



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO**

ESIENE DA COSTA CHAVES

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE ODONATA AO GRADIENTE
AMBIENTAL EM IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

ALTAMIRA

2024

ESIENE DA COSTA CHAVES

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE ODONATA AO GRADIENTE
AMBIENTAL EM IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Dias da Silva

ALTAMIRA

2024

**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)**

C512r Chaves, Esiene da Costa.
Resposta da Comunidade de Odonata ao Gradiente Ambiental
em Igarapés da Volta Grande do Xingu / Esiene da Costa Chaves. —
2024.
51 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Karina Dias-silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2024.

1. Ambientes aquáticos. 2. Insetos Aquáticos. 3.
Integridade de Hábitat. 4. Limiares ecológicos. I. Título.

CDD 574.522209811

ESIENE DA COSTA CHAVES

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE ODONATA AO GRADIENTE AMBIENTAL
EM IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: 18/12/2024

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Tatiana Pereira da Silva
Examinador interno - PPGBC

Prof. Dr. Leandro Schlemmer Brasil
Examinador externo - PPGECC-UNEMA

Profa. Dra. Lenize Batista Calvão Santos
Examinador externo - UFPA

Profa. Dra. Núbia França da Silva Giehl
Examinador externo - UFPA

Prof. Dr. Joás da Silva Brito
Examinador externo - UFPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos e às demais pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para o meu crescimento pessoal e profissional até aqui. Agradeço a Deus por ter me sustentado em toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me permitir alcançar mais este sonho e por me sustentar ao longo de toda minha jornada acadêmica. Sua presença foi constante e essencial em cada etapa dessa caminhada.

Aos meus pais, por todo apoio, cumplicidade e cuidado, especialmente nos momentos mais difíceis. Obrigado por sempre priorizarem a educação na minha vida, por não me deixarem desistir e por sonharem comigo os meus sonhos e mesmo sem compreenderem completamente o conteúdo das minhas pesquisas, fazem questão de estar presentes em todas as minhas apresentações. Um agradecimento especial à minha mãe, Izabel, que tem sido minha maior intercessora, me aconselhando e demonstrando um amor incondicional. A você, mãe, meus mais sinceros e eternos agradecimentos.

Aos meus irmãos, que, mesmo estando distantes, sempre demonstram preocupação e me enviam energias positivas, fortalecendo meu caminho com carinho e apoio, sou imensamente grata.

À minha igreja, na pessoa do pastor Alexson e sua família, pelas orações e cuidados com a minha vida, sempre me fortalecendo espiritualmente.

Agradeço à Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBC) pela oportunidade de realizar o mestrado e expandir meus conhecimentos.

À minha orientadora, professora Karina Dias, minha eterna gratidão. Sua dedicação incansável, apoio constante e bom humor iluminaram todas as etapas do mestrado. Obrigada por todos os momentos de aprendizado e gargalhadas no LABECO. Você é um ser humano extraordinário, e sou imensamente grata por tê-la em minha vida.

À incrível equipe do LEIA-X, que me acolheu de braços abertos. Não poderia ter encontrado um grupo melhor! Emilly, Duda, Karla, Matheus, Iluane, Carol e Gabriel, obrigada por trazerem leveza e bom humor ao laboratório. Vocês fazem toda a diferença!

Um agradecimento especial ao Dilailson, pela paciência e pela ajuda nas análises estatísticas, assim como pelas valiosas dicas ao longo das atividades do mestrado.

Às meninas do PPGBC: Cassiele, Maria, Thaís e Bruna. Meninas, vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Os momentos que compartilhamos, embora breves, foram intensos e inesquecíveis. Obrigada por toda a parceria e apoio.

Gostaria de destacar duas pessoas: Bruna, minha parceira desde a graduação, que me incentivou a seguir no mestrado e sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis. Amiga, sem você, essa conquista não teria sido possível. E minha "gêmula" Maria Danyelle, a maranhense que trouxe alegria e motivação para a minha vida acadêmica. Obrigada pelas risadas e por todo o apoio ao longo desses quase dois anos.

Como diria o ilustre Carl Sagan: “Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com vocês.”

À minha querida sobrinha Dhenifer Chaves, que com sua inocência e carinho me esperava toda quarta-feira para dar um beijo de boa noite. Sua ternura foi um alento nos momentos mais desafiadores, e este sacrifício também foi por você.

À minha amiga Sueila Benagem, que, ao longo do meu mestrado, sempre esteve disponível quando precisei. Sueila, além de ser uma companhia constante, me proporcionou incontáveis caronas de retorno para casa, facilitando minha jornada acadêmica de forma prática e carinhosa. Sua generosidade e disposição foram fundamentais, e sou imensamente grata por todo o apoio e amizade que você me ofereceu durante essa fase tão importante da minha vida.

Agradeço de coração às minhas colegas de trabalho, Mirian Rosa e Iara Késsia, que sempre se interessaram pelo meu progresso no mestrado. Vocês, com palavras de incentivo e apoio, constantemente me perguntavam sobre o andamento do projeto e quando eu iria concluir essa fase. O apoio de vocês foi uma fonte de motivação para eu seguir em frente, e sou imensamente grato pelo carinho durante toda essa jornada.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. Mesmo que seus nomes não tenham sido mencionados aqui, minha gratidão é imensa. Agradeço, especialmente, a Deus, por cuidar de mim durante este percurso e por colocar essas pessoas maravilhosas em minha vida. Sem elas, nada disso teria sido possível.

SUMÁRIO

ABSTRACT	Erro! Indicador não definido.
RESUMO.....	Erro! Indicador não definido.
INTRODUÇÃO GERAL	3
INTRODUÇÃO.....	8
OBJETIVO GERAL.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS	19
DISCUSSÃO.....	25
CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO GERAL

O aumento das atividades antrópicas na Amazônia tem causado impactos significativos nos ecossistemas terrestres e aquáticos. O desmatamento, as queimadas e a construção de hidrelétricas, entre outras atividades, contribuem para a perda da biodiversidade e a degradação dos ecossistemas aquáticos, resultando na destruição de habitats e na redução de espécies aquáticas, como os Odonata, que são fundamentais para manter o equilíbrio desses ecossistemas. Os Odonata respondem rapidamente às mudanças no ambiente e são amplamente utilizados como bioindicadores de alterações ambientais devido à sua alta sensibilidade à qualidade do habitat e da água. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças nas comunidades de Odonata em resposta às variáveis ambientais em igarapés da Volta Grande do Xingu. As coletas foram realizadas em 19 igarapés da região, abrangendo os municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, em setembro de 2019, durante a estação seca amazônica. Para a captura dos insetos, utilizou-se o método de varredura em zonas fixas e rede entomológica (puçá), em 100 metros em cada igarapé. Foram mensuradas as variáveis: pH, condutividade elétrica, temperatura da água, turbidez e oxigênio dissolvido. Em todos os igarapés, foi aplicado o Índice de Integridade de Habitat (IIH), que avalia o estado de conservação do habitat, variando de 0 a 1 – quanto mais próximo de 1, melhor o estado de conservação do igarapé; quanto mais próximo de 0, mais degradado o ambiente. Utilizamos o TITAN (*Threshold Indicator Taxa Analysis*) para avaliar o limiar do gradiente em que a comunidade apresenta ganho ou perda de espécies. No total, coletamos 526 indivíduos, distribuídos em duas subordens (Zygoptera e Anisoptera), 6 famílias, 26 gêneros e 43 espécies. A comunidade de Odonata apresentou mudança na sua composição nos valores a partir de 0,64 para o gradiente ambiental de IIH, tendo ganho de espécies em ambientes mais preservados. Em relação às outras variáveis ambientais, não tivemos mudanças para composição da comunidade de Odonata. A espécie *A. fumigata* Hagen, 1865, da subordem Zygoptera, destacou-se como espécie bioindicadora da qualidade de igarapés amazônicos, evidenciando assim que indivíduos desta subordem estão comumente associados a ambientes mais íntegros e preservados com vegetação densa, em razão das suas exigências ecofisiológicas. Nossos resultados demonstram que as alterações ambientais causadas pela ação antrópica alteram a qualidade do habitat nos igarapés e consequentemente afetam espécies que dependem desses ambientes. A presença de espécies bioindicadoras como *Argia fumigata* em ambientes preservados reforça a importância de conservar a integridade desses habitats para manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados.

Palavras-chave: Ambientes aquáticos; Insetos aquáticos; Integridade de habitat; Limiares ecológicos.

ABSTRACT

The increase in anthropogenic activities in the Amazon has caused significant impacts on terrestrial and aquatic ecosystems. Deforestation, burning, and the construction of hydroelectric dams, among other activities, have contributed to the loss of biodiversity and the degradation of aquatic ecosystems, resulting in the destruction of habitats and the reduction of aquatic species, such as Odonata, which are fundamental for maintaining the balance of these ecosystems. Odonata organisms, popularly known as dragonflies, damselflies, and skimmers, have a close relationship with aquatic and terrestrial environments due to their life cycle, which is aquatic in the larval stage and terrestrial in the adult stage. Odonata respond quickly to changes in the environment and are widely used as bioindicators of environmental alterations due to their high sensitivity to habitat and water quality. In view of this, the objective of this study was to evaluate changes in Odonata communities in response to environmental variables in streams of the Volta Grande do Xingu. Collections were carried out in 19 streams in the region, covering the municipalities of Anapu, Senador José Porfírio, and Vitória do Xingu, in September 2019, during the Amazonian dry season. For insect capture, the fixed zone sweep net method and entomological net (puçá) were used, covering 100 meters in each stream. During the collection process, the following variables were measured: pH, electrical conductivity, water temperature, turbidity, and dissolved oxygen. In all streams, the Habitat Integrity Index (HII) was applied, which assesses the conservation status of the habitat, ranging from 0 to 1 – the closer to 1, the better the conservation status of the stream; the closer to 0, the more degraded the environment. We used TITAN (Threshold Indicator Taxa Analysis) to assess the threshold of the gradient at which the community gains or loses species. In total, we collected 526 individuals, distributed in two suborders (Zygoptera and Anisoptera), 6 families, 26 genera, and 43 species. The results of the present study showed that the Odonata community presented a change in its composition at values from 0.64 for the environmental gradient of HII, with a gain of species in more preserved environments. Regarding the other environmental variables, there were no changes in the composition of the Odonata community. The species *A. fumigata* Hagen, 1865, of the suborder Zygoptera, stood out as a bioindicator species of preserved environments, thus evidencing that individuals of this suborder are commonly associated with more intact and preserved environments with dense vegetation, due to their ecophysiological requirements. When analyzing the other values in relation to the other variables, no significant results were obtained for the species. Our results demonstrate that environmental changes caused by anthropogenic action directly influence the composition and abundance of Odonata communities. Therefore, this study is fundamental to assess the health of aquatic ecosystems and support conservation policies for the streams of the Volta Grande do Xingu.

Keywords: Odonata; Bioindicators; Streams; Amazon; Environmental integrity.

INTRODUÇÃO GERAL

A região Amazônica dispõe de grande riqueza biológica, sendo considerado um dos ecossistemas mais ricos do mundo (Castello et al., 2013; Fearnside, 2005). Ela abriga uma variedade de espécies tanto animal quanto vegetal, além de ecossistemas naturais essenciais para o equilíbrio do ambiente (Oberdorff et al., 2019). No entanto, esses ecossistemas vêm sofrendo constantes transformações por estar sobre forte influência de ações antrópicas, principalmente pelo uso das terras para atividades econômicas, como agricultura, mineração e pecuária e construção de hidrelétricas (Farinosi et al., 2019; Fearnside, 2005).

Nesse contexto, a Volta Grande do Xingu se destaca como uma região de enorme relevância ecológica, abrigando uma biodiversidade única e desempenhando papel crucial no equilíbrio ambiental da Amazônia (Zuanon et al., 2019). Porém, as transformações intensas provocadas por grandes empreendimentos, como a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, assim como as atividades de desmatamentos e queimadas têm alterado significativamente sua paisagem natural e ameaçado sua biodiversidade (Perez, 2015; Sawakuchi et al., 2015). Além disso, a possível instalação do projeto Volta Grande de Mineração, da empresa canadense Belo Sun, pode agravar ainda mais essa situação, com impactos profundos nos ecossistemas aquáticos e terrestres (Chaves, 2017; Pastore et al., 2023).

Ambos os projetos impactam toda biodiversidade local, contribuindo para degradação do solo, redução das áreas florestais e o desaparecimento de muitas espécies de organismos, dentre estes estão os insetos aquáticos, que dependem dos substratos nos leitos dos rios e igarapés para abrigo e alimentação (Fidelis, 2008; Marques et al., 2021).

As transformações decorrentes das ações antrópicas têm refletido diretamente nos ecossistemas aquáticos de água doce (igarapés e rios), alterando sua estrutura física e criando novos limiares das espécies (Baker; King, 2010; Rockström et al., 2009). Essas alterações influenciam nas respostas dos táxons e conforme as alterações se intensificam, formam pontos de mudanças na comunidade e alteram sua dinâmica (Baker; King, 2019; Dala-Corte et al., 2020).

Essas modificações têm contribuído significativamente para o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos e terrestres, resultando na perda de biodiversidade, diminuição da heterogeneidade ambiental, fragmentação dos habitats e na diversidade vários tipos de organismos, principalmente dos insetos aquáticos da ordem Odonata (Calvão et al., 2016; Cunha; Juen, 2017). Os Odonata, são sensíveis a essas transformações ambientais devido às suas exigências ecofisiológicas (Carvalho et al., 2013; Pinto et al., 2012). Por essa razão, são amplamente utilizados como bioindicadores para avaliar a qualidade dos sistemas aquáticos de água doce. (Oliveira-Junior et al., 2015).

Os Odonata divide-se em Zygoptera e Anisoptera e Anisozygoptera, porém apenas as duas primeiras ocorrem no Brasil, e respondem de forma diferente as transformações do ambiente e essas respostas estão associadas a fatores como termorregulação e oviposição (De Marco; Vianna, 2005). Zygoptera geralmente habita em ambientes mais preservados, apresentando maior número de espécies nesses locais, pois são ectotérmicos e utilizam o calor do ambiente para regular sua temperatura corporal (termorregulação) (De Marco et al., 2015) Enquanto que Anisoptera está associado a ambientes mais abertos e pouco sombreados, sendo heliotérmicos, capazes de regular sua temperatura corpórea a partir das atividades de voo (Corbet; May, 2008; Oliveira-Junior; Juen, 2019; Juen; De Marco, 2011).

Diante disso, é fundamental avaliar como as atividades antrópicas têm influenciado as condições físico-químicas dos igarapés e, conseqüentemente, a biodiversidade aquática, especialmente das espécies da ordem Odonata nos igarapés da Volta Grande do Xingu. Compreender e identificar os limiares dessas espécies, assim como suas respostas às mudanças ambientais, é essencial para aprimorar o entendimento dos processos que levam à extinção de espécies, promover a restauração dos ecossistemas e desenvolver ações eficazes de proteção e recuperação dos habitats locais dessa região.

Portanto, estudos que agregam informações sobre os efeitos dessas atividades antrópicas no ambiente são importantes, uma vez que pode direcionar medidas durante e após a degradação. A partir dos resultados obtidos, torna-se possível propor medidas eficazes para mitigar os impactos causados pelas ações humanas, promover a recuperação dos ecossistemas afetados e implementar estratégias de conservação que

assegurem a preservação das comunidades aquáticas e a manutenção da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS

- BAKER, M. E.; KING, R. S. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. **Global Change Biology**, v. 25, n. 2, p. 25–37, 2019.
- CALVÃO, L. B. et al. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging? **Forest Ecology and Management**, v. 382, p. 143–150, 2016.
- CALVÃO, L. B. et al. Effects of the loss of forest cover on odonate communities in eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, p. 205–218, 2022a.
- CARVALHO, F. G. et al. Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 10–18, 2013.
- CASTELLO, L. et al. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, v. 6, n. 4, p. 217–229, 2013.
- CUNHA, E. J.; JUEN, L. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 111–119, 2017.
- DALA-CORTE, R. B. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391–1402, 2020.
- DE MARCO, P.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.
- FARINOSI, F. et al. Future Climate and Land Use Change Impacts on River Flows in the Tapajós Basin in the Brazilian Amazon. **Earth's Future**, v. 7, n. 8, p. 993–1017, 2019.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.
- JUEN, L.; DE MARCO, P. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. **Insect Conservation and Diversity**, v. 4, n. 4, p. 265–274, 2011.
- OBERDORFF, T. et al. Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. **Science Advances**, v. 5, n. 9, p. 1–9, 2019.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral Ecology**, v. 40, n. 6, p. 733–744, 2015.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 552–560, 2019.
- PINTO, N. S. et al. Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status.

Neotropical Entomology, v. 41, n. 3, p. 178–185, 2012.

ROCKSTRÖM, J. et al. “A Safe Operating Space for Humanity” (2009). **The Future of Nature**, v. 461, n. September, p. 491–505, 2009.

ZUANON, J. et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2019.

CORBET, P. S.; MAY, M. L. Fliers and perchers among Odonata: Dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. **International Journal of Odonatology**, v. 11, n. 2, p. 155–171, 2008.

INTRODUÇÃO

O aumento das atividades antrópicas na Amazônia tem implicado em significativas alterações nos ecossistemas aquáticos e terrestres, principalmente em ambientes lóticos de pequeno porte (Calvão et al., 2016; Faria et al., 2021). As atividades de construção de hidrelétricas (barragens), queimadas para agricultura e pecuária, desmatamentos, exploração madeireira e urbanização, são as que mais se destacam e contribuem para as alterações (Cardoso et al., 2023; Castello et al., 2013; Couceiro et al., 2007). Como consequência, ocorre a diminuição da integridade dos habitats e a perda da biodiversidade (Faria et al., 2023).

Além disso, essas alterações podem diminuir a abundância das espécies mais sensíveis ou até levá-las à extinção, ao mesmo tempo que promovem um aumento na riqueza e abundância de espécies resistentes e tolerantes (Oliveira-Junior et al., 2017). Isso modifica a estrutura das comunidades aquáticas, já que sua distribuição, riqueza e composição estão fortemente relacionadas às condições geradas a partir das modificações nos habitats (Dala-Corte et al., 2019; Faria et al., 2021). Por exemplo, a remoção da mata ripária para a construção de uma ponte pode aumentar a entrada de luz solar no sistema, favorecendo o aumento da abundância de espécies mais adaptadas a essa condição, como no caso de Anisoptera (Nessimian et al., 2008; Moy et al., 2022; Pereira-Moura et al., 2023).

A Volta Grande do Xingu, localizada no setor a jusante do rio Xingu, destaca-se por ser uma região de extrema relevância para a biodiversidade amazônica (Sawakuchi et al., 2015; Perez, 2015). Essa área abriga uma diversidade de ecossistemas e organismos aquáticos, incluindo os insetos da ordem Odonata (Carvalho-Soares et al., 2022), que desempenham papéis cruciais na manutenção do equilíbrio ecológico

(Orlinskiy et al., 2015). Além disso, muitas áreas dessa região ainda possuem sua biodiversidade desconhecida, o que torna o estudo de sua fauna e flora ainda mais urgente (Bastos et al., 2021).

Contudo, essa rica biodiversidade está sob forte ameaça devido às ações antrópicas (Fearnside, 2005). A redução do nível do rio Xingu, impulsionada pela construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e outras intervenções humanas (Fearnside, 2015), tem alterado drasticamente o funcionamento hídrico dos igarapés, afetando as comunidades biológicas locais (Ferreira-Peruquetti; De Marco, 2002; Fearnside, 2018; Zuanon et al., 2019;). Esses impactos, somados ao desmatamento e às queimadas, comprometem a integridade dos habitats e podem levar à extinção de espécies sensíveis às mudanças ambientais (De Marco; Cardoso, 2004; Pezzuti et al., 2018).

A distribuição dos organismos se dá de acordo com a integridade do ambiente (Oliveira-Junior et al., 2019) e alterações na organização dos habitats, podem interferir na estrutura das comunidades, assim como na riqueza e composição das espécies (Huryn; Wallace, 2000; Vila-Verde; Santos; Bomfim, 2021). Um dos fatores determinantes para a distribuição das espécies e suas comunidades são as características ambientais, que englobam interações biológicas, como as relações entre indivíduos da mesma espécie e com outras espécies, e aspectos ecofisiológicos, como as condições necessárias para a sobrevivência e funcionamento do organismo (Takola; Schielzeth, 2022; Veras et al., 2022). Essas interações e condições formam um conjunto de requisitos essenciais para a coexistência e persistência das espécies em determinados ambientes (Ricklefs, 2008).

Um componente indispensável para sobrevivência de muitas espécies de organismos aquáticos, é a mata ciliar ou vegetação ripária (Juen; Cabette; De Marco, 2007). Alterações nesse tipo vegetação, influenciam na redução ou perda total das matas ciliares, provocam mudanças nas margens dos rios e igarapés, implicam na diminuição da diversidade de micro-habitat e na composição da fauna aquática (Monteiro-Júnior et al., 2013; Oliveira-Junior et al., 2017). Ademais, essas alterações promovem mudanças nas condições físicas, químicas e físico-químicas do ambiente, interferem na qualidade da água, no carreamento de sedimentos e na redução das concentrações de oxigênio, diminuindo assim, a quantidade de luz e nutrientes fundamentais para manutenção dos habitats naturais (Oliveira-Junior; Teodósio; Juen, 2021).

A supressão da mata ciliar reflete diretamente no equilíbrio do meio ambiente e na sobrevivência dos insetos aquáticos, tornando-se então um fator determinante para *fitness* ecológico das espécies (Dias-Silva et al., 2010; Monteiro-Júnior et al., 2013; Oliveira-Junior et al., 2017). Os insetos aquáticos são comumente utilizados como modelo de estudos ecológicos que avaliam e monitoram perturbações em ecossistemas terrestres e aquáticos devido sua forte sensibilidade às mudanças no ambiente (Brasil et al., 2022). Por essa razão, alterações próximas da vegetação ciliar, podem ocasionar mudanças na dinâmica e estrutura das comunidades de diversos organismos, como nos da ordem Odonata (Oliveira-Junior et al., 2015; Oliveira-Junior; Juen, 2019).

Os Odonata são conhecidos popularmente como libélulas, lava-bunda, zig-zag, jacinta, cavalo-do-diabo e possuem uma estreita relação com o ambiente aquático e terrestre, em razão do seu ciclo de vida duplo, apresentando estágio larval estritamente aquático e adultos terrestre-voadores (Brasil; Vilela, 2019; Oliveira-Santos et al., 2021; Pereira et al., 2019; Rocha et al., 2023). São classificados em três subordens Zygoptera,

Anisoptera e Anisozygoptera, porém, apenas as duas primeiras estão presentes no Brasil (Juen et al., 2023).

Os Zygoptera, geralmente apresentam corpo fino, habitam principalmente igarapés com temperaturas mais estáveis e vegetação densa, e possuem capacidade de dispersão limitada (Mendes et al., 2017; Silva et al., 2021). Algumas espécies necessitam de um ambiente com mata ciliar preservada para o controle de temperatura corporal e por isso, são consideradas mais sensíveis as alterações ambientais, (French; Mccauley, 2018; Ribeiro et al., 2021), além de variabilidade maior de substratos para sua reprodução, alimentação e oviposição (Juen et al., 2007; Vinagre et al., 2024).

Os Anisoptera geralmente possuem corpos maiores, asas largas, alcançam voos mais longos e rápidos e tendem a habitar ambientes com pouca cobertura vegetal, maior luminosidade e quantidade de sedimentos (Juen; De Marco, 2012; Oliveira-Junior; Juen, 2019). Isso se deve ao fato de serem heliotérmicos ou endotérmicos, o que significa que dependem da luz solar para realizar suas atividades diárias (Monteiro-Júnior et al., 2015). Além disso, algumas espécies de Anisoptera possuem a capacidade de regular a temperatura corporal controlando a circulação de hemolinfa, característica que contribui para sua maior tolerância às mudanças ambientais (Calvão et al., 2013).

Tanto Zygoptera quanto Anisoptera são altamente dependentes da vegetação ciliar (Luiza-Andrade et al., 2017; Silva et al., 2010). A vegetação influencia diretamente na escolha de parceiros, pois está associada à ocupação de locais favoráveis à oviposição (Juen; De Marco, 2012; Monteiro Júnior et al., 2013). Além disso, a heterogeneidade do habitat proporcionada pela vegetação ciliar garante recursos essenciais como abrigo e áreas para caça, aumentando a diversidade de espécies

(Monteiro-Júnior et al., 2015). Por outro lado, a redução da cobertura vegetal aumenta a incidência de luz solar na superfície da água, elevando a temperatura e favorecendo espécies generalistas, o que pode levar à homogeneização do habitat (Juen et al., 2016; Rocha et al., 2023).

Os Odonata apresentam ampla distribuição em ambientes lóticos e lênticos, sendo influenciados pela disponibilidade de recursos bióticos e abióticos (Vilela et al., 2016). A abertura do dossel e a supressão da vegetação ciliar são fatores que afetam diretamente sua distribuição (Juen et al., 2014). Além disso, esses insetos desempenham papéis fundamentais nos ecossistemas, contribuindo para serviços ecossistêmicos e funcionando como bioindicadores de qualidade ambiental, pois suas respostas refletem transformações nos gradientes ambientais (Oliveira-Junior et al., 2022; Grigoropoulou et al., 2023; Oliveira-Junior et al., 2022).

As diferenças de respostas entre as subordens em relação as características morfológicas, comportamentais e fisiológicas foram base para formular a hipótese desse estudo. Espera-se que Zygoptera apresente maior número de indivíduos respondendo positivamente ao gradiente ambiental, enquanto Anisoptera terá um número maior de indivíduos respondendo negativamente a esse gradiente.

Diante disso, conhecer os limiares ecológicos das espécies a partir das alterações no ambiente e nos gradientes ambientais permite entender e compreender a ecologia desses organismos (Baker; King, 2010; Mendoza-Penagos et al. 2021) e possibilita a criação de medidas de conservação para recuperar a qualidade dos habitats naturais e da fauna aquática (Shimano; Juen, 2016; Silva et al., 2022). Portanto,

avaliaremos as mudanças nas comunidades de Odonata na região da Volta Grande do Xingu em relação às perturbações no ambiente que afetam a integridade dos habitats.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a mudança das comunidades de Odonata em relação às variáveis ambientais em igarapés da Volta Grande do Xingu.

Objetivos Específicos

- Caracterizar os igarapés da Volta Grande do Xingu quanto as variáveis ambientais (pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica da água);
- Analisar a mudança da comunidade em relação ao gradiente de conservação dos igarapés.
- Verificar a existência de espécies que respondam ao gradiente de conservação dos igarapés analisados.
- Avaliar a mudança da comunidade em relação as variáveis limnológicas analisadas nos igarapés.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em 19 igarapés na Volta Grande do Xingu, nos municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu (Figura 1). As coletas ocorreram em setembro de 2019 (época de seca amazônica) em igarapés de 1ª a 3ª ordem (Strahler, 1957).

A região da Volta Grande do Xingu (Figura 1) compreende o baixo e médio Xingu e localiza-se no sudoeste do estado do Pará, norte do Brasil (Koch et al., 2015). De acordo com o sistema de classificação de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007), o clima da região é do tipo *Am*, caracterizado como clima de monção, o qual apresenta períodos de secas de (junho a novembro) e períodos chuvosos de (dezembro a maio). A temperatura média anual predominante nesses ambientes, é de 26,5 °C.

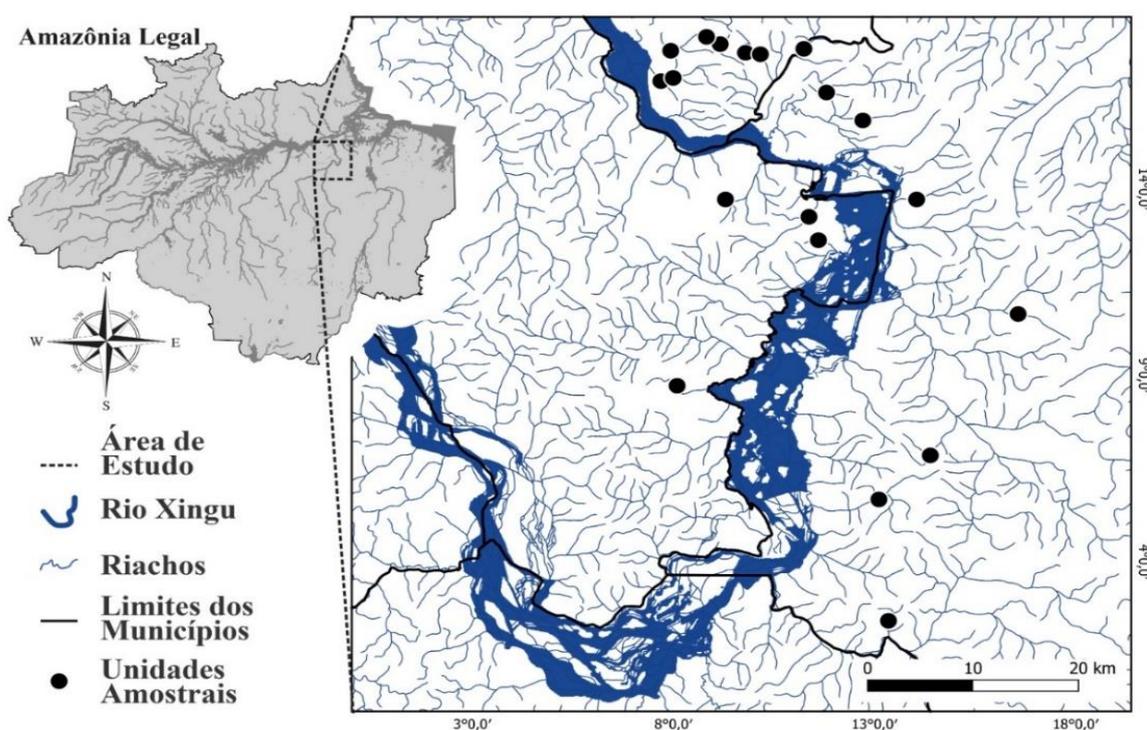


Figura 1. Mapa de localização das unidades amostrais onde foram coletados Odonata adultos na Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil em 2019.

A precipitação média anual na região é próxima de 2.044 mm/ano e a vegetação é classificada como floresta ombrófila aluvial, floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta com palmeiras e floresta ombrófila aberta com palmeiras e cipós, sendo áreas de capoeiras e pastagens (Salomão et al., 2007).

Coleta de dados biológicos

Os dados biológicos foram coletados durante o período de seca, visto que as condições ambientais se apresentam mais estáveis e propícias para amostrar os adultos de Odonata (Oliveira-Júnior et al., 2015). Para a coleta, utilizou-se o método de varredura em zonas fixas e em cada igarapé foi definido um trecho de 100 m de comprimento, sendo estes subdivididos em 20 segmentos de cinco metros cada um (Ferreira-Peruquetti; De Marco, 2002) (Figura 2). A captura dos indivíduos foi feita com auxílio de rede entomológica (puçá), entre às 10 e 14 horas, período de maior atividade de Odonata (Figura 3).

Os Odonata adultos foram armazenados em envelopes com a identificação de cada ponto de coleta (Oliveira-Junior et al., 2015). Em laboratório, os exemplares foram acondicionados, preservados e identificados com o auxílio de lupas e chaves taxonômicas, seguindo o protocolo de Lencioni (2005 e 2006) e depositados na coleção pertencente ao Laboratório de Ecologia (LABECO) da Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus Altamira*, Pará, Brasil.

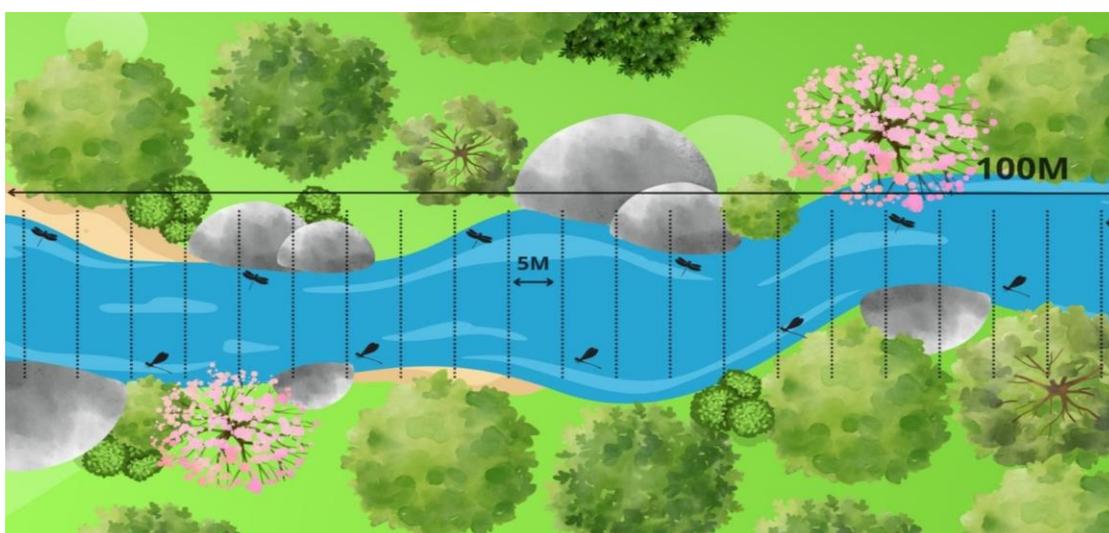


Figura 2. Representação da divisão dos segmentos após delimitação do transecto de 100 m do riacho. M = metros.



Figura 3. As imagens A, B e C mostram a coleta de Odonata adultos em um dos igarapés da Volta Grande do Xingu.

Coleta de dados ambientais

As variáveis ambientais relacionadas as condições químico-físicas da água foram coletadas, visto que elas são fundamentais para avaliar os efeitos da distribuição dos insetos aquáticos e são comumente utilizados em estudos ecológicos para estimar as condições físicas dos igarapés (Brasil et al., 2022). Muitos estudos desenvolvidos anteriormente, mostraram como as variáveis físicas dos igarapés são relevantes para formação das condições físico-química dos habitats naturais e na constituição da estrutura das comunidades de insetos aquáticos (Dias-Silva et al., 2010; Faria et al., 2024; Juen et al., 2016; Oliveira-Junior et al., 2013; Ramírez et al., 2007).

As variáveis foram mensuradas com uma sonda multiparâmetro de modelo HORIBA U-50 (Manufacturing Company HORIBA® Advanced Techno) e assim

obtivemos a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg/L^{-1}), condutividade elétrica da água ($\mu\text{S/cm}^{-1}$), turbidez (NTU- Nephelometric Turbidity Unit) e pH (potencial de Hidrogênio). Em relação a estrutura física dos igarapés, foram mensuradas três medidas de largura (m) e profundidade (m), utilizando uma fita métrica e régua graduada e por fim, realizamos uma média aritmética.

Índice de Integridade do Habitat (IIH)

Para mensurar as características físicas dos igarapés, utilizamos o Índice de Integridade do Habitat (IIH) (Nessimian et al., 2008). Esse índice descreve 12 questões que estão diretamente relacionadas as condições ambientais dos igarapés, refletindo as mudanças antrópicas visíveis na sua estrutura.

Dentre as características avaliadas, estão: a) padrão do uso da terra próximo ao local; b) largura e estado de preservação da mata ciliar; c) dispositivos de retenção e sedimentos no canal; d) estrutura do barranco do rio; e) escavação sobre o barranco; f) aparência do substrato de pedra; g) leito do rio; h) características das áreas de corredeiras, poções e meandros; i) e as características da vegetação aquática e detritos (Nessimian et al., 2008).

Cada item deste índice é composto por quatro a seis alternativas ordenadas em relação as características observadas no ambiente e ao final, este índice gera informações sobre o nível de conservação do ambiente, apresentando uma escala de 0 (menor integridade) que corresponde a ambientes altamente alterados e 1 (maior integridade) ambientes mais íntegros (Nessimian et al., 2008). O índice, é um método utilizado para avaliar as condições ambientais/integridade dos ecossistemas aquáticos e frequentemente vem sendo usado em diversos estudos mostrando sua importância para

explicar mudanças nas comunidades de macroinvertebrados, principalmente dos insetos aquáticos (Brasil et al., 2021; Juen et al., 2014).

Análises Estatísticas

Para identificar o limite de resposta da comunidade nos gradientes ambientais sobre a distribuição e abundância de Odonata, utilizamos a *Threshold Indicator Taxa Analysis* – TITAN (Análise de Táxons Indicadores de Limiares) (Baker; King, 2010). Essa análise nos permite identificar e explicar as contribuições dos táxons para os padrões dos pontos de mudanças nas comunidades biológicas em resposta aos gradientes ambientais (Baker; King, 2010).

O TITAN utiliza pontuações de espécies indicadoras (IndVal) para identificar os pontos de mudança na composição e distribuições das espécies (Baker; King, 2010). Além disso, apresenta respostas padronizadas chamadas de escore z, as quais podem ser positivas ou negativas (Baker; King, 2010). Quando o escore é positivo (z+) diz se então que houve um aumento na frequência de ocorrência e abundância evidenciado no ponto de mudança no gradiente ambiental. Quando este é negativo (-) tem-se a diminuição na frequência de ocorrência e abundância em relação ao ponto no gradiente ambiental (Baker; King, 2010).

Nessa análise são utilizadas duas métricas importantes para avaliar a consistência da resposta: pureza e confiabilidade. A pureza é a proporção das direções de resposta do ponto de mudança entre as réplicas de bootstraps e a confiabilidade representa a proporção dos pontos de mudanças de bootstraps (Baker; King, 2010). Quando os valores de IndVal para as espécies apresentam $p < 0,05$ e pureza e confiabilidade estão acima de 0,95 são considerados significativos (Baker; King, 2010).

Em relação a pureza e confiabilidade das espécies indicadoras para uma resposta confiável, usamos 500 réplicas de bootstraps e 250 permutações (Baker; King, 2010). As espécies com menos de cinco ocorrências foram excluídas da análise e em relação a abundância, a análise exige no mínimo a 5 (cinco) indivíduos para estimar os pontos de mudanças (Baker; King, 2010).

Todas as análises foram realizadas no ambiente estatístico RStudio, versão 4.2.3 (R Core Team, 2023), utilizando os pacotes TITAN 2 (Baker & King, 2019), Vegan (Oksanen et al., 2007), ggcorrplot (Kassambara, 2023), ggfortify (Horikoshi et al., 2024), RcolorBrewer (Neuwirth) e ggplot2 (Wickham, 2016).

RESULTADOS

Em relação a caracterização das variáveis limnológicas, os igarapés apresentaram valores de pH (média 6,27 e DP $\pm 0,72$), temperatura (média 27,73 e DP $\pm 1,62$), condutividade (média 28,74 e DP $\pm 20,25$), turbidez (média 20,49 e DP $\pm 20,94$) e oxigênio dissolvido (média 9,91 e DP $\pm 4,07$). Para a estrutura física do ambiente, a largura dos igarapés foi (média 4,37 e DP $\pm 2,61$), profundidade (média 0,29 e DP $\pm 0,12$) e IHH (0,64 e $\pm 0,12$).

Tabela 1. Valores de média e o desvio padrão das variáveis ambientais nos igarapés amostrados na Volta Grande do Xingu.

Variáveis Ambientais	Média	Desvio Padrão
pH	6,27	0,72
TEMP. (°C)	27,73	1,62
COND	28,74	20,25
TURB	20,49	20,94
OD	9,91	4,07
LARGURA (m)	4,37	2,61
PROFUNDIDADE (cm)	0,29	0,12

IIIH

0,64

0,12

pH: Potencial Hidrognônico. Cond.: condutividade elétrica. Temp.: temperatura. Turb.: turbidez. OD.: Oxigênio dissolvido. IIIH: Índice de Integridade do Hábitat.

As variáveis ambientais analisadas mostram que há respostas distintas das espécies de Odonata em diferentes condições ambientais. Essas respostas são importantes para entender como as alterações no habitat podem interferir na distribuição e a abundância das espécies, principalmente em relação às mudanças nos gradientes ambientais.

No total, foram coletados 526 indivíduos adultos de Odonata, divididos em duas subordens: Zygoptera (n=374) e Anisoptera (n=152), seis famílias, 26 gêneros e 43 espécies (Figura 4). A subordem Zygoptera apresentou 15 gêneros e 26 espécies, enquanto Anisoptera apresentou 11 gêneros e 17 espécies. As famílias de Zygoptera mais abundantes foram Coenagrionidae (n=177), Calopterygidae (n=175) e Polythoridae (n=10). Os gêneros mais abundantes foram *Mnesarete* (n=92), *Hetaerina* (n=83) e *Erythrodiplax* (n=71).

A subordem Zygoptera foi a mais abundante (n = 374). Suas famílias com maior abundância foram Coenagrionidae (n = 177), Calopterygidae (n = 175) e Polythoridae (n = 10).

A espécie mais abundante de Zygoptera foi *Hetaerina auripennis* (n=37). Para Anisoptera, tivemos uma única família, Libellulidae e suas espécies mais abundantes foram *Perithemis lais* (n=19), *Perithemis thais* (n=15) e *Diastatops obscura* (n=8).

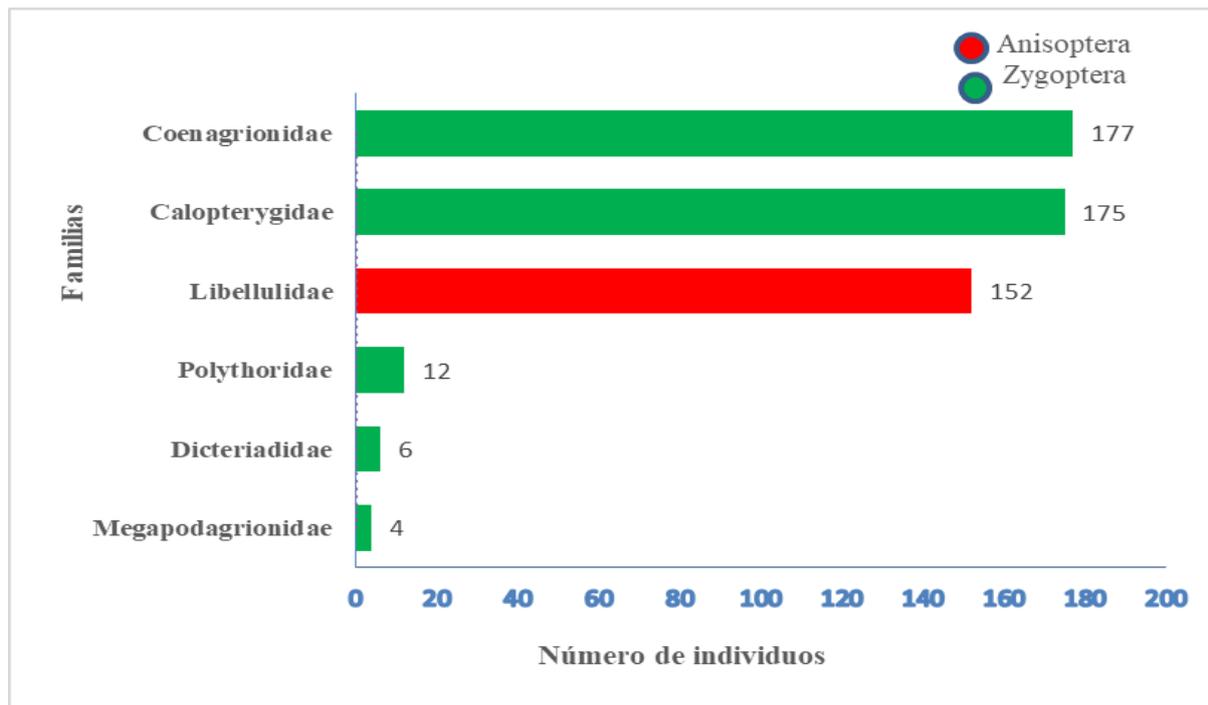


Figura 4. Abundância das famílias da ordem Odonata (Insecta) amostradas igarapés localizados na Volta Grande do Xingu, abrangendo os municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, no sudoeste do estado do Pará, Brasil.

Ao avaliarmos a relação dos gradientes ambientais com as espécies de Odonata adultos, constatamos na estrutura da comunidade, pontos de mudança médio de sumz estimados para os gradientes de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido, turbidez, largura média e profundidade os quais não foram significativos. Entretanto, observamos sinal claro de mudança na estrutura da comunidade apenas para o gradiente do Índice de Integridade de Habitat (IIH) (0,64%) que evidenciou valores significativos (Tabela 2 e Figura 4).

Tabela 2. Limiares a nível de comunidade determinados em TITAN estimados a partir de respostas de espécies da comunidade de Odonata em associação aos gradientes ambientais.

GRADIENTE	Method	cp	5%	10%	50%	90%	95%
TEMP. (°C)	sumz-	27,0	26,6	26,6	27,0	29,2	29,2
	sumz+	26,6	26,6	26,7	27,2	29,2	29,2

OD (mg/L)	sumz-	7,3	6,4	6,4	7,5	10,1	10,3
	sumz+	11,6	7,3	7,3	11,6	13,7	14,2
TURB (NTU)	sumz-	12,4	8,1	8,1	14,5	18,4	20,1
	sumz+	20,5	9,9	14,5	18,4	21,6	22,3
pH	sumz-	6,3	5,4	5,6	6,3	6,4	6,7
	sumz+	6,4	6,3	6,4	6,4	6,7	6,9
COND (µS/cm)	sumz-	12	11	11	13	37	37
	sumz+	25,5	18	18,5	25,5	38,5	48
LARGURA (m)	sumz-	4,5	2,1	2,6	4,3	5,4	5,8
	sumz+	2,6	2,6	2,6	3,0	5,0	5,4
PROF (cm)	sumz-	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	sumz+	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
IIH (%)	sumz-	0,60	0,54	0,58	0,59	0,64	0,69
	sumz+	0,64	0,58	0,59	0,62	0,64	0,64

TEMP. (°C) = temperatura da água; OD= Oxigênio Dissolvido; TURB = Turbidez; pH = Potencial hidrogênico, COND= Condutividade elétrica da água; LARGURA = largura média dos igarapés; PROF= profundidade média dos igarapés; IIH = Índice de Integridade do Habitat; CP = Ponto de mudança.

A comunidade de Odonata respondeu positivamente ao gradiente ambiental (IIH) próximo de 0,64 evidenciando assim uma mudança conforme as transformações ocorrem no ambiente. Em relação aos táxons indicadores negativos representadas por (z-) tem-se um aumento e em seguida um equilíbrio, indicando que eles estão respondendo negativamente ao aumento do gradiente ambiental. Por outro lado, os táxons indicadores positivos (z+) mostram um padrão parecido, porém com valores (z+) positivos, mostrando que os táxons estão respondendo positivamente ao aumento do gradiente ambiental (Figura 5).

Com base na análise de TITAN, os nossos resultados revelam que as espécies da comunidade de Odonata associadas as condições ambientais locais em igarapés da

Volta Grande do Rio Xingu, não apresentaram mudança aos gradientes de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido, turbidez, largura média e profundidade dos igarapés.

A espécie *Argia fumigata* (Zygoptera) foi indicadora positiva (z+) do gradiente de Índice de Integridade de Habitat representado pelo IIH (Figura 5). A pontuação Z sugere o ponto máximo de mudança do gênero *Argia*. A espécie *Argia fumigata* apresenta variação ao longo do gradiente de IIH (0,59, 0,60, 0,61, 0,62 e 0,63) que indicam a variação de resposta da espécie ao longo do gradiente analisado. Esses locais indicam pontos/limiares ambientais críticos para a espécie, onde nos picos mais altos, a espécie responde mais fortemente.

Observamos que no ponto 0,63 a espécie apresenta um declínio na sua resposta, o que pode ser interpretado como uma mudança significativa em relação aos impactos ambientais que podem estar interferindo sobre a composição ou estrutura da comunidade (Figura 5).

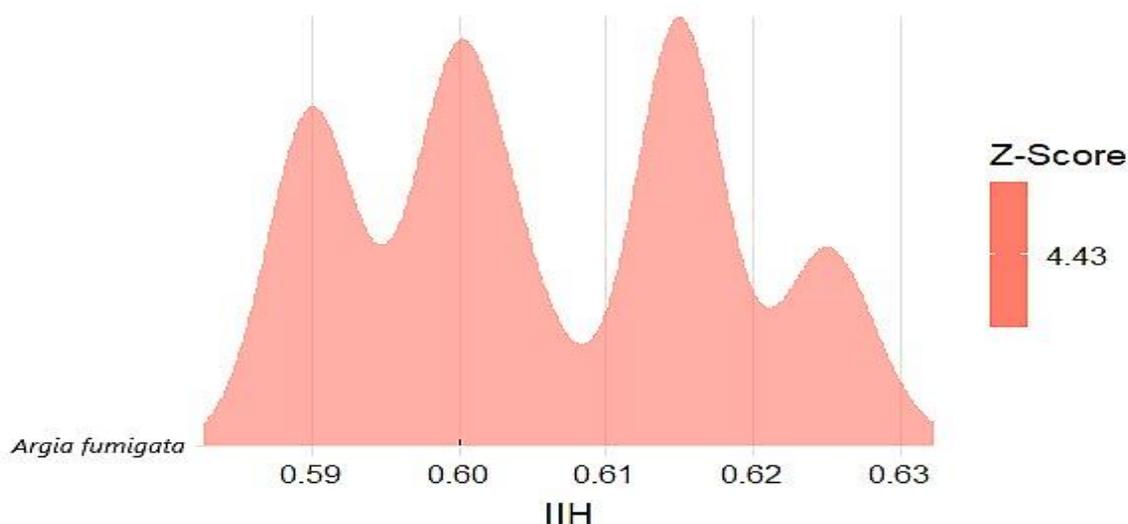


Figura 5. Táxon significativo (pureza $\geq 0,95$, confiabilidade $\geq 0,95$, $p \leq 0,05$) indicador da comunidade de Odonata plotado em ordem crescente do seu ponto de mudança observado. A curva em tons de salmão

corresponde ao táxon indicador positivo ($z+$). As curvas são escaladas de acordo com a magnitude da resposta (pontuações z). As linhas verticais que se sobrepõem a cada curva representam os percentis 5 e 95 entre 500 réplicas de bootstraps.

A curva de frequência cumulativa mostra que as taxas indicadoras (espécies) variam ao longo do gradiente IIIH. Além disso, o declínio da curva em questão, sugere informações em relação a distribuição das espécies ao longo do gradiente. Em suma, o gráfico revela um ponto crítico na comunidade de Odonata, a qual sofre alterações na sua distribuição em decorrência das ações antrópicas que refletem nesses ecossistemas (Figura 6).

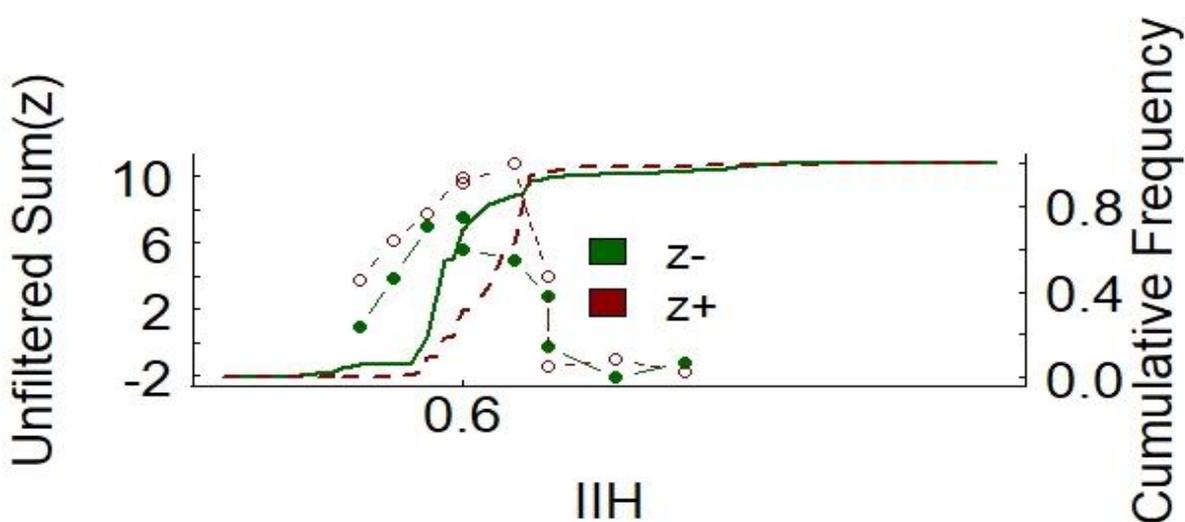


Figura 6. Valores da soma ($z+$) e ($z-$) correspondentes a todos os pontos de mudança ao longo do gradiente ambiental. As linhas verticais contínuas e tracejadas representam a distribuição de frequência cumulativa dos pontos de mudança (limiar ambiental). A linha verde ($z-$) são indicadores negativos para as taxas que diminuem com decréscimo do gradiente ambiental. A linha vermelha ($z+$) são indicadores positivos para as taxas que crescem com o aumento do gradiente ambiental.

DISCUSSÃO

Os valores do Índice de Integridade de Habitat (IIH) para os igarapés amostrados variaram de 0,46 a 0,83. Os igarapés com índice ($<0,50$) estão localizados próximos de áreas de pastagens e submetidos a forte influência antrópica gerando diversos danos nas suas estruturas aquáticas e terrestres (Ferreira et al., 2012). Os igarapés que tiveram valores de 0,60 a 0,83 estão sob constantes alterações nas suas características ambientais, contudo ainda é possível observar que parte dos igarapés dispõem de uma boa integridade na sua vegetação ciliar, o que é fundamental para manter a manutenção da vida aquática (Carvalho et al., 2016; Ferreira et al., 2012).

Em contrapartida, os igarapés considerados menos íntegros, tiveram vegetação ciliar retirada para criação de pastos (agropecuária) e aberturas de estradas com construção de pontes, apresentando pouca ou nenhuma vegetação ciliar ao seu entorno refletindo assim as constantes interferências antrópicas nesses ambientes (Silva et al., 2018). Em relação aos outros pontos de amostragem, observou-se um forte índice de perturbação, provavelmente resultante das ações antrópicas revelando assim o cenário atual dessa região (Bastos et al., 2019; Perez, 2015).

A hipótese de que um maior número de espécies de Zygoptera responderia positivamente ao gradiente ambiental foi confirmada. No entanto, não foi possível avaliar a hipótese de que um número maior de espécies de Anisoptera responderia negativamente ao gradiente ambiental, devido à frequência e ocorrência das espécies desta subordem.

A análise de TITAN revelou limiares ecológicos significativos para apenas uma espécie de Odonata pertencente ao gênero *Coenagrionidae*, da subordem

Zygoptera, ao longo do gradiente ambiental medido pelo Índice de Integridade do Habitat (IIH). O estudo da espécie *Argia fumigata* evidenciou a sua forte associação a habitats íntegros, com vegetação ripária densa e gradientes ambientais bem preservados.

A análise através do Índice de Integridade do Habitat (HII) revelou que o limiar ecológico de 0,61-0,63 marca o ponto de maior abundância da espécie, indicando sua preferência por ambientes com melhores condições ecológicas (De Marco et al., 2015; Shimano; Juen, 2016). Essa dependência é atribuída a características ecofisiológicas específicas, como a necessidade de cobertura vegetal para controle térmico e suporte ao desenvolvimento larval (Corbet, 1999; Juen et al., 2014; Katly et al., 2024; Oliveira-Junior; Juen, 2019)

Dados corroboram que ambientes alterados, com menor integridade, reduzem significativamente a abundância da *Argia fumigata* (Silva et al., 2024). O aumento de assimetria flutuante em espécies como *Argia tinctipennis* em áreas degradadas (Pinto et al., 2012) reforça que distúrbios ambientais afetam negativamente o desenvolvimento larval e a morfologia adulta, comprometendo a capacidade de voo e, conseqüentemente, a sobrevivência (Calvão et al., 2016; Monteiro Júnior et al., 2015).

Nesse contexto, o Índice Integrado de Distúrbios (IID) mede mais os efeitos regionais do que locais, destacando a importância de analisar os impactos em uma escala ampla (Silva et al., 2024). Apesar disso, a *Argia fumigata* revela sensibilidade tanto em ambientes íntegros e preservados quanto em áreas alteradas evidenciando seu papel como bioindicadora da integridade ambiental em diferentes níveis de análise.

Embora a *Argia fumigata* seja considerada "Pouco Preocupante" pelo Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira SiBBr (2018), sua sensibilidade a alterações ambientais destaca seu papel como indicador de qualidade do habitat (Ferreira et al., 2023; Silva et al., 2024). A partir de 0,63 no HII, a espécie demonstra queda acentuada em frequência e abundância, confirmando sua alta especialização e vulnerabilidade em cenários de perda de vegetação ripária (Brito et al., 2021; Mendes et al., 2019). Estudos prévios reforçam que o gênero *Argia* apresenta maior diversidade em áreas preservadas e deve ser utilizado como ferramenta para biomonitoramento (Gómez-Tolosa et al., 2021; Pinto et al., 2012; Vilela et al., 2018).

A espécie *Argia fumigata* possui uma distribuição geográfica limitada, abrangendo regiões como Amazonas, Acre, Amapá, Pará, Mato Grosso e Rondônia (Carvalho-Soares et al., 2022; Garcia Junior; Damasceno, 2023; Miranda Filho et al., 2022). Até o momento, sua ocorrência está restrita principalmente às áreas amazônicas.

As famílias Coenagrionidae e Calopterygidae apresentaram resultados parecidos em relação ao número de indivíduos. Outro fator relevante em relação a essas famílias está associado ao fato delas constituírem a maior parte da subordem Zygoptera, assim como sendo a mais dominante e diversa encontrada no Brasil, principalmente em áreas com vegetação ciliar íntegra (Pinto, 2024).

A espécie mais abundante de Zygoptera foi *Hetaerina auripennis* (n = 58). Organismos dessa subordem apresentam um corpo mais delicado, alongado e fino e estão restritos a ambientes mais sombreados e com maior cobertura vegetal (Juen et al., 2007). Suas restrições ecofisiológicas os deixam mais dependentes da estrutura do

habitat, devido a sua alta especificidade, o que pode os levar a desaparecer, em caso de constante perturbação ambiental (Juen; De Marco, 2011).

A subordem menos abundante foi Anisoptera (n = 152) indivíduos, sendo família a Libellulidae a única registrada e a espécie *Perithemis lais* a mais abundante (n=19). No estudo realizado na Flona de Caxiuanã e na zona do entorno, nos municípios de Melgaço e Portel (Pará) a espécie *Perithemis lais* foi encontrada nos dois tipos de ambientes, sendo, porém, mais abundante dentro da Flona que é uma unidade de conservação de uso sustentável, o que evidencia sua especificidade por ambientes mais íntegros (Monteiro et al., 2016).

A maior parte das espécies da família Libellulidae são mais tolerantes às transformações do habitat e frequentemente são encontradas em todos os tipos de ambientes (íntegros, intermediários e alterados) apresentando maior distribuição geográfica (Monteiro-Júnior et al., 2014; Pinto, 2024; Ribeiro et al., 2021).

Em relação as duas subordens de insetos aquáticos encontrada nesse estudo, as espécies mais abundantes pertencem às duas famílias mais ricas da ordem Odonata, Coenagrionidae e Libellulidae com 1354 e 1040 espécies, respectivamente (Mendoza-Penagos et al., 2021; Olaya, 2019). Quanto ao número de indivíduos coletados por subordem, os resultados deste estudo corroboram com o do Rio Capim, na região de Paragominas, no Pará. Em 30 igarapés, foram coletados 530 Odonatos adultos, sendo Zygoptera a subordem mais abundante, com 443 indivíduos, e Anisoptera a menos dominante, com apenas 87 (Faria et al., 2021).

Quanto ao padrão de distribuição observado nas comunidades de Odonata adultos da Volta Grande do Xingu, foi pouco diversificado quando comparado a outros

trabalhos desenvolvidos em municípios do Pará e que utilizaram os gradientes ambientais para avaliar as mudanças na distribuição e abundância nas comunidades de macroinvertebrados (Oliveira-Junior et al., 2019). Um exemplo, é o estudo que foi realizado em 50 igarapés no município de Paragominas, no qual foram coletados 1.796 indivíduos, 41 gêneros e 97 espécies (Oliveira-Junior et al., 2015).

Os igarapés da Volta Grande do Xingu apresentam características limnológicas que refletem as condições ambientais da Amazônia. O pH médio de 6,27 confirma a leve acidez típica das águas doces da região (Sioli, 1965), enquanto o oxigênio dissolvido médio de 9,91 mg/L indica boa qualidade para a biodiversidade aquática (Brasil, 2005). No entanto, essas condições são sensíveis às alterações causadas por atividades humanas, como desmatamento e remoção da vegetação ripária, que intensificam a entrada de luz e nutrientes nos corpos d'água, elevando temperaturas e alterando a composição das comunidades biológicas (Dosskey et al., 2010)

A vegetação ripária desempenha um papel fundamental na proteção da qualidade da água ao regular processos como a infiltração, retenção de sedimentos e ciclagem de nutrientes. Ela atua como um filtro, limitando o transporte de contaminantes para os corpos hídricos, enquanto fornece matéria orgânica essencial para processos biogeoquímicos no solo e na água (Dosskey et al., 2010). A remoção dessa vegetação afeta negativamente a heterogeneidade dos habitats, promovendo a homogeneização dos ecossistemas e reduzindo a biodiversidade, especialmente de insetos aquáticos como os Odonata, que dependem de substratos variados para abrigo e reprodução (Monteiro-Júnior et al., 2013; Rocha et al., 2023).

As alterações nas condições físico-químicas dos igarapés, como a turbidez (20,49 ntu) e a condutividade (28,74 $\mu\text{s}/\text{cm}$), refletem o uso intensivo da terra e a construção de pontes, que aumentam a concentração de íons e sedimentos na água (Fearnside, 2005). Isso destaca a necessidade de preservar e restaurar a vegetação ripária para mitigar os impactos das atividades antrópicas, contribuindo para a integridade dos habitats e a sustentabilidade das comunidades aquáticas.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo destacam a sensibilidade das comunidades de Odonata às condições ambientais locais, com especial destaque para a influência do Índice de Integridade de Habitat (IIH). Enquanto outras variáveis limnológicas, como pH, temperatura da água, turbidez, oxigênio dissolvido, largura e profundidade dos igarapés, não apresentaram mudanças significativas na estrutura da comunidade, o IIH mostrou-se como um importante gradiente ambiental capaz de influenciar a composição e distribuição das espécies.

A espécie *Argia fumigata* foi identificada como um táxon indicador positivo (z+), respondendo de maneira significativa aos valores mais elevados de IIIH. Essa resposta sugere que a espécie está associada a ambientes com melhores condições de integridade do habitat, confirmando seu papel como bioindicadora de áreas preservadas. Contudo, o declínio na resposta de *Argia fumigata* em gradientes superiores a 0,63 evidencia um ponto crítico, possivelmente relacionado a impactos ambientais que afetam a composição ou estrutura da comunidade.

As curvas de frequência cumulativa revelaram mudanças graduais e pontos de declínio nas taxas indicadoras ao longo do gradiente ambiental. A presença de táxons indicadores negativos (z-) em condições degradadas e positivos (z+) em ambientes mais preservados reforça a utilidade do TITAN como ferramenta para identificar limiares ecológicos. Esses limiares refletem as pressões antrópicas na região e destacam a importância de manter e restaurar a integridade dos habitats para preservar a biodiversidade local.

Diante disso, conclui-se que os igarapés da Volta Grande do Xingu vêm sofrendo profundas alterações ambientais, resultantes de mudanças no uso da terra, desmatamento e interferências nas dinâmicas hidrológicas, especialmente causadas por grandes empreendimentos, como barragens. Esses fatores têm impactado diretamente os ecossistemas aquáticos, reduzindo a qualidade da água e a disponibilidade de habitats adequados. Tais alterações influenciam negativamente a distribuição e abundância das comunidades de Odonata, incluindo espécies bioindicadoras como *Argia fumigata*, que dependem de ambientes preservados para sua sobrevivência. Assim, a conservação da vegetação ciliar e o controle das atividades antrópicas na região tornam-se ações

indispensáveis para mitigar os impactos nos ecossistemas aquáticos, assegurando tanto a preservação da biodiversidade quanto a manutenção da saúde ecológica desses habitats.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, M. E.; KING, R. S. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. **Global Change Biology**, v. 25, n. 2, p. 25–37, 2019.

BASTOS, R. C. et al. Odonata of the state of Maranhão, Brazil: Wallacean shortfall and priority areas for faunistic inventories. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 4, 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005 (Retificada). **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, n. 204, p. 36, 2005.

BRASIL, L. S. et al. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 116, n. May, p. 106495, 2021.

BRASIL, L. S. et al. Aquatic Insects Bioindicators of Land Use Change in Pará, Brazil: Evidence and Perspectives. **Oecologia Australis**, v. 26, n. 3, p. 424–444, 2022.

BRASIL, L. S.; VILELA, D. S. Peculiaridades regionais na percepção de brasileiros sobre libélulas: nomenclatura popular e conservação. **Hetaerina**, v. 1, n. 1, p. 15–20, 2019.

BRITO, J. P.; CARVALHO, F. G.; JUEN, L. Response of the Zygopteran Community (Odonata: Insecta) to Change in Environmental Integrity Driven by Urbanization in Eastern Amazonian Streams. **Ecologies**, v. 2, n. 1, p. 150–163, 2021.

CALVÃO, L. B. et al. Thermoregulation and microhabitat choice in *Erythrodidymus laxlaticulatus* males (Anisoptera: Libellulidae). **Odonatologica**, v. 42, n. 2, p. 97–108, 2013.

CALVÃO, L. B. et al. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging? **Forest Ecology and Management**, v. 382, p. 143–150, 2016.

CALVÃO, L. B. et al. Effects of the loss of forest cover on odonate communities in eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, p. 205–218, 2022.

CARDOSO, M. N. et al. Assessing the distribution of mayflies (Ephemeroptera: Insecta) in the Brazilian Amazon to guide more effective conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, n. February, p. 337–348, 2023.

CARVALHO-SOARES, A. A. et al. Checklist and New Occurrences of Odonata (Insecta) from Volta Grande do Xingu, Pará, Brazil. **Hydrobiology**, v. 1, n. 2, p. 183–195, 2022.

CARVALHO, M. et al. Variação nictemeral de qualidade da água em rios urbanos: implicações no monitoramento. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 2, p. 129–141, 2016.

CHAVES, K. A. Volta Grande do Xingu: entre a barragem e o ouro. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 196, p. 81–93, 2017.

COSTA BASTOS, R. et al. Morphological and phylogenetic factors structure the distribution of damselfly and dragonfly species (Odonata) along an environmental gradient in Amazonian streams. **Ecological Indicators**, v. 122, 2021.

CUNHA, E. J.; JÜEN, L. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 111–119, 2017.

DA SILVA MONTEIRO JÚNIOR, C. et al. Effect of vegetation removal for road

building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil.

International Journal of Odonatology, v. 16, n. 2, p. 135–144, 2013.

DALA-CORTE, R. B. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391–1402, 2020.

DE CARVALHO, F. G. et al. Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 10–18, 2013.

DE MARCO, P.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.

DE MARCO, P.; VIANNA, D. M. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil - Subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. **Lundiana**, v. 6, n. SUPPL., p. 13–26, 2005.

DE OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral Ecology**, v. 40, n. 6, p. 733–744, 2015.

DE OLIVEIRA SANTOS, J. P. et al. Insetos como bioindicador de qualidade ambiental em ambientes aquáticos. **Revista Thema**, v. 19, n. 2, p. 356–366, 2021.

DIAS-SILVA, K. et al. The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. **Zoologia**, v. 27, n. 6, p. 918–930, 2010.

DOSSKEY, M. G. et al. The role of riparian vegetation in protecting and improving

chemical water quality in streams. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 46, n. 2, p. 261–277, 2010.

FARIA, A. P. J. et al. Response of aquatic insects to an environmental gradient in Amazonian streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 11, 2021.

FARIA, A. P. J. et al. Land use types determine environmental heterogeneity and aquatic insect diversity in Amazonian streams. **Hydrobiologia**, n. 0123456789, 2023.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FEARNSIDE, P. M.; FERNANDES, T. **HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA**. [s.l: s.n.]. v. 1

FERREIRA-PERUQUETTI, P. S.; MARCO JR., P. DE. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 317–327, 2002.

FERREIRA, S. J. F. et al. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 533–540, 2012.

FERREIRA, V. R. S. et al. Amazonian Odonata Trait Bank. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 6, p. 1–21, 2023.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. Spatial distribution of aquatic insects communities in small streams in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 127–134, 2008.

FRENCH, S. K.; MCCAULEY, S. J. Version : Postprint (Accepted Manuscript)
Canopy Cover A ff ects Habitat Selection by Adult Dragon fl ies receive recognition
through services that track citation counts , e . g ., Scopus . When you are unable to
access the VoR , the citation needs to i. v. 5, p. 0–39, 2018.

GRIGOROPOULOU, A. et al. The global EPTO database: Worldwide occurrences of
aquatic insects . **Global Ecology and Biogeography**, n. January, p. 642–655, 2023.

HURYN, A. D; WALLACE, J. B. H istory and P Hilosophy of L Inguistics –. v. 8, n.
107, p. 1–8, 2000.

JUEN, L. et al. Composição e riqueza de odonata (Insecta) em riachos com diferentes
níveis de conservação em um ecótone cerrado-floresta amazônica. **Acta Amazonica**, v.
44, n. 2, p. 223–233, 2014.

JUEN, L. et al. The First Mitochondrial Genome of an Odonata Endemic to South
America, *Chalcopteryx rutilans* (Rambur, 1842) (Odonata: Polythoridae), and Its
Implications for the Phylogeny of the Zygoptera. **Diversity**, v. 15, n. 8, 2023.

JUEN, L.; CABETTE, H. S. R.; DE MARCO, P. Odonate assemblage structure in
relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. **Hydrobiologia**, v.
579, n. 1, p. 125–134, 2007.

JUEN, L.; DE MARCO, P. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in
Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small
geographical extents. **Insect Conservation and Diversity**, v. 4, n. 4, p. 265–274, 2011.

JUEN, L.; DE MARCO, P. Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: Competing
hypotheses for biogeographical patterns. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 13,

p. 3507–3521, 2012.

KOCH, A. K.; MONTEIRO, R. F.; ILKIU-BORGES, A. L. Checklist of Bromeliaceae in the region of the Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 2, p. 455–464, 2015.

L. JUEN, E. J. CUNHA, F. G. CARVALHO, M. C. FERREIRA, T. O. BEGOT, A. L. ANDRADE, Y. SHIMANO, H. LEÃO, P. S. POMPEU, L. F. A. M. Effects of Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and Biota of Streams in Eastern Amazon. **River Research and Applications**, v. 30, n. January, p. 132–133, 2014.

LENCIONI, F. A. A. Damselflies of Brazil: an illustrated identification guide. **Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar**, v. 6, n. August, p. 128, 2005.

LUIZA-ANDRADE, A. et al. Influence of oil palm monoculture on the taxonomic and functional composition of aquatic insect communities in eastern Brazilian Amazonia. **Ecological Indicators**, v. 82, n. July, p. 478–483, 2017.

MARQUES, N. C. S. et al. Riparian forests buffer the negative effects of cropland on macroinvertebrate diversity in lowland Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 15, p. 3503–3520, 2021.

MARTINS, R. T. et al. Low forest-loss thresholds threaten Amazonian fish and macroinvertebrate assemblage integrity. **Ecological Indicators**, v. 127, 2021.

MENDES, T. P. et al. Congruence and the Biomonitoring of Aquatic Ecosystems: Are Odonate Larvae or Adults the Most Effective for the Evaluation of Impacts. **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 6, p. 631–641, 2017.

MENDES, T. P.; BENONE, N. L.; JUEN, L. To what extent can oil palm plantations in

the Amazon support assemblages of Odonata larvae? **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 5, p. 448–458, 2019.

MENDOZA-PENAGOS, C. C.; CALVÃO, L. B.; JUEN, L. A new biomonitoring method using taxonomic families as substitutes for the suborders of the Odonata (Insecta) in Amazonian streams. **Ecological Indicators**, v. 124, 2021.

MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. **Landscape and Urban Planning**, v. 127, n. 1, p. 28–40, 2014.

MONTEIRO, C. DA S.; ESPOSITO, M. C.; JUEN, L. Are the adult odonate species found in a protected area different from those present in the surrounding zone? A case study from eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, n. 4, p. 643–652, 2016.

MONTEIRO JÚNIOR, C. D. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: Adult odonates as bioindicators of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 303–311, 2015.

MOY, K. M. et al. Effects of Environmental Changes on Gerromorpha (Heteroptera: Hemiptera) Communities from Amazonian Streams. **Hydrobiology**, v. 1, n. 1, p. 111–121, 2022.

NESSIMIAN, J. L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117–131, 2008.

OBERDORFF, T. et al. Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. **Science Advances**, v. 5, n. 9, p. 1–9, 2019.

OLAYA MICHELA. Odonatos na América Latina: A riqueza de nossa região. [s.d.].

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. DE et al. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. **Limnologia**, v. 66, n. 1, p. 31–39, 2017.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral Ecology**, v. 40, n. 6, p. 733–744, 2015.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. The response of neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) to local and regional abiotic factors in small streams of the amazon. **Insects**, v. 10, n. 12, 2019.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. A Bibliometric Analysis of the Global Research in Odonata: Trends and Gaps. **Diversity**, v. 14, n. 12, 2022.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 552–560, 2019a.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. Structuring of dragonfly communities (Insecta: Odonata) in eastern amazon: Effects of environmental and spatial factors in preserved and altered streams. **Insects**, v. 10, n. 10, 2019b.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; TEODÓSIO, M. A.; JUEN, L. Patterns of co-occurrence and body size in dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) in preserved and altered Amazonian streams. **Austral Entomology**, v. 60, n. 2, p. 436–450, 2021.

ORLINSKIY, P. et al. Forested headwaters mitigate pesticide effects on

macroinvertebrate communities in streams: Mechanisms and quantification. **Science of the Total Environment**, v. 524–525, p. 115–123, 2015.

PASTORE, B. L.; EBLING, L. A.; RESTELLO, R. M. Os usos e cobertura da terra influenciam a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos? 2023.

PEEL, M. C. B. L. F. T. A. M. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Permafrost and Periglacial Processes**, v. 13, n. 3, p. 243–249, 2007.

PEZZUTI, J. et al. **O Rio Que Pulsa Em Nós**. [s.l: s.n.].

PINTO, Â. P. Capítulo 15: Odonata Fabricius, 1793. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**, p. 187–233, 2024.

PINTO, N. S. et al. Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status. **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 3, p. 178–185, 2012.

RIBEIRO, C.; JUEN, L.; RODRIGUES, M. E. The Zygoptera/Anisoptera ratio as a tool to assess anthropogenic changes in Atlantic Forest streams. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, n. 5, p. 1315–1329, 2021.

RICKLEFS, R. E. Disintegration of the ecological community. **American Naturalist**, v. 172, n. 6, p. 741–750, 2008.

ROCHA, T. S. et al. Effect of environmental integrity on the functional composition of the Odonata (Insecta) community in streams in the Eastern Amazon. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 11, n. September, p. 1–14, 2023.

SABAJ PEREZ, M. Where the Xingu Bends and Will Soon Break. **American Scientist**, v. 103, n. 6, p. 395, 2015.

SALOMÃO, R. D. P. et al. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 2, n. 3, p. 57–153, 2007.

SAWAKUCHI, A. O. et al. The Volta Grande do Xingu: Reconstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique Amazonian fluvial landscape. **Scientific Drilling**, v. 20, n. December, p. 21–32, 2015.

SHIMANO, Y.; JUEN, L. How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams. **Annales de Limnologie**, v. 52, n. November, p. 35–45, 2016.

SILVA, I. B. B. DA et al. Caracterização hidrológica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós (AM). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 14–27, 2018.

SILVA, L. F. R. et al. A matter of suborder: are Zygoptera and Anisoptera larvae influenced by riparian vegetation in Neotropical Savanna streams? **Hydrobiologia**, v. 848, n. 19, p. 4433–4443, 2021.

SILVA, L. F. R. et al. Ecological thresholds of Odonata larvae to anthropogenic disturbances in neotropical savanna headwater streams. **Hydrobiologia**, n. 0123456789, 2022.

SILVA, L. F. R. et al. Ecological thresholds of Odonata larvae to anthropogenic disturbances in neotropical savanna headwater streams. **Hydrobiologia**, v. 851, n. 2, p. 313–326, 2024.

SIOLI, H. Bemerkung sur typologie amazonischer flüsse. **Amazoniana**, v. 1, p. 74–83, 1965.

TAKOLA, E.; SCHIELZETH, H. Hutchinson's ecological niche for individuals. **Biology and Philosophy**, v. 37, n. 4, p. 1–21, 2022.

VERAS, D. S. et al. Environmental thresholds of dragonflies and damselflies from a Cerrado-Caatinga ecotone. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 9, 2022.

VILA-VERDE, G.; SANTOS, C. R. DOS; BOMFIM, G. S. Insetos (Insecta: Hymenoptera, Lepidoptera e Odonata) e as mudanças climáticas. **Terrae Didactica**, v. 17, p. e021054, 2021.

VILELA, D. S. et al. *Argia angelae* (Odonata: Zygoptera: Coenagrionidae) sp. nov. from Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brazil. **Zootaxa**, v. 4415, n. 3, p. 549–560, 2018.

VILELA, D. S.; FERREIRA, R. G.; DEL-CLARO, K. The odonata community of a brazilian vereda: seasonal patterns, species diversity and rarity in a palm swamp environment. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, p. 486–495, 2016.

ZUANON, J. et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2019.

WICKHAM, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. **Springer-Verlag New York**.