes de água doce da Bacia Amazônica. *Sci Data*. 2020;7:96. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0436-4>
- Lasso CA, Rosa RS, Morales-Betancourt MA, Garrone-Neto D, Carvalho MR. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2014.
- Latrubesse EM et al. Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*. 2017;546: 363.
- Lees AC, Peres CA, Fearnside PM, Schneider M, Zuanon JA. Hydro-power and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers conserv*. 2016;25:451-466.
- Leino T, Lodenius M. Human hair mercury levels in Tucuú area, state of Pará, Brazil. *Sci Total Environ*. 1995;175:119-125.
- Lobo FL, Costa M, Novo EMLM, Telmer K. Distribution of artisanal and small-scale gold mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the past 40 years and relationship with water siltation. *Remote Sens*. 2016; 8: 579.
- Malhado ACM, Santos J, Correia RA, Campos-Silva JV, Teles D, Costa MH, ... Ladle RJ. (2020). Monitoring and mapping non-governmental conservation action in Amazonia. *Land Use Policy*. 2020;94,104556. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104556
- Marinho MMF, Peixoto L, Loboda T, de Pina M, Britski H, Menezes NA, Figueiredo JL, Oyakawa O, Gianeti M, Datovo A. MZUSP - The Ichthyological Collection at Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. *Boletim - Sociedade de Ictiologia de Londrina*. 2019;95-102.
- Márquez-Velásquez V, Rosa RS, Galindo E, Navia AF. Feeding habits and ecological role of the freshwater stingray *Potamotrygon magdalenae* (Duméril 1865) (Myliobatiformes: Potamotrygonidae), combining gut-content and stable isotope analysis. *Environ Biol Fish*. 2019;102:1119-1136.
- Mejía-Falla PA, Castro E, Bolaños N, Caldas JP, Ballesteros C, Bent-Hooker H, Rojas A, Navia AF. Richness and distribution patterns of elasmobranchs in the San Andres, Providencia and Santa Catalina Archipelago: is this area a hotspot of these species in the greater Caribbean? *Environ Biol Fish*. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10641-020-01029-9>
- Mello NGR, Artaxo P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. *Rev Inst Estud Bras*. 2017;66:108-129.
- Moro G, Charvet P, Rosa RS. 2012. Aspectos da alimentação da raia de

- água doce *Potamotrygon orbignyi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da bacia do Rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*. 2012;20(2):47-57.
- Nelson G, Ellis S. The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research. *Phil Trans R Soc B*. 2018;374:20170391. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0391>
- Paiva PFPR, Ruivo MLP, Silva-Júnior OM et al. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. *Biodivers Conserv*. 2020;29:19–38. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01867-9>
- Pearce F. Rivers in the sky. *New Scientist*. 2019;244(3254): 40–43. doi:10.1016/s0262-4079(19)32070-6
- Pfafstetter O. Classification of hydrographic basins: coding methodology. Departamento Nacional de Obras de Saneamento. 1989;18:1-2.
- Ramos TPA, Ramos RTC, Ramos SAQA. Ichthyofauna of the Parnaíba river Basin, Northeastern Brazil. *Biota Neotrop*. 2014;14(1),e20130039. <https://doi.org/10.1590/S1676-06020140039>
- Ribeiro MBLC, Petrere M, JURAS AA. 1995. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins River Basin, Brazil. *Regul River*. 1995;11:325-350.
- Rincon G. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paraná-Tocantins. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas. 2006. 132pp.
- Ritter CD, McCrate G, Nilsson RH, Fearnside PM, Palme U, Antonelli A. Environmental impact assessment in Brazilian Amazonia: Challenges and prospects to assess biodiversity. *Biol Conserv*, 2017;206,161-168. doi:10.1016/j.biocon.2016.12.031
- Rosa RS, Castello HP, Thorson TB. *Plesiopygion iwamae*, a new genus and species of neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia*. 1987;2:447-458.
- Rosa R, Charvet-Almeida P, Quijada CCD. Biology of the South American Potamotrygonid Stingrays. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR, editors. *Sharks and their relatives II. Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. CRC Press; 2010.p. 241 – 286.
- Sabaj MH. 2016. Standard symbolic codes for institutional resource collections in herpetology and ichthyology: an Online Reference. Version 6.5; 2016 [cited Sep 19]. Available from: <http://www.asih.org/>, American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Washington, DC.
- Setubal, SS, Xerente PW, Marques EE, Athayde S. Gerenciando programas de compensação ambiental de usinas hidrelétricas: relato de uma ex-

- perência indígena no Procambix. Espaço Ameríndio. 2019;13(1):165-183.
- Silva JPCB. Revisão taxonômica e morfológica do complexo *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas. 2009. 214 pp.
- Silva-Junior CHL, Heinrich VHA, Freire ATG, Broggio IS, Rosan TM, Doblas J, ... Aragão LEOC. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. Scientific Data. 2020;7(1). doi:10.1038/s41597-020-00600-4
- Silva SF, Lima OM. Mercury in Fish Marketed in The Amazon Triple Frontier and Health Risk Assessment. Chemosphere. 2020;125989. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125989>
- Silva JPCB, Loboda TS. *Potamotrygon marquesi*, a new species of neotropical freshwater stingray (Potamotrygonidae) from the Brazilian Amazon Basin. Journal of Fish Biology. 2019. doi:10.1111/jfb.14050
- Silva JPCB, Carvalho MR de. Systematics and morphology of *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) and allied forms (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Zootaxa (Auckland. Print). 2015;3982:1-82.
- Sonter LJ, Herrera D, Barrett DJ et al. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. Nat Commun. 2017;8:1013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w>
- Walker RT, Simmons C, Arima E, Galvan-Miyoshi Y, Antunes A, Wahlen M, Irigaray M. Avoiding Amazonian Catastrophes: Prospects for Conservation in the 21st Century. One Earth. 2019;1(2):202–215. doi:10.1016/j.oneear.2019.09.009
- Wallman HL, Bennett WA. 2006. Effects of parturition and feeding on thermal preference of Atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Lesueur). Environ Biol Fish. 2006;75:259-267. doi:10.1007/s10641-006-0025-1.
- Winemiller KO et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science. 2016;351:128-129.
- Zuquim G, Stropp J, Moulatlet GM, Van doninck J, Quesada CA, Figueiredo FOG, ... Tuomisto H. Making the most of scarce data: Mapping soil gradients in data-poor areas using species occurrence records. Methods Ecol Evol. 2019;10:788–801. doi:10.1111/2041-210x.13178

AUTORES

Ana Rita Onodera Palmeira Nunes – 1,2*

Luciano André Chaves Ferreira – 2,3

Almerinda Macieira Medeiros – 2,4

Marcos Eduardo Miranda Santos – 2,4

Jorge Luiz Silva Nunes – 1,2

Getulio Rincon – 5

1 – Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia. São Luís, Maranhão, Brasil.

2 – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede BIONORTE, Brasil.

3 – Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Ciências Biológicas. São Luís, Maranhão, Brasil.

4 – Universidade Estadual do Maranhão, Departamento de Biologia. São Luís, Maranhão, Brasil.

5 – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Engenharia de Pesca. Pinheiro, Maranhão, Brasil. Bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)