



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**SILVIA RAFAELA ALVES PEREIRA**

**Influência das características morfológicas e do habitat físico sobre a capacidade  
de dispersão de Odonata em igarapés amazônicos**

Belém,  
2025

**SILVIA RAFAELA ALVES PEREIRA**

**Influência das características morfológicas e do habitat físico sobre a capacidade de dispersão de Odonata em igarapés amazônicos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Biodiversidade e conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia animal

**Orientador:** Prof. Dr. Ricardo Koroiva

**Coorientador:** Prof. Dr. Leandro Juen

Belém,  
2025

**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)**

---

A474i Alves Pereira, Silvia Rafaela.

Influência das características morfológicas e do habitat físico sobre a capacidade de dispersão de Odonata em igarapés amazônicos / Silvia Rafaela Alves Pereira. — 2025.  
36 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Koroiva  
Coorientador(a): Prof. Dr. Leandro Juen  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em  
Zoologia, Belém, 2025.

1. Voo. 2. Zygoptera. 3. Anisoptera. 4. Amazônia. 5.  
Marcação-Recaptura. I. Título.

CDD 591.7

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

SILVIA RAFAELA ALVES PEREIRA

### **Influência das características morfológicas e do habitat físico sobre a capacidade de dispersão de Odonata em igarapés amazônicos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia, sendo a COMISSÃO JULGADORA composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. LEANDRO BRASIL  
Universidade Federal do Mato Grosso/ UFMT

Prof. Dr. DIOGO VILELA  
Instituto Federal do Sul de Minas/ IFSULDEMINAS

Prof. Dra. LENIZE BATISTA CALVÃO SANTOS  
Universidade Federal do Pará/ UFPA

Prof. Dr. CRISTIAN CAMILO MENDOZA PENAGOS  
Universidade Federal do Pará/ UFPA

Dr. JOÁS DA SILVA BRITO  
Universidade Federal do Pará/ UFPA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Zoologia (PPGZOO) pela disponibilização de excelentes profissionais, oferta de disciplinas e seminários que contribuíram para o aprimoramento do trabalho. À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Ciências Biológicas (ICB) e ao Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), pela infraestrutura física e disponibilização de equipamentos fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo. A Hydro Alunorte pelo financiamento do projeto “Avaliação de biota aquática e atributos funcionais de plantas das principais microbacias de Barcarena” e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo financiamento do projeto “Influência de atividade antrópicas no padrão de diversidade da comunidade de adultos de Odonata (Insecta)”. À Prof. Dr. Lenize Calvão e Prof. Dr. Leandro Juen, por me inserirem nestes projetos que disponibilizaram os recursos para o trabalho de campo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Koroiva, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Leandro Juen, por toda atenção e assistência na elaboração e escrita deste trabalho. Por acreditarem e me incentivarem a continuar este estudo, mesmo diante de todo o desafio que enfrentamos para realizar a pesquisa na região amazônica. Ressalto que, desde a minha graduação, quando iniciei meus trabalhos com libélulas, os seus estudos e trajetórias têm sido uma grande inspiração para mim.

À minha família, pelo suporte incondicional e carinho ao longo dos anos. Principalmente aos meus pais, Debora Tavares Alves e Sivaldo Pureza Pereira, pelos ensinamentos, conselhos e por incentivarem meus estudos e me fornecerem tudo que estava ao seu alcance, com muita luta e trabalho, para que eu conseguisse realizar meus sonhos e permitir que eu focasse na minha formação.

À minha equipe de campo, Tainã Rocha, Jhose Brito, Luísa Vareira e Jair Filho, que tornaram possível a concretização deste estudo na prática, pelos ensinamentos em coleta, triagem e identificação de libélulas, além do apoio diário compartilhado durante o monitoramento. Aos colegas do Labeco – Thaiz Ramos, Gabriel Cruz, Jady Almeida, Beatriz da Luz, Francisco Barbosa dos Santos, Juan Mateo, Jorge Pereira, Joás Brito, Juan Esteban – pela parceria, trocas de experiências e vivências compartilhadas no nosso laboratório e fora dele. Um agradecimento especial à Emmy Medina-Espinoza, que me orientou desde a identificação taxonômica de libélulas até na elaboração inicial do projeto e análise de dados desde estudo.

Aos(as) doutores(as) avaliadores(as) da minha dissertação, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições para a melhoria do meu estudo. E a todos, que de alguma forma, contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa e para minha trajetória acadêmica, agradeço imensamente!

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	7
<b>RESUMO</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	13
<b>DESENHO AMOSTRAL</b> .....	15
<b>ESTIMATIVA DA DISPERSÃO</b> .....	16
<b>ANÁLISE MORFOMÉTRICA</b> .....	17
<b>INTEGRIDADE AMBIENTAL</b> .....	18
<b>USOS E COBERTURA DA TERRA</b> .....	19
<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	19
<b>RESULTADOS</b> .....	21
<b>DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>CONCLUSÕES</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	27
<b>ANEXOS</b> .....	35
Anexo 1.....	35
Anexo 2.....	35
Anexo 3.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização dos pontos de amostragem no município de Barcarena, Pará, Brasil..... 13
- Figura 2.** Igarapés amostrados no município de Barcarena, Pará, Brasil..... 14
- Figura 3.** Macho de *Hetaerina sanguinea* marcado com código numérico na asa anterior..... 16
- Figura 4.** Macho de *Mnesarete williamsoni*, com a marcação do código numérico na asa anterior, sobre a superfície de um papel milimetrado..... 17
- Figura 5.** Fluxograma do modelo hipotético da análise indicando os caminhos esperados ou relações das variáveis da paisagem (uso e cobertura da terra) e do habitat físico e as morfológicas sobre a capacidade de dispersão. As setas lisas indicam as relações esperadas e as setas pontilhadas representam as variáveis que compõe cada agrupamento. .... 20
- Figura 6.** Fluxograma de Equações Estruturais indicando os caminhos e os valores significativos obtidos das relações entre as características morfológicas, as variáveis de uso e cobertura da terra e das variáveis do habitat físico sobre a capacidade de dispersão de *Zygoptera*. As setas azuis indicam as relações positivas e as setas vermelhas negativas. Valores de p significativos: \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ . No meio das setas se encontra o valor do coeficiente das relações ( $\beta$ ). Apenas as variáveis com relações significativas foram utilizadas. .... 23

## RESUMO

A capacidade de dispersão das espécies está diretamente ligada às características morfológicas, fisiológicas e comportamentais individuais, além do contexto ambiental em que vivem. Espécies com menor capacidade de dispersão tendem a ser mais vulneráveis às mudanças climáticas e ao uso intensificado da terra, em razão da perda de cobertura vegetal e fragmentação que acarretam mudanças na conectividade dos habitats e nas condições térmicas do ambiente. Investigamos neste estudo os fatores que afetam a capacidade de dispersão de Odonata adultos em igarapés na Amazônia, focando nas características morfológicas e no efeito do uso da terra e da integridade ambiental. Testamos as hipóteses: i) que o tamanho corporal, volume do tórax e largura da base das asas estarão relacionadas positivamente à capacidade de dispersão e a proporção das asas estará relacionada negativamente à capacidade de dispersão; ii) que a maior formação florestal e a integridade do habitat estarão negativamente relacionadas à capacidade de dispersão, pois a maior cobertura de dossel filtra indivíduos com menor capacidade de voo. O estudo foi realizado em 12 igarapés no município de Barcarena, Pará, Brasil. Utilizamos o método de marcação-recaptura e análise de dados por Modelos de Equações Estruturais. Consideramos variáveis de paisagem (formação florestal e pastagem), de habitat físico (cobertura do dossel do canal, vegetação rasteira lenhosa, largura do canal, índice de integridade de hábitat e temperatura), morfológicas (comprimento total do corpo, volume do tórax e proporção das asas) e como variável resposta utilizamos a capacidade de dispersão (distância em metros). Foram marcados 541 indivíduos (n=466 Zygoptera e n=75 Anisoptera). A taxa de recaptura foi de 29% para Zygoptera e 1,4% para Anisoptera. A maioria dos indivíduos recapturados foram machos pertencentes aos gêneros *Mnesarete*, *Argia* e *Hetaerina*. Aproximadamente, 91% dos indivíduos deslocaram-se menos de 60 metros. Os resultados utilizando apenas Zygoptera corroboraram parcialmente a primeira hipótese: a proporção das asas esteve negativamente relacionada à capacidade de dispersão, indicando que asas mais curtas e largas estão relacionadas a maior capacidade de voo. No entanto, não foi encontrada relação direta entre a integridade do habitat ou formação florestal sobre a dispersão, mas a formação florestal e a largura do canal influenciaram na morfologia da proporção das asas dos indivíduos. Esses padrões sugerem que gêneros encontrados em ambientes florestais, como *Heteragrion*, que apresentaram maior proporção das asas teriam menor capacidade de dispersão, que suportam maior temperatura e luminosidade, como *Mnesarete* e *Hetaerina*, exibiram menor proporção das asas e maior dispersão. Destacamos a vulnerabilidade dos indivíduos com menor capacidade de dispersão às modificações dentro de seus habitats aquáticos e na paisagem terrestre circundante por perda de cobertura vegetal.

**Palavras-chave:** Voo, Zygoptera, Anisoptera, Amazônia, Marcação-Recaptura.

## **ABSTRACT**

Species' dispersal capacity is directly related to their individual morphological, physiological and behavioral characteristics and to the ecological context in which they live. Species with a lower dispersal capacity tend to be more vulnerable to climate change and more intensive land use. This is due to the loss of vegetation cover and fragmentation leading to a change in habitat connectivity and thermal conditions in the environment. In this study, we investigated the factors affecting the dispersal capacity of adult Odonata in Amazonian streams, focusing on morphological traits and the effects of land use and environmental integrity. We tested the hypotheses: i) body size, thorax volume, and wing base width are positively related to dispersal capacity and wing aspect ratio is negatively related to dispersal capacity; ii) greater forest cover and habitat integrity are negatively related to dispersal capacity, as a larger canopy filters out individuals with lower flight ability. The study was conducted in 12 streams in Barcarena, Pará, Brazil. We used the mark-recapture method and analyzed the data using structural equation modeling. We considered landscape variables (forest formation and pasture), physical habitat variables (channel cover, undergrowth, channel width, habitat integrity index, and temperature), morphological variables (total body length, thoracic volume, and wing aspect ratio) and we used dispersal capacity (distance in meters) as a response variable. 541 individuals were tagged (n=466 Zygoptera e n=75 Anisoptera). The recapture rate was 29% for Zygoptera and 1.4% for Anisoptera. Most of the individuals recaptured were males belonging to the genera *Mnesarete*, *Argia* and *Hetaerina*. Approximately 91% of the individuals moved less than 60 meters. The results, which related only to Zygoptera, partially confirmed the first hypothesis: wing aspect ratio was negatively related to dispersal capacity, suggesting that shorter and wider wings are associated with greater flight ability. However, no direct relationship was found between habitat integrity or forest formation and dispersion, but forest formation and channel width influenced the morphology of individuals' wing aspect ratio. These patterns suggest that genera occurring in forested environments, such as *Heteragrion*, which have a higher wing aspect ratio, have a lower dispersal capacity, while those adapted to higher temperatures and light availability, such as *Mnesarete* and *Hetaerina*, have a lower wing aspect ratio and greater dispersal capacity. We emphasize the vulnerability of individuals with lower dispersal capacity to changes in their aquatic habitats and changes in the surrounding terrestrial landscape due to loss of vegetation cover.

**Keywords:** Flight, Zygoptera, Anisoptera, Amazon, Marking-Recapture.

## INTRODUÇÃO

A região Amazônica abriga a maior extensão de florestas tropicais e a maior bacia hidrográfica do planeta, além de uma elevada diversidade de espécies, atualmente ameaçadas pela intensificação do uso da terra (Peres et al. 2010), impulsionada por atividades antrópicas como urbanização, agricultura e pecuária (He et al. 2019; Jiang e Purvis 2023). Essas alterações provocam fragmentação e perda de habitats, tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos (Allan et al. 2021; Juen et al. 2016; Calvão et al. 2023). E comprometem a conectividade entre os habitats e alteram as condições térmicas, elevando a temperatura em níveis que muitos organismos não suportam devido às limitações fisiológicas (Allan et al. 2021; De Marco et al. 2015). Tais mudanças afetam principalmente espécies menores e termoconformadoras, com baixa capacidade de dispersão e alta dependência do microclima florestal (De Marco et al. 2015). Pois a degradação da vegetação circundante reduz a estabilidade térmica, prejudicando a distribuição e a dispersão dessas espécies (Fischer e Lindenmayer 2007; Diniz et al. 2019; Vinagre et al. 2024).

A dispersão é o movimento de indivíduos entre manchas de habitat e sítios de reprodução (Matthysen 2012), pode ser definido em três estágios: saída do ambiente original (emigração), deslocamento pela matriz (transferência) e estabelecimento em um novo habitat (imigração) (Clobert et al. 2012). Esse processo pode acontecer de forma ativa, quando o próprio indivíduo se desloca, ou passiva, quando é transportado por fatores externos como água ou vento (Green et al. 2016; Viana et al. 2016). A dispersão permite a colonização de novos ambientes, gera variabilidade genética e influencia a dinâmica populacional (Hanski 2008). Compreender esses movimentos é fundamental para os avanços em ecologia, evolução e biogeografia (Jönsson et al. 2016), além de ser essencial para o monitoramento e planejamento de conservação, pois fluxo gênico é crucial para a manutenção de populações viáveis ao longo do tempo (Watts et al. 2004).

A capacidade de dispersão das espécies está relacionada diretamente às suas características morfológicas, fisiológicas e comportamentais, que são influenciadas pelas condições ambientais em que vivem (Clobert et al. 2009). Avaliar e compreender os fatores que afetam a dispersão é fundamental, especialmente para espécies com capacidade de dispersão reduzida, que têm maior probabilidade de se tornarem vulneráveis à intensificação do uso da terra ou às mudanças climáticas (Martin et al. 2023). Como essas espécies raramente se deslocam entre habitats, suas chances de encontrar um novo local com condições ambientais adequadas diminuem (Martin et al. 2023). Embora a estimativa da dispersão seja importante, ela continua sendo um desafio devido à complexidade de compreender o processo e à dificuldade em obter informações sobre os indivíduos em seus habitats (Matthysen 2012). Esse desafio torna-se mais evidente para organismos menores, como os insetos aquáticos de riachos, que podem se dispersar em estágio

36 larval nadando ativamente ou passivamente sendo transportados pelo fluxo da água, e, como  
37 adultos, voando ativamente pelos canais e margens dos corpos d'água (Downes e Lancaster 2018).

38 Entre os insetos aquáticos, os pertencentes à ordem Odonata (Fabricius 1793),  
39 popularmente conhecidos como libélulas, jacintas ou cambitos (Brasil e Vilela 2019), destacam-  
40 se como modelos para estudos sobre os movimentos de dispersão. Em virtude de seu porte  
41 relativamente grande em comparação com outros insetos e ao seu ciclo de vida anfibiótico (com  
42 fase larval aquática e adulta terrestre), tendem a habitar áreas próximas a corpos d'água propícios  
43 à reprodução (Corbet 1999). Além disso, o voo é o principal meio de dispersão, os adultos realizam  
44 voos regulares para forrageamento, manutenção de territórios, procura de parceiros e poleiros, e  
45 algumas espécies conseguem realizar em migrações de longas distâncias (Corbet 1999; McCauley  
46 et al. 2023).

47 As espécies de Odonata no neotrópico estão distribuídas em duas subordens: Zygoptera e  
48 Anisoptera. Os zigópteros, geralmente caracterizados por asas estreitas e tamanho corporal  
49 pequeno e delgado, são mais sensíveis às variações ambientais. Devido às limitações  
50 ecofisiológicas na termorregulação, ganham e perdem calor com facilidade, tornando-se mais  
51 dependentes das condições locais e, portanto, com menor capacidade de dispersão (De Marco et  
52 al. 2015; Oliveira-Junior et al. 2015). Em contraste, os anisópteros são mais robustos, com asas e  
53 tamanho corporal maiores, sendo principalmente heliotérmicos, ou seja, dependem da radiação  
54 solar direta para ganhar calor e iniciar suas atividades diárias. Essas características os tornam mais  
55 tolerantes a áreas abertas e alteradas, com altas temperaturas e grande incidência solar, além de  
56 capacitá-los a percorrer longas distâncias (De Marco et al. 2015; Oliveira-Junior et al. 2015; Juen  
57 e De Marco 2012). As características morfológicas das subordens estão fortemente associadas aos  
58 fatores ambientais (Calvão et al. 2023; Bastos et al. 2020) e atuam como filtros ecológicos na  
59 distribuição das espécies (Mendoza-Penagos et al. 2021), o que torna os odonatos importantes  
60 bioindicadores em estudos de avaliação e monitoramento ambiental (Gómez-Tolosa et al. 2021;  
61 Oliveira-Junior e Juen 2019b). Esses padrões indicam que as subordens respondem a diferentes  
62 escalas espaciais, os zigópteros são mais sensíveis a variações locais, por dependerem de maior  
63 integridade do habitat, enquanto anisópteros respondem principalmente a alterações em escala de  
64 paisagem (Raebel et al. 2012).

65 Em estudos sobre a dispersão dos odonatos, diversas características morfológicas têm sido  
66 mensuradas. Por exemplo, um maior tamanho corporal e um volume de tórax mais elevado  
67 proporcionam maior aporte de musculatura para o voo, viabilizando melhor performance e  
68 resistência energética, adequados para completar voos de longa distância, o que reflete em uma  
69 maior capacidade de dispersão (McCauley 2013; Outomuro e Johansson 2019; Nugrahaningrum  
70 e Soesilohadi 2021; McCauley et al. 2023). Além disso, o formato ou proporção das asas (PA)

71 também é relevante. Em Zygoptera, uma menor PA está associada a maior capacidade de  
72 dispersão, ou seja, asas mais curtas e largas conferem maior eficiência aerodinâmica para longos  
73 e em alta velocidade, enquanto uma maior PA, com asas mais longas e finas, proporciona maior  
74 manobrabilidade (Hassall 2015). Entretanto, nos Anisoptera, asas mais longas e largas na base  
75 melhoram a sustentação e favorecem o voo planado, facilitando a dispersão de espécies migratórias  
76 (Suárez-Tovar e Sarmiento 2016).

77 As diferenças morfológicas entre as duas subordens influenciam diretamente a variação na  
78 capacidade de dispersão. Em *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840), (Zygoptera), 75% dos  
79 indivíduos se moveram menos de 100 metros, com distâncias máximas de 1 km (Watts et al. 2004;  
80 Purse et al. 2003), enquanto *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798), (Anisoptera), realiza migrações  
81 de milhares de quilômetros (Anderson 2009). Dessa forma, observa-se que dispersão está  
82 associada a fatores morfológicos, ambientais e à distância entre habitats, que podem facilitar ou  
83 restringir os movimentos (Bowler e Benton 2005). Assim, a conectividade e integridade dos  
84 habitats são essenciais, sobretudo para espécies com menor capacidade de deslocamento, restritas  
85 a ambientes contínuos e sensíveis à fragmentação (Raebel et al. 2012; Keller e Holderegger 2013).

86 A maioria dos estudos que avaliam a dispersão de Odonata foi realizada na Europa e  
87 América do Norte, utilizando o método de marcação-recaptura (Conrad et al. 1999; Angelibert e  
88 Giani 2003; Keller et al. 2010). Na região Neotropical, porém, essa abordagem ainda é incipiente.  
89 Os estudos disponíveis enfocam aspectos da ecologia comportamental de algumas espécies, como  
90 *Heteragrion consors* (Hagen em Selys, 1862) com deslocamento de curtas distâncias dentro do  
91 mesmo riacho (Loiola e De Marco 2011) e *Epipleoneura williamsoni* (Santos, 1957) cujos machos  
92 de maiores tamanhos corporais apresentam voos de maiores distâncias (Vilela et al. 2017). Ampliar  
93 o panorama dessas informações para a região é essencial, pois contribui para o preenchimento de  
94 diversas lacunas de conhecimento sobre os padrões de dispersão, além de subsidiar estratégias de  
95 conservação em regiões de alta biodiversidade e crescente pressão antrópica (Carvalho et al. 2023).

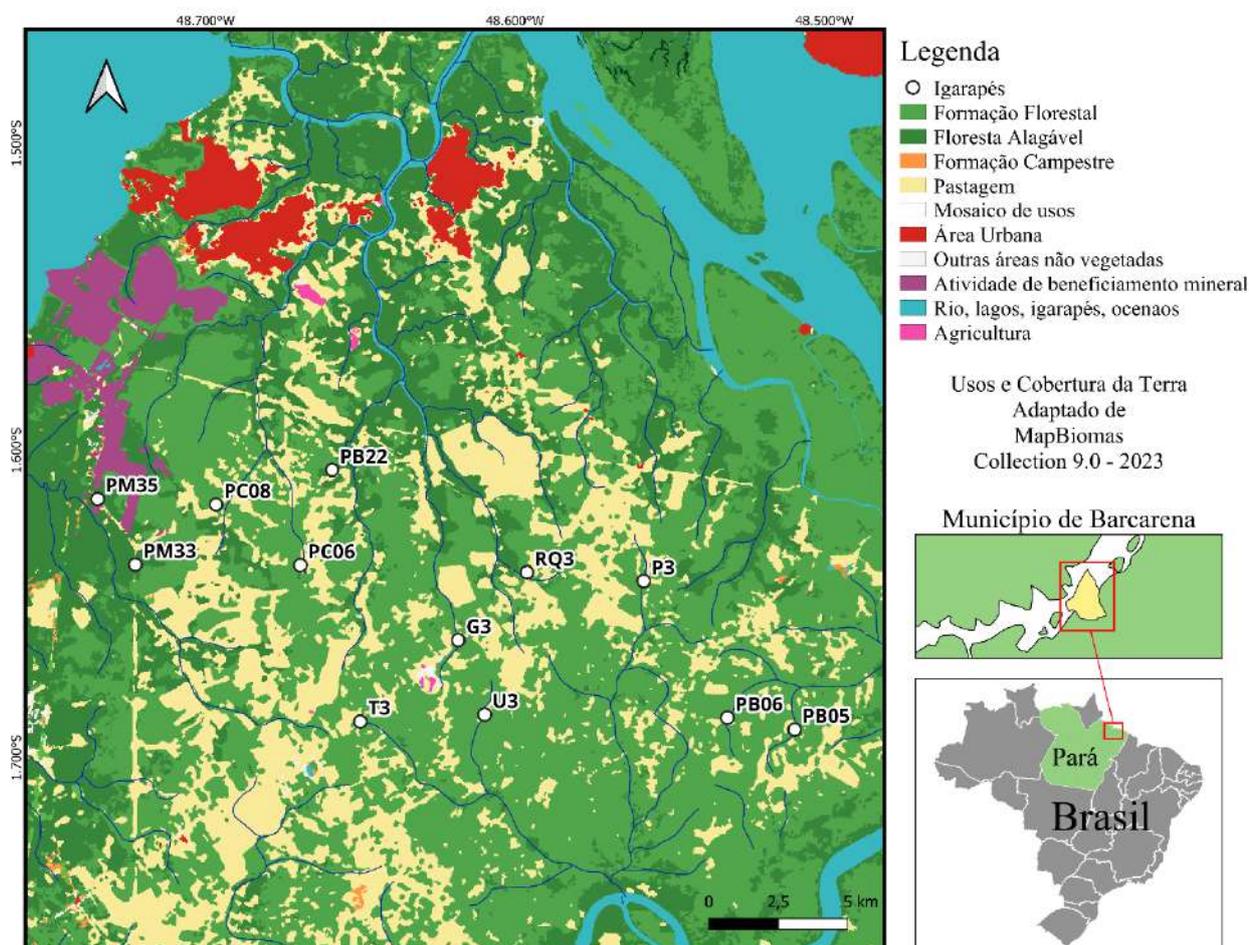
96 Em vista deste cenário, o objetivo deste estudo foi analisar quais características  
97 morfológicas afetam na capacidade de dispersão de Odonata em indivíduos adultos presentes em  
98 riachos da região amazônica (“igarapés”). Além disso, também avaliamos o efeito do uso e  
99 cobertura da terra e do gradiente ambiental dos igarapés sobre a capacidade de dispersão. Testamos  
100 as hipóteses: i) que o tamanho corporal, o volume do tórax e a largura da base das asas estão  
101 relacionadas positivamente à capacidade de dispersão, enquanto a proporção das asas está  
102 relacionada negativamente à capacidade de dispersão; ii) que a maior formação florestal e a  
103 integridade do habitat estão relacionadas negativamente à capacidade de dispersão, pois a maior  
104 cobertura de dossel atua como filtro, favorecendo a maior presença de indivíduos com menor  
105 capacidade de voo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117

A coleta ocorreu em 12 igarapés amazônicos no município de Barcarena, localizado no estado do Pará, na região norte do Brasil (Figura 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima tropical chuvoso (tipo “Af”) e área equatorial, com precipitação anual acima de 2.500 mm e temperatura média anual superior a 26 °C (Alvares et al. 2013). A expedição de campo ocorreu entre novembro e início de dezembro de 2023, durante o período de menor precipitação na região, que ocorre de agosto a dezembro (Teixeira et al. 2000). Essa padronização é importante para tentar diminuir os possíveis efeitos que a sazonalidade e altas taxas de precipitação podem ter sobre o padrão de atividade das espécies.



118  
119  
120

Figura 1. Localização dos pontos de amostragem no município de Barcarena, Pará, Brasil.

121  
122  
123

A vegetação primária de Barcarena consiste em floresta densa de terra firme e ao longo das margens dos cursos d'água se encontram floresta de várzea ou floresta alagável (Santos et al. 2003). Entretanto, o município vem passando por modificações na paisagem, que se intensificaram

124 a partir de 1980, com a implementação de um complexo industrial de empresas de produção e  
125 beneficiamento mineral, portos de exportação e crescimento urbano (Da Costa e Guimarães,  
126 2018). As alterações na cobertura vegetal na área relacionadas a industrialização são crescentes,  
127 entre os anos de 2006 e 2016 ocorreu uma perda de 12,55% de cobertura vegetal (Tavares et al.  
128 2021). Até o ano de 2019 observou-se que os diferentes padrões de uso e cobertura da terra  
129 causaram transformações negativas na região da bacia hidrográfica do rio Murucupi em Barcarena,  
130 diminuindo 40% das áreas de vegetação florestal (nativa), aumentando 33% das áreas urbanizada  
131 e 15,84% da vegetação secundária ou capoeira (Furtado et al. 2020).

132 Os igarapés estudados possuem diferentes graus de impactos ambientais, apresentando  
133 padrões de uso da terra além da zona de vegetação ribeirinha, principalmente, de capoeira,  
134 pastagem e cultivos agrícolas de ciclo curto. A mata ciliar dentro de 10 metros é constituída de  
135 uma mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos. O leito dos igarapés consiste em  
136 fundo uniforme de silte e areia livres e com detritos compostos sobretudo de folhas e material  
137 lenhoso com sedimento (Fig. 2). O projeto foi realizado com autorização junto ao SISBIO/ICMBio  
138 (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) (autorização número 32538-2).



139  
140

Figura 2. Igarapés amostrados no município de Barcarena, Pará, Brasil.

141

142

**DESENHO AMOSTRAL**

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

O método de estudo empregado foi o de marcação-recaptura dos indivíduos (McCauley et al. 2023), onde medimos o deslocamento dos odonatos ao longo de um trecho de 200 metros em cada igarapé. Devido às limitações logísticas, bem como para padronizar as condições físicas dos igarapés, não foi possível percorrer maiores distâncias. A captura inicial para marcação, as observações de reavistamento e a recaptura final dos indivíduos ocorreram entre 9h e 15h, por ser o período que proporciona as condições necessárias para que os diferentes grupos termoregulatórios de odonatos (ex., endotérmicos e ectotérmicos) pudessem estar mais ativos (De Marco et al. 2015). O tempo de amostragem em cada igarapé foi de duas horas e realizamos a metodologia em dois a três igarapés por dia, sempre em dias ensolarados e com poucas nuvens. O período total do monitoramento teve duração de quatro semanas, entre os dias 08 de novembro a 02 de dezembro de 2023.

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

Em todos os 12 igarapés foram realizadas cinco visitas, os reavistamentos ocorriam nos mesmos horários de quando foram marcados. Totalizando 10 horas de observação em cada igarapé. Em razão da logística de transporte na área, a pesquisa foi realizada em igarapés com microbacias hidrográficas próximas para que tivéssemos maior probabilidade de dispersão dos indivíduos entre os locais estudados e para que fosse possível a detecção. Em média, as distâncias entre os igarapés eram 3.67 quilômetros. Na primeira visita nos igarapés foram realizadas unicamente a captura para marcação dos odonatos. Para o reavistamento, a cada 2 ou 3 dias voltávamos no mesmo igarapé, seguindo a metodologia de Keller e Holderegger (2013). Determinamos esse intervalo para reavistamento devido a variação da longevidade dos odonatos adultos, entre 4 e 23 dias para Zygoptera e entre 7 e 34 dias para Anisoptera (Corbet 1999). Além de permitir que os indivíduos marcados pudessem retornar a seus comportamentos normais até o próximo reavistamento. E para evitar perda de dados, por conta da morte de espécimes durante o desenvolvimento do estudo.

167

168

169

170

171

172

173

174

175

Na quinta visita (última) que retornamos em cada igarapé realizamos a recaptura final dos indivíduos, e foram levados ao Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da Universidade Federal do Pará (UFPA), seguindo o protocolo do Lencioni (2005, 2006) para armazenamento, em envelopes de papel de seda e álcool 92% para fixação dos espécimes. Para identificação foram utilizadas chaves taxonômicas específicas (Lencioni 2005, 2006; Garrison et al. 2006, 2010, entre outras) e quando necessário consultas a especialistas. Posteriormente, o material foi depositado como testemunho na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da UFPA, Campus Universitário de Belém - PA, Brasil. Como nem todos os indivíduos reavistados foram recapturados no final, a identificação dos reavistados foi

176 realizada em nível de gênero. Os indivíduos que não recapturamos identificamos por meio das  
177 fotos tiradas dos espécimes no momento da marcação com auxílio de especialistas da ordem.

178

### 179 ESTIMATIVA DA DISPERSÃO

180

181 O método empregado para estudar a dispersão das libélulas foi o de marcação-recaptura.  
182 Esta técnica permite monitorar a sua dispersão nos riachos e detectar os seus movimentos  
183 (Cordero-Rivera e Stoks, 2008; McCauley et al. 2023). Para isso, os odonatos foram marcados  
184 com caneta permanente não-tóxica na cor preta (caneta marcador ponta dupla BRW), assinalando  
185 códigos numéricos na asa anterior direita proporcionando uma personalização para o  
186 reconhecimento de cada indivíduo (Fig.3), independente do igarapé em que foi coletado.

187



188

189 Figura 3. Macho de *Hetaerina sanguinea* marcado com código numérico na asa anterior.

190

191 A captura foi realizada com uma rede entomológica com 40 cm de diâmetro e 65 cm de  
192 profundidade fixada em uma haste de alumínio de 90 cm (Oliveira-Junior e Juen 2019a). Os  
193 odonatos foram apanhados para marcação e posteriormente liberados no mesmo ponto de captura  
194 a fim de deixá-los se locomover para mais locais para serem observados ao longo do estudo e  
195 recapturados ao final do estudo. As coordenadas dos pontos de captura inicial (marcação), dos  
196 reavistamentos e das recapturas finais para cada indivíduo foram aferidas com auxílio de GPS em  
197 tempo real em campo, através do aplicativo *Avenza Maps*® 3.34.11 no *Smartphone* com sistema  
198 *Android* versão 14 mais atualizada, que permite localização e orientação *offline* com alta precisão

199 de até dois a três metros (Avenza Maps 2025; Santana et al. 2019). Desta forma, a dispersão foi  
200 mensurada em metros (m) através da distância percorrida, sendo a somatória das distâncias entre  
201 os pontos de marcação, reavistamento e recaptura final.

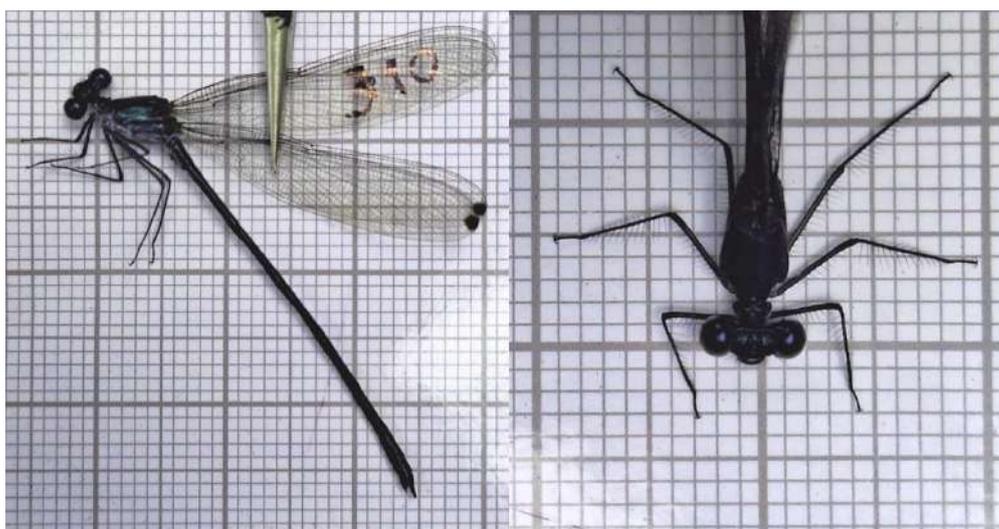
202

### 203 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

204

205 A análise morfométrica foi realizada no software “ImageJ” versão 1.54d utilizando  
206 fotografias dos indivíduos, aferidas no momento da marcação, sobre a superfície de um papel  
207 milimetrado (Fig.4). Por calibração da imagem o software permite transformar e estipular as  
208 medidas em unidades reais como milímetros (Rasband 2023). Foram aferidas três medidas de cada  
209 característica morfológica e posteriormente foi calculada a média desses valores para minimizar  
210 possíveis erros de medição (Bastos 2020) e padronizamos a medição apenas das asas do lado  
211 direito para evitar possíveis efeitos da assimetria flutuante (Pinto et al. 2012). Medimos todos os  
212 indivíduos de cada gênero reavistado/recapturado.

213



214

215 Figura 4. Macho de *Mnesarete williamsoni*, com a marcação do código numérico na asa anterior,  
216 sobre a superfície de um papel milimetrado.

217

218 Os indivíduos adultos, machos e fêmeas das duas subordens, foram marcados para  
219 ampliação do número de espécimes amostrados e dos dados de dispersão. Não marcamos  
220 indivíduos tenerais. As métricas foram selecionadas com base na literatura do grupo, buscando as  
221 características morfológicas associadas a dispersão, em geral, relacionadas com a tolerância e às  
222 condições ambientais e com a capacidade/habilidade de voo descritas na Tabela 1.

223

224 Tabela 1 – Métricas das características morfológicas associadas a capacidade de dispersão em  
225 Odonata.

Características Morfológicas	Cálculo	Justificativa
<b>Comprimento Total do Corpo</b> (C.T.Co.) mm	Distância entre a ponta distal da cabeça e os apêndices anais *	As espécies que apresentam um maior tamanho corporal e volume do tórax aportam uma maior musculatura de voo, além de serem características essenciais para a termorregulação dos organismos e seleção de micro-habitat em riachos (McCauley 2013; De Marco et al. 2015; Calvão 2016).
<b>Volume do Tórax</b> (V.To.) mm <sup>3</sup>	$V.To = \frac{4}{3} \pi \times \frac{L.to}{2} \times \frac{C.to}{2} \times \frac{A.to}{2} **$	
<b>Proporção das Asas</b> (ou <i>Aspect Ratio</i> das asas) Anterior e Posterior (F.A.A. e F.A.P.)	Envergadura da Asa <sup>2</sup> / Área da Asa ***	A menor proporção/ aspecto ratio das asas, asas mais curtas e largas, está relacionado com voos de longa distância e rápida velocidade, dessa forma os organismos podem possuir maior distribuição, por serem capazes de atravessar paisagens fragmentadas (Hassall 2015).
<b>Largura da Base das Asas Posterior</b> (L.B.A.P.) mm	Distância entre a base da veia costal da asa e o ângulo anal da asa****	A base das asas mais larga está relacionada a espécies com uma maior dispersão, pois estão associadas com a capacidade de planar que reduz os gastos energético dos voos de longas distância, mas pode reduzir a capacidade manobrabilidade (McCauley 2013).

226 \* Comprimento Total do Corpo (Ferreira et al., 2023). \*\* Cálculo do volume do tórax, considerando:  $\frac{4}{3}\pi$  = raio do  
227 tórax; L.to = largura tórax; C.to = Comprimento tórax; A.to = Altura do tórax; Cálculo aproximado como volume de  
228 um elipsoide (adaptado de Turlere et al. 2010). \*\*\* Cálculo do Aspecto Ratio (Hassall 2015), considerando a  
229 Envergadura da Asa = duas vezes o comprimento da asa (Suárez-Tovar & Sarmiento, 2016), e a Área da asa = cálculo  
230 da área da elipse, sendo o comprimento da asa o maior diâmetro e a largura como o menor diâmetro (Mourão e Peixoto,  
231 2014); O comprimento da asa = distância entre a base da asa e seu ápice, e largura da asa = largura média da asa  
232 (Ferreira et al. 2023). \*\*\*\* Largura da Base das Asas (McCauley, 2013).  
233

## 234 INTEGRIDADE AMBIENTAL

235

236 Para avaliar as condições de integridade e das condições físicas dos riachos amostrados  
237 utilizamos o Índice de Integridade de Habitat (IIH) (Nessimian et al. 2008; Brasil et al. 2020). O  
238 índice é constituído por 12 itens para analisar visualmente os componentes estruturais do habitat  
239 em termos de vegetação ribeirinha, uso do solo circundante, dispositivos de retenção, tipo de  
240 substrato, vegetação aquática e detritos. O IIH possibilita indicar um gradiente ambiental do grau  
241 de conservação dos riachos, variando em escala de 0 (menos íntegro) a 1 (mais íntegro), sendo

242 amplamente empregado em diversos estudos com insetos aquáticos em riachos tropicais e na  
243 região amazônica (Brasil et al. 2020; Dias-Silva et al. 2010; Oliveira-Junior et al. 2015; Oliveira-  
244 Junior e Juen 2019a; Mendoza-Penagos et al. 2021).

245 De modo complementar, foram avaliadas as variáveis do habitat físico através do protocolo  
246 *United States Environmental Protection Agency* de Peck et al. (2006) adaptado para o Brasil por  
247 Callisto et al. (2014). Em cada igarapé foi demarcado um trecho de 150 m, dividido em 10 seções  
248 de 15 m cada, em cada seção medimos as variáveis ambientais. Foram utilizadas as médias das  
249 variáveis: cobertura do dossel canal (%) utilizando um densiômetro esférico; vegetação rasteira  
250 lenhosa (%); largura molhada (m) do canal; e a temperatura do ar (°C) com um termo-higrômetro.  
251 Foram selecionadas estas variáveis pois demonstraram ter associação significativa com a  
252 distribuição e a composição da comunidade de Odonata na região amazônica (Bastos et al. 2021;  
253 De Resende et al. 2021, Calvão et al. 2016).

254

## 255 USOS E COBERTURA DA TERRA

256

257 A classificação do uso e cobertura da terra (UCT) foi realizada dentro dos *buffers* de 500  
258 metros delimitados entorno de igarapés selecionados neste estudo, através do software de  
259 geoprocessamento QGIS ® 3.34.11 (QGIS 2024). As classes do UCT foram identificadas  
260 utilizando imagens da coleção 9 (mais recente atualizada de 2023) do “MapBiomas” no Brasil,  
261 sendo elas: formação florestal, floresta alagável, pastagem, área campestre, atividade de  
262 beneficiamento mineral, água, entre outras. Após a classificação das imagens, as dimensões de  
263 cada classe foram quantificadas em km<sup>2</sup>, dentro da escala espacial de *buffers* circulares de 500  
264 metros de diâmetro no entorno dos igarapés, por ser uma dimensão intermediária que abrange os  
265 efeitos dos impactos ambientais tanto para Zygoptera quanto para Anisoptera (Calvão et al. 2023;  
266 Raebel et al. 2012).

267

## 268 ANÁLISE ESTATÍSTICA

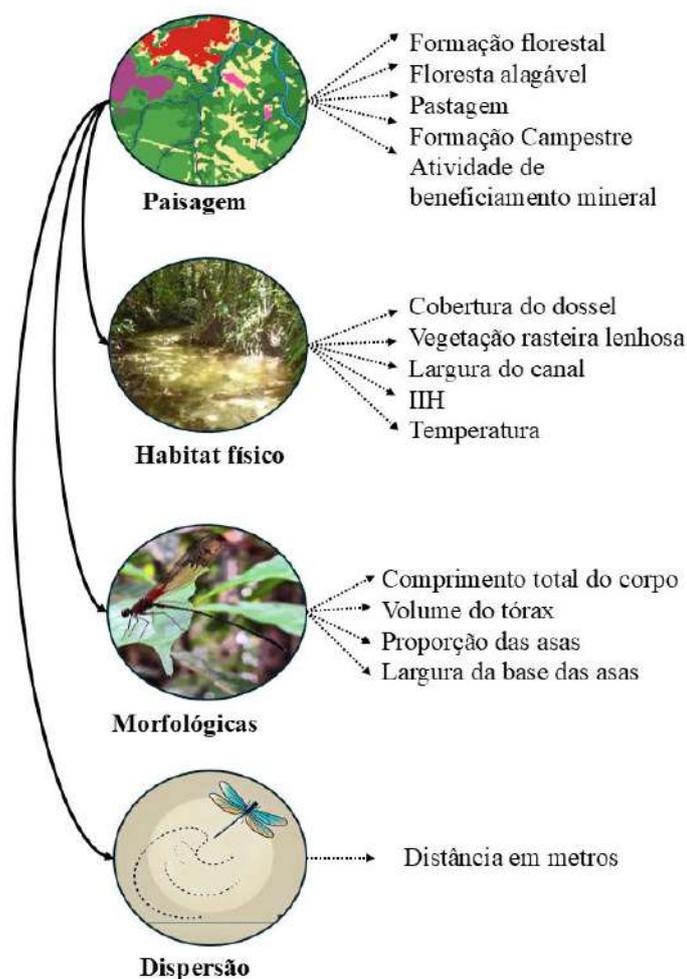
269

270 Neste estudo cada indivíduo foi considerado como uma unidade amostral e o número de  
271 amostra foi o total de indivíduos machos da subordem Zygoptera reavistados (n=113). Em razão  
272 do baixo número de recaptura de indivíduos pertencentes da subordem Anisoptera (n=8), não  
273 foram utilizados na análise. Na análise, foi considerada a distância percorrida por cada indivíduo  
274 como um *proxy* da sua capacidade de dispersão. Para avaliar (i) quais características morfológicas  
275 afetam a capacidade de dispersão e (ii) o efeito do uso e cobertura da terra e do gradiente ambiental  
276 dos igarapés sobre a capacidade de dispersão, usamos a análise de Modelos de Equações

277 Estruturais (SEM, sigla em inglês). Na SEM é possível retratar caminhos (setas) que representam  
 278 as relações causais entre as variáveis testadas (Byrne 2013). As SEM realizam uma série de  
 279 equações estruturais (de regressões) das múltiplas variáveis, que permite modelar suas relações  
 280 causais em um sistema integrado e avaliar a plausibilidade das relações postuladas no modelo  
 281 teórico das hipóteses do estudo (Byrne 2013).

282 Foram utilizadas na análise as variáveis de paisagem, de habitat físico (cobertura do dossel  
 283 do canal, vegetação rasteira lenhosa, largura do canal e temperatura), IHH e as morfológicas  
 284 (comprimento total do corpo, volume do tórax, proporção das asas, largura da base das asas) e  
 285 como variável resposta utilizamos a capacidade de dispersão (distância em metros) (Fig. 5). Para  
 286 evitar efeitos de multicolinearidade entre as variáveis predictoras realizamos uma análise de  
 287 correlação de Kendall, considerando como limite  $\leq 0.75$ . A significância de todos os caminhos da  
 288 análise foi obtida utilizando máxima verossimilhança robusta (MRL), que ajusta os parâmetros do  
 289 modelo levando em conta a não normalidade dos dados (Yuan e Bentler, 1998). A análise foi  
 290 realizada com o pacote “lavaan” (Rosseel 2012), no *software* R 4.31 (R Core Team 2023).

291



292

293

294

Figura 5. Fluxograma do modelo hipotético da análise indicando os caminhos esperados ou relações das variáveis da paisagem (uso e cobertura da terra) e do habitat físico e as morfológicas

295 sobre a capacidade de dispersão. As setas lisas indicam as relações esperadas e as setas pontilhadas  
 296 representam as variáveis que compõe cada agrupamento.

297

298

## RESULTADOS

299

300 Foram marcados 541 indivíduos, destes 86.14% (n=466) corresponderam a espécimes da  
 301 subordem Zygoptera e 13.86% (n=75) da subordem Anisoptera. Ao todo, obteve-se 186  
 302 reavistamentos contando com as recapturas finais (Tab. 2). A taxa de indivíduos reavistados/  
 303 recapturados de Zygoptera foi de 29.61% (n=138, sendo 114 machos e 24 fêmeas), destes 71.01%  
 304 (n=98) destes foram reavistados uma única vez e 16.74% (n=78) indivíduos do total marcado  
 305 foram recapturados ao final do estudo (Anexo 3). Alguns indivíduos foram reavistados apenas no  
 306 dia da recaptura final, contando como um reavistamento. Em razão do baixo reavistamento de  
 307 Anisoptera (1.44%, n=8), estes não foram considerados nas análises. As maiores quantidades de  
 308 reavistamento foram de machos pertencentes aos gêneros *Mnesarete* (n=44), seguido de *Argia*  
 309 (n=33) e *Hetaerina* (n=29) (Tab. 4).

310

311 **Tabela 2** – Número de indivíduos por subordem e sexo que foram marcados, reavistados e  
 312 recapturados ao final do estudo.

Marcação-Recaptura	SUBORDENS						Total Geral
	Anisoptera			ZYGOPTERA		Zygoptera	
	ANISOPTERA		Total	Fêmea	Macho	Total	
	Fêmea	Macho		Fêmea	Macho		
Marcação	15	60	75	89	377	466	541
Reavistamento	1	3	4	12	71	83	87
Recaptura Final	0	5	5	14	65	79	84

313

314 Com a somatória das distâncias percorridas pelos indivíduos, os principais gêneros  
 315 recapturados percorreram curtas distâncias. A menor distância registrada foi de 0.32 m e a máxima  
 316 de 102.36 m, no qual 91.15% dos indivíduos moveram-se menos do que 60 m e apenas 4.4% dos  
 317 espécimes voaram mais do que 90 m (Tab. 3 e 4). Observamos que os indivíduos se movimentaram  
 318 apenas dentro do igarapé onde foram marcados, nenhum se dispersou entre os igarapés estudados.

319

320

321

322

323

324 **Tabela 3** – Distância em metros percorridos pelos indivíduos machos reavistados de Zygotera  
 325 utilizados na análise do estudo.

<b>Metros</b>	<b>Total de indivíduos</b>
0.32-15	50
15-30	34
30-45	6
45-60	13
60-75	3
75-90	2
90-102.36	5
<b>Total Geral</b>	<b>113</b>

326

327 **Tabela 4** – Número de indivíduos machos reavistados por gênero e as distâncias em metros  
 328 percorridos pelos indivíduos de Zygotera, utilizados na análise do estudo.

<b>Gênero</b>	<b>Nº de indivíduos Reavistados</b>	<b>Menor Distância (m)</b>	<b>Maior Distância (m)</b>	<b>Média das Distâncias (m)</b>
<i>Argia</i>	33	2.88	100.06	23.00
<i>Dictérias</i>	2	5.87	45.52	-
<i>Hetaerina</i>	29	6.38	96.15	22.41
<i>Heteragrion</i>	3	3.87	51.23	20.76
<i>Mnesarete</i>	44	1.6	102.36	32.00
<i>Neoneura</i>	2	0.32	11.61	-

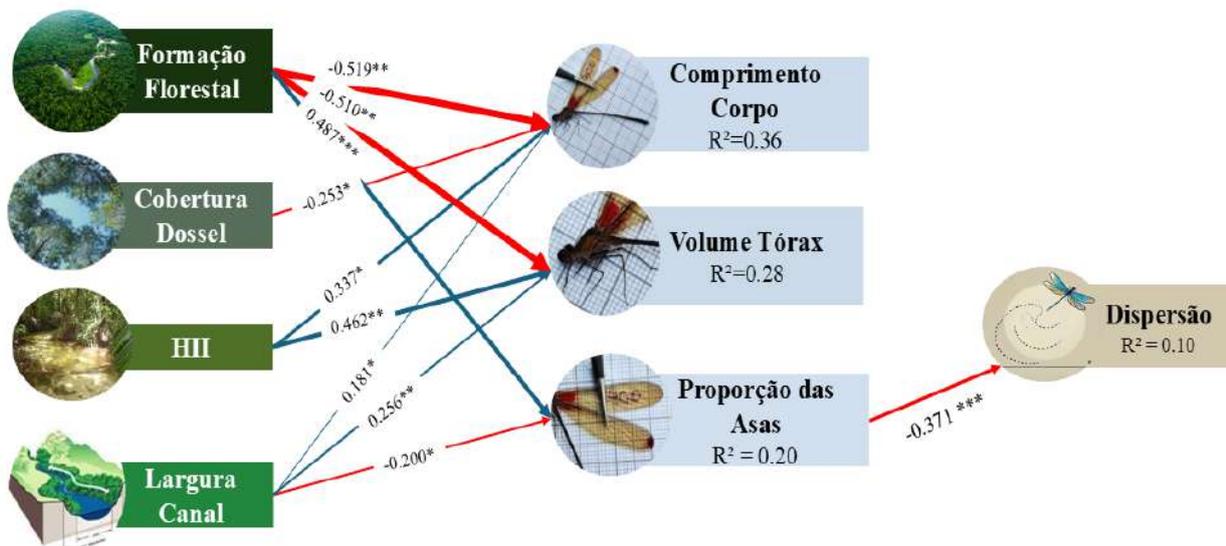
329

330 No total, utilizamos 113 indivíduos machos de Zygotera reavistados como amostras para  
 331 realizar a análise SEM, eram 114 machos mas retiramos um indivíduo, pois não foi possível  
 332 realizar a análise morfométrica com sua foto. Para evitar a multicolinearidade, retiramos a  
 333 proporção das asas anterior, a largura da base das asas posterior e a floresta alagável (Anexo 1).  
 334 Os usos e coberta cobertura da terra mais significativos no entorno dos igarapés foram formação  
 335 florestal e pastagem, os usos de atividade de beneficiamento mineral e formação campestre  
 336 estiveram presentes no entorno de apenas um igarapé e não foram utilizadas na análise (Anexo 2).

337 No fluxograma representado com as relações significativas obtidas no SEM (Fig. 6),  
 338 observamos que a capacidade de dispersão de espécimes da subordem Zygotera foi influenciada  
 339 diretamente e negativamente pela proporção das asas posteriores ( $R^2=0.10$ ) ( $\beta=-0.371$ ). Dessa  
 340 forma, para a hipótese i) corroboramos apenas que esta característica morfológica está relacionada  
 341 negativamente à capacidade de dispersão. A proporção das asas foi diretamente influenciada por  
 342 dois componentes ( $R^2=0.20$ ), tendo relação positiva com formação florestal ( $\beta=0.487$ ) e negativa  
 343 com a largura do canal ( $\beta=-0.200$ ). Apesar do comprimento total do corpo e volume do tórax não  
 344 apresentarem efeito sobre a dispersão, foram diretamente relacionados com a cobertura do dossel,  
 345 largura do canal, IIIH e formação florestal (Fig. 6). Destacamos, que a variável de uso e cobertura

346 da terra (formação florestal) obteve relações diretas e fortes com todas as variáveis morfológicas  
 347 testadas, mas não foi considerada significativa com a dispersão tendo o valor exatamente  $p=0.5$ .  
 348 Sendo assim, para a hipótese ii), não foi encontrada relação direta entre a integridade do habitat e  
 349 da formação florestal sobre a dispersão, mas a formação florestal e a largura do canal influenciaram  
 350 na morfologia (de proporção das asas) dos indivíduos.

351



352

353

354 Figura 6. Fluxograma de Equações Estruturais indicando os caminhos e os valores significativos  
 355 obtidos das relações entre as características morfológicas, as variáveis de uso e cobertura da terra  
 356 e das variáveis do habitat físico sobre a capacidade de dispersão de Zygoptera. As setas azuis  
 357 indicam as relações positivas e as setas vermelhas negativas. Valores de  $p$  significativos: \*  $p <$   
 358  $0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ . No meio das setas se encontra o valor do coeficiente das relações  
 ( $\beta$ ). Apenas as variáveis com relações significativas foram utilizadas.

359

360

## DISCUSSÃO

361

362 Nossos resultados demonstram que as variáveis locais (cobertura do dossel e largura do  
 363 canal), de paisagem (formação florestal) e a integridade do habitat afetam as características  
 364 morfológicas, mas nem todas têm uma relação direta com a capacidade de dispersão de Zygoptera  
 365 adultos em igarapés na Amazônia. Nossa hipótese i) de que o tamanho corporal, volume do tórax  
 366 e largura da base das asas estariam relacionadas positivamente e a proporção das asas  
 367 negativamente à capacidade de dispersão foi corroborada parcialmente, pois apenas a proporção  
 368 das asas apresentou a relação direta e negativa esperada. A hipótese ii) de que a maior formação  
 369 florestal e a integridade do habitat estariam negativamente relacionadas à capacidade de dispersão  
 370 também foi corroborada parcialmente, uma vez que não foi encontrada relação direta, entretanto,  
 371 a formação florestal e a largura do canal influenciaram na morfologia (de proporção das asas) dos  
 372 indivíduos, podendo afetar a sua capacidade de voo e dispersão.

373 Neste estudo, houve predomínio de indivíduos marcados de Zygotera, que se deslocaram  
374 por curtas distâncias dentro dos igarapés. Isso demonstra que os indivíduos de zygotera  
375 registrados utilizam uma estratégia de deslocamento restrito ao longo do habitat reprodutivo  
376 conectado (Keller e Holderegger 2013), o que reflete uma limitada capacidade de dispersão, sendo  
377 mais afetados por variáveis em escalas mais locais (com raio de 100 a 400 m) do que em  
378 comparação com Anisoptera (veja Harabis e Dolný, 2011; Raebel et al. 2012).

379 As diferenças nas distâncias de voo comparadas com outros estudos podem estar  
380 relacionadas com os ambientes estudados que apresentam condições físicas e climáticas distintas  
381 da região amazônica. Por exemplo, no Canadá a capacidade de voo para *Argia vivida*, em média,  
382 é de em torno de  $181 \pm 22$  m (Kortello e Ham, 2010), enquanto para espécies maiores, como  
383 *Hetaerina cruentata*, no México foi em média 44.3 m (Córdoba-Aguilar 1994) e para espécies de  
384 *Heteragrion*, distâncias menores do que 3 m dentro do riacho na Mata Atlântica (Loiola e De  
385 Marco, 2011).

386 Anisoptera não foi incluída na análise, devido à baixa taxa de reavistamento e recaptura  
387 (1.44%), pois, isso diminui a capacidade de análises dos testes estatísticos e impede conclusões  
388 precisas sobre sua capacidade de dispersão. Essa baixa recaptura sugere uma maior mobilidade  
389 para locais mais distantes do trecho amostrado (Raebel et al. 2012). Um dos gêneros mais  
390 reavistados de Anisoptera neste estudo foi *Zenithoptera*, que possui comportamento territorial,  
391 investindo mais tempo e energia no acasalamento e na guarda de fêmeas (Ancco Valdivia et al.  
392 2020). Possivelmente, este fator comportamental explica o baixo movimento realizado apenas  
393 dentro do mesmo território.

394 A proporção das asas (PA) influenciou negativamente a dispersão e foi impactada  
395 positivamente pela formação florestal e negativamente pela largura do canal. Em *Calopteryx*, a  
396 maior PA está relacionada a ambientes de menor temperatura (Hassal 2015), visto que baixas  
397 temperaturas diminuiriam a frequência dos batimentos das asas, necessitando de asas mais largas  
398 para sustentação do voo (Dudley 2002). Dessa forma, correlacionamos nossos resultados  
399 indiretamente com a temperatura, visto que, locais com maior cobertura florestal fornecem um  
400 ambiente com menor incidência solar e maior estabilidade das condições microclimáticas (Allan  
401 et al. 2021; De Marco et al. 2015). Nesses locais, encontramos gêneros como *Heteragrion*, que  
402 apresentaram maior PA e menor capacidade de dispersão. Em contrapartida, em riachos com maior  
403 largura do canal associados com a perda de vegetação ripária e impactos de usos antrópicos que  
404 ocasionam a maior insolação (Allan et al. 2021; De Marco et al. 2015), observamos indivíduos  
405 mais adaptados a ambientes mais ensolarados, como *Mnesarete* e *Hetaerina*, que exibiram menor  
406 PA e maior dispersão.

407 Não detectamos relação entre o comprimento do corpo e volume do tórax com a dispersão  
408 de Zygoptera. Estas características são conhecidas na literatura por darem suporte para uma maior  
409 musculatura de voo e serem essenciais para a termorregulação dos organismos (May 1976) e  
410 seleção de micro-habitat em riachos de áreas favoráveis à sua dispersão (De Marco et al. 2015;  
411 Calvão 2016; Vinagre et al. 2024). Contudo, compreende-se que espécies com maior  
412 especificidade de habitat passam a maior parte do tempo em repouso, utilizando suas asas para  
413 voos curtos em busca de presas e defesa de território, o que possibilitaria conseguir transpor a  
414 necessidade de possuírem um tórax mais desenvolvido (Juen et al. 2014; De Marco et al. 2015;  
415 Pereira-Moura et al. 2023). Dessa maneira, corpos mais delgados em zigópteros podem implicar  
416 que as demandas energéticas e mecânicas para o voo são menores, e isso torna a relação do  
417 desempenho de voo e dispersão menos evidente em nossos resultados.

418 O IIH apresentou relações com as características morfológicas diferentes do esperado na  
419 literatura. As relações positivas obtidas sugerem que em ambientes de maior integridade haveria  
420 espécies de grandes tamanhos corporais e volume do tórax. Espécies de tamanhos corporais  
421 maiores de Odonata e heliotérmicas tendem a habitar áreas com vegetação ripária reduzida e com  
422 uma maior entrada de luz solar, conseqüentemente menor IIH (Calvão et al. 2024; Bastos et al.  
423 2021). Possivelmente esse resultado foi devido ao fato de que *Mnesarete* e *Hetaerina*,  
424 heliotérmicas, terem sido encontradas em machas de sol em todos os igarapés desde os mais  
425 íntegros ao mais degradados. Além disso, pode ser uma questão de representatividade, uma vez  
426 que não utilizamos os dados de Anisoptera e, portanto, retiramos os representantes de grandes  
427 tamanhos corporais e isso pode afetar o comportamento e o padrão de detecção das análises. No  
428 entanto, ressaltamos a necessidade de pesquisas futuras para elucidar essa relação das proporções  
429 corporais de zygoptera e a integridade do habitat.

430 Como observado neste estudo, para muitos espécimes a distância geográfica entre os  
431 habitats pode fornecer condições ambientais que não conseguem suportar durante a dispersão,  
432 ficando assim mais restrito à sua região (Raebel et al. 2012; Heino et al. 2015; Brito et al. 2024).  
433 Locais com a presença de pastagens (Jonsen e Taylor 2000), urbanização (Watts et al. 2004),  
434 grandes rios (Juen e De Marco 2012; Alves-Martins et al. 2019; Brito et al. 2024) e até áreas com  
435 barreiras de matagal (Purse et al. 2003) impedem a conectividade de habitats adequados de  
436 reprodução tornando os indivíduos de baixa locomoção mais propensos a extinção local, podendo  
437 limitar a dispersão de zigópteros com baixa capacidade de voo (Jonsen e Taylor 2000; Purse et al.  
438 2003; Van Dyck e Baguette 2005; Rouquette e Thompson 2007; Kortelho e Ham 2010).

439 Dessa forma, ressaltamos que a capacidade de dispersão e movimento de Zygoptera são  
440 sensíveis tanto às modificações dentro de seus habitats aquáticos quanto por mudanças na  
441 paisagem terrestre circundante (Dolný et al. 2014). Em razão dos zigópteros serem afetados

442 principalmente por variáveis físico-químicas locais, devido suas estreitas tolerâncias  
443 ecofisiológica, no qual a vegetação circundante forneceria maior estabilidade térmica (De Marco  
444 et al. 2015; Barbosa dos Santos et al. 2024). Isto demonstra que é essencial conservar e restaurar  
445 zonas de vegetação ripária em torno dos corpos d'água, consideradas no Brasil pela Lei nº  
446 12.651/2012 como áreas de preservação permanente (Brasil 2012). Pois essas matas ciliares  
447 funcionam como corredores ecológicos que permitem a conectividade entre habitats e facilitam a  
448 dispersão de espécies que dependem dessas áreas naturais remanescentes (Salomão et al. 2023).  
449 Imprescindível para garantir a biodiversidade das comunidades aquáticas em escala local e  
450 regional (Ferreira et al. 2024). Por fim, como ponto de atenção para futuros estudos, é importante  
451 destacar que a área de estudo e o tempo para o desenvolvimento do trabalho limitam maiores  
452 generalizações. Sugerimos que novas pesquisas avaliem riachos de maior extensão longitudinal,  
453 mais conectados e próximos entre si, e expandam para melhor conhecimento sobre a dispersão da  
454 subordem Anisoptera.

455

456

457

## CONCLUSÕES

458 Nossos resultados demonstram que as variáveis locais (cobertura do dossel e largura do  
459 canal), de paisagem (formação florestal) e a integridade do habitat afetam as características  
460 morfológicas, mas nem todas têm influência sobre a capacidade de dispersão de zigópteros.  
461 Compreendemos que estes fatores agiram como filtros ambientais favorecendo a dispersão de  
462 indivíduos com características morfológicas adaptadas ao ambiente. Averiguamos que a  
463 capacidade de dispersão de Zygoptera depende mais da morfologia das asas e isso reflete a  
464 especialização ecológica e biomecânica de voo desse grupo. Indivíduos de ambientes mais  
465 vegetados e sombreados exibiram menor capacidade de dispersão e maior proporção das asas,  
466 enquanto, os mais adaptados a ambientes abertos e ensolarados apresentaram menores proporções  
467 permitindo performances de voos de longas distâncias. Concluimos que indivíduos com menor  
468 capacidade de dispersão, como da subordem Zygoptera, possuem maior probabilidade de  
469 tornarem-se vulneráveis às intensificações do uso da terra e a perda de cobertura vegetal, que  
470 podem afetar na sua dinâmica populacional e levar a extinção local. Dessa maneira, nosso estudo  
471 vem para contribuir com novas perspectivas da relação das características morfológicas e dos  
472 fatores do habitat físico sobre a capacidade de voo e para o conhecimento a respeito da  
473 movimentação de Zygoptera na região amazônica oriental.

474

475

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

476

477

478 Allan JD, Castillo MM, Capps KA (2021) Stream ecology: structure and function of running  
479 waters. Springer Nature, Switzerland, 485pp.

480

481 Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes Gonçalves JL, Sparovek G (2013) Köppen's  
482 climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–728.  
483 <https://doi.org/10.1127/09412948/2013/0507>

484

485 Alves-Martins F, Calatayud J, Medina NG, De Marco P, Juen L, Hortal J (2019) Drivers of  
486 regional and local diversity of Amazonian stream Odonata. *Insect Conservation and Diversity*  
487 12: 251–261. <https://doi.org/10.1111/icad.12327>

488

489 Ancco Valdivia FG, Alves-Silva E, Del-Claro K (2020) Differences in size and energy content  
490 affect the territorial status and mating success of a neotropical dragonfly. *Austral Ecology* 45:  
491 748–758. <https://doi.org/10.1111/aec.12891>

492

493 Anderson RC (2009) Do dragonflies migrate across the western Indian Ocean? *Journal of*  
494 *Tropical Ecology* 25: 347–358. <https://doi.org/10.1017/S0266467409006087>

495

496 Avenza Maps | The Digital Map Store. Available from: <https://store.avenza.com/> (Jan. 14, 2025).

497

498 Angelibert S, Giani N (2003) Dispersal characteristics of three odonate species in a patchy  
499 habitat. *Ecography* 26: 13–20. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2003.03372.x>

500

501 Barbosa dos Santos FM, Juen L, Cajaiba RL; Sousa JRP de (2024) Distribution of the Odonata  
502 assemblages along an environmental gradient in the streams of the legal Amazonia region in  
503 western Maranhão (Brazil). *J Insect Conserv* 28: 651–663. <https://doi.org/10.1007/s10841-024-00581-4>

504

505 Bastos RC, Brito J, Cunha E, Cruz GM, Pereira JLS, Vieira J, Juen L (2021) Environmental  
506 impacts from human activities affect the diversity of the Odonata (Insecta) in the Eastern  
507 Amazon. *International Journal of Odonatology* 24: 300–315. [https://doi.org/10.23797/2159-6719\\_24\\_22](https://doi.org/10.23797/2159-6719_24_22)

508

509 Bastos RC, Brasil LS, Oliveira-Junior JMB, Carvalho FG, Lennox GD, Barlow J, Juen L (2020)  
510 Morphological and phylogenetic factors structure the distribution of damselfly and dragonfly  
511 species (Odonata) along an environmental gradient in Amazonian streams. *Ecological Indicators*  
512 122: 107257. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107257>

513

514 Bowler DE, Benton TG (2005). Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating  
515 individual behaviour to spatial dynamics. *Biol. Rev.* 80: 205-225.  
516 <https://doi.org/10.1017/S1464793104006645>

517

518 Brasil (2012). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação  
519 nativa. *Diário Oficial da União*. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)

520

521 Brasil LS, Vilela DS (2019) Peculiaridades regionais na percepção de brasileiros sobre libélulas:  
522 nomenclatura popular e conservação. *Hetaerina Boletín de la Sociedad de Odonatología Latinoamericana* 1:15-20.

523

- 527 [https://www.researchgate.net/publication/330597999\\_Peculiaridades\\_regionais\\_na\\_percepcao\\_d](https://www.researchgate.net/publication/330597999_Peculiaridades_regionais_na_percepcao_d)  
528 [e\\_brasileiros\\_sobre\\_libelulas\\_nomenclatura\\_popular\\_e\\_conservacao](https://www.researchgate.net/publication/330597999_Peculiaridades_regionais_na_percepcao_d)  
529
- 530 Brasil LS, de Lima EL, Spigoloni ZA, Ribeiro-Brasil DRG, Juen L (2020) The habitat integrity  
531 index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. *Ecological Indicators*  
532 116: 106495. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106495>  
533
- 534 Brito JS, Cottenie K, Cruz GM, Calvão LB, et al. (2024) Odonata responses to dispersal and  
535 niche processes differ across Amazonian endemism regions. *Insect Conservation and Diversity*  
536 17: 988–1000. <https://doi.org/10.1111/icad.12764>  
537
- 538 Byrne BM (2013) Structural equation modeling with EQS: Basic concepts, applications, and  
539 programming. Routledge, New York, 2nd Ed, 454 pp. <https://doi.org/10.4324/9780203726532>  
540
- 541 Callisto M, Alves CBM, Lopes JM, Castro MA (2014) Condições ecológicas em bacias  
542 hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos. CEMIG, Belo Horizonte, 264 pp.  
543 [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Indice\\_de\\_Integridade\\_Biotica.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Indice_de_Integridade_Biotica.pdf)  
544
- 545 Calvão LB, Nogueira DS, de Assis Montag LF, Lopes MA, Juen L (2016b) Are Odonata  
546 communities impacted by conventional or reduced impact logging? *Forest Ecology and*  
547 *Management* 382: 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.013>  
548
- 549 Calvão LB, Brito J da S, Ferreira D, Cunha EJ, Oliveira-Junior JMB, Juen L (2023) Effects of  
550 the loss of forest cover on odonate communities in eastern Amazonia. *Journal of Insect*  
551 *Conservation* 27: 205–218. <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00444-w>  
552
- 553 Calvão LB, Faria APJ, Paiva CKS de, Oliveira-Junior JMB, Muzón J, Córdoba-Aguillar A, Juen  
554 L (2024) Thorax temperature and niche characteristics as predictors of abundance of Amazonian  
555 Odonata. *bioRxiv* 2024.09.14.613059. <https://doi.org/10.1101/2024.09.14.613059>  
556
- 557 Carvalho RL, Resende AF, Barlow J, França FM, Moura MR, Maciel R, Alves-Martins F, Shutt  
558 J, Nunes CA, ..., Ferreira J et al. (2023) Pervasive gaps in Amazonian ecological research.  
559 *Current Biology*, 33: 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.077>.  
560
- 561 Clobert J, Le Galliard J-F, Cote J, Meylan S, Massot M (2009) Informed dispersal, heterogeneity  
562 in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecology*  
563 *Letters* 12: 197–209. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01267.x>  
564
- 565 Clobert J, Baguette M, Benton TG, Bullock JM (2012) *Dispersal Ecology and Evolution*. Oxford  
566 University Press, 3-18 pp.  
567
- 568 Conrad KF, Willson KH, Harvey IF, Thomas CJ, Sherratt TN (1999) Dispersal characteristics of  
569 seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography* 22: 524–531.  
570 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb01282.x>  
571
- 572 Corbet PS (1999) *Dragonflies behavior and ecology of Odonata*. University of Edinburgh,  
573 Scotland.  
574
- 575 Cordero-rivera A, stoks, R (2008) Mark-recapture studies and demography. In: Córdoba-aguilar  
576 A (Eds) *Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*.  
577 Oxford University Press, Oxford, 7-20 pp.  
578

- 579 Córdoba-Aguilar A (1994). Adult Survival and Movement in Males of the Damselfly *Hetaerina*  
580 *cruentata* (Odonata: Calopterygidae). The Florida Entomologist, 77: 256–264.  
581 <https://doi.org/10.2307/3495511>  
582
- 583 Da Costa RS, Guimarães LAV (2018) Barcarena: Resumo histórico de sua expansão urbana. In:  
584 OFÍCIO Nº 188/2018 — GB/PGM. Procuradoria Geral do Município.  
585 [https://apublica.org/wpcontent/uploads/2018/08/1.-Historico\\_Barcarena-PA.pdf](https://apublica.org/wpcontent/uploads/2018/08/1.-Historico_Barcarena-PA.pdf).  
586
- 587 De Marco Júnior PD, Batista JD, Cabette HSR (2015) Community Assembly of Adult Odonates  
588 in Tropical Streams: An Ecophysiological Hypothesis. PLOS ONE 10: e0123023.  
589 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123023>  
590
- 591 De Resende BO, Ferreira VRS, Brasil LS et al. (2021) Impact of environmental changes on the  
592 behavioral diversity of the Odonata (Insecta) in the Amazon. Scientific Reports 11, 9742  
593 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88999-7>  
594
- 595 Dias-Silva K, Cabette HSR, Juen L, Jr PDM (2010) The influence of habitat integrity and  
596 physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera.  
597 Zoologia (Curitiba) 27: 918–930. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000600013>  
598
- 599 Diniz MF, Cushman SA, Machado RB, De Marco Júnior P (2020) Landscape connectivity  
600 modeling from the perspective of animal dispersal. Landscape Ecology 35: 41–58.  
601 <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00935-3>  
602
- 603 Dolný A, Harabiš F, Mižičová H (2014) Home Range, Movement, and Distribution Patterns of  
604 the Threatened Dragonfly *Sympetrum depressiusculum* (Odonata: Libellulidae): A Thousand  
605 Times Greater Territory to Protect? PLOS ONE 9: e100408.  
606 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100408>  
607
- 608 Downes BJ, Lancaster J (2018) Itinerant, nomad or invader? A field experiment sheds light on  
609 the characteristics of successful dispersers and colonists. Freshwater Biology 63: 1394–1406.  
610 <https://doi.org/10.1111/fwb.13167>  
611
- 612 Dudley R (2002) The biomechanics of insect flight. Princeton: Princeton University Press. 55-  
613 56pp.  
614
- 615 Ferreira VRS, de Resende BO, Bastos RC, da Brito JS, de Carvalho FG, Calvão LB, Oliveira-  
616 Junior JMB, Neiss UG, Ferreira R, Juen L (2023) Amazonian Odonata Trait Bank. Ecology and  
617 Evolution 13: e10149. <https://doi.org/10.1002/ece3.10149>  
618
- 619 Ferreira VRS, Cunha EJ, Calvão LB et al. (2024) Amazon streams impacted by bauxite mining  
620 present distinct local contributions to the beta diversity of aquatic insects, fish, and macrophytes.  
621 Science of The Total Environment 955: 177292. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177292>  
622
- 623 Fischer J, Lindenmayer DB (2007) Landscape modification and habitat fragmentation: a  
624 synthesis. Global Ecology and Biogeography 16: 265–280. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x>  
625  
626
- 627 Furtado LG, Morales GP, Da Silva DF, Pontes AN (2020) Transformações do uso e cobertura da  
628 terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará. Revista Brasileira de Geografia  
629 Física 13: 2340–2354. <https://doi.org/10.26848/rbfg.v13.5.p2340-2354>  
630

- 631 Garrison RW, Von Ellenrieder N, Louton JA (2010) Damselfly Genera of the New World: An  
632 Illustrated and Annotated Key to the Zygoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore,  
633 USA, 490 pp.  
634
- 635 Garrison RW, Von Ellenrieder N, Louton JA (2006) Dragonfly genera of the New World: An  
636 illustrated and annotated key to the Anisoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore,  
637 USA, 384 pp.  
638
- 639 Green AJ, Lovas-Kiss A, Reynolds C et al. (2023). Dispersal of aquatic and terrestrial organisms  
640 by waterbirds: A review of current knowledge and future priorities. *Freshwater Biology* 68: 173-  
641 190. <https://doi.org/10.1111/fwb.14038>  
642
- 643 Gómez-Tolosa M, Rivera-Velázquez G, Rioja-Paradela TM, Mendoza-Cuenca LF, Tejeda-Cruz  
644 C, López S (2021) The use of Odonata species for environmental assessment: a meta-analysis for  
645 the Neotropical region. *Environmental Science and Pollution Research* 28: 1381–1396.  
646 <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11137-9>  
647
- 648 Hanski I (2008) Metapopulation Models. In: Jørgensen SE (Ed) *Encyclopedia of Ecology*,  
649 Elsevier Scientific Publ. Co., Oxford, 2318-2325 pp.  
650
- 651 Harabis F, Dolný A (2011) The effect of ecological determinants on the dispersal abilities of  
652 central European dragonflies (Odonata). *Odonatologica*, 40 (10): 17-318.  
653 [https://www.researchgate.net/publication/231225831\\_The\\_effect\\_of\\_ecological\\_determinants\\_o](https://www.researchgate.net/publication/231225831_The_effect_of_ecological_determinants_on_the_dispersal_abilities_of_Central_European_dragonflies_Odonata)  
654 [n\\_the\\_dispersal\\_abilities\\_of\\_Central\\_European\\_dragonflies\\_Odonata](https://www.researchgate.net/publication/231225831_The_effect_of_ecological_determinants_on_the_dispersal_abilities_of_Central_European_dragonflies_Odonata)  
655
- 656 Hassall C (2015) Strong geographical variation in wing aspect ratio of a damselfly, *Calopteryx*  
657 *maculata* (Odonata: Zygoptera). *PeerJ* 3: e1219. <https://doi.org/10.7717/peerj.1219>  
658
- 659 He X, Liang J, Zeng G, Yuan Y, Li X (2019) The Effects of Interaction between Climate Change  
660 and Land-Use/Cover Change on Biodiversity-Related Ecosystem Services. *Global Challenges* 3:  
661 1800095. <https://doi.org/10.1002/gch2.201800095>  
662
- 663 Heino J, Melo AS, Siqueira T, Soininen J, Valanko S, Bini LM (2015) Metacommunity  
664 organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects.  
665 *Freshwater Biology* 60: 845–869. <https://doi.org/10.1111/fwb.12533>  
666
- 667 Jiang Y, Purvis A (2023) How land use affects biodiversity: An analysis of the differences in the  
668 effects recorded on different continents. *European Journal of Environmental Sciences* 13: 15–22.  
669 <https://doi.org/10.14712/23361964.2023.2>  
670
- 671 Jønsson KA, Tøttrup AP, Borregaard MK, Keith SA, Rahbek C, Thorup K (2016) Tracking  
672 Animal Dispersal: From Individual Movement to Community Assembly and Global Range  
673 Dynamics. *Trends in Ecology & Evolution* 31: 204–214.  
674 <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.01.003>  
675
- 676 Jonsen ID, Taylor PD (2000) Fine-scale movement behaviors of calopterygid damselflies are  
677 influenced by landscape structure: an experimental manipulation. *Oikos* 88: 553–562.  
678 <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.880312.x>  
679
- 680 Juen L, De Marco P (2012) Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing  
681 hypotheses for biogeographical patterns. *Biodiversity and Conservation* 21: 3507–3521.  
682 <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0377-0>

- 683  
684 Juen L, Oliveira-Junior JMB de, Shimano Y, Mendes TP, Cabette HSR (2014) Composição e  
685 riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono  
686 Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta Amazonica* 44: 223–233. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000200008>  
688
- 689 Juen L, Cunha EJ, Carvalho FG, Ferreira MC, Begot TO, Andrade AL, Shimano Y, Leão H,  
690 Pompeu PS, Montag LFA (2016) Effects of Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and  
691 Biota of Streams in Eastern Amazon. *River Research and Applications* 32: 2081–2094.  
692 <https://doi.org/10.1002/rra.3050>  
693
- 694 Keller D, Holderegger R (2013) Damselflies use different movement strategies for short- and  
695 long-distance dispersal. *Insect Conservation and Diversity* 6: 590–597.  
696 <https://doi.org/10.1111/icad.12016>  
697
- 698 Keller D, Brodbeck S, Flöss I, Vonwil G, Holderegger R (2010) Ecological and genetic  
699 measurements of dispersal in a threatened dragonfly. *Biological Conservation* 143: 2658–2663.  
700 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.07.008>  
701
- 702 Kortello AD, Ham SJ (2010) Movement and habitat selection by *Argia vivida* (Hagen) (Odonata,  
703 Coenagrionidae) in fuel-modified forest. *Journal of Insect Conservation* 14: 133–140.  
704 <https://doi.org/10.1007/s10841-009-9233-2>  
705
- 706 Lencioni FAA (2005) The damselflies of Brazil: an illustrated guide-The non Coenagrionidae  
707 families. All Print Editora, São Paulo, 332 pp.  
708
- 709 Lencioni FAA (2006) The damselflies of Brasil: an illustrated guide-Coenagrionidae. All Print  
710 Editora, São Paulo, 332 pp.  
711
- 712 Loiola GR, De Marco P (2011) Behavioral ecology of *Heteragrion consors* Hagen (Odonata,  
713 Megapodagrionidae): a shade-seek Atlantic Forest damselfly. *Revista Brasileira de Entomologia*  
714 55: 373–380. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011005000036>  
715
- 716 Martin AE, Lockhart JK, Fahrig L (2023) Are weak dispersers more vulnerable than strong  
717 dispersers to land use intensification? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*  
718 290: 20220909. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0909>  
719
- 720 Matthysen E (2012) Multicausality of dispersal: a review. In: Clobert J, Baguette M, Benton TG,  
721 Bullock JM (Eds), *Dispersal Ecology and Evolution*. Oxford University Press, 3-18 pp.  
722
- 723 May ML (1976) Thermoregulation and Adaptation to Temperature in Dragonflies (Odonata:  
724 Anisoptera). *Ecological Monographs* 46: 1–32. <https://doi.org/10.2307/1942392>  
725
- 726 McCauley SJ, Baines CB, Mabry KE (2023) Dispersal and metapopulation ecology in Odonata.  
727 In: Córdoba-Aguilar A, Beatty C, Bried J (Eds), *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms*  
728 *for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press, 155-166 pp.  
729
- 730 McCauley SJ (2013) Relationship between morphology, dispersal and habitat distribution in  
731 three species of *Libellula* (Odonata: Anisoptera). *Aquatic Insects* 34: 195–204.  
732 <https://doi.org/10.1080/01650424.2013.800557>  
733

- 734 Mendoza-Penagos CC, Calvão LB, Juen L (2021) A new biomonitoring method using taxonomic  
735 families as substitutes for the suborders of the Odonata (Insecta) in Amazonian streams.  
736 Ecological Indicators 124: 107388. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107388>  
737
- 738 Mourão MAN, Peixoto PEC (2014) Do morphological and physiological characteristics of males  
739 of the dragonfly *Macrothemis imitans* determine the winner of territorial contests? Journal of  
740 Insect Science (Online) 14: 89. <https://doi.org/10.1093/jis/14.1.89>  
741
- 742 Nessimian JL, Venticinque EM, Zuanon J, De Marco P, Gordo M, Fidelis L, D'arc Batista J, Juen  
743 L (2008) Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian  
744 streams. Hydrobiologia 614: 117–131. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9441-x>  
745
- 746 Nugrahaningrum A, Soesilohadi RCH (2021) Variations of Movement, Dispersal, and  
747 Morphometrics among Subpopulations of Javan Endemic Damselfly, *Drepanosticta spatulifera*  
748 (Odonata: Platystictidae) in Petungkriyono Forest. Journal of Tropical Biodiversity and  
749 Biotechnology 6: 65612. <https://doi.org/10.22146/jtbb.65612>  
750
- 751 Oliveira-Junior JMB, Shimano Y, Gardner TA, Hughes RM, de Marco Júnior P, Juen L (2015)  
752 Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams  
753 in the eastern Amazon. Austral Ecology 40: 733–744. <https://doi.org/10.1111/aec.12242>  
754
- 755 Oliveira-Junior JMB, Juen L (2019a) Structuring of Dragonfly Communities (Insecta: Odonata)  
756 in Eastern Amazon: Effects of Environmental and Spatial Factors in Preserved and Altered  
757 Streams. Insects 10:322. <https://doi.org/10.3390/insects10100322>  
758
- 759 Oliveira-Junior, J.M.B., Juen, L. (2019b) The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a  
760 New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. Neotrop Entomol 48:552–  
761 560. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00672-x>  
762
- 763 Outomuro D, Johansson F (2019) Wing morphology and migration status, but not body size,  
764 habitat or Rapoport's rule predict range size in North-American dragonflies (Odonata:  
765 Libellulidae). Ecography 42: 309–320. <https://doi.org/10.1111/ecog.03757>  
766
- 767 Peck DV, Herlihy AT, Hill BH et al. Environmental monitoring and assessment program-surface  
768 waters: Western pilot study field operations manual for wadeable streams. EPA/620/R-06/003.  
769 Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2006.  
770
- 771 Pereira-Moura L, Veras DS, de Carvalho FG, Juen L, Couceiro SRM (2023) Habitat specificity  
772 and morphology-main filters for the distribution of Odonata in the Cerrado Maranhense, Brazil.  
773 Aquatic Ecology 57: 443–458. <https://doi.org/10.1007/s10452-023-10021-1>  
774
- 775 Peres, C. A., Gardner, T. A., Barlow, J., Zuanon, J., ... & Feeley, K. J. (2010). Biodiversity  
776 conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. Biological conservation, 143(10),  
777 2314-2327. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.021>  
778
- 779 Pinto NS, Juen L, Cabette HSR, de Marco P (2012) Fluctuating Asymmetry and Wing Size of  
780 *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation  
781 Status. Neotropical Entomology 41: 178–185. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0029-9>  
782
- 783 Purse BV, Hopkins GW, Day KJ, Thompson DJ (2003) Dispersal characteristics and  
784 management of a rare damselfly. Journal of Applied Ecology 40: 716–728.  
785 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00829.x>

- 786  
787 QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. versão 3.34.2-Prizren. 2021.  
788 Available from: <https://qgis.org> (Nov. 21, 2024).  
789
- 790 R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for  
791 Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. Available from: <https://www.R-project.org/> (Fev.  
792 01, 2024).  
793
- 794 Raebel EM, Merckx T, Feber RE, Riordan P, Thompson DJ, Macdonald DW (2012). Multi-scale  
795 effects of farmland management on dragonfly and damselfly assemblages of farmland ponds.  
796 *Agriculture, ecosystems & environment*, 161, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.015>  
797
- 798 Rasband WS. Image J Version 1.54d. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland,  
799 USA. Available from: <https://imagej.net/ij/> (Ago.15, 2023).  
800
- 801 Rouquette JR, Thompson DJ (2007) Patterns of Movement and Dispersal in an Endangered  
802 Damselfly and the Consequences for Its Management. *Journal of Applied Ecology* 44: 692–701.  
803 <http://www.jstor.org/stable/4539287>  
804
- 805 Rosseel Y (2012) lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical*  
806 *Software* 48: 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>  
807
- 808 Salomão, N. V., Silva, L. S. D., Fernandes, G. W., Piuzana, D., Gonzaga, A. P. D., & Machado,  
809 E. L. M (2023). Criteria for the implementation of ecological corridors in fragmented areas in  
810 southern Brazil. *Ciência Florestal*, 33, e70337. <https://doi.org/10.5902/1980509870337>  
811
- 812 Santana JKR de, Farias PLC de, Xavier JP de S, Figueiredo VP (2019) Precisão de gps em  
813 smartphones: uma ferramenta para pesquisas acadêmicas e trabalhos de campo. *Revista de*  
814 *Geografia - PPGEU - UFJF* 9: 255–267. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2019.v9.30154>  
815
- 816 Santos PL dos, Rodrigues TE, Silva JML da, Valente MA (2003) Caracterização e classificação  
817 dos solos do Município de Barcarena, Estado do Pará. *Embrapa Amazônia Oriental,*  
818 *Documentos*, 154: 34. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/408081>  
819
- 820 Suárez-Tovar CM, Sarmiento CE (2016) Beyond the wing planform: morphological  
821 differentiation between migratory and nonmigratory dragonfly species. *Journal of Evolutionary*  
822 *Biology* 29: 690–703. <https://doi.org/10.1111/jeb.12830>  
823
- 824 Tavares LC, Costa JA da, Araújo AR da R, Garcia FHM, Carneiro F da S, Amaral APM do,  
825 Braga EO, Garcia T de S (2021) O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na  
826 análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena–  
827 Pará-Brasil. *Research, Society and Development* 10: e23010715470–e23010715470.  
828 <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15470>  
829
- 830 Teixeira LB, de Oliveira RF, Júnior JF, Cruz E de S, Germano (2000) Compostagem de lixo  
831 orgânico urbano no município de Barcarena, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.  
832 *Documentos* 59: 25.  
833 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/896797/1/OrientalDoc59.pdf>  
834
- 835 Turlure C, Schtickzelle N, Baguette M (2010) Resource grain scales mobility and adult  
836 morphology in butterflies. *Landscape Ecology* 25: 95–108. [https://doi.org/10.1007/s10980-009-](https://doi.org/10.1007/s10980-009-9403-3)  
837 9403-3

- 838  
839 Van Dyck H, Baguette M (2005) Dispersal behaviour in fragmented landscapes: Routine or  
840 special movements? *Basic and Applied Ecology* 6: 535–545.  
841 <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.03.005>  
842
- 843 Viana DS, Figuerola J, Schwenk K et al. (2016) Assembly mechanisms determining high species  
844 turnover in aquatic communities over regional and continental scales. *Ecography* 39: 281–288.  
845 <https://doi.org/10.1111/ecog.01231>  
846
- 847 Vilela DS, Del-Claro K, Guillermo-Ferreira R (2017) The Influence of Body Size and Agility in  
848 Displacement Capacity of Male Damselflies (Odonata, Protoneurinae). *Journal of Insect*  
849 *Behavior* 30: 759–767. <https://doi.org/10.1007/s10905-017-9655-8>  
850
- 851 Vinagre SF, Calvão LB, Córdoba-Aguilar A, Ferreira RG, Juen L (2024) Microhabitat selection  
852 and thermoregulation in amazonian dragonflies. *Journal of Thermal Biology* 125: 103998.  
853 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103998>  
854
- 855 Watts PC, Rouquette JR, Saccheri IJ, Kemp SJ, Thompson DJ (2004) Molecular and ecological  
856 evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, *Coenagrion*  
857 *mercuriale*. *Molecular Ecology* 13: 2931–2945. [https://doi.org/10.1111/j.1365-](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02300.x)  
858 [294X.2004.02300.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02300.x)  
859
- 860 Yuan KH, Bentler PM (1998) Robust mean and covariance structure analysis. *The British*  
861 *Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 51: 63–88. [https://doi.org/10.1111/j.2044-](https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1998.tb00667.x)  
862 [8317.1998.tb00667.x](https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1998.tb00667.x)

## ANEXOS

Anexo 1. Dados da média de cada característica morfológica para os gêneros reavistados neste estudo.

Subordem	Família	Gênero	Nº de Indivíduos Machos Reavistados	Comprimento Total do Corpo	Volume do Tórax	Proporção das Asas Anterior	Proporção das Asas Posterior	Largura da Base das Asas Posterior
<b>Zygoptera</b>	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	29	40.50	17.77	30.00	29.95	2.00
		<i>Mnesarete</i>	44	40.19	17.53	30.17	30.02	1.96
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	33	40.26	17.48	30.25	30.13	1.98
		<i>Neoneura</i>	2	37.29	14.41	32.27	31.14	1.97
	Dicteriadidae	<i>Dictérias</i>	2	37.54	15.81	32.96	32.64	1.97
	Heteragrionidae	<i>Heteragrion</i>	3	40.21	17.57	30.28	30.10	1.99

Anexo 2. Dados do habitat físico dos igarapés amazônicos amostrados no estudo em 2023.

Nome do Ponto/Igarapé	Índice de Integridade do Habitat (IIH)	Largura do canal (m)	Dossel do Canal (%)	Formação Florestal (Km <sup>2</sup> )	Floresta Alagável (Km <sup>2</sup> )	Pastagem (Km <sup>2</sup> )	Vegetação Rasteira Lenhosa (Km <sup>2</sup> )	Temperatura do ar (°C)	Atividade de Beneficiamento Mineral (Km <sup>2</sup> )	Formação Campestre (Km <sup>2</sup> )
<b>G3</b>	0.547	4.264	76.604	0.525	0.041	0.248	5	37	0	0
<b>P3</b>	0.578	3.591	79.011	0.454	0	0.307	5	33	0	0
<b>PB05</b>	0.678	3.310	80.749	0.571	0	0.196	5	32	0	0
<b>PB06</b>	0.747	2.544	85.160	0.689	0	0.087	28.409	29	0	0
<b>PB22</b>	0.513	1.990	63.904	0.202	0.334	0.226	17.273	36	0	0
<b>PC06</b>	0.506	3.880	81.150	0.403	0.032	0.33	5	33	0	0
<b>PC08</b>	0.682	2.482	82.086	0.561	0.011	0.188	5.909	31	0	0
<b>PM33</b>	0.550	3.236	73.663	0.106	0.643	0.017	5	33	0	0
<b>PM35</b>	0.408	3.191	53.476	0.038	0.513	0.016	5	32	0.189	0.018
<b>RQ3</b>	0.54	2.873	85.027	0.411	0.067	0.285	5	33	0	0
<b>T3</b>	0.599	1.845	81.15	0.479	0	0.286	5	35	0	0
<b>U3</b>	0.626	2.382	81.15	0.673	0	0.092	5	33	0	0

## Anexo 3. Taxa recapturados ao final estudo.

Subordem	Família	Gênero	Espécies/Autor	Macho	Fêmeas	Total
<b>Anisoptera</b>	Libellulidae	<i>Argyrothemis</i>	<i>Argyrothemis argentea</i> Ris, 1911	1	0	1
		<i>Uracis</i>	<i>Uracis imbuta</i> (Burmeister, 1839)	1	0	1
		<i>Zenithoptera</i>	<i>Zenithoptera lanei</i> Santos, 1941	3	0	3
	<b>Total</b>			<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Zygoptera</b>	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	<i>Hetaerina laesa</i> Hagen em Selys, 1853	20	2	22
			<i>Hetaerina sanguinea</i> Selys, 1853	3	0	3
			<i>Hetaerina sp.</i>	0	3	3
		<i>Mnesarete</i>	<i>Mnesarete aenea</i> (Selys, 1853)	7	0	7
			<i>Mnesarete williamsoni</i> Garrison, 2006	21	0	21
			<i>Mnesarete sp.</i>	0	5	5
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	<i>Argia infumata</i> Selys, 1865	6	1	7
			<i>Argia tinctipennis</i> Selys, 1865	3	0	3
			<i>Argia fumigata</i> Hagen em Selys, 1865	1	0	1
			<i>Neoneura</i>	<i>Neoneura luzmarina</i> De Marmels, 1989	1	0
	Dicteriadidae	<i>Dictérias</i>	<i>Dictérias antrosanguinea</i> Selys, 1853	1	0	1
	Heteragrionidae	<i>Heteragrion</i>	<i>Heteragrion silvarum</i> Sjöstedt, 1918	3	0	3
			<i>Oxystigma</i>	<i>Oxystigma petiolatum</i> (Selys, 1862)	0	1
<b>Total</b>			<b>66</b>	<b>12</b>	<b>78</b>	