



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA –
CITA**

**DIVERSIDADE DE HETEROPTERA EM IGARAPÉS DE
PRIMEIRA A TERCEIRA ORDEM NA AMAZÔNIA
SULOCIDENTAL: BASES PARA O BIOMONITORAMENTO
AQUÁTICO**

KELLY THAÍS ARAÚJO KINPARA VIANA

RIO BRANCO, AC
Novembro / 2022

KELLY THAÍS ARAÚJO KINPARA VIANA

**DIVERSIDADE DE HETEROPTERA EM IGARAPÉS DE
PRIMEIRA A TERCEIRA ORDEM NA AMAZÔNIA
SULOCIDENTAL: BASES PARA O BIOMONITORAMENTO
AQUÁTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica**.

Orientador: Dr. Lisandro Juno Soares Vieira

Co-orientador: Dr. José Genivaldo do Vale Moreira.

RIO BRANCO, AC
Novembro / 2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- V614d Viana, Kelly Thaís Araújo Kinpara, 1997 -
Diversidade de heteroptera em igarapés de primeira a terceira ordem na Amazônia Sulocidental: bases para o biomonitoramento aquático / Kelly Thaís Araújo Kinpara Viana; orientador: Dr. Lisandro Juno Soares Vieira e Co-orientador: Dr. José Genivaldo do Vale Moreira. – 2022.
73 f. : il. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ciência Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco, 2022.
- Inclui referências bibliográficas e anexos.
1. Ecossistema aquático. 2. Biodiversidade. 3. Amazônia Sulocidental. I. Vieira, Lisandro Juno Soares (orientador). II. Moreira, José Genivaldo do Vale (Co-orientador). III. Título.

CDD: 509

Bibliotecária: Nádia Batista Vieira CRB-119/882.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA
PARA A AMAZÔNIA – CITA**

**DIVERSIDADE DE HETEROPTERA EM IGARAPÉS DE PRIMEIRA A
TERCEIRA ORDEM NA AMAZÔNIA SULOCIDENTAL: BASES PARA
O BIOMONITORAMENTO AQUÁTICO**

KELLY THAÍS ARAÚJO KINPARA VIANA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 18/11/2022

DR. LISANDRO JUNO SOARES VIEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE – Ufac

DR. ERLANE JOSÉ CUNHA
INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE, Itv

DRA. PATRICIA NAKAYAMA MIRANDA
INSTITUTO FEDERAL DO ACRE – Ifac

Dedico este trabalho para aqueles que foram a minha rocha e fortaleza e que não mediram esforços para me ajudar, ao meu marido Diego Viana, que assiduamente esteve ao meu lado durante essa jornada, a minha avó Fátima Kinpara (*in memoriam*), com muito amor e saudade, e aos meus pais Rociclei Araújo e Minoru Kinpara.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grata ao meu marido Diego Viana, que não mediu esforços para estar ao meu lado e auxiliar em todos os momentos, te amo. À minha família pelo apoio que sempre me deram, agradeço também aos meus pais Rociclei Araújo e Minoru Kinpara, por sempre apoiarem e incentivarem os meus sonhos.

Ao meu amigo Douglas Menezes, por ter contribuído na execução deste trabalho, e por ser um bom amigo, me apoiado em todos os momentos.

Ao meu orientador pela dedicação ao meu projeto de pesquisa, por ter aceitado me orientar e contribuído para a minha formação.

Ao meu co-orientador pela dedicação ao meu projeto de pesquisa, por ter contribuído para a minha formação.

Ao Instituto Federal do Acre pela parceria, contribuindo com toda estrutura necessária para as minhas coletas em campo.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Acre pela elevada qualidade do ensino oferecido e ao Laboratório de Ictiologia Ecologia Aquática – ICTIOLAB, por disponibilizar a estrutura física para a identificação do material de pesquisa.

“Porque eu sei que o meu Redentor vive, e que por fim se levantará sobre a terra.”
Jó 19.25.

Diversidade de Heteroptera em igarapés de primeira a terceira ordem na Amazônia sulocidental: bases para o biomonitoramento aquático.

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos são importantes fontes de biodiversidade da Amazônia. Eles apresentam uma rica diversidade de espécies, distribuídas nos mais diferentes grupos taxonômicos. O aumento do desmatamento e a mudança no uso do solo tem ameaçado essa riqueza, promovendo a redução da riqueza de espécies e a sua extinção. Mesmo diante dessa ameaça, a ciência destaca a necessidade de reduzir as lacunas de conhecimento taxonômico, especialmente as Lineanas e Wallacenas, para ampliar não apenas o conhecimento científico, mas também a valoração do meio ambiente. A heterogeneidade ambiental é uma característica importante para o funcionamento de ecossistemas pois permite reunir diferentes espécies, porém, a sua redução afeta a variabilidade de habitats e o desequilíbrio ambiental. Os Heteroptera aquáticos e semiaquáticos estão entre as espécies que apresentam lacunas de conhecimento sobre a sua distribuição, sistemática, ecologia e monitoramento. Em nosso projeto de pesquisa, buscamos analisar a diversidade de Heteroptera em igarapés de primeira a terceira ordem na Amazônia sulocidental, visando o biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. A dissertação foi organizada em dois capítulos. No primeiro capítulo apresentamos uma pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte, discorrendo sobre o tema “Heterópteros aquáticos e semiaquáticos no Sudoeste Amazônico e o seu papel no biomonitoramento aquático”. O segundo capítulo abordará o tema “Efeito do uso da terra na composição de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos em riachos de pequena ordem na bacia do Rio Acre, Acre, Brasil”. Ele atende a uma demanda da ciência sobre as lacunas Lineanas e Wallaceanas da biota aquática na Amazônia. Nesta pesquisa foram encontrados 4.933 insetos, distribuídos em 50 espécies/morfoespécies, 30 gêneros, 11 famílias e duas infraordens. Os riachos em áreas de floresta tiveram composição de espécies diferentes das áreas de pastagem, o mesmo não ocorreu com as análises físico-químicas e com o protocolo de integridade de habitats (HII). Nossos resultados permitem a recomendação do uso de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos para o biomonitoramento e avaliação de riachos da bacia do Rio Acre (ACRE, BRASIL).

Palavras-chave: Insetos aquáticos; riachos, integridade ambiental, ecossistemas aquáticos.

Heteroptera diversity in first to third order streams in southwestern Amazon: basis for aquatic biomonitoring.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems are important sources of biodiversity in the Amazon. They present a rich diversity of species, distributed in the most different taxonomic groups. The increase in deforestation and changes in land use have threatened this wealth, promoting the reduction of species richness and their extinction. Even in the face of this threat, science highlights the need to reduce gaps in taxonomic knowledge, especially Linnaean and Wallacean ones, to expand not only scientific knowledge, but also the valuation of the environment. Environmental heterogeneity is an important feature for the functioning of ecosystems as it allows different species to be brought together, however, its reduction affects habitat variability and environmental imbalance. Aquatic and semi-aquatic Heteroptera are among the species that have gaps in knowledge about their distribution, systematics, ecology, and monitoring. In our research project, we sought to analyze the diversity of Heteroptera in first to third order streams in the southwestern Amazon, aiming at the biomonitoring of aquatic ecosystems. The dissertation was organized into two chapters. In the first chapter we present bibliographic research on the state of the art, discussing the theme "Aquatic and semi-aquatic Heteropterans in the Southwest Amazon and their role in aquatic biomonitoring". The second chapter will address the theme "Effect of land use on the composition of aquatic and semi-aquatic Heteroptera in small order streams in the Acre River basin, Acre, Brazil". It responds to a demand from science about Linnaean and Wallacean gaps in the aquatic biota in the Amazon. In this research, 4,933 insects were found, distributed in 50 species/morphospecies, 30 genera, 11 families and two infraorders. Streams in forest areas had different species composition than pasture areas, the same did not occur with the physical-chemical analyzes and with the habitat integrity protocol (HII). Our results allow us to recommend the use of aquatic and semiaquatic Heteroptera for the biomonitoring and evaluation of streams in the Acre River basin (ACRE, BRAZIL).

Key-words: Aquatic insects; streams, environmental integrity, aquatic ecosystems.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribuição de artigos por natureza do tema (avaliação de impactos, biomonitoramento, ecologia e sistemática) como resultado da pesquisa bibliográfica. 26
- Figura 2. Número de artigos publicados em periódicos durante o período de 2001 e 2021, utilizando as palavras-chave “Heteroptera” AND “semiaquatic”; “Heteroptera” AND “Amazonian”; “Heteroptera” AND “Neotropical” e “Heteroptera” AND “Stream”, nas bases de dados ScienceDirect, Scopus, Scielo e BioOne. 26
- Figura 3. Gráfico de Pareto contendo o nome das famílias de Heteroptera que foram encontradas na pesquisa bibliográfica e o número de artigos em que elas foram citadas. .. 27
- Figura 4. Registros de espécies de Heteroptera agrupados por infraordem, no período de 2001 a 2021. 27
- Figura 5 Distribuição de ocorrência das 10 espécies mais frequentes nos estados brasileiros, durante o período de 2001 a 2022. 35
- Figura 6. Resoluções taxonômicas aplicadas para avaliação de impactos e biomonitoramento aquático em riachos do Brasil no período de 2001 a 2022. 39
- Figura 7. Localização dos 14 pontos de coleta de riachos afluentes da Bacia hidrográfica do rio Acre, nos municípios Senador Guimard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. 48
- Figura 8. Ilustração do desenho amostral adotado para aplicação do protocolo de avaliação e coleta de dados biológicos. 49
- Figura 9. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis físico-químicas e IIH de amostras de 14 riachos realizadas em áreas de floresta e pastagem, na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guimard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. Legenda: quadrado indica locais com floresta; triângulo indica locais com pastagem. 55
- Figura 10. Análise de componentes principais (ACP) das espécies/morfoespécies de Heteroptera, coletados em 14 riachos em áreas de floresta e pastagem, na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guimard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. Legenda: quadrado indica locais com floresta; triângulo indica locais com pastagem. 56

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1. Relação das espécies de Heteroptera aquáticos e sua presença em estado brasileiros, em pesquisas realizadas no período de 2001 a 2021. 28

Tabela 2. Pontos de amostragem, código, largura (média e desvio-padrão), profundidade (média e desvio-padrão), coordenadas geográficas, nome do local e cidade/UF dos 14 riachos amostrados no Acre e Amazonas, em 2021. 50

Tabela 3. Média, desvio-padrão, mínimo e máximo das variáveis físico-químicas agrupadas por condição (floresta e pastagem) nos 14 riachos amostrados na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. 54

Tabela 4. Autovalores do componente 1 (PC1) e componente 2 (PC2) da Análise de Componentes Principais (ACP) para as variáveis físico-químicas e IIH, obtidos de amostras de 14 riachos agrupados por condição (floresta e pastagem) na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. 55

LISTA DE ABREVIATURAS

μ	Micra
$\mu\text{S/cm}$	Micro-Siemens por centímetro
AC	Acre
ACP	Análise de Componentes Principais
AM	Amazonas
Chao 1	Estimador de riqueza Chao 1
cm	Centímetros
CTFB	Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil.
D	Dominância D
DHM	Dinâmica Hierárquica de Manchas
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera
H'	Diversidade Shannon-Wiener
HII	Habitat Integrity Index
Ifac	Instituto Federal do Acre
IGA	Igarapé
IIH	Índice de Integridade de Habitat
J	Equitabilidade de Pielou
m	Metros
ml	Mililitros
O. D.	Oxigênio dissolvido
°C	Graus Celsius
PCA	Principal Component Analysis
PERMANOVA	Análise de Variância Multivariada Permutacional
VA	
pH	Potencial hidrogeniônico
UF	Unidade federativa
Ufac	Universidade Federal do Acre
Ufac	Universidade Federal do Acre

“Porque eu sei que o meu Redentor vive, e que por fim se levantará sobre a terra.”

Jó 19.25

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
Referências bibliográficas	18
HETERÓPTEROS AQUÁTICOS E SEMIAQUÁTICOS NO SUDOESTE AMAZÔNICO E O SEU PAPEL NO BIOMONITORAMENTO AQUÁTICO	21
Resumo	22
Abstract	22
Introdução.....	23
Material E Métodos.....	25
Resultados E Discussões	25
Conclusão.....	40
Agradecimentos.....	40
Referências	41
EFEITO DO USO DA TERRA NA COMPOSIÇÃO DE HETEROPTERA AQUÁTICOS E SEMIAQUÁTICOS EM RIACHOS DE PEQUENA ORDEM NA BACIA DO RIO ACRE, ACRE, BRASIL	44
Resumo	45
Abstract	45
Introdução.....	46
Material e métodos	48
Resultados.....	54
Discussão	57
Conclusão.....	59
Agradecimento.....	59
Referências	60
CONCLUSÃO GERAL	63
ANEXOS	64
Anexo 1. Normas da revista Multidisciplinary Sciences Reports	64
Anexo 2. Composição e abundância de subordem, família e gênero de Heteroptera, em riachos afluentes da bacia do rio Acre, em Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021.....	67
Anexo 3. Normas da revista Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota).	71

INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas aquáticos são importantes recursos naturais para a vida. Alguns animais utilizam-no para habitat, alimentação, reprodução ou como lugar para desenvolvimento de parte de seu ciclo de vida. No ambiente aquático é possível encontrar diferentes grupos de seres vivos como plantas (HEIDBÜCHEL; HUSSNER, 2020), vertebrados (ROA-FUENTES et al., 2019), invertebrados (MARQUES et al., 2021) e mesmo seres microscópicos como algas (BUDNICK et al., 2021), fungos (FLORES et al., 2014) e bactérias (SALIS et al., 2017).

Em geral, os ecossistemas aquáticos de água doce são divididos em dois grandes tipos: lênticos e lóticos. Os lênticos são representados por lagos, açudes e reservatórios, cujas características são de corpos d'água interiores que não apresentam fluxo unidirecional e desprovidos de comunicação direta com o mar (ESTEVES, 1988). Eles possuem baixo teor de íons dissolvidos quando compararmos com o padrão presente nas águas oceânicas (KNEE et al., 2010; ROSELLI et al., 2009; SALIS et al., 2017). Os ambientes lênticos estão organizados em compartimentos, os quais são denominados de: zona litorânea (LIMA et al., 2019), caracterizada pela adjacência com o ecossistema terrestre; zona limnética (ALMEIDA et al., 2006), que constitui a grande porção dos ecossistemas lênticos onde há os organismos natantes; zona profunda (ESTEVES, 1988), também conhecida como ambiente bentônico, é o local situado mais ao fundo onde não há seres autotróficos; e a zona interface água-ar (ESTEVES, 1988), onde encontram-se conjuntos de organismos categorizados em nêuston e plêuston.

O perfil dos sistemas lóticos é representado por riachos, rios e igarapés. Neles há um fluxo unidirecional, com a caracterização de locais onde a água fica parada, recebendo o nome de remanso, e locais onde há maior velocidade de correnteza, com maior concentração de oxigênio dissolvido (LIMA; PLESE; SILVA, 2020). Nesses sistemas, existe uma variação transversal de uma margem à outra, direcionada pela profundidade do igarapé e pelo tipo de substrato presente, que pode ser sedimento (argila, areia, silte), folhiço, pedras, pedaços de madeira, frutos, entre outros (BRASIL et al., 2014). E existe também uma variação longitudinal, influenciada por parâmetros hidrológicos, descarga de água, declividade, cobertura de mata ciliar e profundidade do riacho (BRASIL et al., 2017).

Por causa dessa variedade de condições, os ambientes aquáticos apresentam-se bastante heterogêneos, com uma diversidade de habitat capazes de suportar uma grande biodiversidade de espécies aquáticas. Entre as espécies presentes nesse ecossistema estão os insetos aquáticos. Eles são assim denominados por apresentarem uma parte ou todo o seu ciclo de vida na água. Eles constituem o

grupo de invertebrados mais abundante e diverso no ambiente aquático, desempenhando praticamente todas as funções da cadeia trófica, exceto, a função de produtores (VANNOTE et al., 1980).

Os insetos aquáticos são descritos como importantes indicadores de qualidade ambiental por diferentes autores (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003; CALVÃO et al., 2018; MIGUEL et al., 2017; PEREIRA; JUNIOR; JUEN, 2019). Algumas espécies têm se destacado por apresentar elevada sensibilidade às alterações ambientais como os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (ANDRADE et al., 2020), ou mesmo tolerância como alguns Heteroptera (DIAS-SILVA et al., 2020), e Diptera (NUNES; CARVALHO; NAKAGAKI, 2020).

Eles apresentam várias características importantes que evidenciam a sua escolha como bioindicadores em programas de monitoramento ambiental: (i) ocorrem em praticamente todos os tipos de ambientes e condições (CAÑEDO-ARGÜELLES et al., 2016); (ii) possuem ampla riqueza de espécies, o que permite apresentar grupos sensíveis e generalistas (COUCEIRO et al., 2012; SIMEONE; TAGLIARO; BEASLEY, 2021); (iii) são relativamente sedentários, e por isso respondem de forma mais eficiente aos efeitos das perturbações (PEREIRA; JUNIOR; JUEN, 2019); (iv) os métodos de coleta são simples e de baixo custo (LIMA et al., 2019; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020); (v) são de fácil identificação com respostas confiáveis aos impactos em níveis taxonômicos maiores (família e gênero) (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003).

A exemplo de outras espécies aquáticas, esses insetos estão sujeitos a alterações em sua distribuição motivados por parâmetros ambientais. Os organismos mais sensíveis tendem a desaparecer quando as condições ficam desfavoráveis. É esperado que ocorra a diminuição e até mesmo a perda de táxons sensíveis nessas condições e, conseqüentemente, a permanência dos tolerantes (BRASIL et al., 2017; CARDOSO et al., 2018; GOMES et al., 2017; KLEIN et al., 2018). Alguns grupos de insetos aquáticos têm sido associados com áreas conservadas ou pelo menos de baixo impacto, desaparecendo desses ambientes como consequência das alterações ambientais. Como exemplo, citamos as espécies das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, as quais tem sido largamente apresentada como indicadores de qualidade ambiental (ANDRADE et al., 2020; LIMA; PLESE; SILVA, 2020), com capacidade de distinguir os riachos conservados e impactados por motivo da destruição das condições físicas do habitat.

Outros insetos estão diretamente relacionados com áreas impactadas, associados a águas com baixa quantidade de oxigênio dissolvido, maior turbidez e remoção de mata ciliar. Este é o caso dos insetos da família Chironomidae (Diptera),

mais especificamente do gênero *Chironomus*, cujas larvas possuem coloração avermelhada, tipificada pela presença de grande concentração de hemoglobina, o que o permite sobreviver em locais com menor concentração de oxigênio (CARVALHO, 2019; LIMA et al., 2019). Alguns pesquisadores têm associado o aumento dessas larvas em lagos com presença de alterações antrópicas na vegetação ciliar (CARVALHO, 2019; LIMA et al., 2019), em áreas de monocultura (LIMA; PLESE; SILVA, 2020) e alterações morfológicas em ecossistemas com presença de metais pesados (DELIBERALLI et al., 2018).

As espécies da subordem Heteroptera (ordem Hemiptera) compõem outro importante grupo de invertebrados da classe Insecta. Eles podem ser encontrados no ambiente terrestre e aquático. Entre as sete infraordens existentes, três são comuns aos sistemas aquáticos: os Nepomorpha, os Leptopodomorpha e os Gerromorpha (PEREIRA; JUNIOR; JUEN, 2019; PEREIRA; MELO; HAMADA, 2007). Essas infraordens podem ocupar diferentes nichos dentro dos corpos d'água, por exemplo, os Leptopodomorpha e os Gerromorpha podem ser encontrados próximos à zona ripícola, no interior ou na superfície da água, sendo comumente denominados semiaquáticos. Por outro lado, as espécies da infraordem Nepomorpha são aquáticos e a maioria das espécies possuem hábitos bentônicos.

As espécies aquáticas de Heteroptera possuem todo o seu ciclo de vida na água, podendo ocupar diferentes micro-habitat ao longo de seu ciclo de vida (DIAS-SILVA et al., 2013). O seu desenvolvimento é do tipo hemimetábolo, caracterizado por três estágios distintos: imaturo, ninfa e adultos (ALLAN; CASTILLO, 2007). Em cada estágio as espécies ocupam diferentes nichos. Dessa forma, mesmo muitas espécies apresentando os mesmos hábitos alimentares de alguns adultos, há redução de competição intraespecífica (CARDOSO et al., 2018).

As espécies pertencentes a estas infraordens apresentam diferentes padrões de resposta às condições ambientais. Por exemplo, espécies da infraordem Gerromorpha apresentam correspondência com a variedade e qualidade ambiental. Quando os igarapés apresentam baixa exposição a impactos, ou mesmo quando a interferência antrópica é insuficiente para provocar alterações nos microhabitats, a diversidade e composição de Gerromorpha tende a ser maior do que em áreas alteradas ou impactadas, especialmente como resultado de adaptações morfológicas, ecológicas e fisiológicas das espécies dessa infraordem (GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021), ou como resultado da manutenção da heterogeneidade ambiental (CUNHA; JUEN, 2017).

A infraordem Nepomorpha apresenta maior número de famílias e maior diversidade. Por exemplo, espécies da família Naucoridae são descritas com elevada capacidade de distribuição, podendo ser encontradas em ramos, pedras e sedimentos.

Essa elevada plasticidade está associada à capacidade de colonização e adaptação a diferentes tipos de condições (PEREIRA; MELO, 2007). Esses insetos também apresentam padrão de abundância distinto quanto a sua ocorrência em locais preservados e impactados. Isso foi descrito por Giehl et al., (2014), ao analisar tanto a resposta a impactos tanto em diferentes resoluções numéricas (abundância e presença/ausência) quanto em taxonômicas (gênero e espécie). Algumas espécies diminuem a abundância em riachos impactados, mas isso pode variar dentro do mesmo gênero (GIEHL et al., 2014). Por exemplo, o gênero *Ambrysus* possui espécies mais sensíveis a impactos (*A. bifidus*) e apresenta espécie/morfotipo mais generalista (*Ambrysus* sp2) (GIEHL et al., 2014).

Apesar da grande riqueza de espécies, há muitas lacunas sobre o conhecimento da biodiversidade na Amazônia, sua distribuição e composição especialmente quanto ao estudo de insetos aquáticos. A fauna de Heteroptera está entre as grandes lacunas de conhecimento, especialmente no estado do Acre, onde as pesquisas são raríssimas. Dado esse contexto, nossa proposta de pesquisa objetiva analisar a diversidade de Heteroptera em igarapés de primeira a terceira ordem na Amazônia sulocidental, com vistas ao biomonitoramento de ecossistemas aquáticos.

Referências bibliográficas

ALVEZ-VALLES, Carlos Mariano et al. Endemism and conservation of Amazon palms. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 3, p. 765–784, mar. 2018.

BISPO, P C et al. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: Environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2 B, p. 611–622, maio 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16906293>>.

BRASIL, L. S. et al. Insectos acuáticos en hábitats orgánicos e inorgánicos de corrientes de las sabanas Centro-Brasileñas. **Revista Colombiana de Entomología**, cited By 1, v. 43, n. 2, p. 286–291, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047065302&doi=10.25100%2Fsocolen.v43i2.5961&partnerID=40&md5=e25aa39ef3cb26348e98942c0340ca77>>.

COUCEIRO, S. R. M. et al. Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation. **Austral Ecology**, v. 36, n. 6, p. 628–637, 2011.

CUNHA, E. J. et al. Wing dimorphism in semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, Gerromorpha) as a tool for monitoring streams altered by oil palm plantation in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106707>>.

CUNHA, E. J.; MONTAG, L. F. de A.; JUEN, L. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422–429, 2015.

DIAS-SILVA, K.; CABETTE, He. S. R. H. S. R.; GIEHL, N. F. da S.; JUEN, L. Distribuição de Heteroptera Aquáticos (Insecta) em Diferentes Tipos de Substratos de

Córregos do Cerrado Matogrossense. **EntomoBrasilis**, vol. 6, no. 2, p. 132–140, 12 Aug. 2013. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v6i2.302>.

DIAS-SILVA, K. et al. Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist, new records, and species distribution modeling. **Zootaxa**, v. 3736, n. 3, p. 201–235, 2013.

DIAS-SILVA, K.; S.R.CABETTE, H.; JUEN, L.; JR., P. D. M. The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. **Zoologia**, vol. 27, no. 6, p. 918–930, 2010.

FAGUNDES, C. K. et al. Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. **Biological Conservation**, v. 226, p. 300–310, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.009>>.

FLORIANO, C. F. B.; OLIVEIRA, I. A. D. V.; MELO, A. L. de. New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and Nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 143, n. 1, p. 103–117, 2017.

FRANCO, C. L. et al. New records of gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from Piauí State, Northeastern Brazil. **Check List**, cited By 1, v. 16, n. 6, p. 1755–1763, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099943501&doi=10.15560%2F16.6.1755&partnerID=40&md5=01fe56cd5844394ff87ccd27b3e25043>>.

FRANCO, C. L. et al. Gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from eastern maranhão state, northeastern Brazil. **Check list The journal of of biodiversity data**, cited By 0, v. 17, n. 2, p. 551–568, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103085788&doi=10.15560%2F17.2.551&partnerID=40&md5=73ee68d866cc678db3cc589c5c3c5b04>>.

GIEHL, N. F. da S. et al. Taxonomic and numerical resolutions of nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in cerrado streams. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e103623, 2014.

GIEHL, N. F. S. et al. Environmental Thresholds of Nepomorpha in Cerrado Streams, Brazilian Savannah. **Neotropical Entomology**, cited By 5, v. 48, n. 2, p. 186–196, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063952002&doi=10.1007%2Fs13744-018-0632-5&partnerID=40&md5=dfcc75ca7d8561778baf20f919e601e3>>.

GODOY, B. S. et al. Taxonomic sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community. **Ecological Indicators**, v. 107, n. August, 2019.

GUTERRES, A P M; CUNHA, E. J.; JUEN, L. Correction to: Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, vol. 25, no. 4, p. 569, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00328-5>.

GUTERRES, A. P. M.; CUNHA, E. J.; JUEN, L. Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, vol. 25, no. 4, p. 569, 2021. DOI 10.1007/s10841-021-00328-5. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105938673&doi=10.1007%2Fs10841-021-00316-9&partnerID=40&md5=61b52a67509716de0a1d2d208cec1dd2>.

MONTAG, L. F.A. et al. Land cover, riparian zones and instream habitat influence stream fish assemblages in the eastern Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 28, n. 2, p. 317–329, 2019.

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, nov. 2008.

PEREIRA, D. L. V.; MELO, A. L. De. Aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Pitanga, Amazonas, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 643–648, 2007.





RODRIGUES, J. M. S. et al. Semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, gerromorpha) from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Check List**, cited By 0, v. 17, n. 5, p. 1323–1343, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116309439&doi=10.15560%2F17.5.1323&partnerID=40&md5=0c0da513780770423c0ac83311913858>>.

SOARES, D. M. et al. Effect of substrates of native and exotic plant species on the initial period of colonization of benthic macroinvertebrates in the Cerrado biome. **Community Ecology**, cited By 0, v. 22, n. 1, p. 127–134, 4 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098799668&doi=10.1007%2Fs42974-020-00032-5&partnerID=40&md5=8f1786d2d6ed85c1cb163e858f700c6b>>.

VIEIRA, T. B.; DIAS-SILVA, K.; PACIFICO, E. S. Effects of Riparian Vegetation Integrity on Fish and Heteroptera Communities. **Applied Ecology and Environmental Research**, vol. 13, no. 1, p. 53–65, 2015. .

CAPÍTULO 1

HETERÓPTEROS AQUÁTICOS E SEMIAQUÁTICOS NO SUDOESTE AMAZÔNICO E O SEU PAPEL NO BIOMONITORAMENTO AQUÁTICO

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 1 | Kelly Thaís Araújo Kinpara Viana | kelly.kimpara@sou.ufac.br |  |
| 1 | Lisandro Juno Soares Vieira | lisandro.vieira@ufac.br |  |
| 2 | Diego Viana Melo Lima | diego.lima@ifac.edu.br |  |
| 2 | Douglas Silva Menezes | douglasbioif19@gmail.com |  |
| 1 | Universidade Federal do Acre - UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil | | |
| 2 | Instituto Federal do Acre - IFAC, Rio Branco, Acre, Brasil | | |

Este capítulo foi publicado na revista científica Multidisciplinary Sciences Reports (ISSN: 2764-0388), DOI <https://doi.org/10.54038/ms.v2i4.29>. As normas para citações e referências foram adicionadas no anexo desta dissertação.

Resumo

Os ambientes aquáticos sofrem fortes pressões provocadas pelo aumento das atividades antrópicas oriunda de processos tais como urbanização, mudanças do uso do solo, agricultura, pecuária e uso de agrotóxicos. Na região Neotropical esse problema tem sido mais preocupante, pois ela concentra muitas espécies endêmicas e raras. Essa pesquisa é resultado de um levantamento bibliográfico nas bases de dados *ScienceDirect*, *Scopus*, *Scielo* e *BioOne* para o período entre 2001 e 2021, tendo sido utilizados apenas artigos científicos. Toda bibliografia encontrada foi analisada quanto à existência de conteúdos e informações sobre o grupo taxonômico no Brasil, ecologia e biomonitoramento. No Brasil, são descritas 243 espécies de Gerromorpha, 10 de Leptodomorpha e 311 de Nepomorpha. A análise mostrou que nos últimos vinte anos foram registradas 116 espécies de Heteroptera distribuídas em todo país, o que representa 20,09% aproximadamente do total de espécies descritas no Brasil. A infraordem Gerromorpha possui maior quantidade de espécies sensíveis a impactos ambientais, enquanto a infraordem Nepomorpha parece mais distante de um padrão de resposta aos impactos. O uso de níveis taxonômicos mais altos (família e infraordem) atende às necessidades de monitoramento ambiental e bioavaliação, desde que sejam previamente testadas em regiões onde não há estudos previamente realizados e que aceitem conclusões mais grosseiras. O leste amazônico necessita urgentemente de pesquisa com Heteroptera para reduzir as lacunas na região Neotropical.

Palavras-chave: Diversidade. Amazônia. Insetos Aquáticos. Heteroptera.

Abstract

Aquatic environments are under strong pressure caused by the increase in human activities arising from processes such as urbanization, changes in land use, agriculture, livestock, and the use of pesticides. In the Neotropical region, this problem has been more worrying, as it concentrates many endemic and rare species. This research is the result of a bibliographic survey in the *ScienceDirect*, *Scopus*, *Scielo* and *BioOne* databases for the period between 2001 and 2021, using only scientific articles. All bibliography found was analyzed regarding the existence of contents and information about the taxonomic group in Brazil, ecology, and biomonitoring. In Brazil, 243 species of Gerromorpha, 10 of Leptodomorpha and 311 of Nepomorpha are described. The analysis showed that in the last twenty years, 116 species of Heteroptera were recorded distributed throughout the country, which represents approximately 20.09% of the total number of species described in Brazil. The infraorder Gerromorpha has a greater number of species sensitive to environmental impacts, while the infraorder Nepomorpha seems to be more distant from a pattern of response to impacts. The higher taxonomic resolution meets the needs of environmental monitoring and bioassessment, as long as they are pre-tested in regions where there are no previously performed studies and that they accept coarser conclusions. The eastern Amazon urgently needs research with Heteroptera to reduce the gaps in the Neotropical region.

Keywords: Diversity. Amazon. Aquatic Insects. Heteroptera.

Introdução

A degradação de habitats aquáticos e os problemas na qualidade da água estão associados a diferentes atividades antrópicas (CUNHA et al., 2015; JUEN et al., 2015; LIMA; PLESE; SILVA, 2020). Algumas dessas atividades afetam diretamente o ambiente aquático, como nos casos de monoculturas (CUNHA et al., 2015; JUEN et al., 2015), uso de agrotóxicos (LIMA; PLESE; SILVA, 2020), deposição de resíduos sólidos em rios e o garimpo. Outros, porém, provocam efeitos de forma indireta, como nas mudanças do uso do solo, alteração e remoção da vegetação ciliar, agricultura, criação de gado e a urbanização (BRASIL et al., 2020; DIAS-SILVA, et al., 2020).

Os insetos aquáticos podem ser encontrados em diferentes tipos de corpos d'água como lagos, açudes, rios, riachos, poças d'água, bromélias, entre outros (BRASIL et al., 2020; LIMA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2021; ROQUE et al., 2012; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015). O seu ciclo de vida pode ser integralmente aquático, como ocorre com alguns coleópteros, ou parte na água (fase imatura) e a outra fase no ambiente terrestre (fase adulta), como nas libélulas e efemerópteros (CASTRO; DOLÉDEC; CALLISTO, 2018; CORTEZZI et al., 2009; WANG et al., 2012). Esses organismos possuem forte relação com o meio aquático e são influenciados por variáveis físico-químicas, ambientais e hidrológicas (BRASIL et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021; ROQUE et al., 2012; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015). Por causa disso, as alterações na mata ciliar ou mesmo em seu entorno produzem mudanças na estrutura dos habitats aquáticos e, conseqüentemente, podem modificar a composição e riqueza desses insetos, provocando inclusive a extinção deles. Por exemplo, espécies representadas pelas ordens Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Odonata, dentre outros (DIAS-SILVA, et al., 2020; GIEHL et al., 2015, 2020; JUEN et al., 2015). Os organismos desses grupos apresentam diferentes respostas às mudanças na qualidade da água e do meio ambiente, refletindo em sua composição, abundância e diversidade como uma consequência da perda da integridade ambiental e de habitats (LIMA et al., 2019; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; RODRIGUES; MELO; FERREIRA-KEPPLER, 2012).

Os Heteroptera são insetos que possuem espécies terrestres, aquáticas e semiaquáticas. As espécies terrestres possuem importante papel na vida humana, e podem interferir na agricultura (HIWAT, 2014) e na saúde pública. No ambiente aquático elas desempenham importante papel no controle de populações por meio da predação de outros invertebrados e até formas jovens de vertebrados como alevinos e girinos (HYNES, 1970). Algumas espécies ocupam a superfície das águas, onde a sua distribuição e composição podem ser influenciadas pela presença de água parada e

macrófitas emergentes (PEREIRA et al., 2007). Outras vivem mergulhadas na água e são encontradas na proximidade de substratos e sedimentos (LIMA; PLESE; SILVA, 2020; ROQUE et al., 2012).

As alterações ao longo do entorno de riachos e lagos provocam diferenças significativas tanto em comunidades terrestres quanto aquáticas, resultando em alterações na abundância, riqueza, composição e diversidade de espécies (CUNHA et al., 2015; DIAS-SILVA et al., 2010; DIAS-SILVA, et al., 2020; GIEHL et al., 2015). Por exemplo, a pesquisa realizada por Giehl e colaboradores (2020) identificou alterações na comunidade de Gerromorpha em áreas de vereda no Cerrado, comparando riachos com e sem barragens. Algumas espécies das infraordens de Gerromorpha e Nepomorpha responderam às mudanças na integridade ecológica de riachos pertencentes a áreas de transição Cerrado-Amazônia, com aumento de riqueza de espécie em locais onde houve maior preservação ambiental (DIAS-SILVA, et al., 2020; GIEHL et al., 2015).

A relação entre o ambiente terrestre e aquático tem sido cada vez mais documentada (DIAS-SILVA, et al., 2020; GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021; SOARES et al., 2021). A vegetação ciliar é responsável por nutrir os sistemas aquáticos de matéria orgânica, incluindo-a nos processos de ciclo de energia nos ecossistemas aquáticos (BRASIL et al., 2020). Assim, o ambiente terrestre fornece essa energia por meio de folhas, frutos, pedaços de madeira que caem dentro dos riachos e lagos, ou são levados pela água da chuva (LIMA et al., 2019; MARQUES et al., 2021; NOGUEIRA et al., 2016). Porém, o avanço do desmatamento, a perda de habitat, redução da heterogeneidade ambiental e a devastação de grandes áreas de florestas como resultado de queimadas (BRASIL et al., 2020; CUNHA et al., 2020; JUEN et al., 2015; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015) são alguns dos problemas que afetam a qualidade e o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos.

O estado do Acre está localizado no sudoeste amazônico e possui uma vasta área de cobertura vegetal, com uma grande biodiversidade e endemismo faunístico (ROQUE et al., 2012). Mesmo assim, o leste do estado sofre uma forte pressão ambiental motivada pelo desmatamento e pela pecuária (LIMA; PLESE; SILVA, 2020). Essa devastação tem afetado a biodiversidade local e regional, levando a perda de espécies e a redução de muitas comunidades.

Entre os ecossistemas afetados por esses impactos estão os recursos hídricos, cada vez mais modificados pela remoção da vegetação ciliar, redução dos volumes de água e perda de proteção (LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; ROQUE et al., 2012). Além disso, as lacunas nas pesquisas com insetos aquáticos inviabilizam atualmente o uso desses organismos em programas de

monitoramento e avaliação de integridade de sistemas aquáticos. Entre as várias carências de conhecimento dessa fauna aquática destaca-se as pesquisas com heterópteros aquáticos e semiaquáticos, tanto na taxonomia quanto no biomonitoramento aquático, mesmo diante da importância desse grupo para a biodiversidade aquática.

Nosso trabalho teve por objetivo apresentar o desenvolvimento da pesquisa no Brasil sobre insetos aquáticos da subordem Heteroptera, durante o período de 2001 a 2021, identificando como esses resultados podem contribuir com estudos de ecologia e biomonitoramento aquático na Amazônia Sulocidental.

Material E Métodos

O estudo foi efetuado entre os meses de setembro e dezembro de 2021, com as buscas realizadas em quatro bases de dados: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Scielo* e *BioOne*. Toda bibliografia encontrada foi analisada quanto à existência de conteúdos e informações sobre os Heteroptera aquáticos e semiaquáticos em todos os estados do Brasil.

Foram utilizados somente artigos científicos presentes nas bases de dados citadas acima, no período entre 2001 e 2021. As palavras-chave utilizadas foram “Heteroptera” AND “*semiaquatic*”; “Heteroptera” AND “*Amazonian*”; “Heteroptera” AND “*Neotropical*” e “Heteroptera” AND “*Stream*”, presentes nos campos do título e abstract.

Durante a primeira triagem foram listados 217 artigos, dos quais foram removidos: (i) artigos onde a área de estudo estava fora do território nacional; (ii) não disponíveis em bancos de dados pagos pela plataforma CAPES, e (iii) de acesso e não disponibilizados pelos autores. Após a aplicação de todos os critérios de exclusão restaram 42 artigos.

Para determinar a ocorrência das espécies como frequentes e raras utilizamos os seguintes critérios: espécies raras, quando a ocorrência for apenas em um estado; frequente, quando a ocorrência das espécies superar a metade dos estados brasileiros (acima de 13 estados). Nos demais casos, as espécies foram consideradas comuns.

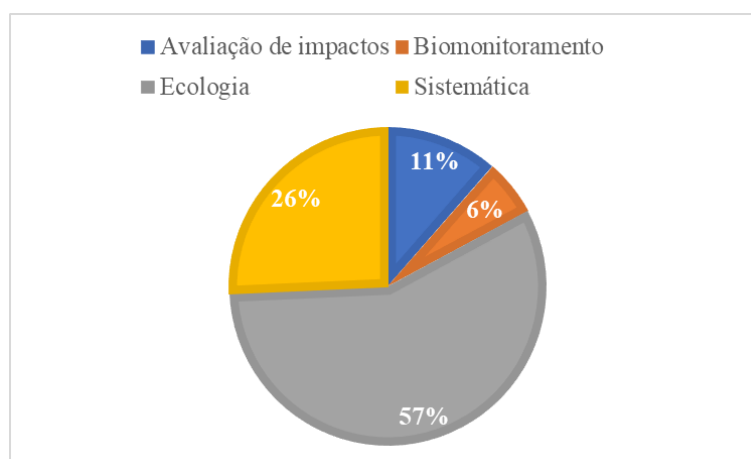
Resultados E Discussões

Perfil das publicações nas duas últimas décadas (2001 – 2021)

Em nossa pesquisa, a grande maioria dos artigos encontrados estavam relacionados ao tema ecologia (57%). A menor proporção de artigos foi sobre o tema

biomonitoramento (6%). Praticamente um quarto dos artigos abordaram a descoberta de novas espécies, novos registros de ocorrências, lista de espécies para um determinado estado do bioma ou novas classificações (26%). A avaliação de impactos veio logo em seguida com 11% das publicações e foi o terceiro tipo de tema mais abordado nos últimos 20 anos (Figura 1).

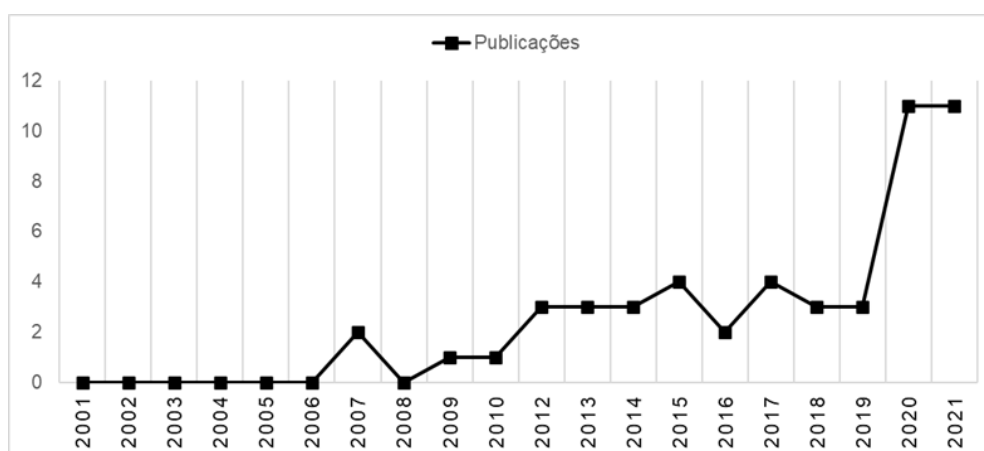
Figura 1. Distribuição de artigos por natureza do tema (avaliação de impactos, biomonitoramento, ecologia e sistemática) como resultado da pesquisa bibliográfica.



Fonte: Autores.

Nossa pesquisa identificou ainda uma baixa produção durante o período de 2001 a 2019, onde o pico foi em 2015 e 2017 com quatro publicações (Figura 2). Em 2020, houve um pico com 12 publicações, mantendo-se no ano seguinte (Figura 2).

Figura 2. Número de artigos publicados em periódicos durante o período de 2001 e 2021, utilizando as palavras-chave “Heteroptera” AND “semiaquatic”; “Heteroptera” AND “Amazonian”; “Heteroptera” AND “Neotropical” e “Heteroptera” AND “Stream”, nas bases de dados ScienceDirect, Scopus, Scielo e BioOne.

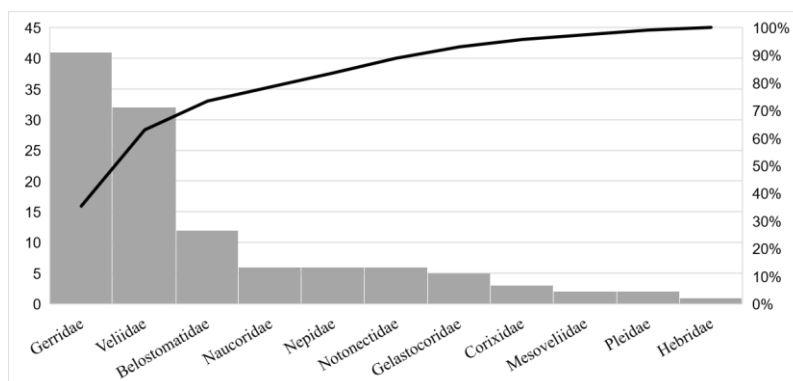


Fonte: Autores.

Nossos resultados também revelaram 11 famílias que foram citadas pelo menos uma vez (Figura 3), das quais quatro pertencem à infraordem Gerromorpha e

sete à infraordem Nepomorpha. A família mais citada foi Gerridae, presente em 41 artigos, seguido de Veliidae que foi citada em 32. As famílias mais raras foram Hebridae (com 1), Mesoveliidae e Pleidae (ambos com 2), e Corixidae (com 3).

Figura 3. Gráfico de Pareto contendo o nome das famílias de Heteroptera que foram encontradas na pesquisa bibliográfica e o número de artigos em que elas foram citadas.

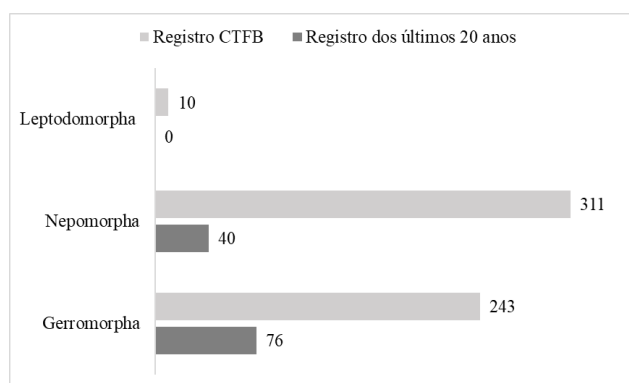


Fonte: Autores.

Ocorrência e distribuição de espécies de Heteroptera no Brasil

No Brasil, são descritas 243 espécies de Gerromorpha, 10 de Leptodomorpha e 311 de Nepomorpha, de acordo com o Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTFB) (28). A análise mostrou que nos últimos dez anos foram registradas 116 espécies de Heteroptera distribuídas em todo país, o que representa 20,09% aproximadamente do total de espécies descritas no Brasil (BARBOSA; GIEHL, 2014; FLORIANO; OLIVEIRA; MELO, 2017; FRANCO et al., 2020; MAGALHÃES et al., 2020, 2021; RODRIGUES; MELO; FERREIRA-KEPPLER, 2012). Destas, 76 espécies pertencem a infraordem Gerromorpha e 40 espécies pertencem à infraordem Nepomorpha (Figura 4, Tabela 1).

Figura 4. Registros de espécies de Heteroptera agrupados por infraordem, no período de 2001 a 2021.



Legenda: Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTB).

Fonte: autores.

Tabela 1. Relação das espécies de Heteroptera aquáticos e sua presença em estado brasileiros, em pesquisas realizadas no período de 2001 a 2021.

Espécie	Infraordem	Acre	Alagoas	Amapá	Amazonas	Bahia	Ceará	Distrito Federal	Espírito Santo	Goiás	Maranhão	Mato Grosso	Mato Grosso do Sul	Minas Gerais	Pará	Paraíba	Paraná	Pernambuco	Piauí	Rio de Janeiro	Rio Grande do Sul	Rondônia	Roraima	Santa Catarina	São Paulo	Sergipe	Tocantins	
<i>Ambrysus bifidus</i>	N											X																
<i>Belostoma bosque</i>	N											X																
<i>Belostoma dentatum</i>	N	X										X																
<i>Belostoma dilatatum</i>	N											X																
<i>Belostoma discretum</i>	N	X										X																
<i>Belostoma elongatum</i>	N											X																
<i>Belostoma foveolatum</i>	N											X																
<i>Belostoma gestroi</i>	N											X																
<i>Belostoma micantulum</i>	N											X																
<i>Belostoma pygmeum</i>	N											X																
<i>Brachymetra albinervus</i>	G		X		X	X	X				X	X		X	X					X	X				X	X		
<i>Brachymetra furva</i>	G					X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymetra lata</i>	G		X	X	X						X	X		X						X	X							
<i>Brachymetra shawi</i>	G				X						X			X								X						
<i>Buenoa amnigenus</i>	N											X																
<i>Buenoa salutis</i>	N											X																
<i>Callivelia bipunctata</i>	G										X	X	X									X						

<i>Nerthra ranina</i>	G						X							
<i>Nerthra terrestris</i>	G						X							
<i>Notonecta pulchra</i>	N						X							
<i>Oiovelia brasiliensis</i>	G				X			X		X	X			X
<i>Oiovelia chenaie</i>	G			X							X			
<i>Oiovelia cunucunumana</i>	G		X	X	X			X	X					X X
<i>Ovatametra gualeguay</i>	G						X	X				X		X
<i>Ovatametra minima</i>	G			X									X	
<i>Ovatametra obesa</i>	G			X	X									X
<i>Paravelia bullialata</i>	G			X									X	
<i>Paravelia capixaba</i>	G			X		X		X	X			X		
<i>Paravelia dilatata</i>	G			X										X
<i>Paravelia polhemusi</i>	G						X		X		X			
<i>Pelocoris bipunctulus</i>	N							X						
<i>Pelocoris subflavus</i>	N							X						
<i>Placomerus micans</i>	N							X						
<i>Platyvelia brachialis</i>	G				X	X		X	X		X	X		X
<i>Ranatra heydeni</i>	N							X						
<i>Ranatra horvathi</i>	N							X						
<i>Ranatra rabida</i>	N							X						
<i>Ranatra siolii</i>	N							X						
<i>Rhagovelia amazonensis</i>	N	X					X			X				X
<i>Rhagovelia brunae</i>	N	X					X			X				X
<i>Rhagovelia elegans</i>	N	X	X	X		X		X		X		X		X

<i>Striduliveliab transversa</i>	G		X	X					X			
<i>Tachygerris adamsoni</i>	N	X		X		X	X		X	X		X
<i>Tenagobia incerta</i>	N						X					
<i>Tenagobia schadei</i>	N						X					
<i>Xiphovelia lacunana</i>	G						X					

Legenda: A letra "X" indica a presença das espécies no estado. (N) Nepomorpha e (G) Gerromorpha.

A maioria dos heterópteros aquáticos e semiaquáticos encontrados no Brasil pertencem a duas infraordens: Gerromorpha e Nepomorpha (FLORIANO et al., 2013; PEREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2021). As espécies de Gerromorpha habitam a superfície das águas e proximidades de áreas com vegetação como folhas adjacentes às margens de ambientes aquáticos. Os Nepomorpha movimentam-se pelos substratos e coluna d'água, ocupando habitats no interior de rios e lagos.

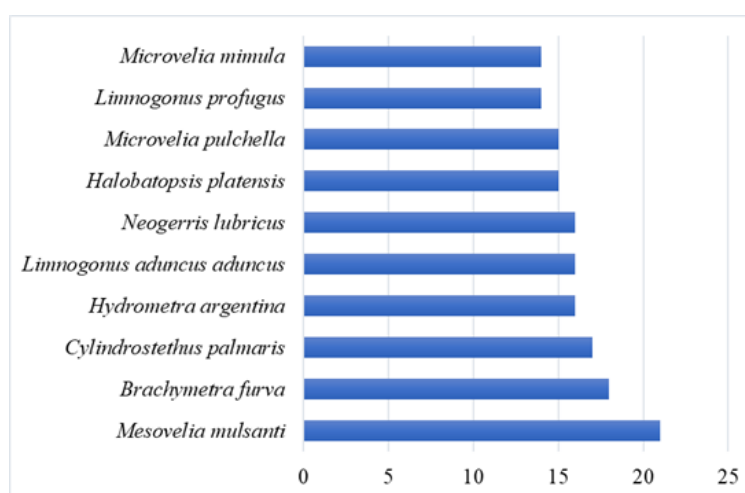
A espécie com maior distribuição no Brasil foi *Mesovelgia mulsanti* (White, 1879) (infraordem Gerromorpha), presente nos estados do Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe (BARBOSA; GIEHL, 2014; FLORIANO; OLIVEIRA; MELO, 2017; FRANCO et al., 2020; MAGALHÃES et al., 2020, 2021; RODRIGUES; MELO; FERREIRA-KEPPLER, 2012). Em geral, a espécie *M. mulsanti* também possui ampla distribuição na região neotropical incluindo áreas mais isoladas como algumas ilhas no Havaí. Mesmo assim, pesquisas realizadas recentemente apontam para novos registros em regiões brasileiras, como no Piauí (FRANCO et al., 2020). Mesmo sem registros para o estado do Acre, espera-se encontrar *M. mulsanti* em ambientes aquáticos dessa região pois esta espécie apresenta um perfil generalista e consegue adaptar-se em diferentes ambientes (CUNHA et al., 2015).

As espécies *Brachymetra furva* e *Cylindrostethus palmaris* (ambos Gerromorpha) também apresentaram ampla distribuição em pesquisas no Brasil (Figura 5). A espécie *B. furva* tem sido descrita para ambientes lóticos e lênticos (SOUZA et al., 2006). Essa espécie possui distribuição em biomas bem distintos que vão desde o Sul do Brasil até o Nordeste (RODRIGUES; MELO; FERREIRA-KEPPLER, 2012). O primeiro registro dessa espécie para o estado do Mato Grosso ocorreu em 2013 (DIAS-SILVA et al., 2013), e nos artigos consultados em nossa pesquisa, a região Norte é a única sem registro de sua ocorrência. Já a espécie *C. palmaris* é predominante de ambientes lóticos. Essa espécie geralmente ocupa a margem onde se concentra maior abundância de suas presas (MAGALHÃES et al., 2021). De acordo com Magalhães et al., (2021), essa espécie parece ter preferência por sedimentos orgânicos depositados no fundo de rios, nos casos em que a profundidade é pequena (não superior a 50 cm). A espécie *C. palmaris* também pode ser encontrada em áreas onde o fluxo da água é mais rápido. Essa adaptação morfológica, pernas mais longas e corpo cilíndrico, favorece a permanência e resistência desses insetos em locais de correnteza da água (DIAS-SILVA et al., 2020).

Ao todo, 51 espécies foram identificadas como raras devido a sua baixa distribuição nos estados brasileiros, ocorrendo em apenas um estado. As espécies com

menor distribuição podem apresentar limitações para adaptação ao longo das variações longitudinais como largura e comprimento de riachos e alterações na mata ciliar (CUNHA et al., 2015). As menores faixas de tolerância diante de mudanças na heterogeneidade ambiental são mais facilmente percebidas por espécies sensíveis a alterações no meio ambiente, provocando a limitação de sua distribuição espacial como consequência da perda de habitat. Com isso, verificamos que a infraordem Gerromorpha possui maior distribuição em sistemas aquáticos brasileiros, mas, ainda, carece de registros para o estado do Acre. As pesquisas com Heteroptera nessa região auxiliarão a reduzir as lacunas de distribuição desses táxons no leste da Amazônia.

Figura 5 Distribuição de ocorrência das 10 espécies mais frequentes nos estados brasileiros, durante o período de 2001 a 2022.



Fonte: autores.

Ecologia e resposta a impactos

Na entomologia aquática, os heterópteros podem ser agrupados em semiaquáticos e aquáticos. Eles ocupam diferentes tipos de ambientes como lagos, poças d'água, igapós, igarapés e riachos, ocupando tanto a superfície da água como os sedimentos de fundo ou mesmo a coluna d'água. Por isso, existem diferentes fatores que podem influenciar em sua distribuição e abundância como o volume de água parada, serapilheira e macrófitas emergentes, as quais podem sofrer flutuações ao longo do espaço e do tempo, alterando a composição e abundância destas espécies (VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015).

Essa diferença aparentemente tênue entre nichos semiaquáticos e aquáticos pode resultar em diferenças significativas na relação com o meio ambiente. As espécies

semiaquáticas podem ser encontradas ao longo da superfície dos corpos d'água, onde estão mais intimamente relacionadas com a presença da vegetação ciliar, pedaços de madeiras e áreas com água parada, sendo influenciados por filtros ambientais, provenientes da composição e estrutura das matas ciliares. De fato, as alterações na cobertura do uso do solo, extensão da área de vegetação ciliar, e mesmo a vegetação aquática exercem importante papel na estruturação de assembleias de heterópteros (CUNHA et al., 2015).

As espécies da infraordem Gerromorpha apresentam maior abundância e riqueza entre os heterópteros aquáticos (CUNHA et al., 2015; GIEHL et al., 2015; JUEN et al., 2015). As espécies desse grupo apresentam relação com a disponibilidade de habitat. Os ambientes com maior distribuição e diversidade de habitat abrigam maiores riquezas e abundâncias de espécies dessa infraordem. Mesmo com esses resultados, é necessário que os estudos sobre a ecologia de Gerromorpha levem em consideração que os efeitos das alterações no uso do solo ou mesmo da vegetação ciliar apresentem resultados mais profundos na abundância do que na riqueza de espécies. Isso porque algumas alterações na vegetação ciliar podem resultar em níveis intermediários de impacto, o que resultaria na manutenção de várias espécies que possuem um pouco mais de tolerância a mudanças ambientais, resultando numa manutenção da riqueza por algum tempo (CUNHA; JUEN, 2017; DIAS-SILVA et al., 2010).

Com isso, é importante que as pesquisas sobre a ecologia de heterópteros leve em consideração a análise da composição de espécies, principalmente daquelas pertencentes à infraordem Gerromorpha. A pesquisa realizada por Dias-Silva et al. (2020) (DIAS-SILVA, et al., 2020) discute a inclusão de diferentes escalas para avaliar os potenciais efeitos das condições ambientais sobre as espécies de Gerromorpha. De acordo com essa pesquisa, em alguns casos, os efeitos dos processos que ocorrem dentro de riachos podem ser mais sentidos por esses insetos do que as alterações de mata de galeria. Esse resultado revela a forte relação entre as espécies de Gerromorpha com a integridade de habitats, sua variedade e complexidade, as quais exercem maior efeito sobre a abundância do que a riqueza (DIAS-SILVA, et al., 2020).

As famílias Gerridae e Veliidae são as mais ricas em gêneros na região Neotropical, superando os 85% de representação da fauna de Heteroptera descrita para este local. Elas possuem características ecológicas típicas de indicadores ambientais por apresentarem um padrão de resposta aos impactos de origem antrópicas. Por exemplo, a espécie *Brachymetra a. albinervis* possui mais sensibilidade a mudanças longitudinais (ao longo do curso dos riachos) do que a alterações sazonais. Em um estudo realizado em três riachos no Cerrado mato-grossense, os pesquisadores constataram que essa espécie

sofreu mais impactos ao longo do curso dos riachos com o surgimento das áreas de pecuária, pisoteio de gado do que nas mudanças sazonais e físico-químicas (GIEHL et al., 2015). Em outro estudo, o plantio de dendezeiros afetou mais significativamente a diversidade alfa do que a beta (CUNHA; JUEN, 2017), as quais foram também pressionadas pelo aumento de áreas homogêneas que provocou a perda de habitats e a redução da diversidade dos Heteroptera.

A infraordem Nepomorpha também possui espécies com características ecológicas de indicador de qualidade ambiental. A exemplo dos Gerromorpha, as espécies de Nepomorpha podem apresentar respostas distintas diante das mudanças em variáveis limnológicas, composição florísticas e sazonalidade (GIEHL et al., 2019). Algumas espécies são associadas a ambientes conservados, como é o caso de *Ambrysus bifidus*, *Limnocoris minutus*, *Limnocoris illiesi*, *Tenagobia incerta* e *Gelastocoris flavus*, enquanto outras foram relacionadas a ambientes alterados, como ocorreu com *Ambrysus* sp. 2 (RODRIGUES et al., 2021).

Os Heteroptera podem ser encontrados ainda em ecossistemas mais endêmicos do Brasil como nas regiões de Veredas do Cerrado. Essas regiões são caracterizadas por uma estrutura semelhante a pântanos, com alta capacidade de retenção de água (GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021). Dada à essas características, muitos pecuaristas utilizam esse tipo de ambiente como reservatórios de água a partir da construção de barragens. Essas alterações provocam consequências para assembleias de heterópteros e odonatas, reduzindo a sua diversidade (BRASIL et al., 2020; GIEHL et al., 2019; SOARES et al., 2021).

As pesquisas realizadas com Heteroptera e outros grupos da biota aquática também revelaram que as características ecológicas dessa subordem são adequadas para o uso em estudos de impactos ambientais. Por exemplo, um estudo envolvendo as ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata e a subordem Heteroptera (EPTOH) e diferentes substratos orgânicos e inorgânicos (serapilheira, raízes, pedras, cascalho e areia) mostrou que os heterópteros possuem fidelidade a habitats orgânicos, oriundos de áreas com boa cobertura vegetal (BRASIL et al., 2017). Em outro estudo, os pesquisadores analisaram como as mudanças nos ecossistemas afetaram comunidades de peixes e heterópteros. Os resultados permitiram concluir que existe uma baixa relação com as mudanças físico-química tanto para peixes quanto para heterópteros, mas as variáveis hidrológicas mostraram efeito somente na comunidade de insetos (VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015) e que os heterópteros são mais sensíveis aos impactos antrópicos do que os peixes, principalmente nos trechos onde há abertura do dossel sobre o rio (VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015).

Resolução taxonômica e o biomonitoramento

Um dos grandes desafios para o biomonitoramento aquático é seleção de bons bioindicadores. Em geral, as pesquisas com insetos aquáticos apresentam muitas espécies, mas nem sempre é possível identificá-las até o nível de espécie, em virtude de limitações relacionadas à descrição de formas imaturas ou mesmo pela carência de taxonomistas na Amazônia sulocidental (BRASIL et al., 2021; FRANCO et al., 2020, 2021; GIEHL et al., 2019, 2020; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; MAGALHÃES et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021; ROQUE et al., 2012; SANTOS et al., 2021). O tempo investido para a identificação de espécies pode comprometer uma ação em que é necessária uma resposta rápida diante de um impacto no ambiente aquático ou mesmo na viabilidade financeira e técnica do trabalho (GODOY et al., 2019).

Como alternativa a esse problema, alguns entomologistas têm buscado responder à pergunta: qual a resolução taxonômica que permite responder a impactos ambientais? Alguns resultados têm se mostrado bem satisfatórios para resoluções em nível de família e gênero, como foi constatado por (ROQUE et al., 2012) em uma pesquisa desenvolvida no Parque Nacional da Serra do Divisor (AC, Brasil), onde esses níveis taxonômicos foram capazes de responder às mudanças de tipologia de águas claras e brancas no sudoeste amazônico (ROQUE et al., 2012). Mesmo assim a resolução de espécie ainda é prioritária em programas de biomonitoramento em virtude de sua especificidade para responder a impactos e mudanças ambientais (GIEHL et al., 2014; GODOY et al., 2019).

Os Heteroptera tem sido descritos como bons indicadores de integridade ambiental, respondendo as mudanças do meio ambiente, como alteração e remoção de vegetação ciliar (VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015), agricultura (CUNHA; JUEN, 2017), criação de gado (DIAS-SILVA et al., 2010) e perda de habitats aquáticos (SOARES et al., 2021). A pesquisa de Dias-Silva Karina (2020) revelou a falta de relação entre a comunidade de Heteroptera e as variáveis ambientais. Isso pode sugerir uma falta de padrão claro, capaz de explicar as mudanças ocorridas no ambiente. Parte disso se deve a resposta distinta entre algumas famílias como Corixidae que possui preferência por águas rasas e Nepidae, Notonectidae e Naucoridae que preferem águas próximas à vegetação aquática (DIAS-SILVA et al., 2010).

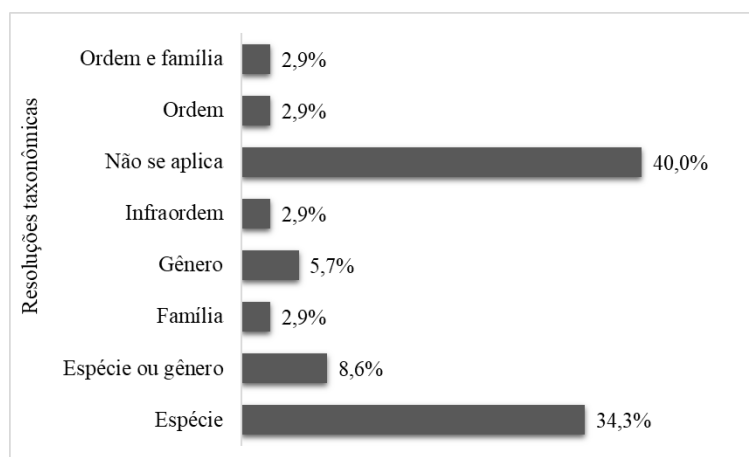
Esse padrão de resposta muda quando as análises são particionadas. As pesquisas que avaliam os efeitos das alterações ambientais sobre os Heteroptera (em geral) ou mesmo com a infraordem Nepomorpha, identificaram falta de relação ou resultados inconclusivos (DIAS-SILVA et al., 2010; JUEN et al., 2015; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACÍFICO, 2015). Em geral, os Nepomorpha são descritos como um grupo de

ampla plasticidade às mudanças ambientais, alterações sazonais e adaptando-se bem às perturbações intermediárias. Isso tem levado a diferentes respostas quando se analisa as mudanças na riqueza desse grupo quando analisados em conjunto ou separados (Heteroptera, Nepomorpha e Gerromorpha).

Desse modo, o uso da riqueza de famílias de Gerromorpha se destacou como uma resolução taxonômica possível para biomonitoramento e bioavaliação (DIAS-SILVA et al., 2010). Por outro lado, um estudo realizado por Giehl et al., (2014) revelou que o uso de gêneros da infraordem Nepomorpha apresentam pouca perda de informação (11% a 19%) quando avaliaram a perda de integridade ambiental em riachos do Cerrado (GIEHL et al., 2014).

Em pesquisas de avaliação de impacto e biomonitoramento aquático utilizando Heteroptera, isoladamente ou em conjunto com outros táxons, foi constatado em nosso estudo que o uso de espécie (34%) ainda é predominante nestas atividades (Figura 6). Outros trabalhos utilizaram tanto a espécie quanto o gênero (8,6%). Também identificamos o uso de família, infraordem, ordem e o uso conjunto de família e ordem, com a mesma frequência (2,9%). Mesmo as conclusões que indicam o uso de outras resoluções taxonômicas como gênero ou família, ainda assim tem-se dado prioridade ao uso da resolução em nível de espécies (CUNHA et al., 2015; FAGUNDES et al., 2018; GIEHL et al., 2015; JUEN et al., 2015).

Figura 6. Resoluções taxonômicas aplicadas para avaliação de impactos e biomonitoramento aquático em riachos do Brasil no período de 2001 a 2022.



Fonte: autores.

A escolha de um bioindicador deve levar em consideração as características locais e regionais, uma vez que o padrão de comportamento pode variar entre biomas distintos. Isso também se aplica quando se trata da escolha de uma resolução taxonômica. Quanto maior for o nível taxonômico, mais espécies distintas serão agregadas em um mesmo

grupo, e isso pode mascarar respostas a alguns impactos. Entretanto, pesquisas com Heteroptera demonstraram que é possível utilizar resoluções taxonômicas maiores que espécie, tais como gênero, família e infraordem. Esse tipo de escolha deve levar em consideração projetos locais e regionais e limitar as conclusões a impactos mais gerais e abrangentes.

Conclusão

O estado do Acre é a região que apresentam a maior lacuna da Amazônia e do Brasil sobre o conhecimento da diversidade e riqueza de Heteroptera. Mesmo com a ampla riqueza de espécies dos mais diferentes grupos de seres vivos, essa região dispõe de raríssimas produções. Alguns trabalhos já vêm sendo desenvolvidos, porém ainda são restritos a grupos específicos, como Odonata, ou a comunidade de macroinvertebrados aquáticos. Mais recentemente, em 2019, iniciaram algumas pesquisas na Reserva Extrativista Alto Acre (Resex Alto Acre) e Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema (Resex Cazumbá-Iracema) e nas regiões de Campinaranas no vale do Juruá em Cruzeiro do Sul (AC), cujos dados estão em análise na Universidade Federal do Pará. Reforçamos que as pesquisas com Heteroptera nas principais bacias do estado serão pioneiras para a ciência e podem agregar muita informação sobre a taxonomia, ecologia e biomonitoramento aquático.

Podemos sugerir que os heterópteros são organismos indicados para biomonitoramento em igarapés localizados no estado do Acre. Para isso, é necessário a realização de estudos sobre o levantamento da fauna local, conhecendo como é a composição, riqueza, diversidade desta subordem, além de listar as espécies presentes nestes ambientes. Essas pesquisas necessitam de um planejamento que inclua áreas preservadas e outras com mudanças no uso do solo que contemplem os principais impactos da região como o desmatamento, agricultura e pecuária.

O uso de heterópteros aquáticos e semiaquáticos tem potencial para utilizar diferentes resoluções taxonômicas, que variam desde o número de famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha, até a riqueza de gêneros. No entanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que apliquem e testem essas resoluções para verificar quais possuem melhor resposta para determinados impactos nesta região.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Acre pelo apoio na logística laboratorial. Ao laboratório de Ictiologia pela cooperação no desenvolvimento do artigo. Ao Programa de

mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia. Ao Instituto Federal do Acre pela parceria, apoio e colaboração. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida à autora principal do artigo.

Referências

- ALVEZ-VALLES, C. M.; BALSLEV, H.; CARVALHO, F. A.; GARCIA-VILLACORTA, R.; GRANDEZ, C.; MENINI NETO, L. Endemism and conservation of Amazon palms. **Biodiversity and Conservation**, VAN GODEWIJCKSTRAAT 30, 3311 GZ DORDRECHT, NETHERLANDS, vol. 27, no. 3, p. 765–784, Mar. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1463-0>.
- BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BINI, L. M.; SOUSA, K. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: Environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 66, no. 2 B, p. 611–622, May 2006. DOI 10.1590/S1519-69842006000400005. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16906293>.
- BRASIL, L. S.; GIEHL, N. F. DA S.; BATISTA, J. D.; RESENDE, B. O. DE; CABETTE, H. S. R. Insectos acuáticos en hábitats orgánicos e inorgánicos de corrientes de las sabanas Centro-Brasileñas. **Revista Colombiana de Entomología**, vol. 43, no. 2, p. 286–291, 2017. DOI 10.25100/socolen.v43i2.5961. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047065302&doi=10.25100%2Fsocolen.v43i2.5961&partnerID=40&md5=e25aa39ef3cb26348e98942c0340ca77>.
- BRASIL, L. S.; FERREIRA, V. R. S.; RESENDE, B. O. DE; JUEN, L.; BATISTA, J. D.; CASTRO, L. A. de; GIEHL, N. F. da S. N. F. D. S. Dams Change Beta Diversity of Aquatic Communities in the Veredas of the Brazilian Cerrado. **Frontiers in Ecology and Evolution**, vol. 9, no. February, p. 1–7, 2021. DOI 10.3389/fevo.2021.612642. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102126797&doi=10.3389%2Ffevo.2021.612642&partnerID=40&md5=e1d9fd6c7916c900072a48b86dbbfdbc>.
- COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PADOVESI-FONSECA, C. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. **Journal of Soils and Sediments**, vol. 10, no. 1, p. 89–103, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0148-z>.
- CUNHA, E. J.; GUTERRES, A. P. M.; GODOY, B. S.; JUEN, L. Wing dimorphism in semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, Gerromorpha) as a tool for monitoring streams altered by oil palm plantation in the Amazon. **Ecological Indicators**, vol. 117, no. November 2019, p. 106707, 2020. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.106707. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106707>.
- CUNHA, E. J.; MONTAG, L. F. DE A.; JUEN, L. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422–429, 2015.
- 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**, vol. 21, no. 1, p. 111–119, 1 Feb. 2017. DOI 10.1007/s10841-017-9959-1. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10841-017-9959-1>.
- DIAS-SILVA, K.; CABETTE, He. S. R. H. S. R.; GIEHL, N. F. da S.; JUEN, L. Distribuição

de Heteroptera Aquáticos (Insecta) em Diferentes Tipos de Substratos de Córregos do Cerrado Matogrossense. **EntomoBrasilis**, vol. 6, no. 2, p. 132–140, 12 Aug. 2013. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v6i2.302>.

DIAS-SILVA, K.; MOREIRA, F. F. F.; GIEHL, N. F. D. S.; NÓBREGA, C. C.; CABETTE, H. S. R. Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist, new records, and species distribution modeling. **Zootaxa**, vol. 3736, no. 3, p. 201–235, 2013.

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.

FAGUNDES, C. K.; VOGT, R. C.; DE SOUZA, R. A.; DE MARCO, P. Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. **Biological Conservation**, vol. 226, p. 300–310, 2018. DOI 10.1016/j.biocon.2018.08.009. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.009>.

FLORIANO, C. F. B.; OLIVEIRA, I. A. D.; MELO, A. L. DE. New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, cited By 14, v. 13, n. 1, p. 210–219, 2013. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84877787165&doi=10.1590%2FS1676-06032013000100022&partnerID=40&md5=2c9531f1f7a2d19727f9700c6dc7d5d0>>.

FRANCO, C. L. et al. New records of gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from Piauí State, Northeastern Brazil. **Check List**, cited By 1, v. 16, n. 6, p. 1755–1763, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099943501&doi=10.15560%2F16.6.1755&partnerID=40&md5=01fe56cd5844394ff87ccd27b3e25043>>.

FRANCO, C. L. et al. Gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from eastern maranhão state, northeastern Brazil. **Check list The journal of of biodiversity data**, cited By 0, v. 17, n. 2, p. 551–568, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103085788&doi=10.15560%2F17.2.551&partnerID=40&md5=73ee68d866cc678db3cc589c5c3c5b04>>.

GIEHL, N. F. da S.; DIAS-SILVA, K.; JUEN, L.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Taxonomic and numerical resolutions of nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in cerrado streams. **PloS one**, United States, vol. 9, no. 8, p. e103623, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103623>.

GIEHL, N. F. S.; BRASIL, L. S.; DIAS-SILVA, K.; NOGUEIRA, D. S.; CABETTE, H. S. R. Environmental Thresholds of Nepomorpha in Cerrado Streams, Brazilian Savannah. **Neotropical Entomology**, vol. 48, no. 2, p. 186–196, 26 Apr. 2019. DOI 10.1007/s13744-018-0632-5. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s13744-018-0632-5>.

GODOY, B. S.; FARIA, A. P. J.; JUEN, L.; SARA, L.; OLIVEIRA, L. G. Taxonomic sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community. **Ecological Indicators**, vol. 107, no. August, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105624>.

GUTERRES, A. P. M.; CUNHA, E. J.; JUEN, L. Correction to: Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, vol. 25, no. 4, p. 569, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00328-5>.

GUTERRES, A. P. M.; CUNHA, E. J.; JUEN, L. Tolerant semiaquatic bugs species

(Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, vol. 25, no. 4, p. 569, 2021. DOI 10.1007/s10841-021-00328-5. Available at:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105938673&doi=10.1007%2Fs10841-021-00316-9&partnerID=40&md5=61b52a67509716de0a1d2d208cec1dd2>.

MONTAG, L. F. A.; WINEMILLER, K. O.; KEPPELER, F. W.; LEÃO, H.; BENONE, N. L.; TORRES, N. R.; PRUDENTE, B. S.; BEGOT, T. O.; BOWER, L. M.; SAENZ, D. E.; LOPEZ-DELGADO, E. O.; QUINTANA, Y.; HOEINGHAUS, D. J.; JUEN, L. Land cover, riparian zones and instream habitat influence stream fish assemblages in the eastern Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, vol. 28, no. 2, p. 317–329, 2019.

<https://doi.org/10.1111/eff.12455>.

NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J.; JÚNIOR, P. DE M.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J. D.; JUEN, L.; DE MARCO, P.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; D'ARC BATISTA, J.; JUEN, L. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, vol. 614, no. 1, p. 117–131, Nov. 2008.

<https://doi.org/10.1007/s10750-008-9441-x>.

PEREIRA, D. L. V.; MELO, A. L. DE. Aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Pitinga, Amazonas, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 643–648, 2007. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-40949148564&doi=10.1590%2Fs0044-59672007000400021&partnerID=40&md5=545b08fc60fa5ecccc625712418a65ac>.

RODRIGUES, J. M. DOS S. et al. Semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, gerromorpha) from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Check List**, cited By 0, v. 17, n. 5, p. 1323–1343, 2021. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116309439&doi=10.15560%2F17.5.1323&partnerID=40&md5=0c0da513780770423c0ac83311913858>.

SOARES, D. M.; BORGES, L. R.; DA SILVA, M. F. F.; LUCHE, L. D. Effect of substrates of native and exotic plant species on the initial period of colonization of benthic macroinvertebrates in the Cerrado biome. **Community Ecology**, vol. 22, no. 1, p. 127–134, 4 Apr. 2021. DOI 10.1007/s42974-020-00032-5. Available at:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098799668&doi=10.1007%2Fs42974-020-00032-5&partnerID=40&md5=8f1786d2d6ed85c1cb163e858f700c6b>.

VIEIRA, T. B.; DIAS-SILVA, K.; PACIFICO, E. S. Effects of Riparian Vegetation Integrity on Fish and Heteroptera Communities. **Applied Ecology and Environmental Research**, vol. 13, no. 1, p. 53–65, 2015. .

CAPÍTULO 2

EFEITO DO USO DA TERRA NA COMPOSIÇÃO DE HETEROPTERA AQUÁTICOS E SEMIAQUÁTICOS EM RIACHOS DE PEQUENA ORDEM NA BACIA DO RIO ACRE, ACRE, BRASIL

EFFECT OF LAND USE ON AQUATIC AND SEMIAQUATIC HETEROPTERA COMPOSITION IN SMALL ORDER BROWS IN THE ACRE RIVER BASIN, ACRE, BRAZIL

Kelly Thaís Araújo Kinpara Viana^{1*}; Lisandro Juno Soares Vieira²; Diego Viana Melo Lima³; Douglas Silva Menezes⁴; Ítalo Luan Silva de Pontes⁵.

1. Laboratório de Ecologia de Peixes (Ictiolab); Universidade Federal do Acre (Ufac). E-mail: kelly.kimpara@sou.ufac.br.
2. Docente. Laboratório de Ictiologia, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre (Ufac). E-mail: lisandro.vieira@ufac.br.
3. Docente de Biologia. Diretoria de Ensino, Pesquisa e Extensão, campus Rio Branco, Instituto Federal do Acre (Ifac). E-mail: diego.lima@ifac.edu.br.
4. Discente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, campus Rio Branco, Instituto Federal do Acre (Ifac), Rio Branco, Acre, Brasil. E-mail: douglasbioif19@gmail.com.
5. Licenciado em Ciências Biológicas, Rio Branco (AC). E-mail: italoluan731@gmail.com.

Este capítulo será submetido à revista científica *Biota Amazônia (on line)* (ISSN 2179-5746). As normas para citações e referências foram adicionadas no anexo desta dissertação.

Resumo

A riqueza de espécies pode ser afetada por diferentes fatores, entre os quais, a heterogeneidade de habitats. Atividades de origem antrópica como o desmatamento e a monocultura, reduzem a variedade de habitats e afetam diretamente na permanência de espécies mais a alterações ambientais. Em nossa pesquisa, avaliamos a composição e estrutura de espécies de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos em riachos de pequena ordem na bacia do Rio Acre (AC, Brasil). Nós postulamos duas hipóteses: (i) as variáveis físico-químicas e o índice de integridade de habitats é afetado pela pastagem; e (ii) a composição de espécies de Heteropteras aquáticos e semiaquáticos de florestas são diferentes de pastagem. Nossos resultados indicaram que a composição de espécies foi eficiente na detecção do efeito da pastagem sobre a qualidade de ecossistemas aquáticos. Esses resultados fornecem informações importantes para o biomonitoramento de ecossistemas aquáticos na bacia do Rio Acre, e contribuem para a redução de lacunas Lineanas e Wallaceanas.

Palavras-chave: Biomonitoramento. Gerromorpha. Nepomorpha. *Rhagovelia*. Índice de integridade de habitat.

Abstract

Species richness can be affected by different factors, including habitat heterogeneity. Activities of anthropic origin, such as deforestation and monoculture, reduce the variety of habitats and directly affect the permanence of species plus environmental changes. In our research, we evaluated the species composition and structure of aquatic and semiaquatic Heteroptera in small order streams in the Rio Acre basin (AC, Brazil). We postulate two hypotheses: (i) the physical-chemical variables and the habitat integrity index are affected by pasture; and (ii) species composition of aquatic and semi-aquatic Heteroptera from forests are different from pastures. Our results indicated that species composition was efficient in detecting the effect of pasture on the quality of aquatic ecosystems. These results provide important information for the biomonitoring of aquatic ecosystems in the Rio Acre basin, and contribute to the reduction of Linean and Wallacean gaps.

Key-words: Biomonitoring. Gerromorpha. Nepomorph. *Rhagovelia*. Habitat Integrity Index.

Introdução

A distribuição de espécies é um tema importante para o conhecimento da biodiversidade. Alguns estudos e teorias ajudam a compreender como as condições ambientais determinam o padrão dessas distribuições, por exemplo, o conceito de nicho, proposto no século passado por Hutchinson (HUTCHINSON, 1959). De acordo com esse conceito, as espécies possuem exigências específicas diferentes e isso se reflete, também, no seu papel e na sua função dentro de um ecossistema. Dessa forma, organismos com tolerâncias semelhantes podem compartilhar o mesmo habitat e estabelecer interações bióticas diversas (DUAN; WANG; TIAN, 2008; PEREIRA; CABETTE; JUEN, 2012; ROQUE et al., 2012).

Estudos sobre os ecossistemas aquáticos reúnem outros conceitos que contribuem para explicar a distribuição das espécies aquáticas e a sua composição. Entre eles está a Dinâmica Hierárquica de Manchas (DHM) proposta por Thorp (THORP; THOMS; DELONG, 2006), que aponta o ambiente aquático como resultado de características hidrológicas e geomorfológicas, as quais criam verdadeiras zonas (manchas) capazes de determinar, pelo menos em parte, a distribuição das espécies.

A heterogeneidade ambiental em sistemas aquáticos decorre das diferentes características físico-químicas, complexidade e variedade de substratos (areia, raiz, cascalho e serapilheira) e formação geomorfológica, as quais podem ser modificadas de acordo com as variações temporais e espaciais (BRASIL et al., 2021; CUNHA et al., 2020; DIAS-SILVA et al., 2013a; PEREIRA; CABETTE; JUEN, 2012; BRASIL et al., 2020a; SOARES et al., 2021). A soma dessas características determina o padrão de cada habitat e podem determinar o perfil físico que influenciará na distribuição das espécies ao longo de sistemas lóticos e lênticos (ALLAN, 2004; BRASIL et al., 2020a; DELONG; BRUSVEN, 1998; PEREIRA; CABETTE; JUEN, 2012). Do mesmo modo, o substrato vai oferecer as condições de alimentos e abrigo para sustentar as diferentes espécies locais e suas respectivas exigências ambientais (BRASIL et al., 2017; DIAS-SILVA et al., 2013b; SOARES et al., 2021).

A fauna aquática é muito rica, e é representada por vertebrados (peixes, anfíbios e mamíferos) e invertebrados (por exemplo anelídeos, oligoquetas e insetos), sendo os insetos aquáticos o grupo de maior destaque, desempenhando diferentes funções nos vários tipos de habitats (ASTUDILLO et al., 2016; BENFIELD et al., 2001; FAGUNDES et al., 2018; FERREIRA et al., 2012; GUTERRES et al., 2019). Esses organismos são importantes para o funcionamento do ecossistema aquático, por exemplo, na transferência de energia entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, por meio das

cadeias alimentares em seus diferentes níveis tróficos dentro do ambiente aquático (BRASIL et al., 2020a; GODOY et al., 2019). A ampla diversidade desse grupo tem favorecido o uso de insetos em pesquisas sobre o monitoramento e avaliação de impactos. Por exemplo, insetos da ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são apresentados como bons bioindicadores de qualidade da água (BRASIL et al., 2020a; JUEN et al., 2015; LIMA; PLESE; SILVA, 2020), pois tanto a abundância quanto a riqueza de espécies diminuem quando há perda da qualidade ambiental.

Dentre os insetos aquáticos, os Heteroptera têm sido considerados na última década um potencial indicador biológico (BARBOSA; GIEHL, 2014; BRASIL et al., 2021; DIAS-SILVA et al., 2013a; FRANCO et al., 2020). Inúmeros trabalhos têm registrado efeitos da degradação do habitat aquático sobre a abundância de espécies do grupo, como por exemplo as espécies pertencentes a infraordem Gerromorpha (GIEHL et al., 2015; GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021). Estas espécies habitam ecossistemas lênticos e lóticos, tais como lagos salinos, lagos, nascentes quentes e grandes rios, e podem ser classificados como aquáticos e semiaquáticos (BARBOSA; GIEHL, 2014; BRASIL et al., 2021; DIAS-SILVA et al., 2013a; FRANCO et al., 2020, 2021).

Os heterópteros podem ser encontrados em vários biomas, sendo a região Neotropical a mais rica em espécies descritas. Essa subordem reúne sete infraordens das quais três são aquáticas ou semiaquáticas: Gerromorpha, Leptopodomorpha e Nepomorpha. Os Gerromorpha são os mais abundantes e estima-se que há cerca de 2.100 espécies descritas no mundo (POLHEMUS, 2008) e pouco mais de 500 espécies para região Neotropical (FRANCO et al., 2021). Eles são conhecidos como semiaquáticos, e possuem tamanho do corpo variando entre pequeno e médio.

Os Nepomorpha apresentam aproximadamente 2.309 espécies no planeta, com 311 ocorrendo no Brasil. Eles reúnem os organismos com hábito essencialmente aquático, vivendo em substratos vegetais ou na coluna d'água (NESSIMIAN et al., 2009). Suas espécies se caracterizam pela presença de antenas curtas e inseridas abaixo dos olhos, geralmente de difícil observação (NESSIMIAN et al., 2009).

As pesquisas sobre o conhecimento de ecossistemas tropicais e da biodiversidade de insetos aquáticos vem crescendo bastante nas últimas décadas (BRASIL et al., 2020b, 2021; BRITO et al., 2018). A Amazônia é um dos biomas mais ricos em biodiversidade, porém com baixa produção científica para esse grupo, tanto sobre sistemática quanto sobre distribuição de espécies, incluindo outros invertebrados nesta lista. Além disso, a Amazônia segue sofrendo ações de modificação e perda de habitat, principalmente através do desmatamento e formação de pastagem, o que inclui as áreas de vegetação ciliar. Nós examinamos a composição e a estrutura da comunidade de

Heteroptera na bacia do rio Acre, em áreas onde os riachos eram margeados por vegetação ciliar e de pastagem. Nós estabelecemos as seguintes hipóteses: (i) as variáveis físico-químicas e o IHH modificam-se nas áreas de floresta e pastagem; (ii) a composição de Heteroptera é diferente entre as áreas de floresta e pastagem.

Material e métodos

Área de estudo

Foram realizadas 14 amostragens em riachos (Tabela 2, Figura 7) durante o período de agosto a outubro de 2021. Todos os riachos pertencem à bacia do rio Acre, e estão distribuídos entre os municípios de Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM) (Figura 7). Essa bacia está inserida no Bioma Amazônia (Amazônia brasileira), onde estão sujeitos a duas estações climáticas bem distintas, denominadas popularmente de inverno e verão amazônico, com altas temperaturas ($24,5^{\circ}$ ~ 32° °C), precipitação pluviométrica (média do período chuvoso 312 mm e seco 60 mm) e umidade relativa do ar (80% a 90%) (ACRE, 2012).

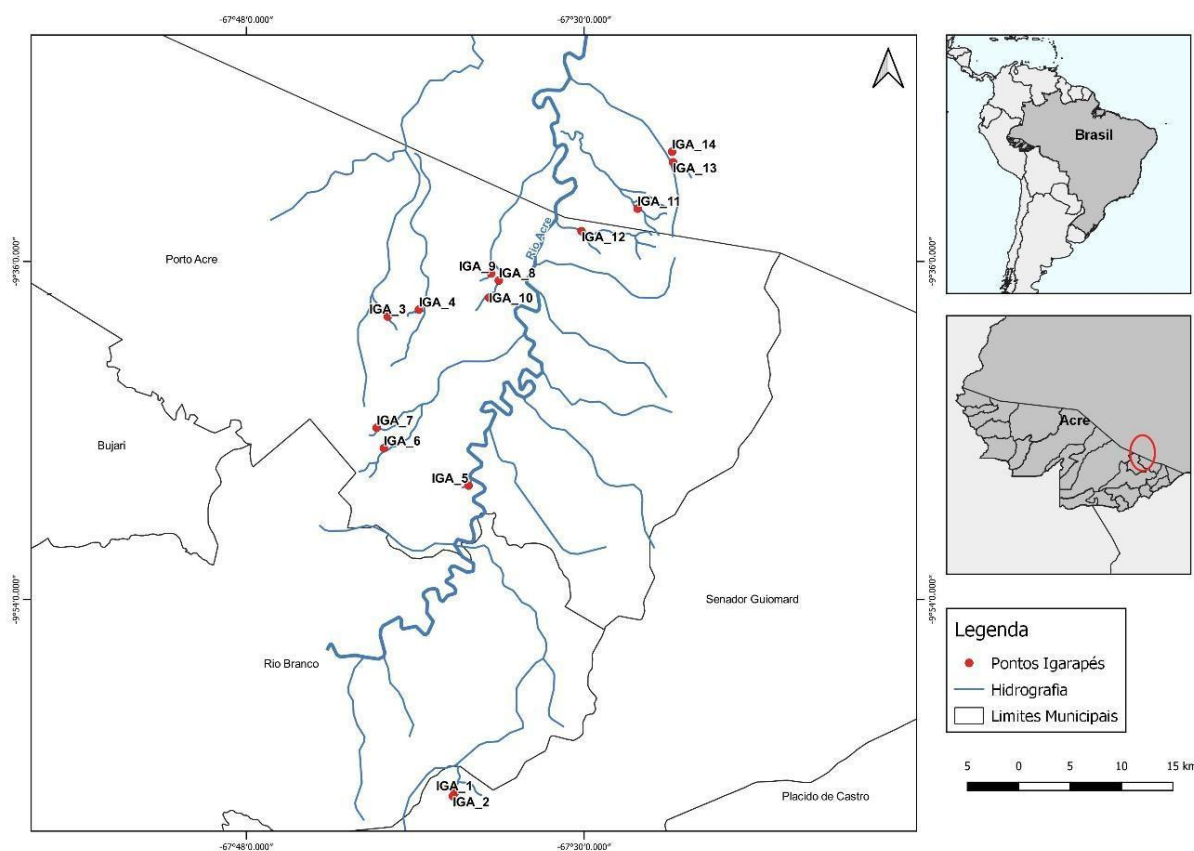


Figura 7. Localização dos 14 pontos de coleta de riachos afluentes da Bacia hidrográfica do rio Acre, nos municípios Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021.

Figure 7. Location of the 14 sampling points of tributary streams of the Acre River Basin, in the municipalities Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) and Boca do Acre (AM), 2021.

A região possui diferentes fitofisionomias, com predominância de Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta com palmeiras e com bambus (ACRE, 2012). Essa região possui alto valor endêmico, especialmente pela existência de isolamentos naturais, como a região dos Andes (ACRE, 2012). O clima é do tipo Equatorial quente e úmido de acordo com a classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Delimitação amostral e coleta de Heteroptera

A pesquisa foi realizada em riachos de pequena ordem (primeira a terceira ordem) segundo a classificação de Strahler (STRAHLER, 1957). Esse tipo de classificação inclui águas rasas, com profundidades inferiores a 1,5 m, e larguras menores que 2 m (ROQUE et al., 2012). Cada riacho foi adotado como uma unidade amostral. Foi delimitado um trecho de 100 m em cada riacho, subdividindo-os em 10 seções transversais (10 m), totalizando 11 unidades, as quais foram codificadas em letras variando de A (jusante) a K (montante) (Figura 8). Cada seção foi subdividida em dois segmentos de 5 m, totalizando um total de 20 unidades, as quais são designadas de pseudorréplicas.

Os espécimes de Heteroptera foram coletados com uso de peneira plástica com malha de 500 μ , e diâmetro de 25 cm. O esforço de coleta em cada riacho foi de uma hora, destinando três minutos por cada subseção, aproximadamente. Os organismos amostrados foram despejados na bandeja plástica, posteriormente separados e preservados em frascos PET (30 ml) contendo álcool 70 %, e levados até o Laboratório de Ictiologia e Ecologia Aquática da Universidade Federal do Acre (Ufac). O material foi identificado até o menor nível taxonômico possível utilizando chaves para heterópteros aquáticos e semiaquáticos (FLORIANO; MOREIRA, 2015; MOREIRA et al., 2011, 2018; PEREIRA; MELO; HAMADA, 2007; RODRIGUES et al., 2014).

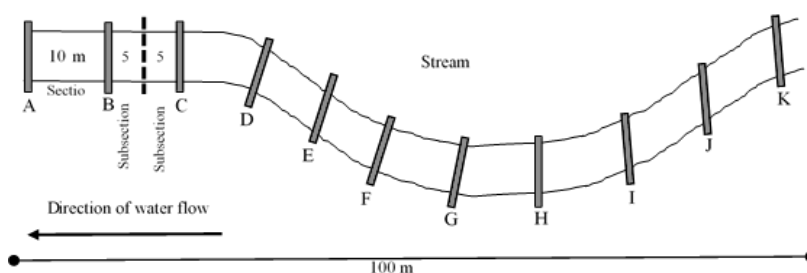






Figura 8. Ilustração do desenho amostral adotado para aplicação do protocolo de avaliação e coleta de dados biológicos.

Figure 8. Illustration of the sample design adopted for the application of the evaluation protocol and collection of biological data.

Tabela 2. Pontos de amostragem, código, largura (média e desvio-padrão), profundidade (média e desvio-padrão), coordenadas geográficas, nome do local e cidade/UF dos 14 riachos amostrados no Acre e Amazonas, em 2021.

Table 2. Sampling points, code, width (mean and standard deviation), depth (mean and standard deviation), geographic coordinates, place name and city/state of the 14 streams sampled in the Acre and Amazonas, in 2021.

PONTOS	Largura (cm)	Profundidade (cm)	LATITUDE	LONGITUDE	CONDIÇÃO	IMAGEM
1	45,1±20	324±53	10° 4'19.58"	67°36'53.98"	Floresta	
2	25,6±10	273±62	10° 4'28.48"	67°36'59.45"	Floresta	
3	10,8±11	170±50	9°38'55.78"	67°40'27.81"	Pastagem	
4	29,3±14	261±59	9°38'33.75"	67°38'47.99"	Pastagem	

5	48,3±25	394±174	9°47'56.02"	67°36'9.57"	Floresta	
6	22,9±7	158±35	9°45'56.67"	67°40'40.15"	Floresta	
7	17,3±6	149±28	9°44'51.40"	67°41'2.88"	Pastagem	
8	29,5±11	169±59	9°37'0.74"	67°34'32.42"	Pastagem	
9	19,9±6	196±49	9°36'38.56"	67°34'56.76"	Pastagem	

10	36,1±24	195±82	9°49'46.05"	67° 35' 50.17"	Floresta	
11	25,0±11	248±55	9°33'11.37"	67°27'9.46"	Floresta	
12	39,2±18	287±141	9°34'22.83"	67°30'8.46"	Floresta	
13	39,9±22	292±72	9°30'33.44"	67°25'30.43"	Floresta	
14	56,3±15	223±40	9°30'9.10"	67°25'18.37"	Pastagem	

Variáveis físico-químicas e IIH

As variáveis físico-químicas da água foram mensuradas por meio de um medidor multiparâmetro (AK87): pH, oxigênio dissolvido (%), e condutividade elétrica (mS/cm). A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram mensuradas utilizando-se um termo-higrômetro digital, cuja mensuração foi realizada em local sombreado perto dos corpos d'água. Em cada riacho foram calculadas a média e desvio-padrão para cada variável, nas seções A, F e K.

A integridade ambiental foi mensurada por meio do Índice de Integridade de Habitat (*habitat integrity index* – HII), com algumas adaptações propostas por (FERREIRA et al., 2014; NESSIMIAN et al., 2008). Esse índice consiste em uma análise visual da estrutura física do ecossistema aquático, baseando-se em 12 itens, e varia de zero (muito degradado) a um (altamente preservado). Em síntese, esse protocolo permite analisar a estrutura da vegetação ciliar, o canal do rio e seu leito, os tipos de sedimentos de fundo e suas variações, e o uso da terra no entorno do riacho.

Análise estatística dos dados

Todas as variáveis contínuas (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura do ar, temperatura da água e umidade relativa do ar) foram submetidas ao teste de normalidade Monte Carlo, com 10.000 permutações, na qual cada riacho foi considerado como unidade amostral.

Para avaliar se existem diferenças entre riachos de floresta e pasto nós realizamos a padronização (z-score) da matriz de variáveis físico-químicas e do IIH e submetemos à Análise de Componentes Principais (ACP). Essa mesma matriz foi submetida à Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), previamente submetida à matriz Euclidiana.

A matriz de comunidade foi submetida à transformação por meio da técnica log natural (Log N+1), para reduzir o efeito de espécies naturalmente dominantes. A matriz resultante dessa transformação foi utilizada para o cálculo da Análise de Coordenadas Principais (PCoA). De posse da mesma matriz, foi calculada a PERMANOVA.

Todos os testes adotaram significância de 5%. Os testes de PERMANOVA adotaram permutação 10.000 (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). As análises estatísticas foram realizadas no programa *Statistical Paleontological* (PAST 3.0) (DASGUPTA, 2013).

Resultados

Análise das condições ambientais

A Tabela 3 apresenta uma síntese das variáveis físico-químicas. As áreas com floresta apresentaram maiores valores para as variáveis temperatura da água, umidade relativa do ar, pH e oxigênio dissolvido; as demais variáveis apresentaram maiores valores nos locais com pastagem.

Tabela 3. Média, desvio-padrão, mínimo e máximo das variáveis físico-químicas agrupadas por condição (floresta e pastagem) nos 14 riachos amostrados na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guimard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021.

Table 3. Mean, standard deviation, minimum and maximum of the physicochemical variables grouped by condition (forest and pasture) in the 14 streams sampled in the Acre river basin, in the municipalities of Senador Guimard (AC), Porto Acre (AC) and Mouth of Acre (AM), 2021.

Variável	Condição	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Temperatura do Ar (°C)	Floresta	29,5	2,3	22,03	36,50
	Pastagem	32,3	1,2	28,27	38,70
Temperatura do Água (°C)	Floresta	26,6	1,5	22,5	30,4
	Pastagem	28,7	0,4	27,2	30,2
Umidade relativa do ar (%)	Floresta	68,7	5,6	52,7	81,5
	Pastagem	58,1	4,3	36,8	79,0
pH	Floresta	5,9	0,1	5,5	6,3
	Pastagem	5,8	0,1	5,3	6,2
Condutividade elétrica	Floresta	7,6	1,1	4,8	9,4
	Pastagem	8,5	0,2	7,6	9,5
Oxigênio dissolvido (%)	Floresta	7,8	1,0	5,1	10,2
	Pastagem	6,6	0,5	4,9	8,9

A ACP explicou 61,46% da variação nos igarapés, sendo que o eixo 1 explicou 43,45% e o eixo 2 explicou 18,01% (Figura 9). No eixo 1, as variáveis condutividade elétrica, temperatura da água e temperatura do ar foram mais determinantes (Tabela 4). O teste PERMANOVA não confirmou a diferença das variáveis físico-químicas e IHH entre riachos em locais com floresta e pastagem ($F=1,57$; valor $p=0,18$).

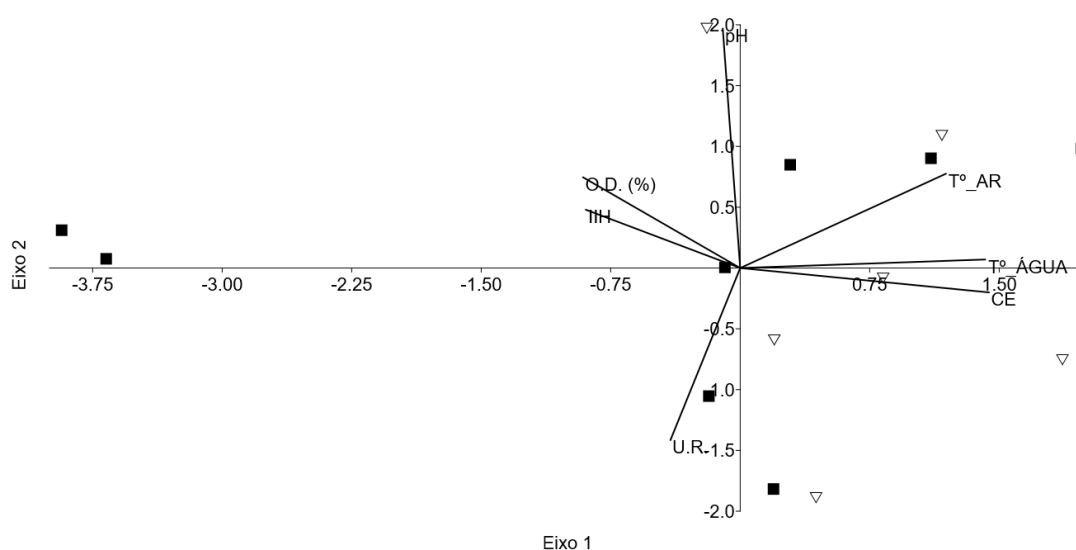


Figura 9. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis físico-químicas e IIH de amostras de 14 riachos realizadas em áreas de floresta e pastagem, na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. Legenda: quadrado indica locais com floresta; triângulo indica locais com pastagem.

Figure 9. Principal component analysis (PCA) of physical-chemical and IIH variables of samples from 14 streams carried out in forest and pasture areas, in the Acre river basin, in the municipalities of Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) and Boca do Acre (AM), 2021. Caption: square indicates locations with forest; triangle indicates pasture sites.

Tabela 4. Autovalores do componente 1 (PC1) e componente 2 (PC2) da Análise de Componentes Principais (ACP) para as variáveis físico-químicas e IIH, obtidos de amostras de 14 riachos agrupados por condição (floresta e pastagem) na bacia do rio Acre, nos municípios de Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021.

Table 4. Eigenvalues of component 1 (PC1) and component 2 (PC2) of Principal Component Analysis (PCA) for physicochemical and IIH variables, obtained from samples of 14 streams grouped by condition (forest and pasture) in the Acre river basin, in the municipalities of Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) and Boca do Acre (AM), 2021.

Variável	PC 1	PC 2
Temperatura do ar (°C)	0,44	0,29
Umidade relativa do ar (%)	-0,15	-0,52
pH	-0,04	0,73
Condutividade elétrica (m.S.)	0,53	-0,07
Oxigênio dissolvido (%)	-0,34	0,28
Temperatura da água (°C)	0,52	0,03
IIH	-0,33	0,18

Composição de comunidade de Heteroptera

Um total de 4.933 espécies foram coletados, distribuídos em 50 espécies/morfoespécies, 30 gêneros, 11 famílias e duas infraordens (Tabela 4). A

infraordem Gerromorpha foi mais abundante com 4.482 insetos, enquanto Nepomorpha apresentou apenas 451.

Na infraordem Gerromorpha, a família mais abundante foi Veliidae com 2905 insetos, seguido por Gerridae que teve 1523 insetos; ao passo que a família menos abundante foi Mesoveliidae com apenas um registro. Esta infraordem teve o gênero *Rhagovelia* como mais abundante (2118 insetos), seguido por *Brachymetra* (840 insetos); ao passo que Mesoveliidae_G1 foi menos abundante com apenas um inseto. A morfoespécie *Rhagovelia_sp1* foi a mais abundante com 1321 insetos, ao passo que as morfoespécies *Tachygerris_sp2*, *Rhagovelia_sp6*, *TMesoveliidae_sp1* e a espécie *Brachymetra sawi* apresentaram, cada uma, apenas um inseto.

Na infraordem Nepomorpha, a família mais abundante foi Notonectidae com 432 insetos; enquanto a menor abundância foi identificada na família Gelastocoridae, com apenas um registro. O gênero *Martarega* teve 413 insetos e foi a mais abundante; enquanto os gêneros *Heterocorixia*, *Tenaglia* e *Gelastocoris* foram menos abundantes com apenas um inseto. A morfoespécie *Martarega_sp1* foi a mais abundante com 413 insetos, ao passo que as morfoespécies *Heterocorixia_sp1*, *Tenaglia_sp1*, *Gelastocoris_sp1* e *Buenoa_sp1* apresentaram apenas um inseto cada.

A PCoA mostrou que a composição de Heteroptera variou entre floresta e pastagem (Figura 10). Os componentes 1 e 2 explicaram juntos 49,00% do ordenamento dos riachos em função da composição da comunidade. O teste PERMANOVA confirmou que a composição de espécies de Heteroptera são diferentes entre áreas de floresta e pastagem ($F=1,98$; $valor\ p= 0,035$).

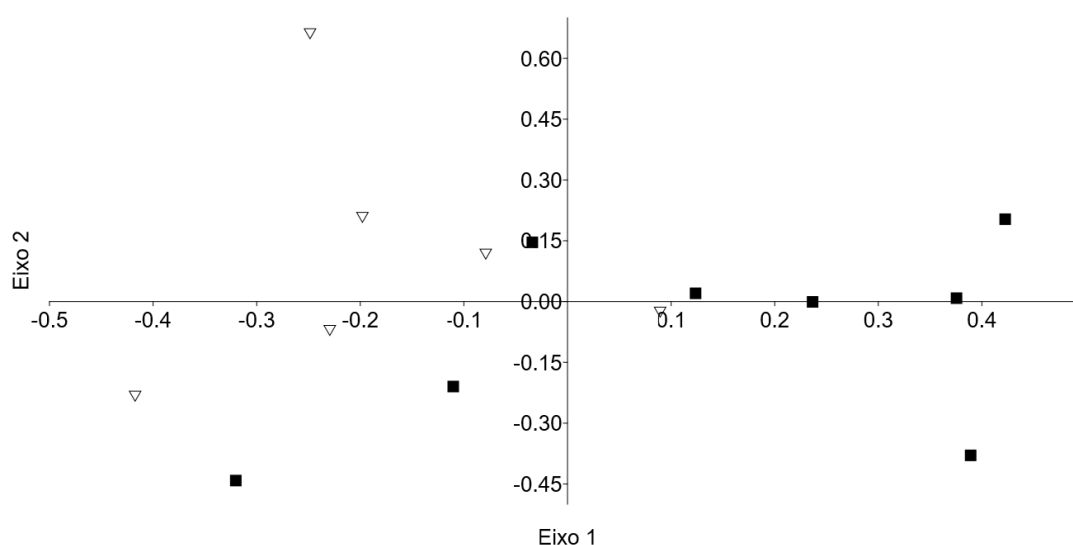


Figura 10. Análise de componentes principais (ACP) das espécies/morfoespécies de Heteroptera, coletados em 14 riachos em áreas de floresta e pastagem, na bacia do rio Acre, nos municípios de

Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM), 2021. Legenda: quadrado indica locais com floresta; triângulo indica locais com pastagem.

Figure 10. Principal component analysis (PCA) of Heteroptera species/morphotypes, collected in 14 streams in forest and pasture areas, in the Acre river basin, in the municipalities of Senador Guiomard (AC), Porto Acre (AC) and Boca do Acre (AM), 2021. Caption: square indicates locations with forest; triangle indicates pasture sites.

Discussão

Em nossa pesquisa, a hipótese “i” foi rejeitada, enquanto a hipótese e “ii” foi confirmada. Os parâmetros físico-químicos e o IIH não foram suficientes para detectar diferença entre o locais de floresta e pastagem. Por outro lado, a composição de espécies de Heteroptera foi distinta entre esses ambientes.

As variáveis físico-químicas: floresta e pastagem

As variáveis físico-químicas refletem as condições ambientais dentro da água e podem ser alteradas em decorrência da forma como é mantida a vegetação ciliar (MONTAG et al., 2019). O resultado obtido em nossa pesquisa sugeriu que as variáveis condutividade elétrica e as temperaturas do ar e da água foram mais importantes durante a ordenação dos riachos. A temperatura água, por exemplo, sofre efeito por causa de mudanças na cobertura vegetal, pois a redução nela também reduz o sombreamento do leito principal dos riachos, resultando no aumento da temperatura da água (VIEIRA; DIAS-SILVA; PACIFICO, 2015).

A temperatura do ar também sofreu alterações entre as áreas de pastagem e floresta. A entrada de luz provocada pelas clareiras abertas ao longo das faixas de vegetação ciliar alteram a temperatura do ar, influenciando na caracterização e na qualidade do ambiente (ALVEZ-VALLES et al., 2018; FAGUNDES et al., 2018; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACIFICO, 2015).

A condutividade elétrica foi o principal vetor na ACP. Essa variável pode influenciar na distribuição de insetos aquáticos quando encontrada com valores extremos e associada a um pH alto (BISPO et al., 2006). Guterres, Cunha e Juen (2021) verificaram que as áreas de pastagem apresentaram maiores valores de pH e condutividade elétrica. Esse tipo de resultado está relacionado com a entrada de material alóctone, o qual é alterado tanto na qualidade quanto na quantidade após a retirada ou alteração na vegetação ciliar (GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021).

Em geral, as variáveis físico-químicas da água mensurada nesta pesquisa seguiram o padrão comumente encontrado no oeste amazônico para águas brancas

(CUNHA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021; SOARES et al., 2021). A temperatura da água também está sujeita a alteração com a conversão de floresta em pastagem. Embora não tenha sido tão expressiva em nossos resultados, a temperatura da água pode interferir na dinâmica de nutrientes e na permanência de espécies aquáticas (NESSIMIAN et al., 2008; VIEIRA; DIAS-SILVA; PACIFICO, 2015).

A composição de Heteroptera e o biomonitoramento aquático

Nossos resultados indicaram que a composição de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos altera com a mudança de floresta para pastagem. A comunidade deste grupo é representada por várias espécies com respostas distintas às mudanças. Estudos têm descrito como os processos de perda e redução de habitat oriundos da conversão de florestas em outros usos do solo tem afetado a comunidade desses insetos. Isso ocorre como consequência do processo de homogeneização de ambientes, levando ao aumento da pressão sobre espécies especialistas, levando à extinção local e regional (CUNHA; JUEN, 2017).

As morfoespécies *Rhagovelia_sp1* e *Rhagovelia_sp2* representam um gênero da família Veliidae com registros de afinidade com áreas preservadas (DIAS-SILVA et al., 2010). A espécie *Rhagovelia trailli* (White, 1879), por exemplo, tem sido associada a áreas de florestas intactas, com elevada qualidade ambiental (DIAS-SILVA et al., 2010), o mesmo ocorrendo com as espécies *Rhagovelia elegans* e *Rhagovelia jubata* as quais apresentaram relação direta de aumento de abundância em áreas preservadas (CUNHA; JUEN, 2017).

As espécies *Martarega_sp1* e *Neogerris_sp1* foram relacionadas a riachos em áreas de pastagem. Espécies do gênero *Martarega* têm sido associadas tanto a áreas impactadas (DIAS-SILVA et al., 2010), como a áreas preservadas (COUCEIRO et al., 2010; CUNHA; JUEN, 2017) e ainda há registros de espécies com tendência generalista (PEREIRA et al., 2007). Já a morfoespécie *Neogerris_sp1* esteve presente em cinco riachos, dos quais quatro eram em áreas com pastagem. Na literatura, espécies e morfoespécies pertencentes a este gênero tem sido mais encontrado em áreas preservadas e florestadas (DIAS-SILVA et al., 2010; GUTERRES; CUNHA; JUEN, 2021).

A redução de áreas com cobertura vegetal para outras formas de uso do solo afeta severamente a diversidade e disponibilidade de habitats em ecossistemas aquáticos, prejudicando a permanência de espécies exigentes e espécies endêmicas, levando, inclusive, à extinção local. Cunha e Juen (2017) identificaram a substituição da floresta para monocultura de dendezeiros afetou tanto a integridade de habitats quanto as variáveis

da água e a comunidade de Heteroptera. Mais recentemente, Cunha e colaboradores (CUNHA et al., 2020) identificaram a influência de alterações ambientais sobre as estratégias de vida, reprodução e dispersão de Heteroptera, em riachos amazônicos. Esses resultados sugerem o uso da comunidade de Heteroptera como ferramenta para o biomonitoramento em ecossistemas aquáticos.

Aqui, a estrutura de Heteroptera apresentou um padrão semelhante ao encontrado em outras pesquisas no Brasil (BRASIL et al., 2017; BRASIL et al., 2021; CUNHA et al., 2015; DIAS-SILVA; MOREIRA; et al., 2013a; GIEHL et al., 2019). A infraordem Gerromorpha possui ampla vantagem em abundância e riqueza sobre as demais infraordens em regiões neotropicais (BRASIL. et al., 2017; CUNHA et al., 2015; DIAS-SILVA et al., 2013a; FRANCO et al., 2021, 2020; GIEHL et al., 2014; GIEHL et al., 2019; GODOY et al., 2019). Nossos resultados auxiliam no fortalecimento do uso de insetos da infraordem Gerromorpha, como observado em outros trabalhos (FLORIANO et al., 2013; GIEHL et al., 2019). A infraordem Nepomorpha também apresentou resposta às mudanças no uso do solo e devem ser utilizados junto com os Geromorpha para biomonitoramento aquático (COUCEIRO et al., 2010; CUNHA; JUEN, 2017).

Conclusão

A pastagem é um dos principais perigos para a biodiversidade de espécies. Nossos resultados indicaram diferenças na composição de espécies de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos presentes em riachos que foram margeados por floresta e por pastagem.

As espécies da ordem Heteroptera apresentam potencial para ser utilizado como ferramentas de gestão para o biomonitoramento aquático. Elas apresentaram maior sensibilidade do que as variáveis físico-químicas e o IIH. Isso fortalece a necessidade de inclusão desses insetos em programas de avaliação e monitoramento aquático na Amazônia.

Nossos resultados contribuíram para a redução das lacunas Lineanas e Wallaceanas, dispondo de informações relevantes para o conhecimento da biodiversidade local e regional. Não obstante, a bacia do rio Acre possui vários pontos ainda descobertos, entre os quais a região do Arco do Desmatamento, onde muitas espécies encontram-se ameaçadas de extinção.

Agradecimento

À Universidade Federal do Acre e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia na Amazônia, pela oferta de infraestrutura de laboratório e pela

oportunidade de aprendizado, ao Instituto Federal do Acre pela parceria, apoio e colaboração, À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida à autora principal do artigo.

Referências

ACRE, S. DE E. DE M. A. DO E. DO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Acre**. Rio Branco, ACSEMA, , 2012. Disponível em: <http://www.agencia.ac.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/PLERH_interativo_final1.pdf><http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1355/perh.pdf>>

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 2002, p. 257–284, 2004.

ALVEZ-VALLES, C. M. et al. Endemism and conservation of Amazon palms. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 3, p. 765–784, mar. 2018.

ASTUDILLO, M. R. et al. Relationships between land cover, riparian vegetation, stream characteristics, and aquatic insects in cloud forest streams, Mexico. **Hydrobiologia**, v. 768, n. 1, p. 167–181, 2016.

BARBOSA, J. F.; GIEHL, N. F. da S. New distribution records of the genus *Martarega* White, 1879 (Hemiptera: Heteroptera: Notonectidae) in eastern Mato Grosso State, Brazil. **Check List Journal of species lists and distribution**, v. 10, n. 5, p. 1152–1155, 2014.

BENFIELD, E. F. et al. Long-term patterns in leaf breakdown in streams in response to watershed logging. **International Review of Hydrobiology**, v. 86, n. 4–5, p. 467–474, 2001.

BISPO, P. C. et al. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: Environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2 B, p. 611–622, maio 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16906293>>.

BRASIL, L. S. et al. Insectos acuáticos en hábitats orgánicos e inorgánicos de corrientes de las sabanas Centro-Brasileñas. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 43, n. 2, p. 286–291, 2017.

BRASIL, L. S. et al. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 116, n. April, p. 106495, 2020a.

BRASIL, L. S. et al. Aquatic insects and their environmental predictors: a scientometric study focused on environmental monitoring in lotic environmental. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 3, p. 194, 21 mar. 2020b.

BRASIL, L. S. et al. Dams Change Beta Diversity of Aquatic Communities in the Veredas of the Brazilian Cerrado. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, n. February, p. 1–7, 2021.

BRITO, J. G. et al. Biological indicators of diversity in tropical streams: Congruence in the similarity of invertebrate assemblages. **Ecological Indicators**, v. 85, p. 85–92, 2018.

COUCEIRO, S. R. M. et al. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. **Journal of Soils and Sediments**, v. 10, n. 1, p. 89–103, 2010.

- CUNHA, E. J. et al. Wing dimorphism in semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, Gerromorpha) as a tool for monitoring streams altered by oil palm plantation in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 117, n. November 2019, p. 106707, 2020.
- CUNHA, E. J. J. et al. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, n. August 2019, p. 422–429, maio 2015.
- 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, 1 fev. 2017.
- DASGUPTA, A. National knowledge resource consortium -a national gateway of S&T on-line resources for CSIR and DST laboratories. **Current Science**, v. 105, n. 10, p. 1352–1357, 2013.
- DELONG, M. D.; BRUSVEN, M. A. Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream. **Environmental Management**, v. 22, n. 3, p. 445–457, 1998.
- 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.
- DIAS-SILVA, K. et al. Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist, new records, and species distribution modeling. **Zootaxa**, v. 3736, n. 3, p. 201–235, 2013a.
- DIAS-SILVA, K. et al. Distribuição de Heteroptera Aquáticos (Insecta) em Diferentes Tipos de Substratos de Córregos do Cerrado Matogrossense. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 2, p. 132–140, 12 ago. 2013b.
- DUAN, X.; WANG, Z.; TIAN, S. Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. **Frontiers of Environmental Science and Engineering in China**, v. 2, n. 1, p. 122–128, 2008.
- FAGUNDES, C. K. et al. Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. **Biological Conservation**, v. 226, p. 300–310, 2018.
- FERREIRA, J. et al. Towards environmentally sustainable agriculture in Brazil: Challenges and opportunities for applied ecological research. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 3, p. 535–541, 2012.
- FERREIRA, W. R. et al. Importance of environmental factors for the richness and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. **Freshwater Science**, v. 33, n. 3, p. 860–871, 2014.
- FLORIANO, C. F. B. et al. New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 210–219, 2013.
- FLORIANO, C. F. B.; MOREIRA, F. F. F. A new species of Rhagovelia Mayr, 1865 (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) from Brazil. **Zootaxa**, v. 4018, n. 3, p. 437–443, 2015.
- FRANCO, C. L. et al. New records of gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from Piauí State, Northeastern Brazil. **Check List**, v. 16, n. 6, p. 1755–1763, 2020.
- FRANCO, C. L. et al. Gerromorpha (Insecta, Hemiptera, Heteroptera) from eastern maranhão state, northeastern Brazil. **Check List**, v. 17, n. 2, p. 551–568, 2021.
- GIEHL, N. F. DA S. et al. Taxonomic and numerical resolutions of nepomorpha (Insecta:

- Heteroptera) in cerrado streams. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e103623, 2014.
- GIEHL, N. F. S. et al. Efeito de fatores abióticos sobre *Brachymetra albinervis albinervis* (Heteroptera: Gerridae). **Iheringia. Série Zoológica**, v. 105, n. 4, p. 411–415, dez. 2015.
- GIEHL, N. F. S. et al. Environmental Thresholds of Nepomorpha in Cerrado Streams, Brazilian Savannah. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 2, p. 186–196, 26 abr. 2019.
- GODOY, B. S. et al. Taxonomic sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community. **Ecological Indicators**, v. 107, n. August, 2019.
- GUTERRES, A. P. M.; CUNHA, E. J.; JUEN, L. Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, v. 25, n. 4, p. 569, 2021.
- GUTERRES, A. P. M. M. et al. Co-occurrence patterns and morphological similarity of semiaquatic insects (Hemiptera: Gerromorpha) in streams of Eastern Amazonia. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 1, p. e12785, 2019.
- HUTCHINSON, G. E. Homage to Santa Rosalia or Why Are There So Many Kinds of Animals? **American Naturalist**, v. 93, n. 870, p. 145–159, 1959.
- JUEN, L. et al. Effects of Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and Biota of Streams in Eastern Amazon. **Applied Environmental Research**, v. 13, n. 1, p. 53–65, 2015.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LIMA, D. V. M.; PLESE, L. P. DE M.; SILVA, I. H. L. DA. Effects of land use on the community of benthic Macroinvertebrates in streams of the Iquiri River Basin (ACRE, BRAZIL). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 160–175, 2020.
- MONTAG, Luciano F.A. et al. Land cover, riparian zones and instream habitat influence stream fish assemblages in the eastern Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 28, n. 2, p. 317–329, 2019.
- MOREIRA, F. F. F. et al. Identification key to the Gerridae (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha) from the Amazon River floodplain, Brazil, with new records for the Brazilian Amazon. **Zoologia**, v. 28, n. 2, p. 269–279, 2011.
- MOREIRA, F. F. F. et al. Order Hemiptera. In: **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates**. [s.l: s.n.]. p. 175–216.
- 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, nov. 2008.
- NESSIMIAN, J. L. et al. Espécies de Plecoptera (Insecta) registradas no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Arquivos do ...**, v. 1, p. 313–319, 2009.
- PEEL, M.; FINLAYSON, B.; MCMAHON, T. Updated World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, 2007.
- PEREIRA, D. L. V., MELO, A. L. de et al. Aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Pitinga, Amazonas, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 643–648, 2007.
- PEREIRA, L. R.; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Trichoptera as bioindicators of habitat integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). **Annales de Limnologie**, v. 48, n. 3, p. 295–302, 2012.
- PEREIRA, D. L. V.; MELO, A. L. DE; HAMADA, N. Chaves de identificação para famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia Central. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 2, p. 210–228, 2007.

POLHEMUS, J. T.; POLHEMUS, D. A. Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 379–391, 2008.

RODRIGUES, H. D. D. et al. The genus *Paravelia* Breddin, 1898 (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) in Brazil, with descriptions of eight new species. **Zootaxa**, v. 3784, n. 1, p. 1–47, 2014.

RODRIGUES, J. M. DOS S. et al. Semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, Gerromorpha) from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Check List**, v. 17, n. 5, p. 1323–1343, 2021.

ROQUE, F. DE O. et al. Concordance between macroinvertebrate communities and the typological classification of white and clear-water streams in Western Brazilian Amazonia. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 83–92, 13 jun. 2012.

SOARES, D. M. et al. Effect of substrates of native and exotic plant species on the initial period of colonization of benthic macroinvertebrates in the Cerrado biome. **Community Ecology**, v. 22, n. 1, p. 127–134, 4 abr. 2021.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.

THORP, J. H.; THOMS, M. C.; DELONG, M. D. The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. **River Research and Applications**, v. 22, n. 2, p. 123–147, 2006.

VIEIRA, T. B.; DIAS-SILVA, K.; PACIFICO, E. S. Effects of Riparian Vegetation Integrity on Fish and Heteroptera Communities. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 13, n. 1, p. 53–65, 2015.

CONCLUSÃO GERAL

A produção científica sobre os insetos aquáticos e semiaquáticos da subordem Heteroptera tem crescido no Brasil. Isso tem levado despertado o interesse de pesquisadores de ecologia de ecossistemas aquáticos a explorarem novas aplicações para esse grupo de espécies, entre as quais o biomonitoramento de riachos. A associação desses insetos com áreas preservadas vem sendo fortalecido, principalmente após trabalhos importantes realizados na década passada, o que permitiu explorar esses resultados em estudos envolvendo a avaliação de impactos de fontes diferentes como o desmatamento e a monocultura.

Em nossa pesquisa foi possível identificar uma quantidade razoável de publicações em todo o Brasil, envolvendo temas como ecologia, avaliação de impactos e sistemática de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos. Essa ordem possibilita ainda a flexibilização de análises envolvendo diferentes resoluções taxonômicas como gênero, família e subordem.

Os nossos resultados fortalecem a importância da conservação ambiental para a manutenção de diferentes habitats. A heterogeneidade ambiental é resultado do esforço da natureza em garantir a presença de manutenção de habitats para acomodar as

diferentes espécies de seres vivos e as suas diferentes tolerâncias. Uma vez expostos a alteração do uso do solo, esses habitats diminuem significativamente, reduzindo a variedade local, levando a perda de diversidade e até mesmo a sua extinção.

A mudança no uso do solo promove a alteração na qualidade da água em seus mais diversos componentes. As variáveis físico-químicas alteram-se como consequência da remoção da vegetação, refletindo uma mudança nas características do meio.

Nossa pesquisa foi pioneira nessa região da bacia do rio Acre e colaborou com a redução das lacunas Lineanas e Wallaceanas da biota aquática na Amazônia. A grande abundância de insetos provenientes das coletas e a elevada quantidade de morfoespécies sugere que a riqueza de espécies nessa região é grande e há uma boa possibilidade de descrição de novas espécies para a ciência, além de novos registros de ocorrência, ampliando a lista de ocorrência de espécies de Heteroptera no Brasil.

A continuidade dessa pesquisa resultará na ampliação do conhecimento da composição de riqueza de espécies, além de compreender como que elas respondem ao longo de condições naturalmente distintas como ocorre nas fisionomias florestais e tipologias de água (branca, preta e clara). Os interflúvios das principais bacias do estado do Acre são áreas de baixa cobertura de pesquisas sobre insetos aquáticos, o que fortalece nossos apontamentos para a continuidade deste trabalho.

ANEXOS

Anexo 1. Normas da revista *Multidisciplinary Sciences Reports*

2 PREPARAÇÃO DOS MANUSCRITOS

2.1 Formato do arquivo

Os manuscritos devem ser preparados em editor de texto do Microsoft Word. Os arquivos devem ter obrigatoriamente extensão DOC ou DOCX e não devem conter qualquer identificação nas propriedades. Não enviar arquivo em formato PDF. As figuras deverão estar nos formatos JPG ou TIFF, as quais deverão estar incluídas ao longo do texto do arquivo. O arquivo do texto deve ser preparado nos seguintes formatos:

1. Tamanho da página em formato A4, com margens de 2,5 cm.
2. O texto deve ser digitado com espaçamento 1,5 entre linhas, justificado, usando fonte "Arial" tamanho 12 em todo o texto, incluindo as referências. A Tabulação do parágrafo deverá ser 1,25 cm. A regra vale também para o Resumo, entretanto o espaçamento deverá ser 1,0 entre linhas.
3. As páginas devem ser numeradas no canto inferior direito, a partir da "página de título". Recomenda-se não ultrapassar 20 páginas, mais do que isso será cobrado um valor extra por página.
4. Os tópicos devem estar em letras maiúsculas, negrito e sem numeração.

5. Os subtópicos, que são opcionais, devem ser escritos em letras maiúsculas, sem numeração e com deslocamento de 1,25 cm. Caso haja subdivisão no subtópico mova-se mais 1,25 cm, ou seja, 2,50 cm no total.

2.2 Página de Título

Na página de título deve conter, nesta ordem:

1. Área e Categoria do manuscrito. Centralizado.
2. Título completo, alinhado à direita, com letras maiúsculas em português e em inglês.
3. Informações dos autores (nomes e instituições) não devem ser incluídas no documento. Estes deverão ser preenchidos somente em METADADOS do sistema da revista. A sequência dos nomes no artigo seguirá a que foi incluída nos metadados.
4. É recomendável que seja inserido o ORCID de todos os autores. Caso não possua e queira obter acesse <https://orcid.org/>.

2.3 Página de resumo e abstract

Na página de resumo e abstract, independentemente da língua original do artigo, será obrigatório que o resumo seja escrito em inglês a fim de que tenha maior visibilidade.

Este deve conter:

1. O resumo deverá ser escrito na terceira pessoa do singular, na voz ativa e limitado a 250 palavras. Deverá conter o objetivo, os métodos, resultados e conclusão do trabalho.
2. Deverão ser incluídas de 3 a 6 palavras-chave separadas por pontos.

2.4 Introdução

A introdução deve ser sucinta, explicitando os objetivos, a relevância do estudo para a área do conhecimento, sem exagerar na revisão da literatura. Poderá conter uma fundamentação teórica, servindo de base para auxiliar o entendimento de temas abordados na pesquisa.

2.5 Material e Métodos

Esta parte deverá conter informações que dê condições ao leitor de realizar o mesmo trabalho, com a mesma metodologia, sem ter que entrar em contato com os autores do trabalho. Os métodos adotados devem ser alinhados de acordo com os objetivos. A amostra utilizada deve ser descrita claramente. Se a amostra utilizada envolver seres humanos ou animais deverá ter aprovação dos órgãos competentes. Os aparelhos utilizados deverão conter a marca e fabricante. Métodos estatísticos, quando utilizados, deverão ser referidos ao final da metodologia.

2.6 Resultados e Discussões

Podem estar escritos juntos ou separados.

Os resultados devem ser apresentados em uma sequência lógica compatível com os objetivos, contendo dados que sejam relevantes. As informações poderão ser apresentadas na forma de texto, tabelas e figuras. Unidades, grandezas e equações, ou fórmulas, deverão pertencer ao Sistema Internacional de Unidades (SI).

As tabelas, equações e figuras deverão ser numeradas com algarismos arábicos (1, 2, ...) na sequência em que aparecem e incluídas o mais próximo possível de onde foram citadas. As figuras deverão ter excelente qualidade (formato PNG) de modo que permita reduzir ou

aumentar suas dimensões. As tabelas e figuras deverão ser acompanhadas das respectivas legendas e fontes. Caso haja siglas e abreviações será preciso explicar o significado delas.

Na discussão deverão ser levados em conta os pontos mais importantes e originais do estudo de forma clara e concisa. Deve ser estimulado o confronto dos resultados e pontos relevantes com outros estudos. Sempre que possível inclua recomendações, pontos e implicações para estudos futuros na área.

2.7 Conclusão.

A conclusão deve ser fundamentada nos resultados encontrados e vinculada aos objetivos do estudo, bem como seu título. Deverá ser apoiada pelos dados ou afirmações qualificadas condizentes com o trabalho. Não faça citação de referências, tabelas, equações/fórmulas ou figuras nessa seção. A originalidade deverá ser ressaltada.

2.8 Referências

Todas as referências deverão ser feitas utilizando a norma Vancouver, já previamente instalada no Word. Também é possível usar sistemas de referência automática como o Mendeley (<https://www.mendeley.com/reference-management/reference-manager>) e o Zotero (<https://www.zotero.org/download/>).

Gelastocoris															
<i>Gelastocoris_sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Naucoridae															
Limnocoris															
<i>Limnocoris_sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Nepidae															
Ranatra															
<i>Ranatra_sp1</i>	0	1	6	0	0	0	0	0	13	1	0	0	0	0	21
Notonectidae															
Buenoa															
<i>Buenoa_sp1</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	9
<i>Buenoa_sp2</i>	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Buenoa_sp3</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Martarega															
<i>Martarega_sp1</i>	51	5	3	59	46	1	3	16	101	0	54	1	4	69	413
Notonecta															
<i>Notonecta_sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Total Geral	221	217	283	286	232	359	54	432	320	856	376	313	461	516	4933

Anexo 3. Normas da revista *Biota Amazônia* (*Biote Amazonie*, *Biota Amazonia*, *Amazonian Biota*).

DIRETRIZES PARA AUTORES

1. A revista *Biota Amazônia* (*on line*) do Curso de Ciências Biológicas é publicada trimestralmente pela Universidade Federal do Amapá, através do Portal de Periódicos da UNIFAP.
2. A revista publica artigos originais em todas as áreas relevantes de Ciências Biológicas, incluindo anatomia, microbiologia, biologia molecular, bioquímica, botânica, citologia e biologia celular, comportamento animal, ecologia, oceanografia e limnologia, embriologia e histologia, morfofisiologia, genética e evolução, parasitologia, zoologia e ensino de Ciências e Biologia, meio-ambiente e pesca, saúde, ciências ambientais, socioambientais, direito ambiental, entre outras correlatas.
3. Os artigos deverão ser submetidos pelo navegador MOZILA FIREFOX ou pelo GOOGLE CHROME, pois o Internet Explorer não possibilita a submissão integral. Primeiramente, faça o seu cadastro e/ou login. A seguir, clique na Página do Usuário, na opção Autor, em [Iniciar nova submissão](#) e preencha os passos do processo de submissão.
4. Os autores se obrigam a declarar a cessão de direitos autorais e que seu manuscrito é um trabalho original, e que não está sendo submetido, em parte ou no seu todo, à análise para publicação em outra revista. Esta declaração encontra-se disponível abaixo.
5. Os dados, idéias, opiniões e conceitos emitidos nos artigos, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do(s) autor (es). A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de seu uso por parte do Conselho Editorial da revista.
6. Os relatos deverão basear-se nas técnicas mais avançadas e apropriadas à pesquisa. Quando apropriado, deverá ser atestado que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição.
7. Os artigos podem ser submetidos em **Português, Espanhol, Inglês** ou **Francês**. Devem ser concisos e consistentes no estilo.
8. Os artigos serão avaliados por no mínimo três consultores da área de conhecimento da pesquisa, de instituições de ensino e/ou pesquisa nacionais e estrangeiras, de comprovada produção científica. Após as devidas correções e possíveis sugestões, o artigo será aceito se tiver dois pareceres favoráveis e rejeitado quando dois pareceres forem desfavoráveis.
9. O conflito de interesses pode ser de natureza pessoal, comercial, política, acadêmica ou financeira. Conflitos de interesses podem ocorrer quando autores, revisores ou editores possuem interesses que podem influenciar na elaboração ou avaliação de manuscritos. Ao submeter o manuscrito, os autores são responsáveis por reconhecer e revelar conflitos financeiros ou de outra natureza que possam ter influenciado o trabalho. Os autores devem identificar no manuscrito todo o apoio financeiro obtido para a execução do trabalho e outras conexões pessoais referentes à realização do mesmo. O revisor deve informar aos editores quaisquer conflitos de interesse que

poderiam influenciar sobre a análise do manuscrito, e deve declarar-se não qualificado para revisá-lo.

10. Os artigos deverão ser submetidos pela internet, acessando o Portal de Periódicos da UNIFAP, revista Biota Amazônia.
11. A revisão de português e a tradução e/ou revisão de língua estrangeira serão de responsabilidade dos autores dos artigos aceitos, mediante comprovação emitida pelos revisores credenciados.
12. Estão listadas abaixo a formatação e outras convenções que deverão ser seguidas:

Ao submeter o manuscrito, o autor deverá definir em que categoria deseja publicá-lo. São categorias da revista Biota Amazônia: 1) Artigo; 2) Nota Científica; 3) Revisões Temáticas. Serão aceitos trabalhos escritos em português, espanhol ou francês com resumos/abstract em inglês ou francês. Nos casos dos artigos em língua estrangeira, os resumos deverão ser na língua estrangeira e abstract em português.

Os trabalhos deverão ser digitados em Programa Word for Windows, em formatação, no máximo, 25 páginas, digitadas em papel tamanho A4, com letra Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento entre linhas simples, margens de 3,0 cm (três centímetros), e observando a seguinte sequência de tópicos:

I - Título do artigo em português e na língua estrangeira (inglês ou francês). No caso de o artigo ser em língua estrangeira os títulos deverão ser na língua estrangeira escrita e em português.

II - Nome(s) completo(s) do(s) autor(es), bem como titulação, filiações, endereços e e-mails; indicando o autor para correspondência e respectivo e-mail.

III - Resumo. Para artigos escritos em português, resumo em português e abstract em inglês ou francês; quando escritos em espanhol, resumo em espanhol e português; quando escritos em francês, resumo em francês e português. Os resumos devem ser redigidos em parágrafo único, espaço simples, com até 250 palavras; contendo objetivos, material e métodos, resultados e conclusões do referido trabalho.

IV - Palavras chaves ou Unitermos constituídos de até 5 palavras chaves que identifiquem o artigo.

V - Estrutura do Texto no formato técnico-científico, com introdução, material e métodos, resultados, discussão, conclusão, agradecimentos, referências bibliográficas e anexos (se houver). A critério do autor, os itens Introdução e Objetivos, bem como Resultados e Discussão poderão ser fundidos. Trabalhos enviados como Revisões Temáticas deverão seguir o formato técnico-científico, sem, entretanto, a necessidade de divisão em itens descrita acima. As citações bibliográficas deverão estar no formato de acordo com o sistema autor-data da NB NBR 10520 da ABNT; disponível no site da própria revista.

VI - Referências bibliográficas regidas de acordo com a NBR 6023 da ABNT; também disponível no site acima mencionado.

VII - Citar números e unidades da seguinte forma: escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades. Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos escritos em inglês (10.5 m). Utilizar o Sistema Internacional de Unidades, separando as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos); utilizar abreviações sempre que possível. Não inserir espaços para mudar de linha caso a unidade não caiba na mesma linha.

VIII - Não usar notas de rodapé. Para facilitar a leitura, incluir a informação diretamente no texto.

IX - Tabelas, Figuras, Fotografias e Gráficos deverão ser inseridos no texto, logo após a sua citação. **As legendas em português DEVERÃO vir acompanhadas de versão em inglês.** As Tabelas deverão ter 7,65 ou 16 cm de largura. Os Gráficos não deverão ter molduras externas, linhas internas ou mesmo cor de fundo. Para os Gráficos de barra, usar padrões de preenchimento diferentes (horizontal, vertical, listras diagonais e múltiplos pontos), deve-se evitar tons de cinza ou cores, pois não serão facilmente distinguíveis na versão impressa.

X - As Figuras (fotos, pranchas, mapas, desenhos ou esquemas) deverão ter o tamanho máximo de 16 x 23 cm, incluindo-se o espaço necessário para a legenda. Gráficos e Figuras que possam ser publicados em uma única coluna (7,65 cm) serão reduzidos. Desta forma, será necessário atentar para o tamanho de números ou letras, para que continuem visíveis após a redução. O tipo de fonte utilizado deverá ser Times New Roman, tamanho 8 pts. Gráficos e Figuras confeccionados em planilhas eletrônicas devem vir acompanhados do arquivo com a planilha original. Deve-se utilizar escala de barras para indicar tamanho a qual deverá sempre que possível, estar situada à esquerda da figura; o canto inferior direito deve ser reservado para o número da(s) figura(s).

XI - As Figuras digitalizadas deverão ter no mínimo 300 dpi de resolução, gravados em formato Jpg ou Tiff. Não serão aceitas figuras que ultrapassem o tamanho estabelecido ou que apresentem qualidade gráfica ruim. Ilustrações em cores serão aceitas para publicação.

XII - Deverá ser adotado o Sistema Internacional (SI) de medidas.

XIII - As equações deverão ser editadas utilizando software compatível com o editor de texto.

XIV - As variáveis deverão ser identificadas após a equação.

XV - Artigos de Revisão poderão ser publicados mediante convite do Conselho Editorial ou Editor-Chefe da Biota Amazônia.

XVI - A revista recomenda que oitenta por cento (50%) das referências sejam de artigos listados na base *ISI Web of Knowledge* e/ou *Scopus* com menos de 10 anos. Recomenda-se minimizar quantitativamente citações de dissertações, teses, monografias, anais, resumos, resumos expandidos, jornais, magazines, boletins técnicos e documentos eletrônicos.

XVII - As citações deverão seguir os exemplos seguintes que se baseiam na ABNT. Citação no texto, usar o sobrenome e ano: Oleksiak (2008) ou (OLEKSIK, 2008); para dois autores Silva e Diniz Filho (2008) ou (SILVA; DINIZ FILHO, 2008); três ou mais autores, utilizar o primeiro e após et al. (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008).

MODELOS DE REFERÊNCIAS

Deverão ser organizadas em ordem alfabética, justificado, conforme os exemplos seguintes que se baseiam na ABNT. Listar todos os autores do trabalho. Os títulos dos periódicos deverão ser completos e não abreviados, sem o local de publicação.

Artigos

OLEKSIK, M. F. Changes in gene expression due to chronic exposure to environmental pollutants. **Aquatic Toxicology**, v. 90, n. 3, p. 161-171, 2008.

SILVA, M. M. F. P.; DINIZ FILHO, J. A. F. Extinction of mammalian populations in conservation units of the Brazilian Cerrado by inbreeding depression in stochastic environments. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 3, p. 800-803, 2008.

ANDRADE JÚNIOR, S. J.; SANTOS JÚNIOR, J. C. S.; OLIVEIRA, J. L.; CERQUEIRA, E. M. M.; MEIRELES, J. R. C. Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. Cv. purpúrea Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição área urbana. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 3, p. 291-294, 2008

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Impactos dos represamentos. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. p. 107-152.

Livros

HAYNIE, D. T. **Biological thermodynamics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

FOSTER, R. G; KREITZMAN, L. **Rhythms of life: the biological clocks that control the daily live of every living thing**. Yale: Yale University Press, 2005.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Impactos dos represamentos. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. p. 107-152.

Monografias, Dissertações e Teses

MACHADO, F. A. **História natural de peixes do Pantanal: com destaque em hábitos alimentares e defesa contra predadores**. 2003. 99 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, Campinas, 2003.

LIPPARELLI, T. **História natural do tucunaré *Cichla cf. ocellaris* (Teleostei, Cichlidae) no rio Piquiri, pantanal de Paiaguás, Estado do Mato Grosso do Sul**. 1999. 295 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista/UNESP, Rio Claro, 1999.

Referências On-line

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA/COMITÊ COORDENADOR DO PLANEJAMENTO DE EXPANSÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS (CCPE). 2002. Plano decenal de expansão 2003-2012. Disponível em <http://www.ccpe.gov.br> (Acessada em 10/09/2005).