



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ INSTITUTO DE CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

FLÁVIA ALESSANDRA DA SILVA NONATO

**A HETEROGENEIDADE DE BANCOS DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS E A DIVERSIDADE DE PEIXES EM UMA RIA
FLUVIAL AMAZÔNICA**

Belém, 2019

FLÁVIA ALESSANDRA DA SILVA NONATO

**A HETEROGENEIDADE DE BANCOS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS E A
DIVERSIDADE DE PEIXES EM UMA RIA FLUVIAL AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Área de concentração: Ecologia. Linha de Pesquisa: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas

Orientadora: Dra. Thaísa Sala Michelan
Coorientador: Dr. Luciano F. A Montag

Belém
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

N812h Nonato, Flávia Alessandra da Silva.
A heterogeneidade de bancos de macrófitas aquáticas e a
diversidade de peixes em uma ria fluvial amazônica / Flávia
Alessandra da Silva Nonato. — 2019.
47 f. : il.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Thaísa Sala Michelan
Coorientador(a): Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências Biológicas, Mestrado Profissional em Ensino
de Biologia, Belém, 2019.

1. Ictiofauna. 2. CWM. 3. Plantas aquáticas. I. Título.

CDD 301.3

FLÁVIA ALESSANDRA DA SILVA NONATO

**A HETEROGENEIDADE DE BANCOS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS E A
DIVERSIDADE DE PEIXES EM UMA RIA FLUVIAL AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Área de concentração: Ecologia. Linha de Pesquisa: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas

COMISSÃO JULGADORA

Prof^ª. Dra. GRAZIELLE SALES TEODORO

Universidade Federal do Pará

Prof^ª. Dra. BÁRBARA DUNCK OLIVEIRA

Universidade Federal do Pará

Prof^ª. Dra. CECÍLIA GONTIJO LEAL

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São
Paulo

Prof^ª. Dra. ROSA MARIA DIAS

Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. MÁRCIO JOSÉ DA SILVEIRA

Universidade Estadual de Maringá

Belém
2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força e por ter me guiado em todos os momentos.

A prof. Thaísa por toda dedicação e a carinhosa orientação, por todo apoio e suporte durante o mestrado dentro e fora da Universidade, pelos puxões de orelha, pela paciência e ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal. Obrigada!!

Ao prof. Luciano Montag, por toda ajuda que foi muito importante para a realização deste trabalho, pela paciência, dedicação e pelos inúmeros conselhos.

Ao CNPq pelo auxílio para a realização do campo. Edital- universal 461032/2014-7, edital de apoio a doutores recém contratados (FAPESPA, ICAFF) 10/2016.

A Estação Científica Ferreira Penna, pelo suporte e auxílio no campo.

A Nork-Hydro e FADESP pelo auxílio financeiro, através da concessão da bolsa de mestrado.

A UFPA E PPGECO pelo suporte para a realização do mestrado.

Aos professores da pós-graduação, pelos ensinamentos e ajuda durante esse período.

Aos professores doutores que constituíram a banca avaliadora deste trabalho: Grazielle Sales Teodoro (UFPA), Bárbara Dunck Oliveira (UFPA), Cecília Gontijo Leal (MPEG), Rosa Maria Dias (UEM) e Márcio José da Silveira (UEM), pelas valiosas contribuições.

A Marina Mendonça por toda ajuda com a identificação dos meus peixinhos, valeu Marina, sua ajuda foi indispensável para esse trabalho.

Aos meus amigos “Los forasteiros”: Pâmela Virgolino (pela ajuda nas correções do trabalho e por todas as vírgulas aqui presente <3), Mayra Caroliny, Ricardo Ribeiro, Rodrigo Lozano, André Carvalho, Giovanni Palheta, André Felipe, Judas e Ronny, pela força, amizade, por terem sido família nesse período e por suportarem meus dramas, valeu meus irmãos.

Aos amigos que me ajudaram e que tornaram o campo maravilhoso e muuuito produtivo: Joás, Nay, Nara, Cléo, Alana, Shakira, Naiara, seu Mó (assistente de campo).

Aos amigos da república “Danadinhos roubados”, por toda força e amor, meus miguinhos queridos (Tanatos, Mainha, Richard e Miltonho).

Amigos do LABECO, que se tornaram minha segunda família nessa cidade e me levaram aos bares da vida e em outros lugares para suportar meus dramas e temores, Fernando, Rodrigo, Erlane, Alana, Aninha, Ana Paula, Naiara, Driane, Isana, Shakira, Calebe, Viviane.

As amigos de Tefé e do Sul, Vanielle, Matheus e Patrícia, pela amizade que mesmo a distância me fortaleceu, me ajudou e me manteve no foco.

A minha família que, mesmo de longe, estava torcendo por mim, me dando suporte e mandando energias boas e que me fez seguir adiante em minhas conquistas, que são exclusivamente para eles e por eles. Agradeço especialmente a minha vó e ao meu pai que sei que de onde estiverem, estão felizes por estar onde estou. Vocês existem em mim. Amos vocês.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS..... | 7 |
| LISTA DE TABELAS..... | 8 |
| RESUMO..... | 9 |
| ABSTRACT | 10 |
| INTRODUÇÃO | 11 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 13 |
| Descrição da Área..... | 13 |
| Amostragem | 13 |
| <i>Amostragem dos bancos de macrófitas (BM)</i> | <i>13</i> |
| <i>Amostragem ictiofauna</i> | <i>14</i> |
| <i>Características funcionais.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Grupo Trófico Funcional.....</i> | <i>16</i> |
| <i>História de vida.....</i> | <i>16</i> |
| Análise de dados | 16 |
| RESULTADOS..... | 17 |
| Macrófitas aquáticas..... | 19 |
| Diversidade Taxonômica da Ictiofauna..... | 21 |
| Características funcionais da Ictiofauna..... | 22 |
| DISCUSSÃO | 25 |
| CONCLUSÕES..... | 28 |
| REFERÊNCIAS | 28 |
| MATERIAL SUPLEMENTAR..... | 40 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização dos 34 pontos amostrais de macrófitas na baía dos Botos, baixo Anapu, Amazônia Oriental.....14
- Figura 2.** Esquema da armadilha utilizada para coleta da ictiofauna nos bancos de macrófitas no Baixo rio Anapu, Amazônia Oriental. Imagem da armadilha baseada em Cunha et al. (2012).15
- Figura 3.** Espécies de peixes baseadas em características de história de vida, segundo Zeug e Winemiller, 2007.17
- Figura 4.** Composição das espécies de peixes relacionadas à heterogeneidade dos bancos de macrófitas.....22
- Figura 5.** Relação do atributo funcional de locomoção, o Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal das espécies de peixes com a heterogeneidade dos bancos de macrófitas.....24
- Figura 6.** Relação do atributo funcional de locomoção (aspecto proporcional da nadadeira peitoral) das espécies de peixes com o a heterogeneidade dos bancos de macrófitas.....25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de macrófitas aquáticas identificadas nos 34 bancos de macrófitas da Baía dos Botos, baixo Anapu, Amazônia Oriental.....19

Tabela 2. Riqueza e valores da heterogeneidade das espécies de macrófitas nos 34 pontos amostrais, bem como a riqueza e abundância da Ictiofauna.....20

Tabela 3. Composição taxonômica da Ictiofauna coletada nos bancos de macrófitas na Baía dos Botos, Amazônia Oriental. 21

Tabela 4. Relação entre a heterogeneidade dos bancos de macrófitas sobre os atributos funcionais medidos pelo CWM das assembleias de peixes na Baía dos botos..... 23

1 **A HETEROGENEIDADE DE BANCOS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS E A**
2 **DIVERSIDADE DE PEIXES EM UMA RIA FLUVIAL AMAZÔNICA**

3
4 **RESUMO**

5 Em ecossistemas de água doce, espécies de macrófitas podem fornecer heterogeneidade
6 de habitat com diferentes formas estruturais, variando de espécies submersas livres a
7 espécies enraizadas, que servem como substrato para a desova, alimentação e refúgio
8 contra a predação para peixes e outros organismos. No presente trabalho testamos o efeito
9 da heterogeneidade dos bancos de macrófitas aquáticas sobre a riqueza e abundância e
10 características funcionais dos peixes em rios alagados da Amazônia. Para investigar a
11 relação entre a heterogeneidade dos bancos de macrófitas e a riqueza, abundância e
12 características funcionais dos peixes, foram utilizadas as análises de CWM e regressões
13 lineares simples. Foram identificadas 16 espécies de macrófitas aquáticas e 21 espécies
14 de peixes nos 34 pontos de amostragem. Os bancos de macrófitas foram dominados pelas
15 espécies *Eichhornia azurea* e *E. crassipes*. As espécies de peixes mais abundantes foram
16 *Hemigrammus ocellifer* e *Laimosemion strigatus*. O resultado da regressão linear foi
17 significativo apenas entre a heterogeneidade dos bancos de macrófitas em dois atributos
18 funcionais, ambos ligados à locomoção dos peixes. Nossos resultados mostram que a
19 associação entre a heterogeneidade proporcionada pelos bancos de macrófitas é um filtro
20 ambiental para espécies de peixes que possuem alta manobrabilidade, uma vez que essas
21 espécies podem nadar entre as estruturas das macrófitas. Assim, podemos observar que a
22 heterogeneidade proporcionada pelas macrófitas aquáticas, embora não afete a riqueza e
23 a abundância de peixes, é importante para diferentes espécies de peixes, mas para aqueles
24 que utilizam e dependem desses bancos como refúgio.

25
26 **Palavras-chave:** Ictiofauna, CWM, Plantas aquáticas

42 **The heterogeneity of aquatic macrophyte banks and the diversity of fish in an**
43 **Amazon fluvial ria**

44

45

ABSTRACT

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

In freshwater ecosystems, macrophyte species can provide habitat heterogeneity with different structural forms, ranging from free submerged species to rooted species, which serve as a substrate for spawning, food and refuge against predation to fish and other organism. In the present work we tested the effect of the heterogeneity of aquatic macrophyte banks on the richness and abundance and functional traits of the fish in flooded rivers of the Amazon. To investigate the relationship between the heterogeneity of the macrophyte banks and the richness, abundance, and functional characteristics of the fish, we used them CWM analysis and simple linear regressions. We identified 16 species of aquatic macrophytes and 21 species of fish in the 34 sampling points. The macrophyte banks were dominated by the species *Eichhornia azurea* and *E. crassipes*. The most abundant fish species were *Hemigrammus ocellifer* and *Laimosemion strigatus*. The linear regression result was only significant between the heterogeneity of the macrophyte banks on two functional attributes, both linked to the locomotion of the fish. Our results show that the association between the heterogeneity provided by the macrophyte banks is an environmental filter for fish species that have high maneuverability, since these species can swim between macrophyte structures. Thus, we can observe that the heterogeneity provided by aquatic macrophytes, although not affecting the richness and abundance of fish, is important for different species of fish, but for those that use and depend on these banks as a refuge.

Keywords: Ictiofauna, CWM, aquatic plants

65 INTRODUÇÃO

66

67

68 Ambientes mais heterogêneo possuem uma maior diversidade de espécies, quando
69 comparadas a ambientes mais homogêneos (Ricklefs e Lovette 1999; Matias et al. 2010a)
70 ou seja, o aumento da heterogeneidade significa o aumento de diferentes habitats dentro
71 dos diferentes ambientes (Hart e Horwitz 1991). A heterogeneidade também tem grande
72 importância na riqueza e na estruturação dos ecossistemas, afetando positivamente a
73 distribuição espacial e a organização das espécies (Silva et al., 2010; Ferreira et al., 2013).
74 A heterogeneidade ambiental tem se mostrado cada vez mais interessante em estudos
75 ecológicos, por influenciar fatores como alimentação, locomoção e reprodução de
76 organismos dentro das comunidades, podendo ser observada em grandes e pequenas
77 escalas (Ferreiro et al., 2011). ; Lopes et al., 2015).

78 Segundo Pierre e Kovalenko (2014) a riqueza verificada em ambientes
79 heterogêneos pode ser explicada pela forma como a fauna utiliza e percebe esse ambiente,
80 e esta heterogeneidade está diretamente relacionada à complexidade do habitat, pois uma
81 vez que a heterogeneidade fornece diferentes habitats, a complexidade proporciona
82 diferentes estruturas dentro desses habitats (Padiál et al., 2008). A heterogeneidade tem
83 influenciado positivamente a biodiversidade e por isso estudos que testem essa hipótese
84 são realizados para vários organismos, desde vertebrados a invertebrados (Freiry et al.,
85 2016; Buczynska, et al., 2017; Bialic-Murphy et al., 2017; Bird et al., 2017).

86 Ambientes aquáticos tem se mostrado importantes cenários para a compreensão da
87 influência da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade dos organismos ali
88 presentes. Neles, as macrófitas aquáticas estruturam o ambiente, aumentando a
89 heterogeneidade para os organismos associados (Takeda et al., 2003; Dibble e Thomaz
90 2009). Essas plantas aquáticas são encontradas nas margens e em áreas rasas em sistemas
91 de águas salgadas, salobras e águas doces. São plantas que se adaptam com facilidade em
92 diferentes ambientes, e fornecem maior heterogeneidade, devido a presença de diferentes
93 espécies de macrófitas aquática em diferentes grupos morfológicos, como emersas,
94 submersas fixas ou flutuantes (Esteves, 1998; Pômpeo, 2017).

95 Os diferentes grupos morfológicos apresentados pelas macrófitas aquáticas, bem
96 como sua biomassa e estruturas, como raízes e folhas, podem proporcionar maior
97 heterogeneidade ambiental, fornecendo diferentes micro-habitat, que sustentam e
98 particionam a comunidade (Fortney et al. 2004, Alves et al, 2011; Ferreira et al., 2011;

99 Lopes et al., 2015). Devido as condições proporcionadas pelas macrófitas, diversas
100 assembleias apresentam aumento na abundância e riqueza e diferenciação na composição
101 de espécies, como já avaliado para os diferentes grupos como, aranhas (Cunha, 2012),
102 gastrópodes (Abílio et al., 2006), formigas (Pereira et al., 2013), macroinvertebrados
103 (Ferreiro et al., 2011), e peixes (Dias et al., 2017) sendo que estas espécies recebem
104 também influência em seus diferentes atributos morfológicos, relacionados a
105 alimentação, locomoção e reprodução (Dibble e Thomaz, 2006; Zapata, 2016).

106 Por ter uma distribuição ampla em áreas rasas dos grandes rios e baías, as macrófitas
107 aquáticas são muito importantes para a ictiofauna de água doce (Pelicice et al., 2008),
108 pois são usadas como locais de desova (Sánchez-Botero e Araújo-Lima, 2001), abrigo e
109 alimentação (Hahn e Crippa, 2006; Vejříková et al., 2017), sendo consideradas ambientes
110 propícios que garantem subsídios para permanência destas comunidades nesses locais
111 (Pacheco e Silva, 2009). Além do mais, a ocorrência de diferentes estágios de vida, como
112 fases juvenis e adultos da ictiofauna em bancos de macrófitas, mostra a importância destes
113 bancos sobre a estruturação e dinâmica das populações (Pinheiro et al., 2016).

114 A heterogeneidade dos bancos de macrófitas podem influenciar também a estrutura
115 funcional das comunidades de peixes associadas, uma vez que espécies que dominam
116 estes bancos possuem diferentes atributos morfológicos, como tamanho do corpo, onde
117 espécies de pequeno porte são as mais abundantes nesses ambientes (Ropke et al., 2014).
118 Estes diferentes atributos ajudam a entender a relação ambiente - espécie (Costa-Pereira
119 et al., 2016). Essas relações entre os atributos morfológicos e o ambiente podem ser
120 analisadas através de diversas ferramentas que buscam entender como se dá a relação
121 entre as espécies de peixes e dos bancos de macrófitas. Uma das ferramentas muito
122 utilizadas é a diversidade funcional (Sagouis et al., 2017), que busca características das
123 espécies associadas ao funcionamento da comunidade em relação ao ambiente
124 (Cianciaruso et al., 2009) e que tem se mostrado muito importante em estudos ecológicos.

125 Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo responder qual a influência da
126 heterogeneidade dos bancos de macrófitas sobre a diversidade taxonômica e as
127 características funcionais de peixes em uma ria fluvial amazônica. Tendo como premissa
128 que bancos de macrófitas mais heterogêneos fornecem mais micro-habitats, aumentando
129 a disponibilidade de recursos e conseqüentemente a diversidade de espécies nesses locais
130 (Prado et al., 2009; Santos et al., 2011; Hahn e Crippa, 2006). A hipótese é que o aumento
131 da heterogeneidade dos bancos de macrófitas afetará positivamente a diversidade
132 taxonômica e as características funcionais, influenciando nos padrões de diversidade e

133 distribuição das espécies.

134

135

136 **MATERIAL E MÉTODOS**

137

138 **Descrição da Área de estudo**

139 O estudo foi realizado no baixo Anapu, nas margens direita e esquerda da Baía
140 dos Botos e na foz do rio Pracupi, na Floresta Nacional de Caxiuanã, entre os rios
141 Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel (Pará –
142 Brasil). A baía é formada por fraturas que foram alargadas pela erosão das vertentes,
143 aprofundadas pelas sucessivas regressões marinhas e “afogadas” pela subsequente
144 elevação do nível do mar, conhecido como um ambiente de ria fluvial (IBGE, 1977),
145 sofrendo influências diárias da maré e anuais com os períodos de cheia e seca da região
146 norte. Nessa região bancos de macrófitas exercem papel importante sobre a diversidade
147 de espécie de peixes (Montag et al., 2008).

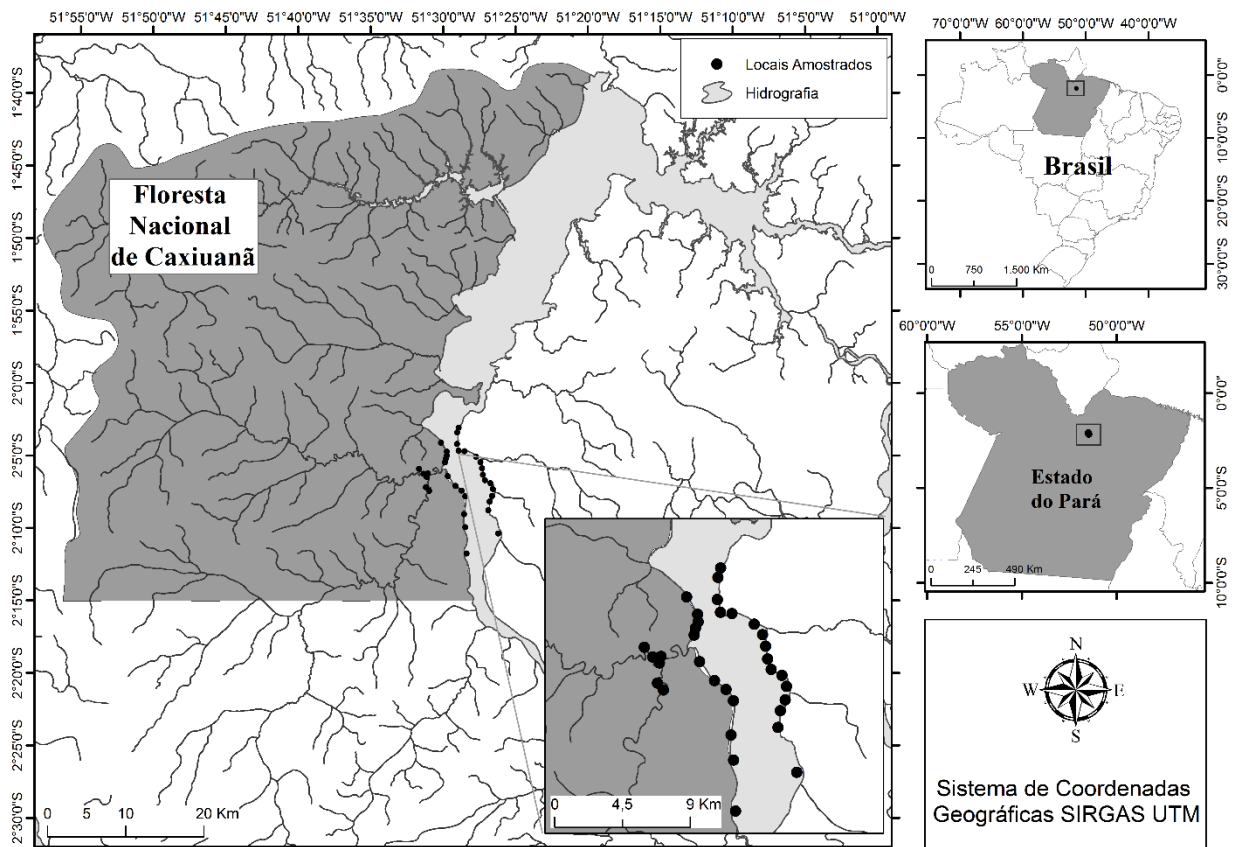
148

149

150 **Amostragem**

151 *Amostragem dos bancos de macrófitas (BM)*

152 A coleta foi realizada em 34 bancos de macrófitas (BM) com distância mínima de
153 1 km (Figura 1). A riqueza de espécies de macrófitas por banco foi estimada com o uso
154 de um quadrado confeccionado de cano de PVC de 1m², onde mensuramos a riqueza,
155 através de observação visual em cada local, e a abundância, anotando a porcentagem de
156 cobertura das espécies encontradas dentro da parcela (Figura 2).



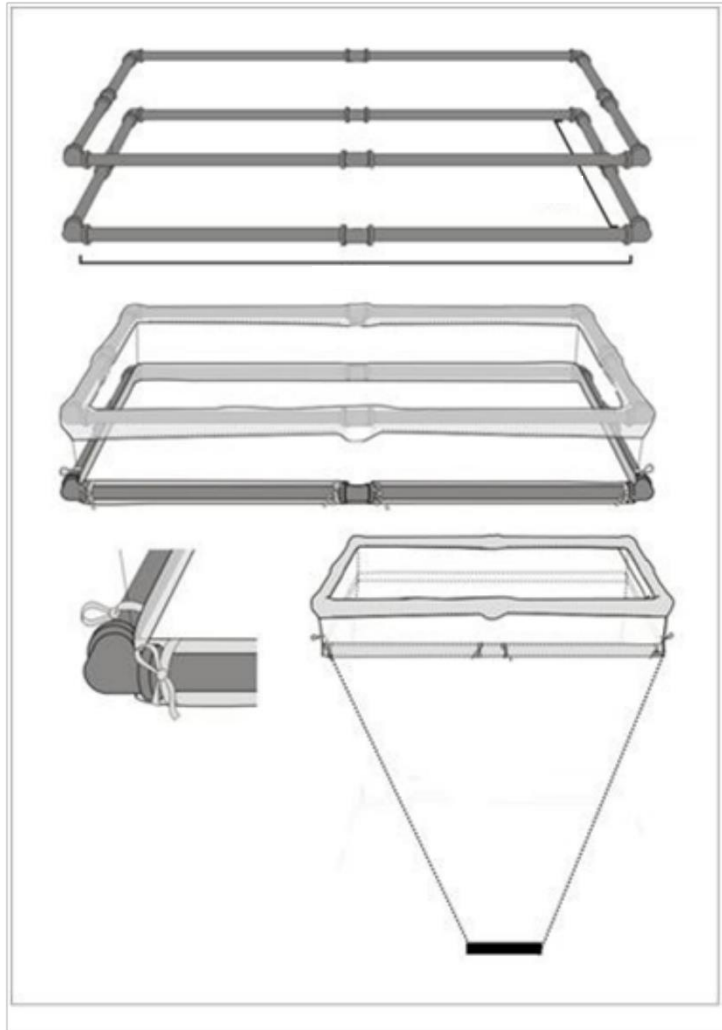
157

158 **Figura 1.** Localização dos 34 pontos amostrais de macrófitas na Baía dos Botos e na
 159 foz do rio Pracupi, Baixo Rio Anapu, Amazônia Oriental.

160

161 *Amostragem ictiofauna*

162 A fim de capturar as espécies de peixes associadas aos bancos de macrófitas,
 163 utilizamos uma armadilha confeccionada a partir de um molde de PVC idêntico ao
 164 anterior (1x1 m) cujos lados e o fundo foram fechados com uma rede de malha (1mm) e
 165 profundidade 1,5 m (Figura 2). A rede foi submergida sob o banco de macrófitas, e em
 166 seguida erguida rapidamente para a captura dos peixes. Os indivíduos capturados foram
 167 anestesiados em solução de Eugenol e óleo de cravo (cf. *American Veterinary Medical*
 168 *Association*, 2013), fixados em solução de formalina 10% e após 48h transferidos para
 169 álcool 70%. A identificação dos indivíduos foi realizada ao menor nível taxonômico
 170 possível usando chaves de identificação (Kullander e Silfvergrip, 1991, Sleen e Albert,
 171 2018) e auxílio de especialistas.



172

173 **Figura 2.** Esquema da armadilha utilizada para coleta da ictiofauna nos bancos de
 174 macrófitas no Baixo rio Anapu, Amazônia Oriental. Imagem da armadilha baseada em
 175 Cunha et al. (2012).

176

177 *Características funcionais*

178 Para as características funcionais, tomamos medidas morfológicas de no mínimo
 179 cinco indivíduos adultos de tamanho similar por espécie identificada (Winemiller, 1991),
 180 com a finalidade de reduzir o efeito de alterações morfológicas causadas por alometria no
 181 crescimento (Novakowski et al., 2004). Uma das categorias mais comuns de dimorfismo
 182 sexual em peixes é a variação no tamanho do corpo (Rapp Py-Daniel e Cox Fernandes,
 183 2005), onde machos podem ser maiores que fêmeas (Fletcher, 1999) ou fêmeas podem
 184 ser maiores que machos (Baras, 1999). vice versa (Baras, 1999).

185 As medidas morfológicas lineares e as áreas relacionadas ao tronco, nadadeiras,
 186 cabeça, olhos e boca dos peixes foram tomadas com base em informações presentes em
 187 Winemiller (1991), Norton (1995) e Soares et al. (2013). A partir de cada exemplar, foram

188 obtidas 16 medidas morfológicas (Material Suplementar - Figura S1 e Tabela S1) que
189 posteriormente foram convertidas em seis atributos ecomorfológicos, tais como: Índice
190 de compressão do pedúnculo caudal, Orientação da boca, Área relativa da nadadeira
191 peitoral, Índice de compressão do corpo, Largura relativa da boca, Razão aspecto da
192 nadadeira peitoral (Material Suplementar - Tabela S2), que tiveram base em
193 interpretações funcionais relacionadas com a especialização dos peixes ao fluxo d'água,
194 capacidade de natação, posição ocupada na coluna d'água, tamanho da presa (Cassatti e
195 Castro, 2006).

196 As medidas foram mensuradas do lado esquerdo em linha reta entre ponto e
197 ponto, utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,1 mm. As medidas de áreas
198 dos olhos e das nadadeiras foram obtidas a partir dos desenhos do contorno das estruturas
199 sobre um papel milimetrado, após fixação e distensão do material (Cassatti e Castro,
200 2006), posteriormente foram digitalizados e mensurados através do software *Image J*
201 (Schneider et al., 2012). Para diminuir a manipulação dos exemplares e não causar
202 deformações e/ou danos na sua estrutura corporal durante a medição e delimitação das
203 áreas, as medidas morfométricas foram tomadas utilizando-se alfinetes fixados nos
204 marcos anatômicos dos espécimes que foram colocados sobre uma placa forrada com
205 papel milimetrado.

206

207 *Grupos Tróficos Funcionais (GTF)*

208 Além dos atributos morfológicos, utilizamos também grupos tróficos funcionais que
209 foram baseados em Brejão et al. (2013). Os GTF comparam as estruturas das assembleias
210 em diferentes ambientes, agrupando informações sobre características de alimentação das
211 espécies de peixes. (Sabino e Zuanon, 1998; Brejão et al., 2013 Cunha, 2014). Foram
212 classificados 14 grupos funcionais tróficos, baseados em táticas alimentares, buscando
213 encontrar informações das espécies até o menor nível taxonômico possível (Material
214 Suplementar - Tabela S3).

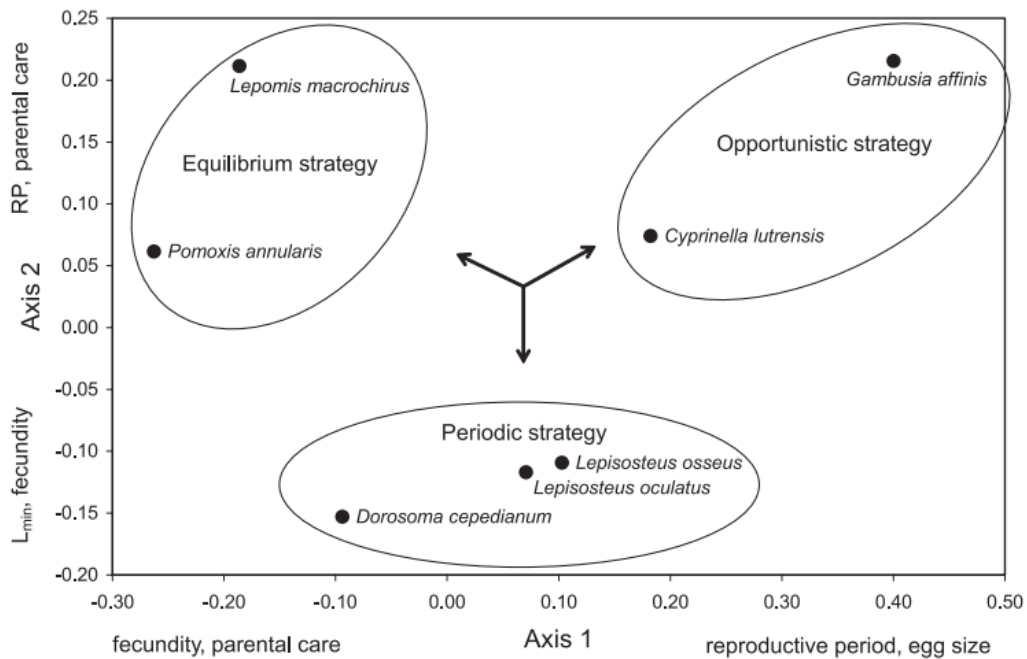
215

216 *História de vida (HV)*

217 Utilizamos também atributos sobre a história de vida das espécies de peixes,
218 segundo Zeug e Winemiller (2007), onde em seu estudo analisou características dessas
219 espécies em três grupos, que foram, Estratégia de equilíbrio, Estratégia oportunista e
220 Estratégia periódica, relacionados a táticas reprodutivas. Em nosso estudo, utilizamos
221 apenas dois, Estratégia oportunista e Estratégia de equilíbrio, devido as espécies coletadas

222 na região estudada não apresentarem táticas do grupo Estratégia periódica (Figura 3).

223 **Figura 3.** Espécies de peixes baseadas em características de história de vida, segundo Zeug e
224 Winemiller, 2007.



225

226 **Análise de dados**

227 No primeiro momento foi verificado se os pontos amostrais estavam espacialmente
228 auto correlacionados para evitar pseudoréplicas entre os bancos de macrófitas. Para isso,
229 as coordenadas geográficas (em graus decimais) dos bancos de macrófitas, foram
230 transformadas em uma matriz de distância euclidiana, comumente utilizada em análises
231 de ordenação, e submetida a uma Análise de Coordenadas Principais de Matrizes
232 Vizinhas (PCNM) (Borcard e Legendre, 2002; Borcard et al., 2004; Dray et al., 2006).
233 Após essa etapa foi aplicada uma Análise de Redundância (RDA), onde foram utilizadas
234 duas matrizes de dados: matriz de abundância de peixes (variável dependente) e matriz
235 espacial (variável exploratória) gerada pela PCNM. A RDA mostrou uma baixa
236 correlação entre os pontos amostrais ($r^2=0,22$), mostrando que não existe correlação entre
237 eles, com esse resultado as próximas análises podem continuar.

238 A heterogeneidade de cada banco de macrófitas aquáticas foi avaliada através do
239 Índice de Shannon, que mede a diversidade, que aqui será considerada como uma medida
240 de heterogeneidade, e leva em consideração a riqueza das espécies e a abundância (% de
241 cobertura) em seu cálculo (Magurran, 1988). Em sua fórmula ($H=\sum pi.Ln.pi$), onde, pi
242 consiste na abundância relativa (proporção) da espécie na amostra. Utilizamos a

243 porcentagem de cobertura de cada espécie de macrófita dentro da parcela nos pontos
244 amostrais, como a abundância relativa (π) e analisamos através da fórmula para obtermos
245 os valores da diversidade das diferentes espécies de macrófitas e assim avaliarmos o
246 efeito da heterogeneidade desses bancos sobre a ictiofauna.

247 Para investigar a relação entre a heterogeneidade, abundância, riqueza e as
248 características funcionais de peixes, utilizamos regressões lineares (Zar, 1990), onde a
249 heterogeneidade foi usada como variável preditora e a diversidade taxonômica (riqueza,
250 abundância e composição das espécies) e características funcionais (Lavorel et al., 2008)
251 como variáveis respostas.

252 Para avaliar a heterogeneidade dos bancos de macrófitas sobre a diversidade
253 taxonômica, utilizamos uma matriz com os valores de heterogeneidade dos bancos nos
254 34 pontos amostrais e relacionamos em duas regressões lineares separadamente com as
255 matrizes de riqueza e abundância das espécies de peixes.

256 Para a composição das espécies de peixes utilizamos a Análise de Coordenadas
257 Principais (PCoA) para analisarmos quão distribuídas estavam as espécies dentro dos
258 bancos de macrófitas.

259 A diversidade funcional foi medida através dos atributos ecomorfológicos dos
260 peixes, das características de história de vida e grupos tróficos funcionais, onde utilizamos
261 o Índice médio ponderado pela comunidade (CWM) (Lavorel et al., 2008) utilizando as
262 funções do pacote FD (Laliberté et al., 2014) no ambiente R (*R Development Core Team*,
263 2013). Para isso, duas matrizes foram produzidas, uma com a abundância relativa e outra
264 com os atributos ecomorfológicos (relacionadas a locomoção e táticas alimentares),
265 juntamente com as características de história de vida e grupos tróficos funcionais dos
266 peixes.

267 Utilizamos o CWM para calcular a correlação dessas duas matrizes, este índice
268 corresponde a abundância relativa de cada característica dentro da comunidade estudada,
269 e foi calculado relacionando a matriz de atributos das espécies com a matriz relativa de
270 abundância de espécies (Violle et al., 2007). Após o cálculo do CWM, obteve-se uma
271 matriz das comunidades estudadas por atributos funcionais. Em seguida esses valores
272 foram analisados separadamente em regressões lineares, com a heterogeneidade com
273 preditora, ou seja, analisamos cada atributo ecomorfológico separadamente, onde
274 resultou em oito regressões, baseada nos seis atributos ecomorfológicos e dois atributos,
275 um de história de vida e outro de grupos tróficos funcionais da ictiofauna. A abundância
276 relativa foi avaliada dividindo o número de indivíduos coletados de cada espécie pelo

277 número total de indivíduos em cada amostra.

278 Todas as análises foram realizadas no software de estatística R (*R Development*
279 *Core Team*, 2013), utilizando os pacotes *vegan* (Oksanen et al., 2016), *FD* (Laliberté,
280 Legendre, e Shipley, 2014).

281

282 **RESULTADOS**

283 **Macrófitas aquáticas**

284 Foram identificadas 16 espécies de macrófitas aquáticas nos 34 pontos amostrais,
285 divididos em 13 famílias (Tabela 1). A espécie que apresentou maior porcentagem de
286 cobertura foi *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, variando de 30 a 100% de cobertura nos
287 34 pontos, seguida da espécie *Eichhornia crassipes* (Mart.) que variou de 5 a 50% em 16
288 pontos. As espécies mais frequentes nos bancos foram *Eichhornia azurea*, *Eichhornia*
289 *crassipes* e *Paspalum repens* (P. J. Bergius). Os grupos morfológicos foram: flutuantes
290 livres e flutuantes enraizadas (Tabela 1). Em média o valor da heterogeneidade dos
291 bancos de macrófitas foi de $H' = 0,29$, com o mínimo de 0 e o máximo de 0,52 (Tabela
292 2).

293

294 **Tabela 1.** Espécies de macrófitas aquáticas identificadas nos 34 bancos de macrófitas da
295 Baía dos Botos e no baixo
296 Rio Pracupi, no baixo Anapu, Amazônia Oriental. Apresentando sua frequência nos
297 bancos e a qual grupo morfológico pertence.

| Família | Espécie | Freq. (%) | Grupo Morfológico |
|------------------|--|------------------|--------------------------|
| Poaceae | <i>Paspalum repens.</i> (P.J.Bergius) | 60 | Flutuantes enraizadas |
| Cyperaceae | <i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. e Kunth) | 20 | Epífita |
| Araceae | <i>Pistia stratiotes</i> (L.) | 30 | Flutuantes livres |
| Salviniaceae | <i>Salvinia auriculata</i> (Aubl) | 10 | Flutuantes livres |
| | <i>Salvinia mínima</i> (Baker) | 5 | Flutuantes livres |
| | <i>Salvinia biloba</i> (Raddi) | 5 | Flutuantes livres |
| Pontederiaceae | <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) | 70 | Flutuantes livres |
| | <i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth | 100 | Flutuantes livres |
| Hydrocharitaceae | <i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. e Bonpl.) | 2 | Flutuantes livres |
| Azollaceae | <i>Azolla</i> sp. | 2 | Flutuantes livres |
| Fabaceae | <i>Vigna</i> sp. | 1 | Emergente |

| | | | |
|------------------|---|----|----------------------------------|
| Ceratophyllaceae | <i>Ceratophyllum</i> sp. | 5 | Submersas livres |
| Nymphaeaceae | <i>Nymphaea amazonum</i> (Mart. e Zucc.) | 10 | Flutuantes enraizadas |
| Cabombaceae | | 5 | Enraizadas com folhas emergentes |
| | <i>Cabomba furcata</i> (Shult. e Shult. F.) | | |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea cf. asarifolia</i> (Desr) | 3 | Epífita |
| Amaranthaceae | <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart. Griseb) | 3 | Liana |

298

299

300 **Tabela 2.** Riqueza ($S_{\text{macrófita}}$) e heterogeneidade ambiental (H') das espécies de macrófitas
 301 nos 34 pontos amostrais, bem como a riqueza (S_{peixe}) e abundância (N_{peixe}) da Ictiofauna
 302 nos bancos de macrófitas no Baixo Rio Anapu.

| UA | $S_{\text{macrófita}}$ | H' | S_{peixes} | N_{peixe} |
|------|------------------------|-------|---------------------|--------------------|
| ua1 | 5 | 0.463 | 1 | 2 |
| ua2 | 6 | 0.432 | 1 | 2 |
| ua3 | 4 | 0.46 | 2 | 1 |
| ua4 | 6 | 0.473 | 2 | 1 |
| ua5 | 6 | 0.526 | 1 | 2 |
| ua6 | 6 | 0.442 | 1 | 2 |
| ua7 | 5 | 0.278 | 4 | 3 |
| ua8 | 5 | 0.342 | 2 | 2 |
| ua9 | 2 | 0.22 | 1 | 5 |
| ua10 | 5 | 0.352 | 2 | 2 |
| ua11 | 2 | 0.11 | 3 | 2 |
| ua12 | 2 | 0.14 | 2 | 2 |
| ua13 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| ua14 | 2 | 0.237 | 1 | 2 |
| ua15 | 2 | 0.23 | 3 | 6 |
| ua16 | 3 | 0.304 | 3 | 12 |
| ua17 | 2 | 0.216 | 1 | 1 |
| ua18 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| ua19 | 2 | 0.226 | 1 | 2 |
| ua20 | 2 | 0.163 | 2 | 3 |
| ua21 | 2 | 0.195 | 4 | 5 |
| ua22 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| ua23 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| ua24 | 4 | 0.494 | 1 | 1 |
| ua25 | 5 | 0.405 | 2 | 1 |
| ua26 | 5 | 0.256 | 1 | 1 |
| ua27 | 2 | 0.195 | 1 | 4 |
| ua28 | 3 | 0.242 | 3 | 5 |
| ua29 | 3 | 0.242 | 2 | 2 |
| ua30 | 6 | 0.485 | 3 | 2 |
| ua31 | 4 | 0.346 | 3 | 3 |
| ua32 | 5 | 0.53 | 3 | 5 |
| ua33 | 4 | 0.383 | 2 | 6 |
| ua34 | 6 | 0.489 | 2 | 2 |

303

304 **Diversidade taxonômica da ictiofauna**

305 Foram coletados 108 indivíduos de peixes, divididos em 10 famílias e 21 espécies.

306 A espécie mais abundante foi *Hemigrammus ocellifer*, com 25 indivíduos (23,1%)
 307 seguida de *Laimosemion strigatus* com 12 indivíduos (11,1%) (Tabela 3).

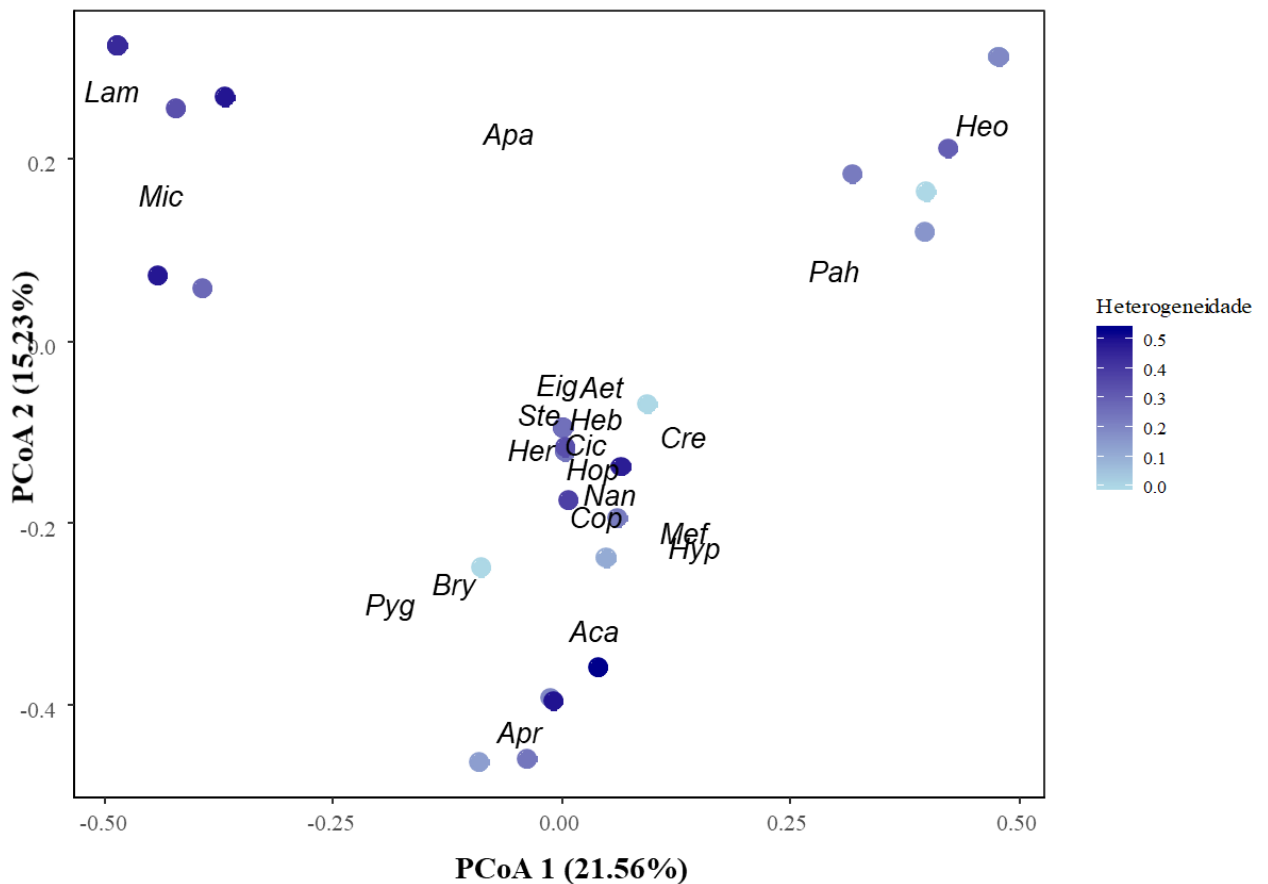
308

309 **Tabela 3.** Composição taxonômica e abundância da ictiofauna coletada nos bancos de
 310 macrófitas na Baía dos Botos no baixo Anapu, Amazônia Oriental.

| Ordem/Família/Espécie/Autoridade | Acrônimos | Abundância |
|---|-----------|------------|
| CHARACIFORMES | | 46 |
| Characidae | | 30 |
| <i>Hemigrammus bellottii</i> (Steindachner, 1882) | Heb | 5 |
| <i>Hemigrammus ocellifer</i> (Steindachner, 1882) | Heo | 25 |
| Crenuchidae | | 3 |
| <i>Crenuchus spilurus</i> (Günther, 1863) | Cre | 1 |
| <i>Microcharacidium eleotrioides</i> (Géry, 1960) | Mic | 2 |
| Erytrinidae | | 1 |
| <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794) | Hop | 1 |
| Iguanodectidae | | 1 |
| <i>Bryconops</i> sp. | Bry | 1 |
| Lebiasinidae | | 3 |
| <i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1952) | Cop | 3 |
| Serrasalminidae | | 7 |
| <i>Pygocentrus</i> sp. | Pyg | 7 |
| CYPRINODONTIFORMES | | 30 |
| Poeciliidae | | 7 |
| <i>Pamphorichthys hasemani</i> (Henn, 1916) | Pah | 7 |
| Rivulidae | | 12 |
| <i>Laimosemion strigatus</i> (Regan, 1912) | Lam | 12 |
| GYMNOTIFORMES | | 7 |
| Sternopygidae | | 2 |
| <i>Eigenmannia</i> sp. | Eig | 1 |
| <i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch e Schneider, 1801) | Ste | 1 |
| Hypopomidae | | 5 |
| <i>Hypopygus lepturus</i> (Hoedeman, 1962) | Hyp | 5 |
| CICHLIFORMES | | 25 |
| Cichlidae | | 25 |
| <i>Acaronia cf. nassa</i> (Heckel, 1840) | Aca | 4 |
| <i>Aequidens tetramerus</i> (Heckel, 1840) | Aet | 2 |
| <i>Apistogramma agassizii</i> (Steindachner, 1875) | Apa | 2 |
| <i>Apistogramma</i> gr. <i>regani</i> (Kullander, 1980) | Apr | 6 |
| <i>Cichlasoma amazonarum</i> (Kullander, 1983) | Cic | 1 |
| <i>Heros</i> sp. | Her | 1 |
| <i>Mesonauta festivus</i> (Heckel, 1840) | Mef | 5 |
| <i>Nannacara taenia</i> (Regan, 1912) | Nan | 4 |
| Total | | 108 |

311

312 A hipótese de que a heterogeneidade afeta positivamente a diversidade
 313 taxonômica em relação a abundância ($R^2 = 0,00$; $p = 0,970$) e a riqueza ($R^2 = 0,0$ $p =$
 314 $0,685685$) de peixes não foi corroborada. No entanto, verificamos uma variação da
 315 composição de espécies em relação a heterogeneidade. A relação entre a heterogeneidade
 316 e a composição da ictiofauna através dos dois primeiros eixos da PCoA, 21,56%, 15,23%
 317 mostraram que as espécies *Laimosemion strigatus* e *Microcharacidium eleotrioides* estão
 318 relacionadas a bancos mais heterogêneos, enquanto que alguns ciclídeos como: *Heros* sp.,
 319 *Acaronia* cf. *nassa*, *Mesonauta festivus* e *Bryconops* sp. estão mais relacionados com
 320 ambientes com baixa heterogeneidade (Figura 4).



321
 322 **Figura 4.** Composição das espécies de peixes relacionadas a heterogeneidade dos bancos
 323 de macrófitas, nos dois primeiros eixos da PCoA.

324
 325 **Características funcionais da Ictiofauna**

326 Os resultados para os atributos funcionais relacionados a história de vida (HV),
 327 demonstraram predominância de 60% dos indivíduos coletados com estratégia
 328 oportunista, espécies com características relacionadas ao período reprodutivo, tamanho
 329 dos ovos, seguidas de espécies com estratégia de equilíbrio, que possuem cuidado

330 parental. Para os GTF, obtivemos sete grupos tróficos para as 21 espécies coletadas neste
 331 estudo. A ordem Characiformes foi a mais abundante, contendo espécies com hábitos
 332 alimentares de remanso diurnos, espécies predadores e de perseguição, seguidas de
 333 espécies da ordem Cichliformes com hábitos alimentares escavador, seletor e navegador.
 334 Para as outras ordens obtivemos táticas alimentares como seletores de invertebrados
 335 diurnos e de superfície diurna (Material Suplementar - Tabela S4).

336 Os resultados da relação entre a heterogeneidade e as características de história de
 337 vida e de grupos tróficos funcionais não foram significativos (Tabela 4). Dos seis
 338 atributos ecomorfológicos, apenas dois atributos obtiveram relação positiva e
 339 significativa com a heterogeneidade, esses atributos ecomorfológicos estão ligados a
 340 locomoção das espécies de peixes, que são, o índice de compressão do pedúnculo caudal
 341 (ICPC) ($R^2 = 0,38$; $p = 0,01$) e o aspecto proporcional da nadadeira peitoral (RANP) (R^2
 342 $= 0,15$, $p = 0,02$) os quais estão relacionados a velocidade do nado das espécies, podendo
 343 ser nado ativo ou nado lento nos ambientes onde essas espécies habitam (Figura 5 e 6).

344

345 **Tabela 4.** Relação entre a heterogeneidade dos bancos de macrófitas sobre os atributos
 346 funcionais das assembleias de peixes na baía dos botos e na foz do rio Pracupi, baixo
 347 Anapu.

| Atributos funcionais | Sigla | Tipo de Dados | (p) |
|----------------------|-------|---------------|-------|
| Locomoção | ICPC | Quantitativos | 0,01* |
| | RANP | Quantitativos | 0,02* |
| | ICC | Quantitativos | 0,68 |
| | ARNP | Quantitativos | 0,78 |
| | LRB | Quantitativos | 0,33 |
| Táticas alimentares | OB | Quantitativos | 0,23 |
| | GTF | Catagóricos | 0,47 |
| História de vida | LH | Catagóricos | 0,21 |

* Valor significativo ($p < 0,05$).

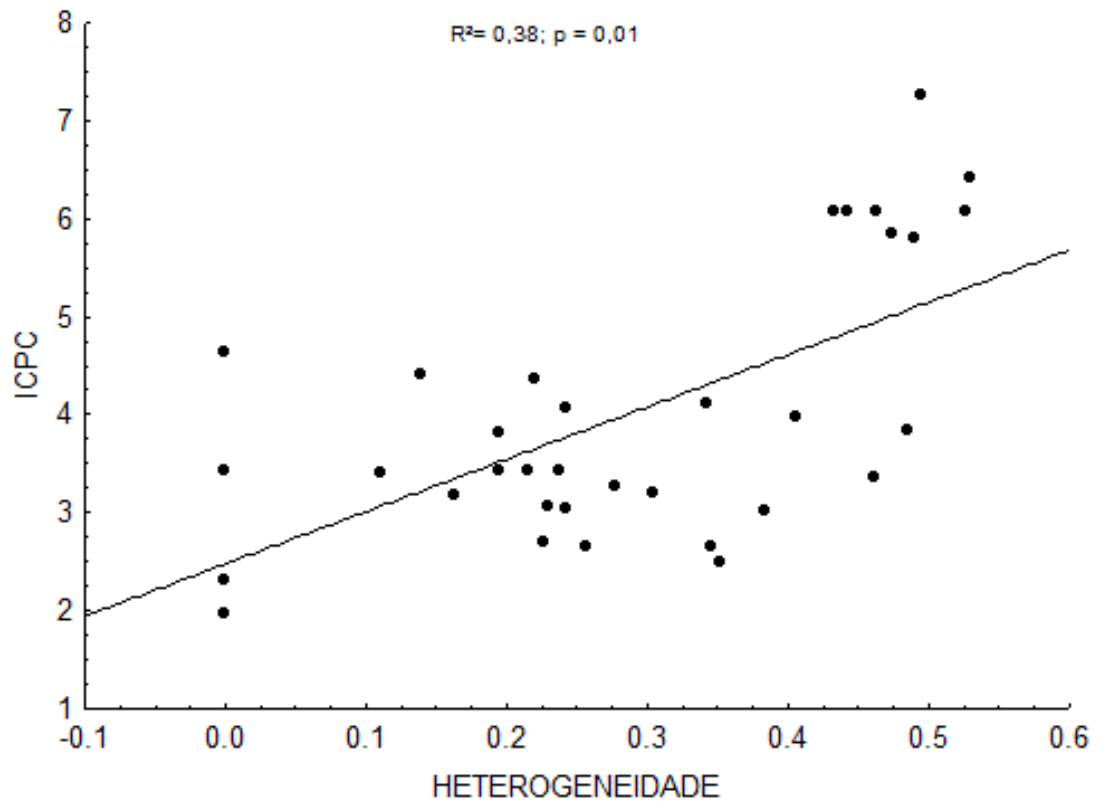
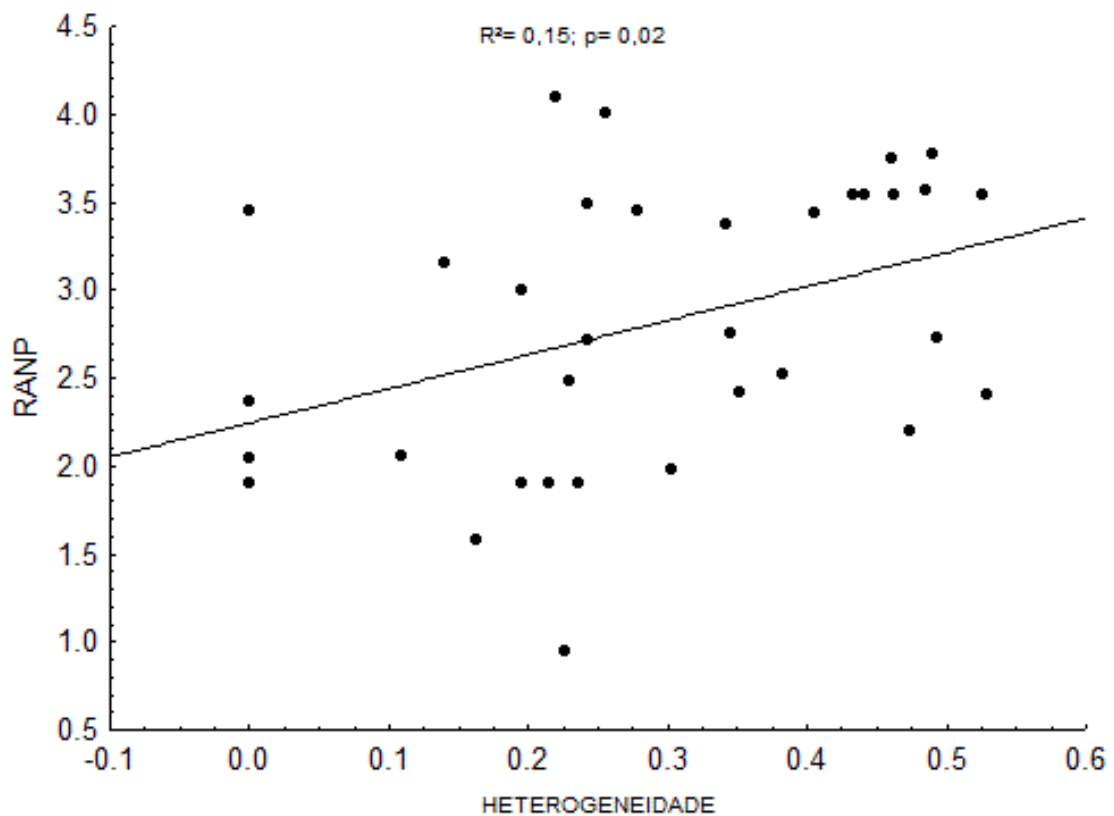


Figura 5. Relação do atributo funcional de locomoção, o Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal das espécies de peixes com a heterogeneidade dos bancos de macrófitas.



348 **Figura 6.** Relação do atributo funcional de locomoção (aspecto proporcional da
 349 nadadeira peitoral) das espécies de peixes com o a heterogeneidade dos bancos de
 350 macrófitas.

351

352 **DISCUSSÃO**

353 Nesse trabalho a hipótese de que o aumento da heterogeneidade dos bancos de
 354 macrófitas afetaria positivamente a diversidade taxonômica e os características funcionais
 355 foi parcialmente corroborada, pois esse efeito foi significativo somente para dois
 356 características ligados a locomoção. Não encontramos efeito desta heterogeneidade sobre
 357 riqueza e abundância da ictiofauna, já em relação a composição de peixes, observamos
 358 que as espécies da ordem Characiformes e Cyprinodontiformes estão mais associadas a
 359 bancos mais heterogêneos.

360 A espécie de macrófita aquática com maior porcentagem de cobertura em todos os
 361 pontos amostrais da Baía dos Botos e no rio Pracupi foi *Eichhormia azurea* (Sw.) Kunth.
 362 Por ser encontrada em diferentes ambientes aquáticos, como lagos, rios e reservatórios, a
 363 espécie *E. azurea* (Dibble e Thomaz, 2006, Cunha et al., 2012, Dibble e Thomaz, 2009.)
 364 tem se mostrado muito importante em estudos relacionados a diferentes comunidades,
 365 como peixes, macroinvertebrados e aranhas. Por apresentar diferentes estruturas, como

366 suas raízes e caules longos, com folhas largas, a espécie *E. azurea*, quando associada a
367 outras espécies com estruturas diferentes como a espécie *Paspalum repens*, que possui
368 raiz mais curta e folhas mais estreitas, fornecem diferentes micro-habitat, atraindo uma
369 maior diversidade de espécies associadas (Camargo e Esteves, 1996; Ropke et al., 2014;
370 Lopes et al., 2015; Pômpeo, 2017). Essas duas espécies foram encontradas com
371 frequência juntas nos bancos estudados em Caxiuanã.

372 A heterogeneidade dos bancos de macrófitas está associada a presença de diferentes
373 espécies de plantas, que possuem diferentes estruturas morfológicas (como flutuantes,
374 submersas, emergentes, etc.) e que, dessa forma, aumentam a heterogeneidade nesse
375 ambiente (Taniguchi et al., 2003; Thomaz et al., 2008, Cunha et al., 2012; Lopes et al.,
376 2015). Locais com um número maior de espécies de macrófitas, com estruturas
377 morfológicas diferentes irão fornecer mais subsídios e micro-habitat para as espécies
378 associadas, enquanto que locais com espécies de macrófitas com morfologia mais similar
379 formarão ambientes com menor disponibilidade de micro-habitat (Esteves, 1988, Ropke
380 et al., 2014;). Essa importância da estruturação do habitat fornecida pelas macrófitas
381 influenciam várias comunidades associadas (Thomaz e Cunha, 2010), como plâncton,
382 invertebrados e peixes. Estudos demonstram a importância da relação entre macrófitas
383 aquática e comunidades de peixes, uma vez que bancos mais heterogêneos possuem
384 diversas estruturas, como folhas, caules e raízes para uso de algumas espécies. Apesar
385 dessa relação citada acima, nesse trabalho a heterogeneidade proporcionada pelas
386 macrófitas não apresentaram relação significativa com a riqueza e abundância de peixes,
387 e esse resultado foi diferente de outros estudos como de Dias et al. (2017) que encontrou
388 uma alta riqueza de peixes em locais com mais espécies de macrófitas e Gomes et al.
389 (2012), mostrou importância dos bancos de macrófitas sobre as estratégias de vida dessas
390 comunidades, e como estas influenciam nas espécies que sobrevivem nesses ambientes,
391 utilizando os recursos fornecidos pelas macrófitas para se manterem ali, desde o
392 nascimento até sua maturidade. Esse diferente resultado talvez se deve ao fato das
393 características locais, no qual a região do baixo Rio Anapu apresenta uma dinâmica
394 peculiar aos outros sistemas, pois, além sofrer influência de maré (Montag et al. 2018),
395 apresenta uma extensa área inundada permanente o que proporciona outros tipos de
396 habitats para a comunidade de peixes além das fornecidas pelas macrófitas aquáticas.

397 Neste estudo observamos que espécies de peixes pertencentes a ordem
398 Characiformes e Cyprinodontiformes, estavam associadas a bancos mais heterogêneos,
399 além dessas ordens, encontramos outras como, Cichliformes e Gymnotiformes, sendo

400 estas também registradas em estudos de heterogeneidade e complexidade de macrófitas
401 (Costa, 2006; Pelicice et al., 2008; Gomes et al., 2012; Dias et al., 2017). Essas espécies
402 de peixes possuem diferentes características para se manter nesses bancos, como forma
403 do corpo e características relacionadas a locomoção, como por exemplo, espécies da
404 ordem Gymnotiformes que possuem nado lento e corpo alongado possibilitando sua
405 locomoção entre as estruturas fornecidas pelas espécies de macrófitas (Bulla et al, 2004,
406 Machado-Allison, 1990; Henderson e Halmiton, 1995).

407 Dentre as espécies coletadas em nosso estudo, aquelas pertencentes a ordem
408 Characiformes, como por exemplo, espécie do gênero *Hemigrammus*, mais abundante
409 neste estudo, possui pequeno porte, permitindo que estas adentrem nas diferentes
410 estruturas dos bancos e consigam se adaptar a esses ambientes. E por algumas espécies
411 que possuem tolerância a baixas concentrações de oxigênio, como por exemplo, as traíras
412 *Hoplias malabaricus* (Winemiller 1992, Lopes et al., 2015, Petry et al., 2003, Dias et al.,
413 2017). Essas conseguem se adaptar a ambientes com altas densidades de macrófitas,
414 sendo extremamente resistentes a esses ambientes (Rantin et al., 1992; Bunch et al.,
415 2015). Outra espécie registrada que está associada a uma densa vegetação é *Laimosemion*
416 *strigatus*, pertencente a ordem Cyprinodontiformes, espécie de corpo alongado que
417 possui atributos para conseguir se locomover e habitar nesses ambientes (Costa, 2006).

418 A estrutura complexa provida pelos bancos de macrófitas são muito importante para
419 o funcionamento das comunidades de peixes que as habitam, uma vez que influenciam
420 em diferentes processos da comunidade, como alimentação (Pelicice e Agostinho, 2006),
421 abrigo (Gomes et al., 2012), meios para reprodução (Pacheco e Silva, 2009) e também
422 interações com outras espécies que ocorrem nesses ambientes (Priyadarshana et al., 2001;
423 Yu et al., 2016).

424 Procuramos através deste estudo, avaliar os efeitos da relação entre a
425 heterogeneidade dos bancos de macrófitas sobre as comunidades de peixes. Para isso,
426 utilizamos a diversidade taxonômica, porém, por esta ser limitada para entender a relação
427 da espécie com o ambiente, utilizamos também a diversidade funcional das espécies, que
428 associa atributos funcionais da comunidade para se adaptar ao ambiente (Flynn et al.
429 2009; Villéger et al. 2010; Mouillot et al. 2013; Martin et al., 2016; Leitão et al., 2018).

430 Atributos funcionais são importantes para entender qual a ligação da espécie com
431 o ambiente, verificando quais características fazem com que essa espécie se mantenha
432 nesse habitat. Essa abordagem é demonstrada em muitos estudos, com diferentes
433 espécies, como pássaros, peixes e besouros (Ribera et al., 2001; Hausner et al., 2003;

434 Pease et al., 2012, Ribeiro et al., 2016). Em nosso estudo, obtivemos a relação positiva
435 entre os atributos funcionais ligados a locomoção das espécies de peixes com a
436 heterogeneidade de bancos de macrófitas. Podemos observar que, quanto maior é o
437 aumento da heterogeneidade nos bancos, maior é a associação com espécies de peixes
438 que possuem maior capacidade de manobra, uma vez que essas espécies conseguem se
439 locomover entre as estruturas das macrófitas.

440 Além de maior capacidade de manobra, muitas dessas espécies também possuem
441 nado lento para sobreviver nesses locais, devido a este ambiente ser mais heterogêneo,
442 acabam formando estruturas complexas, que fazem com que espécies com atributos
443 adaptados se desloquem livremente dentro desse ambiente. Por obter essa capacidade de
444 manobra e nado lento, essas espécies conseguem se locomover e cobrir uma área maior
445 de forrageio, dentro dos bancos, minimizando os custos energéticos de percorrer grandes
446 distâncias (Webb, 1984; Carey et al., 2017). Dessa forma os bancos de macrófitas se
447 tornam importantes para diferentes processos das comunidades de peixes.

448

449 **CONCLUSÕES**

450 Podemos observar que a heterogeneidade fornecida pelas macrófitas aquáticas tem
451 importância para diferentes espécies de peixes, mas principalmente, para aquelas que
452 utilizam e dependem desses bancos. Observamos nesse estudo que algumas espécies de
453 peixes estão estritamente relacionadas as espécies de macrofitas, principalmente para as
454 que apresentam alta capacidade de manobrabilidade e assim conseguem utilizar as
455 macrófitas como recurso para refúgio, alimentação e abrigo.

456

457 **REFERÊNCIAS**

458

459 ABÍLIO, F. J. P; Fonseca-Gessner, A.A; Leite, R. L; Ruffo, T.L.M. Gastrópodes e
460 outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de
461 um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da*
462 *Terra*, vol. Supl., núm. 1, 2006, pp. 165-178, 2006.

463

464 AKHURSTA, D. J; Jones, G. B.; Clark, M.; Brushetta, A. R. Effects of fish and
465 macrophytes on phytoplankton and zooplankton community structure in a
466 subtropical freshwater reservoir. *Limnologica* 62 5–18, 2017.

467

468 ALVES, J. A. A; Tavares, A. S; Trevisan, R. Composição e distribuição de
469 macrófitas aquáticas na lagoa da Restinga do Massiambu, Área de Proteção
470 Ambiental Entorno Costeiro, SC. *Rodriguésia* 62(4): 785-801. 2011.
471

472 BARAS, E. Functional implications of early sexual growth dimorphism in vundu.
473 *Journal of Fish Biology*, 54 (1): 119-124. 1999.
474

475 BIALIC-MURPHY, L; Gaouel, O. G; Kawelo; K. Microhabitat heterogeneity and a
476 non-native avian frugivore drive the population dynamics of an island endemic
477 shrub, *Cyrtandradentata*. *Journal of Applied Ecology*, 54, 1469–1477. 2017.
478

479 BIRD, T. L. F; Dorman, M; Ramot, A; Bouskila, A; Kutiel, P. B; Groner, E. SHRUB
480 Encroachment Effects on Habitat Heterogeneity and Beetle Diversity in a
481 Mediterranean Coastal Dune System. *Land Degradation e Development*, 28: 2553–
482 2562. 2017.
483

484 BORCARD, D, Legendre P. All-scale spatial analysis of ecological data by means
485 of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecology Model.* 153:51-68. 2002
486

487 BORCARD, D, Legendre P, Avois-Jacquet C, Tuomisto H. Dissecting the spatial
488 structures of ecological data alt all scales. *Ecology.* 85(7):1826-1832. 2004.
489

490 BULLA, C. K.; Gomes, L. C.; Agostinho, A. A. Fauna associada a bancos flutuantes
491 de macrófitas. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), 6p.
492 2004.
493

494 BUCZYŃSKA, E; Czachorowski, S; Buczynski, P; Pakulnicka, J;Stepien, E;
495 Szlauer- Lukaszewska, A; Stryjecki, R; Zawal, A. Environmental heterogeneity at
496 different scales: key factors affecting caddisfly larvae assemblages in standing
497 waters within a lowlan driver catchment. *Journal of Limnology*; 76(2): 305-325.
498 2017.
499

500 BUNCH, A.J, Allen, M.S, Gwinn, D.C. Influence of macrophyte-induced hypoxia
501 on fish communities in lakes with altered hydrology. *Lake and Reservoir*

502 Management, 31:1, 11-19. 2015.
503
504 BURGESS, W. E. An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey
505 of the Siluriformes. Neptune, TFH Publications. 1989.
506
507 BREJÃO, G,L, Gerhard, P, Zuanon, J, Functional trophic composition of the
508 ichthyofauna of forest streams in eastern Brazilian Amazon. Neotropical
509 Ichthyology, 11(2): 361-373. 2013.
510
511 CASATTI, L., Langeani, F. e Castro, R.M.C. Peixes de riacho do Parque Estadual
512 Morro do Diabo, bacia do Alto rio Paraná, SP. Biota Neotropical 1:1-15. 2001
513
514 CASATTI, L; Castro, R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a
515 headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, south eastern Brazil.
516 Neotropical Ichthyology, 4(2):203-214, 2006.
517
518 CIANCIARUSO, M. V; Silva, I. A; Batalha, M. A. Diversidades filogenética e
519 funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. Biota Neotropica, vol.
520 9, no. 3, 2009.
521
522 COSTA-PEREIRA, R; Araújo, M. S; Paiva, F. Tavares, L. E. R, Functional
523 morphology of the tetra fish *Astyanax lacustres* differs between divergent habitats in
524 the Pantanal wetlands. Journal of Fish Biology 89, 1450–1458. 2016.
525
526 CUNHA, E, R; Thomaz, S, M; Mormul, R, P; Cafofo, E, G; Bonaldo, A, B.
527 Macrophyte Structural Complexity Influences Spider Assemblage Attributes in
528 Wetlands. Wetlands 32:369–377. 2012.
529
530 CUNHA, C, F. Efeito da Monocultura de Dendezeiro (*Elaeis guineensis* JACQ.) na
531 Integridade Física e nas Assembleias de peixes de igarapés da Amazônia Oriental.
532 2014. 70 pag. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca). Universidade
533 Federal do Pará/ Instituto de Ciências Biológicas.
534
535 CHOI, J; Jeong, K; Kima, S; Lac, G; Chang, K.; Jooa, G. Role of macrophytes as

536 microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater ecosystems of South
537 Korea. *Ecological Informatics* 24, 177–185, 2014.

538

539 CHAKRABARTY, P; Douglas, M. E. Testing Conjectures about Morphological
540 Diversity in Cichlids of Lakes Malawi and Tanganyika. *Copeia*: Vol. 2005, Issue 2,
541 pg (s) 359- 373. 2005.

542

543 DIAS, R. M; Silva, J. C. B. da; Gomes, L. C; Agostinho, A. A. Effects of macrophyte
544 complexity and hydrometric level on fish assemblages in a Neotropical floodplain.
545 *Environmental Biology Fish* ,100:703–716. 2017.

546

547 DIBBLE, E. D; Thomaz, S. M.A. Simple Method to Estimate Spatial Complexity in
548 Aquatic Plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol.49, n. 3: pp.
549 421- 428, 2006.

550

551 DIBBLE, E. D; Thomaz, S. M.A. Use of Fractal Dimension to Assess Habitat
552 Complexity and Its Influence on Dominant Invertebrates Inhabiting Tropical and
553 Temperate Macrophytes. *Journal of Freshwater Ecology*, volume 24, n. 1. 2009.

554

555 DRAY, S, Legendre P, Peres-Neto PR. Spatial modelling: a comprehensive
556 framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecol*
557 *Model*.196:483-493. 2006.

558

559 ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência:
560 INEP.1988b. 575 p.

561

562 FERREIRO, N, Feijoo, C; Giorgi, A; Leggieri L. Effects of macrophyte
563 heterogeneity and food availability on structural parameters of the macroinvertebrate
564 community in a Pampean stream. *Hydrobiologia* 664:199–211, 2011.

565

566 FERREIRO, N; Giorgi, A;Feijoo, C.Effects of macrophyte architecture and leaf
567 shape complexity on structural parameters of the epiphytic algal community in a
568 Pampean stream. *Aquatic Ecology*, 47:389–401, 2013.

569

570 FLYNN, D. F. B, Prokurat, G.M, Nogueira, T, Molinari, N, Richers, B. T, Lin, B.B,
571 Simpson, N, Mayfield, M.M, DeClerck, F. Loss of functional diversity under land
572 use intensification across multiple taxa. – *Ecol. Lett.* 12: 22–33.2009.
573

574 FORTNEY, R. H.; Benedict, M; Gottgens, J. F; Walters, T. L; Leady, B. S; Rentch,
575 J. Aquatic plant community composition and distribution along an inundation
576 gradient at two ecologically-distinct sites in the Pantanal region of Brazil. *Wetlands*
577 *Ecology and Management* 12: 575–585, 2004.
578

579 FREIRY, R. F; Esquinatti, F. M; Stenert, C; Arenzon, A; Nielsen D. L; Maltchik, L.
580 Effects of spatial scale and habitat on the diversity of diapausing wetland
581 invertebrates. *Aquatic Biology*. Vol. 25: 173–181, 2016.
582

583 GATZ JR., A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Studies*
584 *in Zoology and Botany*, 21: 91-124. 1979.
585

586 GOMES, L. C.; Bulla, C. K.; Agostinho, A. A.; Vasconcelos, L. P.; Miranda, L. E.
587 Fish assemblage dynamics in a Neotropical floodplain relative to aquatic
588 macrophytes and the homogenizing effect of a flood pulse. *Hydrobiologia*, 685:97–
589 107, 2012.
590

591 HART, D. D. e R. J. Horwitz . Habitat diversity and the species–area relationships:
592 alternative models and tests. In: Bell, S. S., E. D. McCoy e H. R. Mushinsky (eds)
593 *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. Chapman and Hall,
594 London, pp 3–27. 1991
595

596 HENDERSON, P.A, Hamilton, H, F. Standing crop and distribution of fish in
597 drifting and attached floating meadow within an Upper Amazonian varzea lake.
598 *Journal of Fish Biology*, 47, 266–276. 1995.
599

600 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, *Geografia do Brasil: Região*
601 *Norte 1*: 466 p. SERGRAF; IBGE, Rio de Janeiro, 1977.
602

603 KEENLEYSIDE, M. H. A. *Diversity and Adaptations in Fish Behaviour*. Berlin,

604 Springer-Verlag. 1979.

605

606 LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. e SHIPLEY, B. FD: measuring functional
607 diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package,
608 version 1.0-12. 2014.

609

610 LAVOREL S, Grigulis K, McIntyre S, Williams NSG, Garden D, Dorrough J,
611 Berman S, Quétier F, Thébault A, Bonis A. Assessing functional diversity in the
612 field – methodology matters!, *Functional Ecology*, 22: 134-147. 2008.

613

614 LEITÃO, R. P., Zuanon, J, Mouillot, D, Leal, C. G, Hughes, R.M, Kaufmann, P. R,
615 Villéger, S, Pompeu, S. P, Kasper, D, Paula, F. R, Ferraz, S. F. B, Gardner, T. A.
616 Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish
617 assemblages in Amazon streams. *Ecography* 41: 219–232, 2018.

618

619 LOPES, T, M, Cunha, E, R, Silva JCB, Behrend RDL, Gomes LC. Dense
620 macrophytes influence the horizontal distribution of fish in floodplain lakes.
621 *Environmental Biology Fish* 98:1741–1755. 2015

622

623 MARTHUR, R, H; MARTHUR, J, W. ON BIRD SPECIES DIVERSITY.
624 *Ecology*, Vol. 42, No. 3. 1961.

625

626 MACHADO-ALLISON, A. Ecologia de los peces de las áreas inundables de los
627 llanos de Venezuela, *Interciência*, 15:411-412. 1990.

628

629 MAGURRAN, A, E. Diversidad ecológica y su medición. Barcelona: Vedral, 200p.
630 1988.

631

632 MARTIN, E.C, Gido, K.B, Bello, N, Dodds, W.K, Veitch, A. Increasing fish
633 taxonomic and functional richness affects ecosystem properties of small headwater
634 prairie streams. *Freshwater Biology*, 61, 887–898. 2016.

635

636 MONTAG, L. F. A, Freitas, T. M. S, Wosiacki, W. B, Barthem, R. B. Os peixes da
637 Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará – Brasil).

638 Boletim. Museu. Paraense. Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém, v. 3, n. 1, p.
639 11-34, jan.- abr. 2008.
640

641 MONTAG, L. F. A.; Freitas, T. M. S.; Benone, N. L.; Ferreira, C. P.; Wosiacki, W.
642 B.; Barthem, R. B. 2013. Ecologia de peixes em um “quase-lago” da Amazônia
643 Oriental. In: Pedro Luis Braga Lisboa (org.). Caxiuanã: paraíso ainda preservado.
644 Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 656p. ISBN: 978-85-61377-69-4.
645

646 MOUILLOT, D, Graham, N. A. J, Villéger, S, Mason, N.W.H, Bellwood, D. R. A
647 functional approach reveals community responses to disturbances. – Trends Ecol.
648 Evol. 28: 167–177. 2013.
649

650 NORTON, B. G. Norton. Sustainability: A Philosophy of Adaptive Ecosystem
651 Managemen. Chicago: The University of Chicago Press,. p 140. 1995
652

653 NOVAKOWSKI, K. I; Torres, R ; Gardner, R. L; Voulgaris, G. Geomorphic
654 analysis of tidal creek networks. Water Resources Research, vol. 40, W05401, 2004.
655

656 PACHECO, E.B;Da-Silva, C.J. Fish associated with aquatic macrophytes in the
657 Chacororé-Sinhá Mariana Lake system and Mutum River, Pantanal of MatoGrosso,
658 Brazil. Braz. J. Biol., 69(1): 101-108, 2009.
659

660 PADIAL, A.A.; Hall, C. F.; Juen, L.; Jesus, J. D. N. de. Quantificando a arquitetura
661 dos ambientes: o que é mais complexo?.In: Curso de campo –Fazenda Tanguro –
662 MT, 2008. Relatório final. Mato Grosso: Programa de pós-graduação em Ecologia e
663 Evolução, Universidade Federal de Goiás, Querencia – MT, 2008, p. 98.
664

665 PELICICE, F. M; Thomaz, S. M; Agostinho, A. A. Simple relationships to predict
666 attributes of fish assemblages in patches of submerged macrophytes. Neotropical
667 Ichthyology, 6(4):543-550, 2008.
668

669 PEREIRA, M C, Delabie, J.H.C, Suárez, Y,R, Antonialli Junior, W F. Spatal
670 connectvity of aquatc macrophytes and flood cycle influence species richness of an
671 ant community of a Brazilian floodplain. 60(1): 41-49. 2013.

672

673 PETRY, A,C, Agostinho A,A, Gomes, L,C. Fish assemblages of tropical floodplain
674 lagoons: exploring the role of connectivity in a dry year. *Neotropical Ichthyology*
675 1:111–119. 2003.

676

677 PIERRE, J. I.; Kovalenko, K. E. Effect of habitat complexity attributes on species
678 richness. *Ecosphere* 5(2):22. 2014.

679

680 PINHEIRO, D. T; Corrêa, J. M. S; Chaves, C. S; Campos,D. P. F; Ponte, S. C. S. da;
681 Zacardi, D. M. Diversidade e distribuição da ictiofauna associada a bancos de
682 macrófitas aquáticas de um lago de inundação amazônico, estado do Pará, Brasil.
683 *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 4 (2): 59-70. 2016.

684

685 POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios
686 tropicais brasileiros. São Paulo; Instituto de Biociências da USP, 138 p. 2017.

687

688 PRADO, L. K.,Freitas, E. C., Oliveira, S. A., Assembléias de peixes associadas a
689 diferentes bancos de macrófitas aquáticas em lagos de várzea do baixo rio Solimões.
690 *Revista Colombiana de Ciência Animal* .1(2), 2009.

691

692 PRIYADARSHANA T, Asaeda T, Manatunge J. Foraging behaviour of
693 planktivorous fish in artificial vegetation: the effects on swimming and feeding.
694 *Hydrobiologia* 442:231–239. 2001.

695

696 R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R
697 Foundation of Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013.

698

699 RANTIN, F, T, Kalinin AL, Glass ML, Fernandes MN. Respiratory responses to
700 hypoxia in relation to mode of life of two erythrinid species (*Hoplias malabaricus*
701 and *Hoplias lacerdae*). *J Fish Biol* 41(5):805–812. 1992.

702

703 RAPP PY-DANIEL, L. H; Cox Fernandes, C. Dimorfismo sexual em Siluriformes
704 e Gymnotiformes (Ostariophysi) da Amazônia. *Acta Amazonica*, vol. 35(1): 97 –
705 110. 2005.

706
707 SABINO, J. e Zuanon, J. A stream fish assemblage in Central Amazonia:
708 distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*
709 8:201-210. 1998.
710
711 RIBERA, I., S. Dolédec, I. S. Downie e G. N. Foster. 2001. Effect of land
712 disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology*, 82:
713 1112-1129.
714
715 RICKLEFS, R. E. e I. J. Lovette. The roles of island area per se and habitat diversity
716 in the species–area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. *Journal of*
717 *Animal Ecology* 68: 1142–1160. 1999
718
719 RÖPKE, C. P; Ferreira E; Zuanon J. Seasonal changes in the use of feeding resources
720 by fish in stands of aquatic macrophytes in an Amazonian floodplain, Brazil.
721 *Environmental Biology of Fishes*. 97:401–414. 2014.
722
723 SAGOUIS, A; Jabot, F; Argillier, C. Taxonomic versus functional diversity metrics:
724 how do fish communities respond to anthropogenic stressors in reservoirs? *Ecology*
725 *Freshwater Fish*. 26:621–635. 2017.
726
727 SÁNCHEZ-BOTERO, J. I; Araújo-Lima, C. A. R. M. As macrófitas aquáticas como
728 berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta Amazônica* 31 (3): 437-
729 447, 2001.
730
731 SAZIMA, I. Similarities in feeding behavior between some marine and freshwater
732 fishes in two tropical communities. *J. Fish. Biol.* 29:53-65. 1986.
733
734 SILVA, R. J. da; Diniz, S; Vaz-de-Mello, F. Z. Heterogeneidade do Habitat, Riqueza
735 e Estrutura da Assembléia de Besouros Rola-Bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae)
736 em Áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. *Neotropical*
737 *Entomology*39(6):934-940 2010.
738
739 SOARES, B. E., Ruffeil, T. O. B., Montag, L. F. A. Ecomorphological patterns of

740 the fishes inhabiting the tide pools of the Amazonian Coastal Zone, Brazil.
741 Neotropical Ichthyology, v. 11, n. 4, p. 845-858, 2013.
742
743 SCHNEIDER, C. A; Rasband, W. S; Eliceiri K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years
744 of image analysis. Nature Methods vol .9 no.7, 2012.
745
746 TAKEDA, A. M., G. M. Souza-Franco, S. M. Melo e A. Monkolski (2003)
747 Invertebrados associados às macrófitas aquáticas da planície de inundação do
748 (Brasil). in: Thomaz, S. M. e L. M. Bini (ed.). Ecologia e Manejo de Macrófitas
749 Aquáticas. Maringá: Eduem, p. 243-260.
750
751 TANIGUCHI, H.S. Takano, S, Tokeshi, M. Influences of habitat complexity on the
752 diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. Freshwater Biology,
753 48, 718-728. 2003.
754
755 THOMAZ, S.M., Dibble, E.D., Evangelista, L.R., Higuti, J. and Bini, L.M. Influence
756 of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in
757 tropical lagoons. *Freshwater Biology*, vol. 53, p. 358-367. 2008
758
759 THOMAZ S.M, Cunha E.R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic
760 ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal
761 assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22: 218-
762 236. 2010.
763
764 VEJŘÍKOVÁ, I; Eloranta AP; Vejřík L; Samejkal, M; Čech, M; Sajdllová, Z;
765 Frouzova,J; Kiljunen, M; Peterka1, J. Macrophytes shape trophic niche variation
766 among generalist fishes. PLoS ONE 12(5). 2017.
767
768 VILLÉGER, S, Miranda, J.R, Hernández, D. F, Mouillot, D. Contrasting changes in
769 taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat
770 degradation. – *Ecol. Appl.* 20: 1512–1522. 2010.
771
772 ZAPATA, O. E. P. Influência do ambiente e da conectividade espacial nos
773 componentes α e β da diversidade funcional em assembleias de peixes do alto rio

774 Paraná, 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Anfiteatro Prof. "Keshiyu Nakatani",
775 Universidade Estadual de Maringá, 2016.
776

777 ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. Library of Congress Cataloging-in-Publication
778 Data. New Jersey. p.944. 1990.
779

780 WAINWRIGHT, P. C.; Bellwood, D. R.; Westneat, M. W. Ecomorphology of
781 locomotion in labrid fishes. *Environmental Biology of Fishes*, v. 65, n. 4, p. 47-62,
782 2002.
783

784 WATSON, D.J. e Balon, E.K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in
785 rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25: 371-384. 1984
786

787 WILLIS, S.C.; Winemiller, K.O.; Lopez-Fernandez, H. Habitat structural
788 complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical
789 floodplain river. *Oecologia* 142: 284–295. 2005.
790

791 WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification of freshwater fish
792 assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs* 61:343-365. 1991.
793

794 WINEMILLER, K.O. Life history strategies and the effectiveness of sexual
795 selection. *Oikos*, 62, 318–327. 1992.
796

797 ZEUG, S,C, Winemiller, K,O, Ecological correlates of fish reproductive activity in
798 floodplain rivers: a life-history-based approach. *Canadian Journal of Fisheries and*
799 *Aquatic Sciences*, 64: 1291-1301. 2007.
800

801 ZUANON, J. e Sazima, I. Free meals on long-distance cruisers: the vampire fish
802 rides giant catfishes in the Amazon. *Biota Neotropica*, 5(1), 109-114. 2005.
803

804 ZUANON, J., Bockmann, F. A. e Sazima, I. A remarkable sand-dwelling fish
805 assemblage from central Amazonia, with comments on the evolution of
806 psammophily in South American freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology*, 4(1),
807 107- 118. 2006.

808

809 YU, J, Liu Z, He H, Zhen W, Guan B, Chen F, Li K, Zhong P, Teixeira-de-Melo F,

810 Jeppesen E. Submerged macrophytes facilitate dominance of omnivorous fish in a

811 subtropical shallow lake: implications for lake restoration. *Hydrobiologia*

812 775(1):97–107. 2016.

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

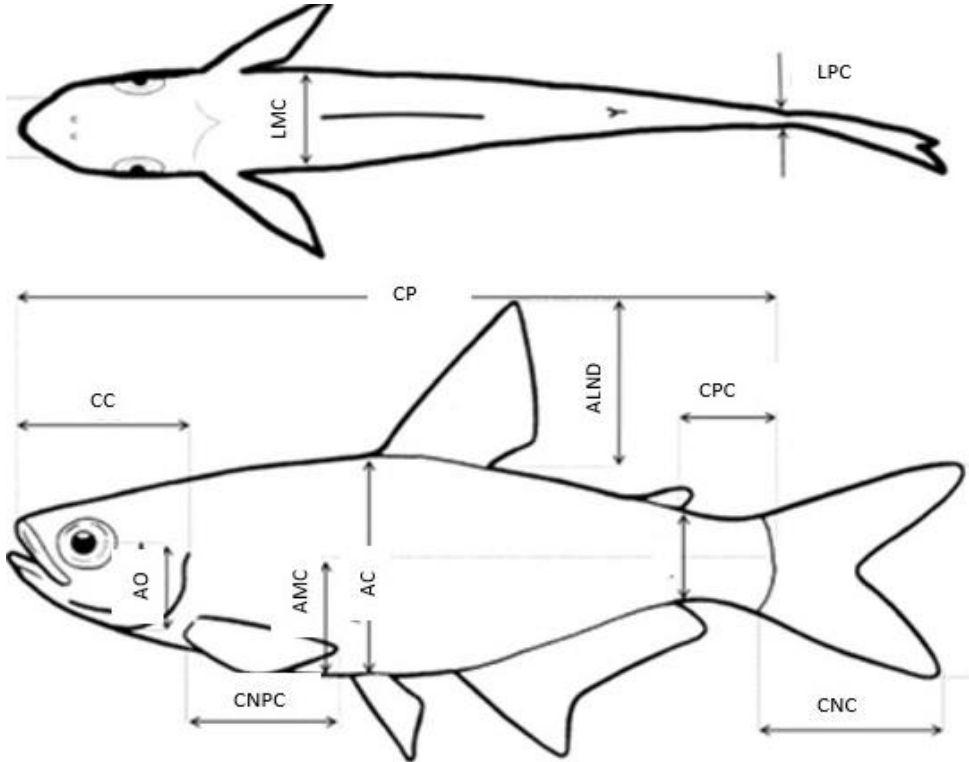
840

841

842 MATERIAL SUPLEMENTAR

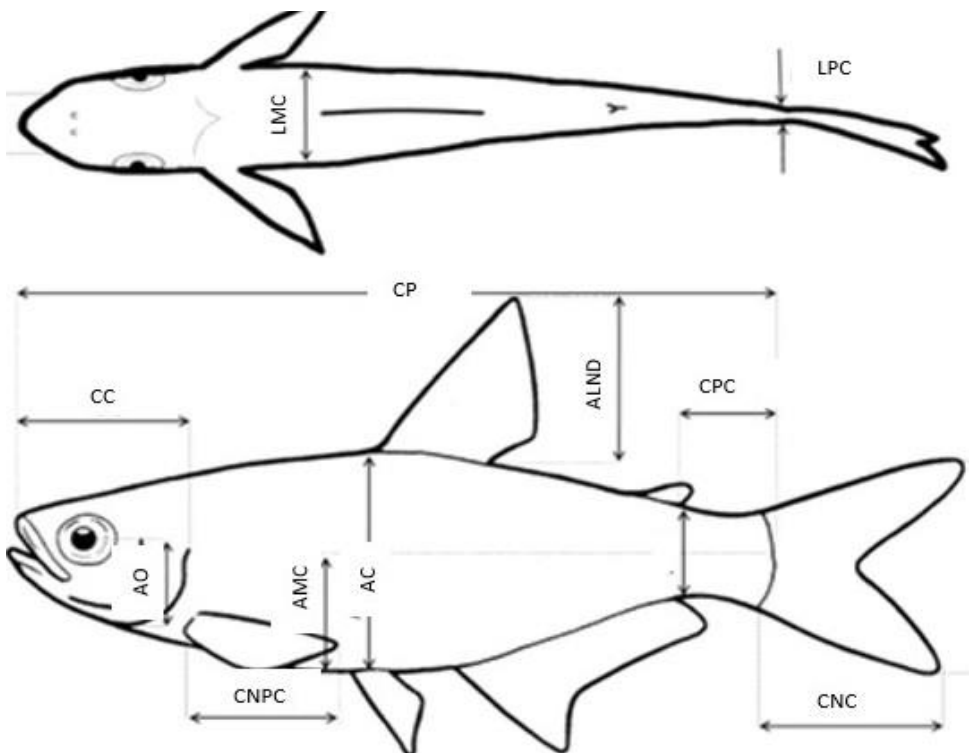
843 **Figura S1.** Representação esquemática das medidas lineares e áreas mensuradas
844 para o cálculo dos atributos funcionais (ver o significado das siglas na Tabela S1).

845



869

870



893 **Tabela S1.** Medidas morfométricas utilizadas para o cálculo dos atributos
 894 ecomorfológicos nas assembleias de peixes dos bancos de macrófitas da Baía dos
 895 Botos, com os respectivos códigos e sua descrição.

| Medida absoluta | Sigla | Forma de Medição |
|---|--------------|--|
| Altura da cabeça | AC | Distância vertical entre o dorso e o ventre através da pupila. |
| Altura da linha média do olho | ALMO | Distância vertical desde a região média da pupila até a região ventral da cabeça. |
| Altura do pedúnculo caudal | APC | Máxima distância vertical entre as extremidades dorsal e o ventral do pedúnculo caudal. |
| Altura máxima da nadadeira peitoral | AMP | Distância máxima entre as margens dorsal e ventral da nadadeira peitoral totalmente distendida. |
| Altura máxima do corpo | AMC | Máxima distância vertical desde o dorso até o ventre. |
| Área da nadadeira peitoral (mm ²) | ANP | |
| Área do corpo (mm ²) | ADC | Área total do corpo, excluindo a cabeça e as nadadeiras. |
| Comprimento da cabeça | CC | Distância desde a margem anterior da mandíbula superior até a extremidade posterior do opérculo. |
| Comprimento máximo da nadadeira peitoral | CMP | Máxima distância horizontal entre as margens anterior e posterior da nadadeira peitoral. |
| Comprimento do pedúnculo caudal | CPC | Distância horizontal entre a base da nadadeira anal e a margem posterior da última vértebra, medida na linha média do corpo. |
| Comprimento padrão | CP | Distância desde a margem anterior da mandíbula superior até a inserção dos ossos hipurais. |
| Largura do pedúnculo caudal | LPC | Máxima distância horizontal do |

| | | |
|-------------------------|-----|---|
| | | corpo à altura do pedúnculo caudal. |
| Largura da boca | LB | Distância máxima horizontal da boca. |
| Largura máxima do corpo | LMC | Máxima distância horizontal do corpo. |
| Linha média máxima | LMM | Distância vertical máxima desde a linha média até o ventre. Sendo a linha média definida como a linha imaginária que se origina na pupila e percorre o centro do corpo até última vértebra. |
| Orientação da boca (°) | OB | Definida pelo ângulo formado entre o plano tangencial aos lábios e o plano perpendicular ao eixo longitudinal do corpo. |

896
897

898 **Tabela S 2.** Atributos ecomorfológicos, obtidos das 16 medidas morfológicas das
899 assembleias de peixes dos bancos de macrófitas da Baía dos Botos, com os
900 respectivos códigos e interpretação ecológica. Para o significado das siglas utilizadas
901 na medição dos atributos, ver Tabela S1.

| Atributos | Sigla | Fórmula | Interpretação |
|-------------------------------------|-------|---------|--|
| Área relativa da nadadeira peitoral | ARNP | ANP/ADC | Altos valores são relacionados a lenta natação ou a peixes de águas turbulentas (Watson e Balon, 1984). |
| Índice de compressão do corpo | ICC | AMC/LMC | Valores elevados podem indicar peixes comprimidos que preferem habitats com menor velocidade de água (Watson e Balon, 1984). |
| Índice de compressão | ICPC | APC/LPC | Valores elevados indicam peixes com pedúnculos comprimidos, típico de peixes |

| | | | |
|-------------------------------------|------|---------|---|
| do pedúnculo caudal | | | com nado pouco ativo (Gatz, 1979). |
| Largura relativa da boca | LRB | LB/CP | Altos valores indicam peixes que se alimentam de presas grandes (Gatz, 1979). |
| Orientação da boca | OB | ° | Altos valores são associados a peixes que se alimentam próximo a superfície (Gatz, 1979). Inferior = entre 10° e 80°; Terminal = 90°; Superior = entre 100° e 170°; Ventral = 0°. |
| Razão aspecto da nadadeira peitoral | RANP | CMP/AMP | Altos valores são relacionados a espécies migratórias ou de natação contínua (Wainwright <i>et al.</i> , 2002). |

902
903
904

905 **Tabela S3** - Grupos funcionais determinados para as espécies de peixe coligidas em
906 igarapés de primeira ordem na Amazônia (Cunha, 2014).

| Grupo Trófico Funcional | Descrição |
|-------------------------------------|---|
| Atacadores de superfície | Espécies que se alimentam próximas à superfície da água e das margens atacando principalmente invertebrados que caem da vegetação ripária (<i>cf.</i> Sazima 1986). Grupo composto por espécies como <i>Carnegiella strigata</i> e <i>Gnathocharax steindachneri</i> que vivem próximas às margens entre gravetos e raízes coletando alimentos na superfície da água através de rápidos ataques impulsionados por nadadeiras peitorais hipertrofiadas (Brejão <i>et al.</i> 2013). |
| Coletores de Invertebrados noturnos | Peixes com hábitos nectobentônicos que capturam presas próximas ao substrato (<i>cf.</i> Sabino e Zuanon 1998; Zuanon <i>et al.</i> 2006). Grupo formado por espécies da ordem Gymnotiformes que utilizam eletrolocalização na busca por invertebrados e pequenos peixes que habitam o substrato e as margens (Brejão <i>et al.</i> 2013). |

- Coletores de substrato Peixes com o hábito de vida associado ao fundo, que escavam e sondam o substrato utilizando o focinho e os barbilhões para detectar presas (*cf.* Sazima 1986). Os peixes da família Callichthyidae formam o grupo. Apresentam hábitos noturnos e se movem próximos ao fundo movimentando os barbilhões entre as partículas de sedimento em busca de presas, que quando localizadas são capturadas através da imersão do focinho do peixe no substrato para a captura (Brejão *et al.* 2013).
- Coletores de Superfície diurnos Espécies que habitam a camada superior da coluna d'água próxima à superfície, em remansos, onde coletam alimentos na superfície ou pequenas porções de perifíton durante o dia (*cf.* Sabino e Zuanon 1998). Grupo formado por espécies da família Lebiasinidae, Poecilidae e Rivulidae, observadas bem próximas a remansos marginais onde se abrigam em bancos de folhas, gravetos, macrófitas e raízes (Brejão *et al.* 2013).
- Coletores de Deriva crepusculo noturnos Espécies que capturam presas que encontram-se à deriva na superfície do igarapé durante os períodos crepuscular e noturno (Casatti *et al.* 2001). Indivíduos das famílias Cetopsidae e Auchenipteridae formam o grupo, que forrageiam sempre sozinhos, nadando ativamente no canal principal, margens e próximos a superfície capturando itens alimentares flutuantes na corrente (Brejão *et al.* 2013).
- Coletores de deriva diurnos do canal Espécies que coletam itens alimentares à deriva na parte média da coluna d'água, na superfície e no canal principal durante o dia (*cf.* Sazima 1986; Casatti *et al.* 2001). Grupo composto por espécimes da família Characidae que nadam ativamente na coluna d'água investindo em partículas suspensas e à deriva na superfície (Brejão *et al.* 2013).
- Coletores de deriva diurnos de remanso Espécies que ocupam predominantemente remansos, se alimentando de itens suspensos na coluna d'água ou associados ao substrato (*cf.* Sazima 1986; Casatti *et al.* 2001). Peixes de pequeno tamanho pertencentes à família Crenuchidae e *incertae sedis* Characidae formam o grupo (Brejão *et al.* 2013).
- Coletores navegadores Espécies nectobentônicas que coletam porções alimentares aderidas ao substrato e carregadas pela corrente sobre o fundo (*cf.* Sabino e Zuanon

- 1998). Grupo formado por espécies geralmente encontradas próximas as margens ou abrigadas em estruturas presentes no canal como troncos de árvores submersos, onde coletam itens alimentares arrastados pela corrente, além de também se alimentarem de porções de perifíton (Brejão *et al.* 2013).
- Escavadores Espécies que vasculham o substrato a procura de alimento (*cf.* Sazima, 1986). Grupo formado por algumas espécies da família Cichlidae, que escavam o substrato com o aparato bucal, selecionam as partículas comestíveis na cavidade oral e eliminam a porção restante pela abertura opercular (Brejão *et al.* 2013).
- Parasitas Espécies que se alimentam de sangue de outros peixes (*cf.* Keenleyside 1979; Burgess 1989; Zuanon e Sazima 2005). Grupo formado por espécies da subfamília Vandelliinae como *Paracanthopoma parva* que perfuram a pele do hospedeiro para se alimentar (Zuanon e Sazima 2005).
- Predadores de espreita Espécies sedentárias que espreitam e realizam movimentos curtos até se aproximarem das presas e capturá-las (*cf.* Sazima, 1986; Zuanon *et al.* 2006a,b). O grupo é formado por espécies como *Mastiglanis asopos* e *Ammocriptocharax elegans*, que permanecem imóveis, geralmente camufladas e se aproximam furtivamente das presas antes de capturá-las (Zuanon *et al.* 2006; Brejão *et al.* 2013).
- Predadores de espreita e emboscada Espécies que espreitam e capturam presas através de perseguição (Sazima 1986; Sabino e Zuanon 1998). Grupo constituído por espécies como *Hoplias malabaricus*, *Erythrinus erythrinus* e *Crenicichla* sp. que se escondem atrás de raízes e pedaços de madeira para emboscar suas presas se aproximando repentinamente das presas ocultos pela vegetação promovendo rápidos ataques (Brejão *et al.* 2013).
- Predadores de fundo crepuscular e noturnos Espécies com hábitos de vida associados ao fundo que buscam pequenas presas no substrato (*cf.* Sazima 1986). O grupo é formado por espécies da ordem Siluriformes que forrageiam próximos ao fundo do igarapé em busca de presas utilizando seus barbilhões nos períodos crepuscular e noturno (Brejão *et al.* 2013).

Raspadores Espécies associadas ao fundo que raspam algas aderidas ao substrato e troncos de madeira (cf. Keenleyside 1979). Grupo constituído exclusivamente por espécies da família Loricariidae que apresentam hábitos noturnos (Brejão *et al.* 2013).

907
908
909
910
911
912

Tabela S4. Características funcionais relacionados aos Grupos Tróficos funcionais e História de Vida, determinados para as espécies de peixe coligadas em igarapés de primeira ordem na Amazônia.

| Ordem/Família/Espécie/Autoridade | GTF | HV | Abundância |
|---|--------------------------------------|------------------------|------------|
| Characiformes | | | 46 |
| Characidae | | | 30 |
| <i>Hemigrammus bellottii</i> (Steindachner, 1882) | Alimentador de deriva remanso | Estratégia oportunista | 5 |
| <i>Hemigrammus ocellifer</i> (Steindachner, 1882) | Alimentador de deriva remanso | Estratégia oportunista | 25 |
| Crenuchidae | | | 3 |
| <i>Crenuchus spilurus</i> (Günther, 1863) | Alimentador de deriva remanso | Estratégia oportunista | 1 |
| <i>Microcharacidium eleotrioides</i> (Géry, 1960) | Alimentador de deriva remanso | Estratégia oportunista | 2 |
| Erytrinae | | | 1 |
| <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794) | Predador de emboscada e perseguição | Estratégia oportunista | 1 |
| Iguanodectidae | | | 1 |
| <i>Bryconops sp</i> | Alimentador de drift de canal diurno | Estratégia oportunista | 1 |
| Lebiasinidae | | | 3 |
| <i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1952) | Picpe de superfície diurna | Estratégia oportunista | 3 |
| Serrasalminidae | | | 7 |
| <i>Pygocentrus sp</i> | Predador de emboscada e perseguição | Estratégia oportunista | 7 |
| Cyprinodontiformes | | | 30 |
| Poeciliidae | | | 7 |
| <i>Pamphorichthys hasemani</i> (Henn, 1916) | Picpe de superfície diurna | Estratégia oportunista | 7 |
| Rivulidae | | | 12 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|------------|
| <i>Laimosemion strigatus</i> (Regan, 1912) | Picke de superfície diurna | Estratégia oportunista | 12 |
| Gymnotiformes | | | 7 |
| Sternopygidae | | | 2 |
| <i>Eigenmannia</i> sp | Seletor noturno de invertebrados | Estratégia de equilíbrio | 1 |
| <i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch e Schneider, 1801) | Seletor noturno de invertebrados | Estratégia de equilíbrio | 1 |
| Hypopomidae | | | 5 |
| <i>Hypopygus lepturus</i> (Hoedeman, 1962) | Seletor noturno de invertebrados | Estratégia de equilíbrio | 5 |
| Cichliformes | | | 25 |
| Cichlidae | | | 25 |
| <i>Acaronia cff nassa</i> (Heckel, 1840) | Seletor e navegador | Estratégia de equilíbrio | 4 |
| <i>Aequidens tetramerus</i> (Heckel, 1840) | Seletor e navegador | Estratégia de equilíbrio | 2 |
| <i>Apistogramma agassizii</i> (Steindachner, 1875) | Escavador | Estratégia de equilíbrio | 2 |
| <i>Apistogramma gr regani</i> (Kullander, 1980) | Escavador | Estratégia de equilíbrio | 6 |
| <i>Cichlasoma amazonarum</i> (Kullander, 1983) | Escavador | Estratégia de equilíbrio | 1 |
| <i>Heros</i> sp | Seletor e navegador | Estratégia de equilíbrio | 1 |
| <i>Mesonauta festivus</i> (Heckel, 1840) | Seletor e navegador | Estratégia de equilíbrio | 5 |
| <i>Nannacara taenia</i> (Regan, 1912) | Escavador | Estratégia de equilíbrio | 4 |
| Total | | | 108 |