

**FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA DISTRIBUIÇÃO DA
ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM
IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**

EVELIN SAMUELSSON

Porto Velho – RO

02/2024

EVELIN SAMUELSSON

**FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA DISTRIBUIÇÃO DA
ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM
IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Rondônia, como requisito para a obtenção do Título de Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Angelo Gilberto Manzatto

Porto Velho – RO

02/2024

Catálogo da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

-
- S193f Samuelsson, Evelin.
Fatores ambientais que influenciam na distribuição da assembleia de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme na Amazônia Sul-Occidental. - Porto Velho, 2024.
- 109f.: il.
- Orientação: Prof. Dr. Angelo Gilberto Manzatto.
- Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, Fundação Universidade Federal de Rondônia.
1. Complexidade estrutural. 2. Floresta de terra firme. 3. Ecologia de ecossistemas. 4. Igarapés da Amazônia. 5. Biodiversidade aquática. I. Manzatto, Angelo Gilberto. II. Título.
- Biblioteca de Porto Velho CDU 574.1



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
BIOTECNOLOGIA – REDE BIONORTE
COMISSÃO DE COORDENAÇÃO ESTADUAL



605ª ATA DE DEFESA DE TESE

No vigésimo oitavo dia do mês de março de dois mil e vinte e quatro, às 08:30h, a doutoranda **Evelin Samuelsson**, defendeu sua Tese de Doutorado intitulada: **“FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA DISTRIBUIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL”**.

Banca de Examinadores:

Membros/Instituição	Parecer	Assinatura
Dr. Ângelo Gilberto Manzatto (UNIR) CPF: 137.870.598-06	Aprovado (X) Reprovado ()	Documento assinado digitalmente ANGELO GILBERTO MANZATTO Data: 28/03/2024 12:30:00-0100 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dr. Paulo Vilela Cruz (UNIR) CPF: 333.650.768-59	Aprovado (X) Reprovado ()	Documento assinado digitalmente PAULO VILELA CRUZ Data: 28/03/2024 15:32:01-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dra. Maria Áurea Pinheiro de Almeida (UNIR) CPF: 420.633.612-15	Aprovado (X) Reprovado ()	Documento assinado digitalmente MARIA AUREA PINHEIRO DE ALMEIDA SILVEIRA Data: 28/03/2024 12:46:52-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dr. Ronaldo de Almeida (UNIR) CPF: 510.780.402-06	Aprovado (X) Reprovado ()	Documento assinado digitalmente RONALDO DE ALMEIDA Data: 28/03/2024 13:29:33-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dr. Wanderley Rodrigues Bastos (UNIR) CPF: 531.334.807-82	Aprovado (X) Reprovado ()	Documento assinado digitalmente WANDERLEY RODRIGUES BASTOS Data: 28/03/2024 15:47:57-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Porto Velho (RO), 28 de março de 2024.

Resultado Final: Aprovado (X) Reprovado ()

Profa. Dra. Carolina Bioni Garcia Teles
Coordenadora Estadual/RO do PPG-BIONORTE

Prof. Livre-Docentes Sandro Percario
Coordenador Geral do PPG-BIONORTE

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu, Evelin Samuelsson, (x) autorizo () não autorizo a publicação da versão final aprovada de minha Tese de Doutorado intitulada “FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA DISTRIBUIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL” no Portal do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE), bem como no repositório de Teses da CAPES ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

Local/Data: Porto Velho, 28 de março de 2024

Evelin Samuelsson

CPF: 02471083161

RG: 142436132

AGRADECIMENTOS

Gostaria de, aqui, nessas poucas linhas, expressar minha gratidão às pessoas que considero importantes e que contribuíram de maneira significativa para a realização desta pesquisa e para a conclusão deste doutorado.

Quero agradecer ao meu orientador Dr. Angelo Gilberto Manzatto (Gil), pela orientação, apoio e dedicação ao longo de todo o processo. Sua experiência, paciência, acompanhamento e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico.

Meu reconhecimento se estende ao Dr. Luiz Hepp, minha primeira referência no estudo de macroinvertebrados aquáticos, e aos pesquisadores Dr. Célio Magalhães, Dr^a Maria Áurea Pinheiro de Almeida Silveira, Dr^a Neusa Hamada, Dr. Leandro Juen, Dr. Gabriel Cestari Vilardi, que além de serem referência na área, sempre foram muito solícitos, seja para o auxílio na identificação dos materiais, quanto no fornecimento de bibliografias e documentos que auxiliaram nesse processo.

Agradeço aos colegas de campo e jornada acadêmica, Alex Eugênio de Oliveira e Uecson Suendel Costa de Oliveira, obrigada pela colaboração, apoio, dedicação e trabalho em equipe durante as expedições á campo.

Às minhas colegas de laboratório Jhackeline Mendes de Jesus e Paula Ferreira, minha gratidão pela troca de conhecimento, apoio mútuo e amizade, sou imensamente grata.

À minha família, pelo encorajamento e suporte, especialmente à minha companheira, Herta, pelo apoio incondicional, compreensão e paciência ao longo de toda essa jornada.

Agradeço ao Centro Universitário Faema - UNIFAEMA que disponibilizou a infraestrutura de laboratórios e equipamentos durante toda a etapa de triagem de material.

Meus agradecimentos à Rede BIONORTE, ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) e à Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERO) pelo financiamento da pesquisa.

Por fim, agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram, seja com apoio, palavras de incentivo e encorajamento, cada um de vocês desempenhou um papel importante durante esses quatro anos de desenvolvimento acadêmico, científico e pessoal.

Muito obrigada a todos, por fazerem parte deste importante capítulo!

“A vida é mais do que ficar só esperando”

Jesse Koz

SAMUELSSON, Evelin. **Fatores ambientais que influenciam na distribuição da assembleia de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme na Amazônia Sul-ocidental.** 2024. 119 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2024.

RESUMO

A Amazônia instiga e desafia pesquisadores das mais diversas áreas, que buscam conhecer sua biodiversidade e decifrar seus padrões ecológicos. Embora o número de pesquisas venha aumentado nos últimos anos, a abrangência ainda é insuficiente, dada a extensão de seu território e sua alta diversidade biológica. Como forma de viabilizar essas pesquisas, as Unidades de Conservação exercem um valioso papel, seja pela preservação desses locais, ou também possibilitando a realização de estudos padronizados. Os macroinvertebrados aquáticos são considerados um dos maiores grupos presentes em ambientes aquáticos, apresentam alta diversidade taxonômica e possuem características que os tornam excelentes representantes da qualidade desses ambientes. Este estudo teve como objetivo geral, compreender os padrões de distribuição dessas comunidades aquáticas em uma escala espacial e temporal, com o objetivo de identificar a diversidade biológica existente, bem como sua composição funcional, procurando responder de que forma os fatores ambientais influenciam a ocorrência e persistência de determinadas espécies nos igarapés de terra firme na região do interflúvio Purus-Madeira. O estudo foi realizado de forma padronizada na Estação Ecológica do Cuniã - Porto Velho, Rondônia, onde foram realizadas amostragens em igarapés de primeira a terceira ordens em três períodos amostrais, águas baixas, enchente e vazante, totalizando 6.320 macroinvertebrados aquáticos coletados, estes também foram classificados em cinco grupos funcionais de alimentação. Os resultados aqui apresentados são inéditos para igarapés de terra firme da região amazônica sul-ocidental, e destacam a importância da heterogeneidade ambiental e sazonalidade na estruturação das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, contribuindo desta forma para o entendimento dos fatores que influenciam esses ecossistemas na Amazônia.

Palavras-chave: Complexidade estrutural; Floresta de terra firme; Ecologia de ecossistemas; Igarapés da Amazônia; Biodiversidade aquática.

ABSTRACT

The Amazon instigates and challenges researchers from diverse fields, seeking to understand its biodiversity and decipher ecological patterns. Despite the increasing number of studies in recent years, the scope remains insufficient, given the vastness of its territory and high biological diversity. Conservation Units play a crucial role, not only in preserving these areas but also in enabling standardized studies. Aquatic macroinvertebrates are considered one of the largest groups in aquatic environments, exhibiting high taxonomic diversity and characteristics that make them excellent indicators of environmental quality. This study aimed to comprehensively understand the distribution patterns of these aquatic communities on a spatial and temporal scale, with the goal of identifying existing biological diversity and functional composition. It sought to answer how environmental factors influence the occurrence and persistence of specific species in terra firme streams in the Purus-Madeira interfluvium region. Conducted in a standardized manner at the Cuniã Ecological Station in Porto Velho, Rondônia, the study involved samplings in first to third-order streams during three sampling periods: low water, flood, and recession, totaling 6,320 collected aquatic macroinvertebrates. These organisms were also classified into five functional feeding groups. The results presented are unprecedented for terra firme streams in the southwestern Amazon region, emphasizing the importance of environmental heterogeneity and seasonality in structuring aquatic macroinvertebrate communities. This contributes to understanding the factors influencing these ecosystems in the Amazon.

Keywords: Structural complexity; Terra firme forest; Ecology of ecosystems; Amazon creeks; Aquatic biodiversity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Os 10 principais países e seu volume de publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science..... 21
- Figura 2.** Os 10 principais periódicos e seu volume de publicação sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base nos dados da Web of Science 24
- Figura 3.** Redes formadas a partir de associações das palavras-chave mais citadas 26
- Figura 4.** Redes formadas no CiteSpace® a partir de associações entre os países e as principais palavras-chave citadas 27
- Figura 5.** Rede de visualização de coautoria para autores com o mínimo de 20 publicações em pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados da Web of Science..... 28
- Figura 6.** O mapa de visualização da rede de citações para 253 publicações com um mínimo de 200 citações, usando VosViewer com base em dados recuperados da Web of Science 29

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Estação Ecológica do Cuniã – ESEC Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura mostra a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés..... 34
- Figura 2.** Classificação dos cursos de água segundo Horton-Strahler 1957..... 36
- Figura 3.** Esquema da metodologia de amostragem e caracterização dos igarapés da ESEC Cuniã. 37
- Figura 4.** Fotografia dos equipamentos que foram utilizados e da medição dos parâmetros físico-químicos da água dos igarapés da ESEC Cuniã. 38
- Figura 5.** Fotografia das medições referentes a morfometria dos igarapés da ESEC Cuniã. 39
- Figura 6.** Fotografia do método de coleta de macroinvertebrados aquáticos dos igarapés da ESEC Cuniã. 40

CAPÍTULO 4

- Figura 1.** Estação Ecológica do Cuniã – ESEC- Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura mostra a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés. 44
- Figura 2.** Análise de componentes principais mista (PCAmix) com a interação das variáveis quantitativas e qualitativas dos igarapés na Estação Ecológica do Cuniã..... 47
- Figura 3.** Análise fatorial múltipla (MFA) relacionando as variáveis físico-químicas, morfométricas, sazonalidade, ordem dos igarapés com os macroinvertebrados aquáticos (artrópodes) coletados na Estação Ecológica do Cuniã. 51

CAPÍTULO 5

- Figura 1.** Estação Ecológica do Cuniã – ESEC- Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura destaca a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés. 63

Figura 2. Análise fatorial múltipla (AFM) relacionando as variáveis físico-químicas, morfométricas, do substrato, identificação hierárquica e sazonalidade dos igarapés da ESEC do Cuniã	66
Figura 3. Análise fatorial múltipla (MFA) relacionando as variáveis: sazonalidade, identificação hierárquica dos igarapés, grupos funcionais alimentares e táxons de macroinvertebrados aquáticos coletados na ESEC do Cuniã.....	72

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

CAPÍTULO 2

Gráfico 1. Correlação de Pearson com a tendência anual de publicações sobre pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados entre 1947 e 2022 da Web of Science.....	20
Tabela 1. Idiomas utilizados nas publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science.....	22
Tabela 2. Clusters das organizações com mais de 100 publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science.....	22
Tabela 3. As 10 principais áreas de pesquisa classificadas por frequência de ocorrência em trabalhos que tratam de macroinvertebrados aquáticos.....	25
Tabela 4. Principais palavras-chave classificadas por frequência de ocorrência em artigos que tratam de macroinvertebrados aquáticos.....	27

CAPÍTULO 4

Gráfico 1. Médias entre os níveis de fatores, analisando os substratos coletados no leito dos igarapés da ESEC Cuniã.	46
Gráfico 2. Médias por nível de fator para as variáveis: largura, profundidade e vazão para a) sazonalidade e b) ordem dos igarapés.	46
Tabela 1. Abundância de macroinvertebrados aquáticos coletados em igarapés de primeira, segunda e terceira ordens, e em diferentes períodos amostrais, águas baixas, enchente e vazante, na Estação Ecológica do Cuniã.	48
Tabela 2. Macroinvertebrados aquáticos coletados nos igarapés da ESEC Cuniã nos diferentes períodos amostrais.	49

CAPÍTULO 5

Gráfico 1. Médias por nível de fator dos grupos funcionais alimentares dos macroinvertebrados aquáticos, por unidade amostral, para as variáveis: a) sazonalidade e b) ordem dos igarapés.	71
Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrões para a análise dos dados morfométricos dos igarapés da ESEC- Cuniã.	65
Tabela 2. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos analisados nos igarapés da ESEC- Cuniã durante os três períodos amostrais.....	65
Tabela 5. Contribuições (%) do primeiro e segundo eixos da análise fatorial múltipla, em relação as variáveis bióticas e abióticas dos igarapés da Estação Ecológica do Cuniã.	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DE PESQUISA MUNDIAL SOBRE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BANCO DE DADOS DA WEB OF SCIENCE ENTRE 1947 E 2022	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	34
3.2 AMOSTRAGEM.....	36
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	40
4 EFEITO DOS FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA REGIÃO DA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	41
5 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E GRUPOS ALIMENTARES FUNCIONAIS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	60
CONCLUSÃO GERAL	83
REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICES.....	93
APÊNDICE 1 – TABELA 2: MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS IDENTIFICADOS NOS 18 PONTOS DE AMOSTRAGEM NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO CUNIÃ, DURANTE OS TRÊS PERÍODOS AMOSTRAIS. ÁGUAS BAIXAS (AB), ENCHENTE (EN) E VAZANTE (VZ).	93
APÊNDICE 2 – INDIVÍDUOS AMOSTRADOS DURANTE O ESTUDO	97
ANEXOS	108
ANEXO 1 – ESTUDO COM MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BIOMA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE CIENTOMÉTRICA	108
ANEXO 2 – ESTUDO COM MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BIOMA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE CIENTOMÉTRICA	109

1 INTRODUÇÃO

A bacia amazônica possui uma grande variedade de ecossistemas e uma enorme riqueza em termos de diversidade biológica e étnica (Marengo, 2006). Está localizada na região tropical, e é considerada a maior bacia de drenagem do mundo, englobando uma grande diversidade de corpos d'água, formada tanto por grandes rios e lagos, e por inúmeros pequenos riachos (igarapés), contribuindo com cerca de 70% do volume de água doce no Brasil (Coutinho, 2017; Junk *et al.* 2011) e abrigando cerca de um quinto das espécies existentes no mundo (Marengo, 2007; INPA, 2009).

Uma característica marcante da região Amazônica, são as alterações periódicas no volume e composição química de suas águas, este fator ocorre devido a sua sazonalidade marcada por estações chuvosas (dezembro a maio) e uma estação seca (julho a outubro) (Junk, 1997, Hamada; Nessimian; Querino, 2014). Este ciclo hídrico rege a vida de todos os organismos da região, alterando o ambiente físico-químico, exercendo influência na estrutura da paisagem e das comunidades biológicas que a habitam (Henderson; Walker, 1986), incluindo também as populações humanas.

Justamente por ser a maior floresta tropical do planeta (Mitschein, 2017), a região Amazônica é, sem dúvidas, a que apresenta maior diversidade biológica conhecida do mundo, com cerca de 10% das espécies de plantas, entre 6% e 10% das espécies de vertebrados e provavelmente uma parte igual ou maior com relação a fauna de invertebrados (Hamada; Nessimian; Querino, 2014).

Embora a Amazônia se apresente como uma região que ocupa um lugar de destaque no cenário mundial, sendo tema de discussões entre ambientalistas, economistas, políticos, e a comunidade internacional como um todo (Cenci, 2018; Hamada; Nessimian; Querino, 2014), ainda há dados insuficientes sobre sua riqueza biológica, constituindo desta forma uma imensa lacuna do conhecimento (Carvalho *et al.*, 2023). Estas lacunas se devem principalmente a fatores como a grande diversidade da região, sua vasta extensão territorial, a dificuldade para acessar as áreas mais remotas e a ausência, ou a pequena quantidade de taxonomistas e especialistas presentes na região, principalmente voltados para estudos da diversidade amazônica (Goldenberg *et al.*, 2012; Hamada; Nessimian; Querino, 2014), o que faz com que as pesquisas na Amazônia, sejam relativamente incipientes e fragmentadas, não impactando de maneira consistente as políticas públicas necessárias para uma região de grande importância mundial (Andrade; Manzatto, 2014).

Os cientistas ainda não foram capazes de estimar, até à ordem de grandeza mais próxima, o número de espécies neste Bioma. Como abordado anteriormente, embora a Amazônia seja uma das maiores florestas do mundo, é também uma das menos conhecidas biologicamente. Documentar a sua biodiversidade é um desafio devido ao seu imenso

tamanho, heterogeneidade e acesso limitado (SPA, 2021). Ainda falta um conhecimento mais profundo dos padrões de biodiversidade e a rotação espacial das assembleias de espécies em diferentes escalas permanece pouco compreendida.

O filo dos artrópodes constitui o maior grupo animal da biosfera compreendendo cerca de três quartos de todas as espécies conhecidas, com mais de um milhão de espécies catalogadas, contemplando animais que se dispersam em uma grande diversidade de nichos nos ecossistemas, preenchendo uma variedade de papéis ecológicos (Marinho *et al.*, 2021)

Devido ao seu curto tempo de vida, os artrópodes e invertebrados de maneira geral respondem rapidamente a modificações em seu ambiente (Kremen *et al.*, 1993). A maioria dos grupos de artrópodes está fortemente ligada às características do ambiente, tais como o relevo, a paisagem, o clima e o solo, e são altamente vulneráveis às alterações deste ambiente (Tourinho, 2007; Bragagnolo *et al.*, 2007).

As florestas tropicais, contudo, vêm sofrendo nos últimos anos com o paradoxo de possuírem alta biodiversidade, porém com o aumento exponencial de extensas áreas desflorestadas (Mayhew *et al.*, 2019). Na Amazônia, o processo de fragmentação por meio da ação antrópica ocorre desde o início da década de 60, devido à construção de estradas que ligam o Centro-Sul do país à região Norte (Alencar *et al.*, 2004)

O estado de Rondônia vem perdendo de forma acelerada grandes porções florestais por meio de diversas ações antrópicas. Conforme revelam os dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), durante o período de 2008 a 2023, Rondônia desmatou um total de 16.350,98 km², posicionando o estado como o quarto lugar no ranking dos estados com maior taxa de desmatamento na Amazônia Legal (PRODES, 2023).

De acordo com os dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação de 2024, a Amazônia Legal abriga um total de 381 Unidades de Conservação (UCs). Dessas, 9,96% (420.041 km²) são classificadas como UCs de Proteção Integral, enquanto 18,29% (766.840 km²) são UCs de Uso Sustentável. No total, as UCs correspondem a aproximadamente 29% do território amazônico. O estado de Rondônia conta com 75 UCs, com uma área total de 55.813,05 km². A Unidade de Conservação Estação Ecológica do Cuniã (ESEC do Cuniã), situada às margens da rodovia BR319, que conecta Porto Velho a Manaus, tem experimentado significativos impactos nos últimos anos. Com a pavimentação da via entre Porto Velho e Humaitá (AM), juntamente com a inauguração da ponte sobre o rio Madeira no ano de 2014, a acessibilidade à região foi facilitada, resultando em um aumento substancial do deslocamento populacional (ICMBIO, 2018). Observa-se uma expansão da fronteira agrícola na região, intensificando os efeitos antrópicos no entorno da ESEC do Cuniã, o que acarreta mudanças significativas em sua paisagem, conforme demonstrado por Pansini *et al.*, (2016) e Andrade *et al.*, (2017).

Neste sentido, as Unidades de Conservação funcionam como barreiras do avanço das atividades antrópicas de modificação do uso da terra, possibilitando o estudo das comunidades biológicas que se mantêm conservadas nesses ambientes (Rylands; Pinto 1998).

A alta diversidade da fauna aquática está associada com a heterogeneidade ambiental dos ambientes aquáticos amazônicos. Estudos indicam que corpos d'águas menores, como os igarapés, não seguem a mesma tendência anual dos rios e lagos das planícies de inundação (Walker, 1995), portanto, as variações sazonais nesses ambientes, normalmente alteram significativamente as características físicas e químicas da água (Tejerina-Garro *et al.* 1998), o que pode vir a ser um fator determinante na estruturação da sua fauna aquática. Além disso, essas mudanças expandem e contraem sazonalmente os ambientes, regulando as comunidades aquáticas (Junk *et al.* 1989) e tornando estes ambientes muito dinâmicos e biodiversos.

Neste contexto, as comunidades de macroinvertebrados aquáticos podem ser influenciadas por uma série de fatores, tanto em nível local, como o tipo de substrato, a composição química da água e as condições do habitat, quanto em nível regional, como a latitude, o bioma e o continente (Vinson; Hawkins, 1996). Além disso, as mudanças ao longo do tempo também exercem influência, com variáveis bióticas e abióticas interagindo para determinar a estrutura da comunidade (Brosse *et al.*, 2003). Qualquer alteração em um desses fatores pode interferir na composição e distribuição destes organismos aquáticos que são sensíveis às condições ecológicas, incluindo a heterogeneidade do habitat (Heino *et al.*, 2003) e a qualidade da água (Soldner *et al.*, 2004; Weigel *et al.*, 2003).

De acordo com Brandimarte e Melo (2016), os primeiros estudos em território brasileiro relacionados aos macroinvertebrados aquáticos, foram feitos inicialmente por pesquisadores estrangeiros, como o cientista holandês Herman Kleerekoper (1944) e o entomologista alemão Ernst Fittkau (1967; 1971).

Na região Norte do Brasil, os primeiros registros de estudos ecológicos sobre a ordem Chironomidae na Amazônia, foram conduzidos na década de 1960 pelo entomologista alemão Ernst Josef Fittkau (1967; 1971) que publicou artigos sobre a temática, e a geneticista suíça Ilse Walker (1978), que também desenvolveu trabalhos sobre as teias alimentares incluindo organismos bentônicos na região amazônica.

Estudos com macroinvertebrados aquáticos se concentram em diversas áreas, entre elas podemos citar nas áreas de Ecologia, na qual podemos destacar trabalhos com análise de comunidades de macroinvertebrados aquáticos em função da sua distribuição no gradiente, a exemplo dos trabalhos de Brito Junior, Abílio e Watanabe (2005); Molina *et al.* (2008), estudos sobre os efeitos de processos antropogênicos como os estudos desenvolvidos por Callisto *et al.* (2001); Ribeiro *et al.* (2009); Cardoso e Novaes (2013);

Martins *et al.* (2016) e Couceiro *et al.* (2011). Trabalhos como os desenvolvidos por Montag (2019), Leal (2007), Paiva (2021) e Santos *et al.* (2024) com a utilização de comunidades e de grupos taxonômicos considerados sensíveis, principalmente Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera como bioindicadores; macroinvertebrados aquáticos e sua participação no processo de cadeia alimentar, Duarte (2019); Freitas (2011); Molina *et al.* (2011), além de trabalhos sobre interação com o sedimento e fluxo de energia. Trabalhos na área de taxonomia e registros de novas espécies, com os estudos de Santos e Nessimian (2010), Camargos, Touma e Holzenthal (2017), Braga e Ferreira Júnior (2011), estes são apenas alguns exemplos das áreas e aplicações utilizadas para esse grupo taxonômico.

Nessimian, Sampaio e Dumas (2014) relatam que a maioria dos estudos referentes a taxonomia de insetos aquáticos se encontram na região sudeste do Brasil, e os estudos realizados na região Norte estão concentrados principalmente nos estados do Amazonas e Pará, o que demonstra a desigualdade na região em relação a distribuição de grupos e instituições de pesquisa, realçando desta forma a necessidade de criação de novos centros de pesquisa ou da inclusão de recursos humanos na área de taxonomia de insetos aquáticos nas universidades existentes nos demais estados.

A região Norte do Brasil, juntamente com a região Centro-Oeste, ainda são regiões brasileiras com baixo percentual de publicações científicas relacionadas aos macroinvertebrados aquáticos (Samuelsson, Manzatto; Soeiro, 2022), o que demonstra uma acentuada heterogeneidade espacial da produção científica do país, sendo que as regiões Sudeste e Sul são as que mais produzem conteúdos científicos em âmbito geral (Sidone; *et al.*, 2016). Estes dados apontam a necessidade de políticas públicas de desenvolvimento, buscando estreitar às acentuadas disparidades na distribuição dos recursos científicos e tecnológicos visando a diminuição da desigualdade regional na produção científica (Samuelsson, Manzatto; Soeiro, 2022) e realçando a necessidade de criação de novos centros de pesquisa ou da inclusão de recursos humanos na área de taxonomia de insetos aquáticos nas universidades existentes nesses estados.

Desta forma, considerando sua diversidade, importância, e a variedade de papéis ecológicos desempenhados pelos macroinvertebrados aquáticos, como por exemplo o seu auxílio na manutenção dos sistemas hídricos, por meio da ciclagem de nutrientes (Resh; Jackson, 1993) participação da cadeia alimentar de organismos aquáticos (Callisto; Gonçalves Jr; Moreno, 2002; Perrow; Jowitt; Johnson, 1996) e terrestres (Roque *et al.*, 2003), faz-se necessário compreender os padrões de distribuição espacial dessas comunidades em igarapés de terra firme, como forma de desvendar a intrincada dinâmica ecológica desses ambientes únicos, podendo assim esclarecer seus processos ecológicos e contribuir para uma compreensão mais ampla dos ecossistemas tropicais de água doce, com dados que possam auxiliar nos processos de conservação e gestão, reforçando a importância da unidade de

conservação na manutenção e conservação dos ambientes e organismos aquáticos amazônicos.

Nesta Tese, portanto, propomo-nos a responder algumas questões referentes aos padrões de distribuição de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme na região do interflúvio Madeira-Purus como:

Quais são os efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra-firme no interflúvio Madeira-Purus?

As assembleias de macroinvertebrados aquáticos apresentam padrões de distribuição ao longo dos gradientes longitudinais?

A sazonalidade exerce influência na composição e distribuição dos macroinvertebrados aquáticos nos igarapés analisados?

Qual a composição dos grupos funcionais alimentares de macroinvertebrados aquáticos e como ocorre sua distribuição nos igarapés de terra-firme da ESEC do Cuniã?

Por meio de uma série de amostragens padronizadas, em igarapés de primeira a terceira ordens, abordamos com base em dados ecológicos, fatores que podem influenciar na composição e distribuição de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme amazônicos, localizadas no trecho do interflúvio Madeira-Purus.

No primeiro capítulo, apresentamos a composição e abundância de macroinvertebrados aquáticos que ocorrem nos igarapés de terra firme do interflúvio Madeira-Purus. Demonstramos também dados sobre os igarapés da na Estação Ecológica do Cuniã, incluindo parâmetros físico-químicos, morfométricos e de substrato, e exploramos como esses fatores podem influenciar as comunidades de macroinvertebrados aquáticos. Ao compilar dados abióticos e bióticos, identificamos os fatores que atuam sobre esses ecossistemas amazônicos.

No segundo capítulo, investigamos a categorização funcional trófica da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e os fatores que influenciam sua distribuição espacial em igarapés de terra firme, localizados na Estação Ecológica do Cuniã. As respostas a essas questões contribuirão para uma compreensão mais ampla sobre o fluxo de energia e das interações tróficas que influenciam a estabilidade e dinâmica dos ecossistemas tropicais de água doce na Bacia Amazônica.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a ocorrência, composição e distribuição de macroinvertebrados aquáticos e sua relação com a complexidade estrutural da rede de drenagem (parâmetros físico-químicos, morfometria dos igarapés e composição do substrato) em igarapés de terra firme no norte do Estado de Rondônia (Estação Ecológica do Cuniã).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer o marco zero do monitoramento, inventariando insetos aquáticos nos igarapés de terra firme inseridos na microbacia do Aponia;
- Identificar quais os principais preditores ambientais que influenciam na estrutura das comunidades de macroinvertebrados aquáticos nos igarapés da ESEC do Cuniã;
- Relacionar os táxons da macrofauna aquática ao tipo de substrato em igarapés da Região Amazônica;
- Avaliar se a sazonalidade amazônica exerce efeito sobre a estrutura das comunidades de macroinvertebrados aquáticos;
- Verificar se a estrutura das comunidades de macroinvertebrados aquáticos se organiza em razão do gradiente longitudinal;
- Classificar os macroinvertebrados aquáticos em seus grupos funcionais alimentares e verificar a distribuição desses grupos nos igarapés da ESEC do Cuniã;
- Contribuir para o estado de conhecimento da reserva, tendo em vista o elevado grau de ameaça do bioma amazônico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DE PESQUISA MUNDIAL SOBRE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BANCO DE DADOS DA WEB OF SCIENCE ENTRE 1947 E 2022

Resumo¹: O estudo teve como objetivo analisar as tendências mundiais nos estudos relacionados a macroinvertebrados aquáticos através dos instrumentos da Cientometria. O estudo cientométrico foi conduzido no portal Web of Science, com acesso ao conteúdo integral, utilizando a busca booleana com as seguintes combinações de palavras: “aquatic macroinvertebrates” OR “aquatic macroinvertebrate” OR “aquatic insects” OR “aquatic insect” OR “benthic macroinvertebrates” OR “benthic macroinvertebrate” OR “benthic community” OR “benthic communities”. A busca resultou em n=17.997 trabalhos científicos, cujo tema estava relacionado ao estudo de macroinvertebrados aquáticos, em um recorte temporal de 75 anos. Verificou-se que a produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos aumentou no decorrer dos anos de 1947 a 2022, apresentando correlação positiva entre o número de estudos e o ano de publicação ($R=0,84$). A análise identificou publicações em 182 países, sendo que, 58.89% dos estudos foram realizados no Estados Unidos da América (EUA), Canadá, Brasil, Alemanha e Espanha. As pesquisas se concentraram principalmente na área de Environmental Sciences Ecology. Foi possível concluir que há uma tendência para a continuidade e o aumento da produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos em nível global, os quais os países, pesquisadores e instituições que mais publicam são aquelas que o incentivo e as redes de cooperação entre autores são mais fortes.

Palavras-chave: Insetos aquáticos. Comunidades aquáticas. Produção científica. Cientometria.

Abstract: The study aimed to analyze world trends in studies related to aquatic macroinvertebrates through the instruments of Scientometrics. The scientometric study was conducted on the Web of Science portal, with access to the full content, using the Boolean search with the following word combinations: “aquatic macroinvertebrates” OR “aquatic macroinvertebrate” OR “aquatic insects” OR “aquatic insect” OR “benthic macroinvertebrates” OR “benthic macroinvertebrate” OR “benthic community” OR “benthic communities”. The search resulted in n=17,997 scientific works, whose theme was related to the study of aquatic macroinvertebrates, in a time frame of 75 years. It was found that the scientific production related to aquatic macroinvertebrates increased over the years 1947 to 2022, with a positive correlation between the number of studies and the year of publication ($R=0.84$). The analysis identified publications in 182 countries, with 58.89% of the studies being carried out in the United States of America (USA), Canada, Brazil, Germany and Spain. Research has concentrated mainly in the area of Environmental Sciences Ecology. It was possible to conclude that there is a tendency for the continuity and increase of scientific production related to aquatic macroinvertebrates at a global level, which the countries, researchers and institutions that most publish are those that the incentive and cooperation networks between authors are stronger.

Keywords: Aquatic insects. Aquatic communities. Scientific production. Scientometrics.

¹ Este artigo segue as normas de publicação da revista *Científica Faema*, na qual foi publicado. *Qualis Capes B1*. Disponível em: <https://revista.unifaema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/1335/1182>

Introdução

Os Macroinvertebrados Aquáticos são encontrados em sedimentos, coluna d'água, raízes, folhas e galhos de plantas aquáticas, podendo ser água doce, marinha ou salobra. Além disto, são visíveis a olho nu ($>0,59\text{mm}$ de diâmetro) ^(1, 2). Esses invertebrados se distribuem em uma variedade de grupos taxonômicos, que incluem: as planárias (Platelmintos) minhocas e sanguessugas (Anelídeos), caramujos e bivalves (Moluscos), camarões e caranguejos (Crustáceos), insetos etc. Considerados um importante componente do sistema aquático, os macroinvertebrados atuam em diversos processos e ciclos desse ambiente, como a ciclagem da matéria, fonte de alimentação de peixes, energia, nutrientes e contribuem com o equilíbrio do sistema, pois são bioindicadores da qualidade da água e ajudam no biomonitoramento do ecossistema aquático ⁽³⁾.

Estudos com macroinvertebrados aquáticos se concentram em diversas áreas, entre elas podemos citar: as áreas de Ecologia, com trabalhos de Rieck & Sullivan ⁽⁴⁾, Min, Lee & Kong ⁽⁵⁾; trabalhos com análise de estruturas de comunidades, a exemplo de Oleszczuk, Grzelak & Kedra ⁽⁶⁾.

Macroinvertebrados aquáticos também são muito utilizados como bioindicadores ambientais, conforme citado nos trabalhos de Ruaro *et al.* ⁽⁷⁾; Pastorino *et al.* ⁽⁸⁾; Morais *et al.* ⁽⁹⁾; Souto, Corbi & Jacobucci ⁽¹⁰⁾; e Brito *et al.* ⁽¹¹⁾. Além dos estudos desenvolvidos por Sabha *et al.* ⁽¹²⁾; Fekadu *et al.* ⁽¹³⁾; Kownacki & Szarek-Gwiazda ⁽¹⁴⁾; Espinoza-Toledo *et al.* ⁽¹⁵⁾ e Musonge *et al.* ⁽¹⁶⁾ sobre os efeitos dos processos antropogênicos nas comunidades de macroinvertebrados aquáticos.

É possível encontrar também trabalhos sobre interação com o sedimento e fluxo de energia, como o estudo de Wieringa *et al.* ⁽¹⁷⁾. Os trabalhos na área de taxonomia e registros de novas espécies continuam avançando são encontrados nos estudos de Santos e Nessimian ⁽¹⁸⁾, Padilla-Gil ⁽¹⁹⁾, Boas & Camargos ⁽²⁰⁾, Hamada, Silva & Pedroza ⁽²¹⁾, Graf & Vitecek ⁽²²⁾; com identificação de espécies a nível molecular no trabalho de Menabit *et al.* ⁽²³⁾; estes são apenas alguns exemplos das áreas e aplicações utilizadas para esse grupo taxonômico.

Nesse sentido, a comunicação científica sobre macroinvertebrados aquáticos enquanto prática da ciência reafirma a importância das publicações e divulgação de informação e produtos científicos na área, que especificam cada vez mais os estudos e contribuem para o desenvolvimento de novos métodos de biomonitoramento, diretamente relacionados à conservação e preservação do ecossistema aquático. As atividades desenvolvidas e publicadas por entidades ambientais em parceria ou não com instituições de ensino são essenciais para o progresso da comunicação científica, com vistas a tornar a

informação acessível para diversos grupos a nível nacional e internacional, é nesse processo que a sociedade se beneficia com o investimento na ciência ⁽²⁴⁾.

Em função do avanço científico-tecnológico e do volume de publicações que vêm crescendo em todas as áreas do conhecimento ao longo dos anos, houve a necessidade de se formular um instrumento capaz de medir e analisar a produção científica a partir de análise estatísticas com ferramentas específicas. Sendo assim, a Cientometria surgiu na década de 1970 com esse objetivo: mensurar quantitativamente o progresso científico em determinada área, isto significa que os instrumentos da cientometria, entre eles a bibliometria e a infometria, por exemplo ⁽²⁵⁾. Este instrumento é de suma importância, pois direciona novos campos de atuação tanto para pesquisadores quanto para os órgãos de fomento à pesquisa e instituições de ensino; além do mais, permite a visualização do estado da arte de determinado campo e como ocorre a evolução das atividades de pesquisa ⁽²⁶⁾.

Considerando a ampla distribuição global, sua vasta diversidade e importância ecológica, o objetivo deste trabalho foi utilizar os instrumentos da Cientometria para avaliar a tendência global dos estudos sobre macroinvertebrados aquáticos. As principais questões analisadas neste estudo foram: i) a tendência temporal dos estudos relacionados a macroinvertebrados aquáticos de 1947 a 2022; ii) quais países, organizações e agências de fomentos que mais contribuíram; iii) quais as palavras-chave e áreas de pesquisa mais frequentes; iv) quais são as publicações altamente impactadas; v) os periódicos e idiomas mais utilizados; e vi) rede de coautoria entre os autores. Essas análises fornecem informações importantes sobre o andamento das pesquisas sobre os macroinvertebrados aquáticos em nível global e as possíveis lacunas de conhecimento existentes para esse grupo. No entanto, os indicadores aqui visualizados não têm a pretensão de esgotar a discussão acerca do tema, apenas mensurar um recorte de um campo abrangente a partir de critérios pré-estabelecidos.

Metodologia

Este trabalho possui abordagem quanti-qualitativa, quantitativa por utilizar os métodos e técnicas estatísticas orientadas pelos instrumentos da Cientometria, para fins de análise e exposição dos resultados. Conforme explica Silva, Hayashi e Hayashi (2011, p. 13) ⁽²⁷⁾, a Cientometria “consiste em analisar a atividade científica ou técnica pelos estudos quantitativos das publicações”. O caráter qualitativo se dá pela revisão bibliográfica dos assuntos abordados e a interpretação dos resultados, bem como os conceitos e pretextos que nortearam os objetivos da pesquisa, que, segundo Gil ⁽²⁸⁾, é feita a partir de material já publicado sobre o assunto.

A base de dados escolhida para a pesquisa foi o portal *Web Of Science*, que tem cobertura global, que inclui periódicos de acesso aberto e privado. Esta base é utilizada em

pesquisas bibliométricas das mais diversas áreas do conhecimento, pois contém dados completos da literatura (por exemplo, título, autor, resumo, palavras-chave, ano de publicação, referências e citações).

A pesquisa na base foi realizada no mês de novembro de 2022. Foram analisados aspectos quantitativos e qualitativos de trabalhos científicos publicados, não foi definido o período específico para a pesquisa, portanto foram contabilizados todos os trabalhos publicados, estes encontraram-se em um recorte temporal de 1947 a 2022 que tratavam sobre o estudo de macroinvertebrados aquáticos.

Para este estudo, foi utilizada a busca Booleana com as seguintes combinações de palavras: “*aquatic macroinvertebrates*” OR “*aquatic macroinvertebrate*” OR “*aquatic insects*” OR “*aquatic insect*” OR “*benthic macroinvertebrates*” OR “*benthic macroinvertebrate*” OR “*benthic community*” OR “*benthic communities*”. Para os critérios de inclusão as palavras da busca deveriam constar no título, palavras-chave ou resumo. A partir dessa busca, foram gerados 17.997 resultados. Todos os dados sobre as publicações foram extraídos da plataforma *Web Of Science* no formato de texto com os dados de registro completos e referências, os dados também foram salvos em arquivo *Excel* em formato de registro completo com dados de citação.

Os dados referentes aos anos e número de publicações foram tabulados utilizando o *software Excel*® e posteriormente analisados através do programa estatístico *XLSTAT*® e *Orange*®.

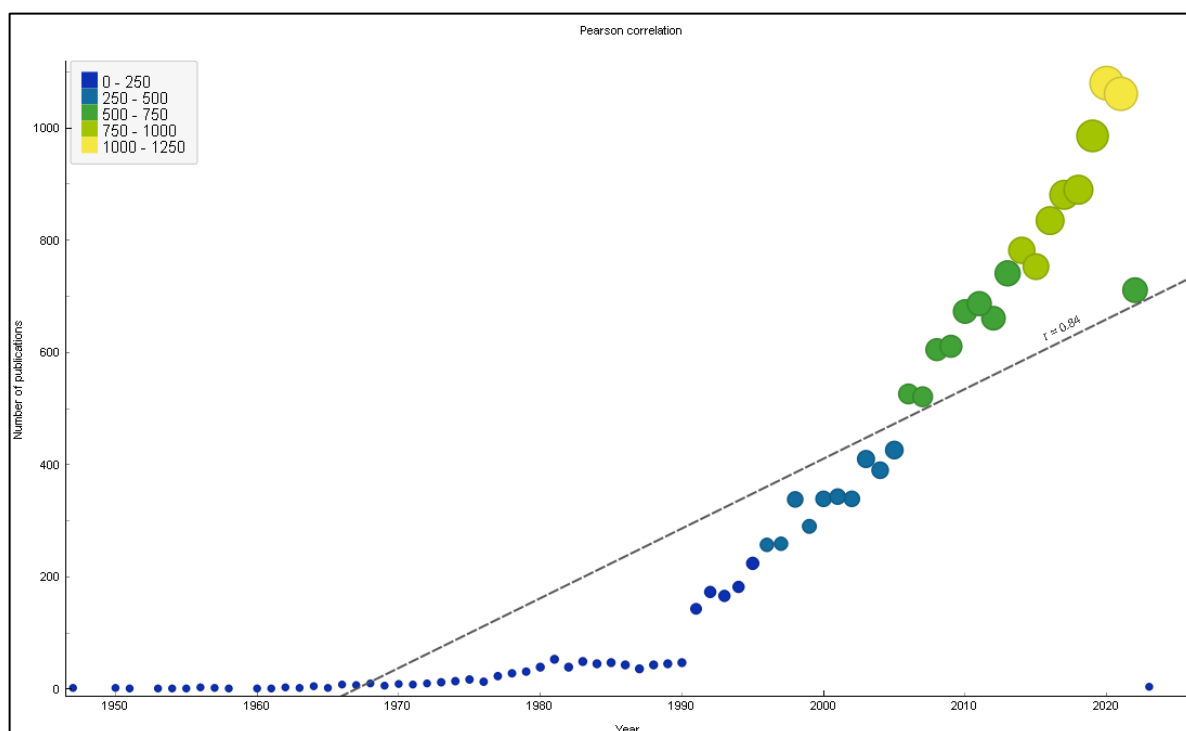
Para análise das conexões de rede de publicações científicas, revistas científicas, pesquisadores, países, instituições, palavras-chave, citação de co-ocorrência e acoplamento bibliográfico utilizamos os softwares *CiteSpace*®, versão 6.1.R3 e *VOSViewer*™, versão 1.6.17. Estes *softwares* são ferramentas utilizadas para o estudo analítico e possibilitam a visualização de redes bibliométricas, gerando um resultado gráfico baseado na quantidade e força total dos links, no qual quanto maior o círculo e os nós de ligação, mais relevante é o tópico, e, respectivamente, as conexões de rede ^(29, 30).

Resultados e Discussões

Evolução Temporal

Observou-se um aumento no número de publicações no decorrer dos anos, principalmente nas últimas duas décadas. O teste de correlação linear de Pearson analisando o número de publicações (n=17.997) entre os anos de 1947 até 2022, apresentou resultados de R=0,84 e P=0,001 (gráfico 1).

Gráfico 1: Correlação de Pearson com a tendência anual de publicações sobre pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados entre 1947 e 2022 da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Os artigos mais antigos recuperados na base de dados da Web Of Science dataram de 1947, sendo eles o trabalho de Thorpe & Crisp ⁽³¹⁾ “*studies on plastron respiration; the biology of aphelocheirus [hemiptera, aphelocheiridae (naucoridae) and the mechanism of plastron retention*” publicado no periódico Journal of Experimental Biology; e também o trabalho de Macan ⁽³²⁾ “*taxonomy of aquatic insect nymphs and larvae*” publicado no periódico Nature, no qual o autor já relatava a importância das redes de cooperação para cobrir as lacunas de conhecimento existentes sobre a identificação das larvas de insetos aquáticos.

Há uma tendência crescente no número de publicações a partir dos anos 2000, sendo que 84.77% das publicações sobre macroinvertebrados aquáticos estão entre os anos de 2000 e 2022. O número de publicações do ano de 2022 apresentam-se abaixo, devido ao recorte temporal deste estudo (11/2022). O aumento do número de publicações nas últimas décadas, relacionadas a macroinvertebrados aquáticos, também foi encontrado em estudos de Brandimarte e Melo ⁽³³⁾ e Samuelsson, Manzatto e Soeiro ⁽¹⁾.

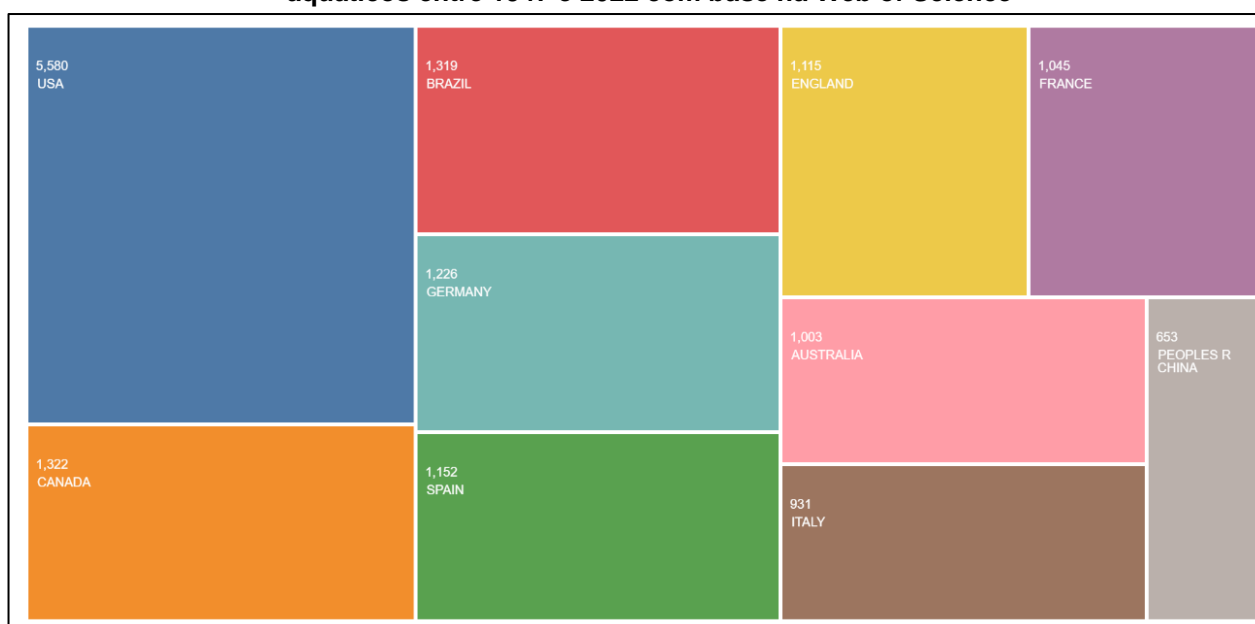
Países e idiomas

Com um *corpus* de 17.997 artigos publicados sobre a temática de macroinvertebrados aquáticos no cenário mundial, foi possível verificar que os estudos nos últimos setenta e cinco

anos, foram realizados em 182 países, sendo que, 144 registros (0,80%) não continham dados sobre o país e, portanto, não puderam ser analisados.

Dentre os principais países que publicaram trabalhos sobre macroinvertebrados aquáticos, segundo dados da *Web of Science*, podemos destacar: *United States of America (USA)*, *Canada*, *Brazil*, *Germany* e *Spain*, estes cinco países juntos representam o total de 58.89% das publicações analisadas (Figura 1).

Figura 1. Os 10 principais países e seu volume de publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science



Fonte: WoS com dados da Pesquisa (2022).

Foram identificados 10 idiomas nos quais os trabalhos foram publicados (tabela 1). O idioma predominante nas publicações foi a língua inglesa (97.86%), isso se dá pela universalização da língua inglesa, que, principalmente no contexto da pesquisa científica, possibilita um maior acesso a essas publicações, não restrito às fronteiras linguísticas, e, desta maneira, aumenta seu alcance e impacto no meio científico.

Tabela 1. Idiomas utilizados nas publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science

Languages	Number of Publications	%
English	17.613	97.87%
Spanish	176	0.98%
French	84	0.47%
Portuguese	53	0.29%
Russian	42	0.23%
German	13	0.07%
Japanese	11	0.06%
Malay	2	0.01%
Croatian	1	0.01%
Italian	1	0.01%
Unspecified	1	0.01%

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Organizações e agências de fomentos que mais contribuíram

Analizamos a filiação institucional dos autores e obtivemos um total de 9.026 instituições diferentes. Para a análise de clusters utilizamos como critério incluir as instituições que publicaram mais de 100 trabalhos sobre macroinvertebrados aquáticos, resultando em n=27, estas instituições foram agrupadas em 5 clusters (tabela 2).

A *United States Geological Survey* é a organização que possui maior volume de publicações (n=339), seguida pela *Russian Academy Of Sciences* (n=220) e *United States Environmental Protection Agency* (n=210). Em relação ao número de citações, as três principais organizações são a *United States Geological Survey* (n=12.288), demonstrando mais uma vez sua influência na área, em segundo lugar a *CSIC Centro Mediterraneo de Investigaciones Marinas y Ambientales CMIMA* (n=2.866) e a *University Of Barcelona* (n=2.265). Além disso, a *CSIC Centro Mediterraneo de Investigaciones Marinas y Ambientales CMIMA*, a *United States Geological Survey* e a *Oregon State University* foram as instituições que mais colaboraram com outras organizações, conforme indicado por seu número de força de links.

Tabela 2. Clusters das organizações com mais de 100 publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science

Cluster	Organization	Documents	Citations	Total Link strength
1	Centre National De La Recherche Scientifique CNRS	104	3073	25
	Csic Centro Mediterraneo De Investigaciones Marinas Y Ambientales Cmima	202	2866	10
	National Institute Of Water Atmospheric Research Niwa New Zealand	134	5663	31
	University Of Barcelona	188	8265	77
	Universidade De Coimbra	104	3577	21

	University Of Genoa	117	4544	27
	University Of Helsinki	101	3061	10
	National Oceanic Atmospheric Admin Noaa Usa	137	4938	52
	Oregon State University	194	7810	79
2	University System Of Maryland	109	5756	17
	University Of Minnesota	102	3056	21
	University Of Washington	114	6867	48
	United States Environmental Protection Agency	210	8176	69
	Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre For Polar Marine Research	104	5573	34
3	Fisheries Oceans Canada	117	3156	19
	Ifremer	135	6362	40
	Russian Academy Of Sciences	220	3670	19
	University Of California San Diego	114	7081	47
	Ghent University	135	6362	40
	Chinese Academy Of Sciences	202	2866	10
4	Colorado State University	139	6286	40
	University Of California Berkeley	113	5801	31
	University Of Georgia	144	7303	34
	United States Geological Survey	339	12288	90
	James Cook University	109	3478	19
5	Universidade Federal Do Rio De Janeiro	130	2354	31
	Universidade De São Paulo	173	2872	41

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Ao analisarmos as principais agências que têm por finalidade fomentar a pesquisa científica e tecnológica, além de estimular a formação de pesquisadores, por meio da concessão de bolsas ou auxílios, verificamos que, dos 17.997 trabalhos publicados, 8.536 (47.43%) não apresentaram dados relacionados às agências de fomento, esta informação demonstra que muitos pesquisadores trabalham sem auxílios e estímulos financeiros para o desenvolvimento de pesquisas na área.

Entre as principais agências de fomento, estão o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (n=724 ou 4.02%), a *National Science Foundation* - NSF (n= 724 ou 4.02%), a *European Commission* (n= 676 ou 3.76%), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (n = 450 ou 2.50%), e a *Uk Research Innovation* - Ukri (n= 368 ou 2.05%).

Neste sentido, os dados apontam que, EUA e Brasil, que são dois dos principais países com o maior número de publicações na área, também são os dois países que possuem os maiores números de trabalhos publicados com auxílio de agências de fomento. Cabe, portanto, destacar a importância atual das agências de fomento à pesquisa, estes incentivos contribuem para desenvolvimento, finalização e publicação de trabalhos científicos e consequentemente para o desenvolvimento tecnológico e destaque científico de seus países, além do retorno para sociedade.

Periódicos e áreas de pesquisa

Os autores publicaram seus trabalhos em 1.726 periódicos diferentes. Dentre estes periódicos, 33 deles publicaram mais de 100 artigos relacionados a área. Com destaque para o periódico *Hydrobiologia* que foi o mais utilizado (815 ou 4.53%), seguido por *Freshwater Biology* (533 ou 2.96%), *Marine Ecology Progress Series* (501 ou 2.78%) e *Ecological Indicators* (395 ou 2.20%) com base nos dados da Web of Science (Fig. 2).

Figura 2. Os 10 principais periódicos e seu volume de publicação sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base nos dados da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Todos os periódicos e publicações disponíveis na base de dados da *Web of Science* são atribuídos a pelo menos uma categoria de assunto. Os trabalhos foram agrupados em 91 áreas gerais de pesquisa, segundo dados da *Web of Science*, sendo *Environmental Sciences Ecology* (8.800 trabalhos) e *Marine Freshwater Biology* (7.384 trabalhos) as principais áreas, ambas representam um total de 89.93% das áreas de pesquisa relacionadas aos macroinvertebrados aquáticos, conforme tabela 3.

Tabela 3. As 10 principais áreas de pesquisa classificadas por frequência de ocorrência em trabalhos que tratam de macroinvertebrados aquáticos

Research Areas	Number of publications	%
Environmental Sciences Ecology	8,800	48.90%
Marine Freshwater Biology	7,384	41.03%
Oceanography	2,323	12.91%
Biodiversity Conservation	1,437	7.99%
Zoology	1,162	6.46%
Fisheries	1,012	5.62%
Water Resources	915	5.08%
Entomology	785	4.36%
Geology	753	4.18%
Toxicology	738	4.10%

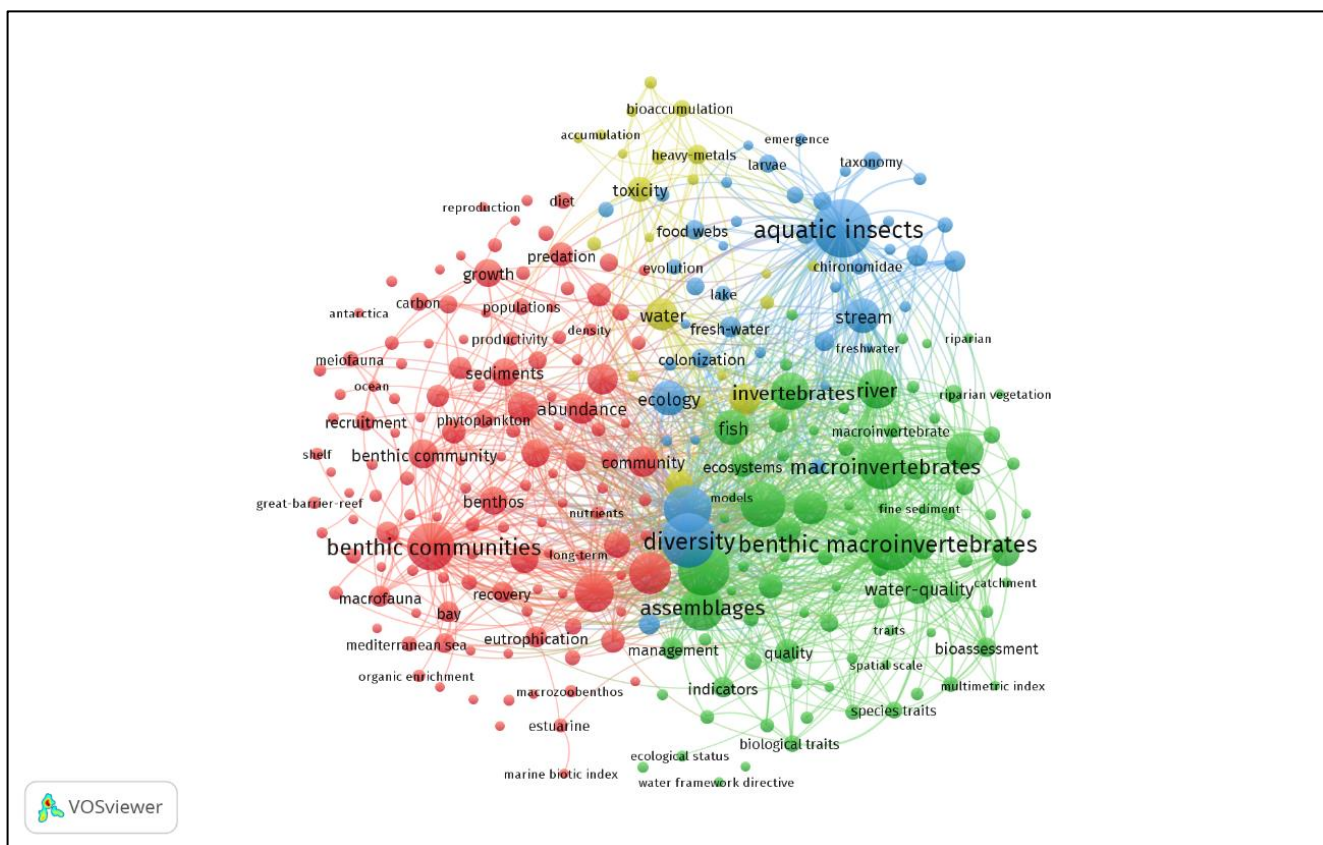
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

O tipo de documento dominante é o artigo completo publicado em periódico científico, que responde por $n=16.674$ ou 92,65% do total de publicações, seguido de *Proceeding Paper* com $n=1.100$ ou 6.11% das publicações e artigos de revisão que respondem por $n=645$ ou 3.58% do total de publicações.

Palavras-chave

As publicações analisadas capturaram $n=43.564$ palavras-chave listadas pelos autores. Para a análise, aplicamos como critério que cada palavra deveria aparecer em pelo menos 100 publicações, sendo assim, chegamos a um total de 277 palavras-chaves, que foram agrupadas em 97.461 *links* e 4 clusters identificados por cores, sendo que o tamanho do nó indica a frequência de ocorrência de cada palavra (Fig. 3).

Figura 3. Redes formadas a partir de associações das palavras-chave mais citadas



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Essas palavras-chave são agrupadas em quatro grupos: vermelho, verde, azul e amarelo (Figura 3). O cluster de cor vermelha é referente às comunidades bentônicas, e é o cluster com maior número de itens, 129. O cluster de cor verde está relacionado à macroinvertebrados bentônicos associados principalmente a questão de biomonitoramento e bioindicadores, o cluster apresenta 84 itens. O cluster de cor azul tem como tema insetos aquáticos e biodiversidade, enquanto o cluster de cor amarela é apresentado por componentes relacionados a parâmetros da água, como bioacumulação, metais e pesticidas, o cluster apresenta 21 itens.

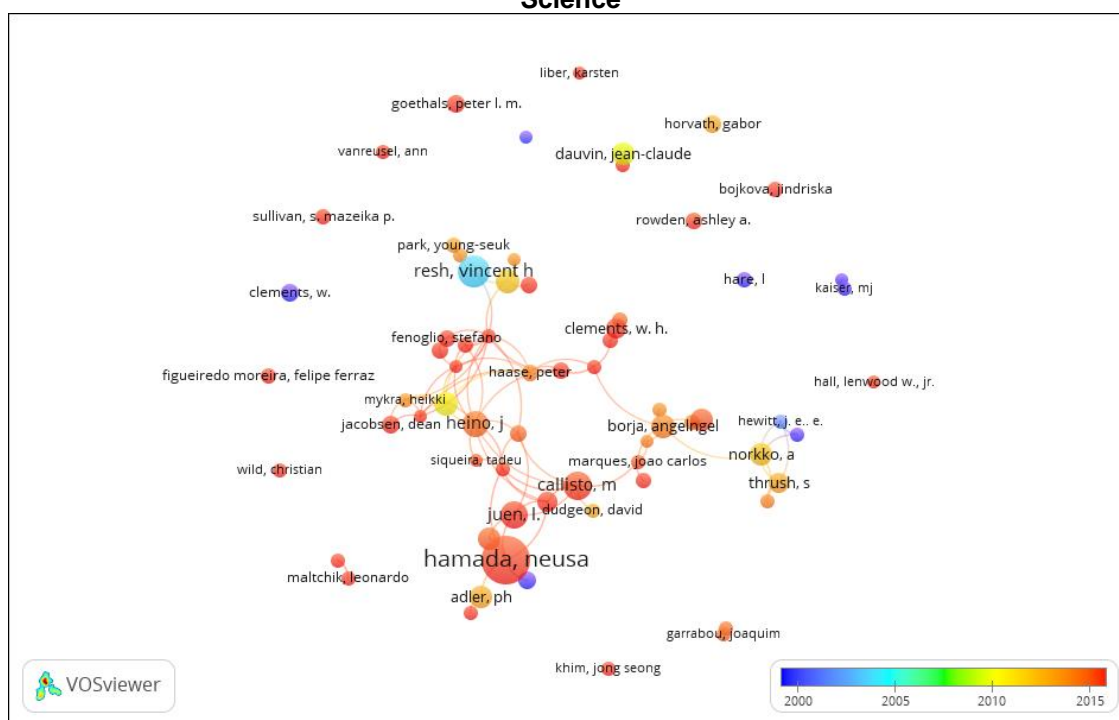
As principais palavras-chave estão classificadas por frequência de ocorrência nos artigos, e foram listadas na Tabela 4.

“*impact*” e “*biodiversity*”; enquanto os Países Baixos relacionam seus trabalhos às comunidades bentônicas.

Redes de coautoria dos autores

Para os trabalhos analisados, foram identificados 38.040 autores diferentes. Como critério para a análise de cluster, estipulamos para os autores o limite mínimo de 20 publicações na área, resultando em 68 autores (Fig. 5). Eles foram agrupados em 27 clusters, que indicam as redes de coautoria, demonstrando as ligações dos autores que colaboraram entre si, destes, 14 clusters apresentaram apenas um autor, ou seja, são autores que tiveram menos colaborações em conjunto com os 68 selecionados na análise.

Figura 5. Rede de visualização de coautoria para autores com o mínimo de 20 publicações em pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados da Web of Science



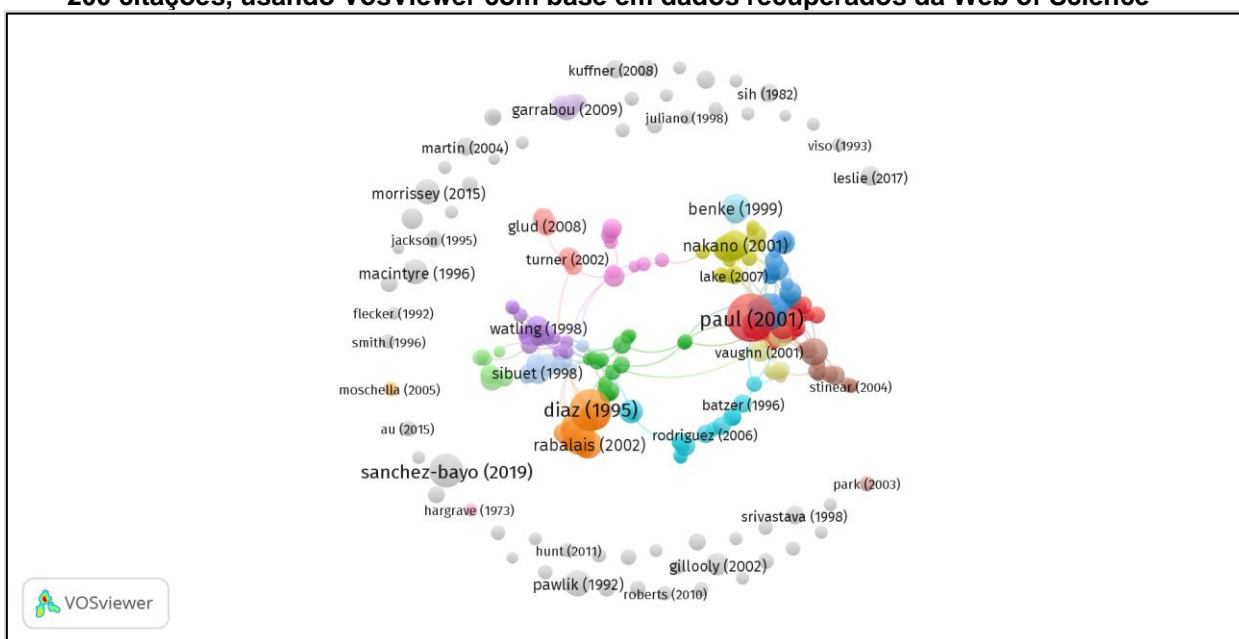
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

A análise também possibilita visualizar os períodos ativos dos autores, ou seja, na legenda da Figura 5, as cores indicam os períodos em que os autores realizaram maiores interações entre si e publicações, com a cor “azul” indicando os clusters dos pesquisadores que publicaram estudos sobre macroinvertebrados aquáticos a partir dos anos 2000 até 2010, como por exemplo Clements⁽³⁴⁾; Resh & Rosenberg⁽³⁵⁾ e Hare, Tessier & Borgmann⁽³⁶⁾; e as cores laranja e vermelha indicando que, a maioria dos clusters foram de redes e trabalhos publicados a partir de 2010, como por exemplo Fenoglio *et al.*⁽³⁷⁾; Faria *et al.*⁽³⁸⁾; Ligeiro *et al.*⁽³⁹⁾ e Andrade *et al.*⁽⁴⁰⁾.

Publicações altamente impactadas

Existem 253 de 17.997 publicações que atendem ao limite de 200 citações, elas são divididas em 78 clusters com o maior conjunto de documentos conectados, consistindo em 21 artigos (Fig. 6). Cada nó representa uma publicação, o tamanho do nó representa o número de citações, as linhas representam a relação de cocitação entre documentos e quanto mais grossas as linhas, mais fortes são os links.

Figura 6. O mapa de visualização da rede de citações para 253 publicações com um mínimo de 200 citações, usando VosViewer com base em dados recuperados da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Os estudos que foram citados mais de 1000 vezes com base nos registros do WoS, foram Paul & Meyer ⁽⁴¹⁾ sobre as influências antrópicas nas comunidades aquáticas, Diaz & Rosenberg ⁽⁴²⁾ relatando os efeitos da hipóxia na fauna bentônica em áreas estuarinas e costeiras, Poff ⁽⁴³⁾ buscando entender e prever a distribuição e abundância categórica de espécies em comunidades de riachos, Sanchez-Bayo & Wyckhuys ⁽⁴⁴⁾ apresentando uma revisão sobre o processo de declínio dos insetos em todo mundo e Vaquer-Sunyer & Duarte ⁽⁴⁵⁾ sobre o processo de hipóxia em organismos bentônicos marinhos.

Considerações Finais

Dado o exposto, foi possível perceber que, a nível mundial, o número de publicações sobre macroinvertebrados aquáticos têm apresentado uma evolução temporal crescente,

principalmente nas duas últimas décadas, nos quais se concentram 84.77% do volume de publicações.

As publicações se enquadram, em sua maioria, na área de pesquisa Environmental Sciences Ecology, porém, os trabalhos com macroinvertebrados aquáticos abrangem as mais diversas áreas. O *Hydrobiologia* é o periódico mais utilizado pelos autores, publicando mais de 800 artigos sobre macroinvertebrados aquáticos. Em relação ao idioma, a língua inglesa é a mais utilizada (97.87%).

A análise de co-ocorrência de palavras-chave demonstra que os estudos geralmente se concentram em aspectos relacionados aos insetos aquáticos, diversidade e estruturas de comunidades.

O grande número de países que realizam e publicam estudos sobre a temática, reforça mais uma vez a abrangência e a importância deste grupo. Observamos também que existe uma relação entre os países que mais publicam e a cooperação de agências de fomento à pesquisa, o que contribui para o fortalecimento do cenário científico nesses países. Porém, muitos trabalhos (47.43%) não apresentaram dados relacionados a agências de fomento, demonstrando ainda um déficit de apoio financeiro às atividades científicas.

Verificamos a consolidação de algumas instituições e autores na área, destacamos que as redes de cooperação entre instituições de pesquisa e interação de co-autoria são valiosas para divulgação e avanço científico. As redes de co-autoria foram mais ativas a partir de 2010, demonstrando uma maior interação entre os pesquisadores da área.

Neste sentido, este trabalho procurou demonstrar o potencial e a abrangência que os macroinvertebrados aquáticos apresentam nos estudos científicos a nível mundial, buscando contribuir para que os pesquisadores possam esclarecer o status atual da pesquisa nesta área tão abrangente, fortalecendo, assim, pesquisas futuras e cobrindo as lacunas de conhecimento existentes.

Referências

- 1 Samuelsson E, Soeiro HM de A do N, Manzatto AG. Studies with aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome: a scientometric analysis. *Research, Society and Development*, 2022;11(13):e168111335308. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35308>.
- 2 American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Water Environmental Federation, 1998.
- 3 Silveira MP, Queiroz JF. Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água. *Comunicado Técnico*, 39. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente; 2006.
- 4 Rieck LO, Sulliván SMP. Ecological Impacts of Altered Stream Hydrogeomorphic Characteristics Extend Beyond the Channel Boundary: Evidence From Urban Streams of Columbus, OH, United States. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.817289>

- 5 Min JK, Lee H, Kong D. Development of a benthic macroinvertebrate predictive model based on the physical and chemical variables of rivers in the Republic of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 2022;37(1):425-453. DOI: <https://doi.org/10.1080/02705060.2022.2105967>
- 6 Oleszczuk B, Grzelak K, Kedra M. Community structure and productivity of Arctic benthic fauna across depth gradients during springtime. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2021;170:103457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103457>
- 7 Ruaro R, *et al.* Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2016;188(5). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5046-9>
- 8 Pastorino P, *et al.* Macrobenthic invertebrates as bioindicators of trace elements in high-mountain lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020;27:5958–5970. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07325-x>
- 9 Morais SS, *et al.* Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian Journal Biology*, 2010;70(4):995-1004. DOI: 10.1590/s1519-69842010000500011.
- 10 Souto RMG, Corbi JJ, Jacobucci GB. Aquatic insects as bioindicators of heavy metals in sediments in Cerrado streams. *Limnetica*, 2019;38(2):575-586. DOI: 10.23818/limn.38.33.
- 11 Brito JG, *et al.* Biological indicators of diversity in tropical streams: Congruence in the similarity of invertebrate assemblages. *Ecological Indicators*, 2018;85:85-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.001>.
- 12 Sabha I, Hamid A, Bhat SU, Islam ST. Water Quality and Anthropogenic Impact Assessment Using Macroinvertebrates as Bioindicators in a Stream Ecosystem. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2022;233(387). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05839-8>
- 13 Fekadu MB, Agembe S, Kiptum CK, Mingist M. Impacts of Anthropogenic Activities on the Benthic Macroinvertebrate Assemblages During the Wet Season in Kipsinende River, Kenya. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2022;22, TRJFAS18410. DOI: <http://doi.org/10.4194/TRJFAS18410>
- 14 Kownacki A, Szarek-Gwiazda E. The Impact of Pollution on Diversity and Density of Benthic Macroinvertebrates in Mountain and Upland Rivers. *Water*. 2022;14(9):1349. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14091349>
- 15 Espinoza-Toledo A, *et al.* Taxonomic and functional responses of macroinvertebrates to riparian forest conversion in tropical streams. *Science of The Total Environment*, 2021;757(25):143972. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143972>
- 16 Musonge PSL, *et al.* Drivers of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Equatorial Alpine Rivers of the Rwenzoris (Uganda). *Water*, 2020;12(6):1668. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12061668>
- 17 Wieringa N, *et al.* Contribution of sediment contamination to multi-stress in lowland Waters. *Science of The Total Environment*, 2022;844:(20):157045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157045>
- 18 Santos APM, Nessimian JL. Description of a new species of Byrsoteryx (Trichoptera: Hydroptilidae) from Rio de Janeiro State, Brazil, including its immature stages. *Zootaxa*, 2010;2668:44-54.
- 19 Padilla-Gil DN. Two new species of Buenoa (Hemiptera: Heteroptera: Notonectidae) from Colombia, with a key to the species in Colombia. *Zootaxa*, 2012;3316(1). DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3316.1.5>

- 20 Boas AHV, Camargo FV. Avaliação rápida da qualidade da água utilizando invertebrados bentônicos, através dos índices bióticos BMWP' e ASPT no Ribeirão São Bernardo, Piranguçu, Sul de Minas Gerais. CES Revista, 2017;31(1):7-25.
- 21 Hamada N, Silva JO, Pedroza MK. A new species of Enderleina Jewett (Plecoptera, Perlidae) from Amazonas State, Brazil. Zootaxa, 2016;64098(2):392-400. DOI: 10.11646/zootaxa.4098.2.11.
- 22 Graf W, Vitecek S. A new species of Limnephilidae (Insecta: Trichoptera) from the Western Alps (Insecta: Trichoptera). [Zootaxa](#), 2016;4085(3):431-437. DOI: [10.11646/zootaxa.4085.3.6](#).
- 23 Menabit S, Iancu L, Pavel A, Popa A, Lupascu N, Purcarea C. Molecular identification and distribution of insect larvae in the Lower Danube River. Oceanological and Hydrobiological Studies, 2022;51(1):74-89. DOI: <https://doi.org/10.26881/oahs.2022.1.07>.
- 24 Caribé RCV. Comunicação científica: reflexões sobre o conceito. Informação & Sociedade: Estudos, 2015;25(3):89-104.
- 25 Hayashi MCPI. Afinidades eletivas entre a cientometria e os estudos sociais da ciência. Filosofia e Educação, 2013;5(2):57-88.
- 26 Pinto LA. Cientometria: é possível avaliar a qualidade da pesquisa científica?. Scientia Medica, 2008;18(2):64-65.
- 27 Silva MR, Hayashi CRM, Hayashi MCPI. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação, 2011;2(1):110-129.
- 28 Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas; 2010.
- 29 Van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 2010;84(2):523–538.
- 30 Chen C. A Glimpse of the First Eight Months of the COVID-19 Literature on Microsoft Academic Graph. Frontiers in Research Metrics and Analytics, 2020;5:607286.
- 31 Thorpe WH, Crisp DJ. Studies on plastron respiration; the biology of Aphelocheirus [Hemiptera, Aphelocheiridae (Naucoridae) and the mechanism of plastron retention. Journal of Experimental Biology, 1947;24(3-4):227-69. DOI: 10.1242/jeb.24.3-4.227.
- 32 Macan T. Taxonomy of Aquatic Insect Nymphs and Larvae. Nature, 1947;159:595–596. DOI: <https://doi.org/10.1038/159595a0>
- 33 Brandimarte AL, Melo ALU. Cienciometria dos estudos de invertebrados bentônicos de água doce no Brasil. Acta Limnologica Brasiliensia, 2016;28(20).
- 34 Clements WH. Small-Scale Experiments Support Causal Relationships between Metal Contamination and Macroinvertebrate Community Responses. Ecological Applications, 2004;14(3):954–67.
- 35 Resh VH, Rosenberg DM. Recent trends in life-history research on benthic macroinvertebrates. Journal of the North American Benthological Society, 2010;29:(1). DOI: <https://doi.org/10.1899/08-082.1>.
- 36 Hare L, Tessier A, Borgmann U. Metal sources for freshwater invertebrates: Pertinence for risk assessment. Human and Ecological Risk Assessment: na international jornal, 2003;9(4). DOI: <https://doi.org/10.1080/713610009>.
- 37 Fenoglio S, *et al.* Freshwater ecosystems and aquatic insects: a paradox in biological invasions. The Royal Society Publishing, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.1075>

- 38 Faria ANJ, *et al.* Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. *Hydrobiologia*, 2017;802:39–51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3238-8>
- 39 Ligeiro R, *et al.* Choice of field and laboratory methods affects the detection of anthropogenic disturbances using stream macroinvertebrate assemblages. *Ecological Indicators*, 2020;155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106382>.
- 40 Andrade AL, *et al.* Niche breadth and habitat preference of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (Insecta) in streams in the Brazilian Amazon. *Hydrobiologia*, 2022;849:4287–4306. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04987-6>.
- 41 Paul MJ, Meyer JL. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001;32:333-365. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
- 42 Diaz R, Rosenberg R. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology*, 1995;33:245-303.
- 43 Poff NL. Landscape filters and species traits: Towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 1997;16(2):391-409. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468026>
- 44 Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 2019;232:8-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- 45 Vaquer-Sunyer R, Duarte CM. Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2008;105(40):15452-7. DOI: [10.1073/pnas.0803833105](https://doi.org/10.1073/pnas.0803833105).

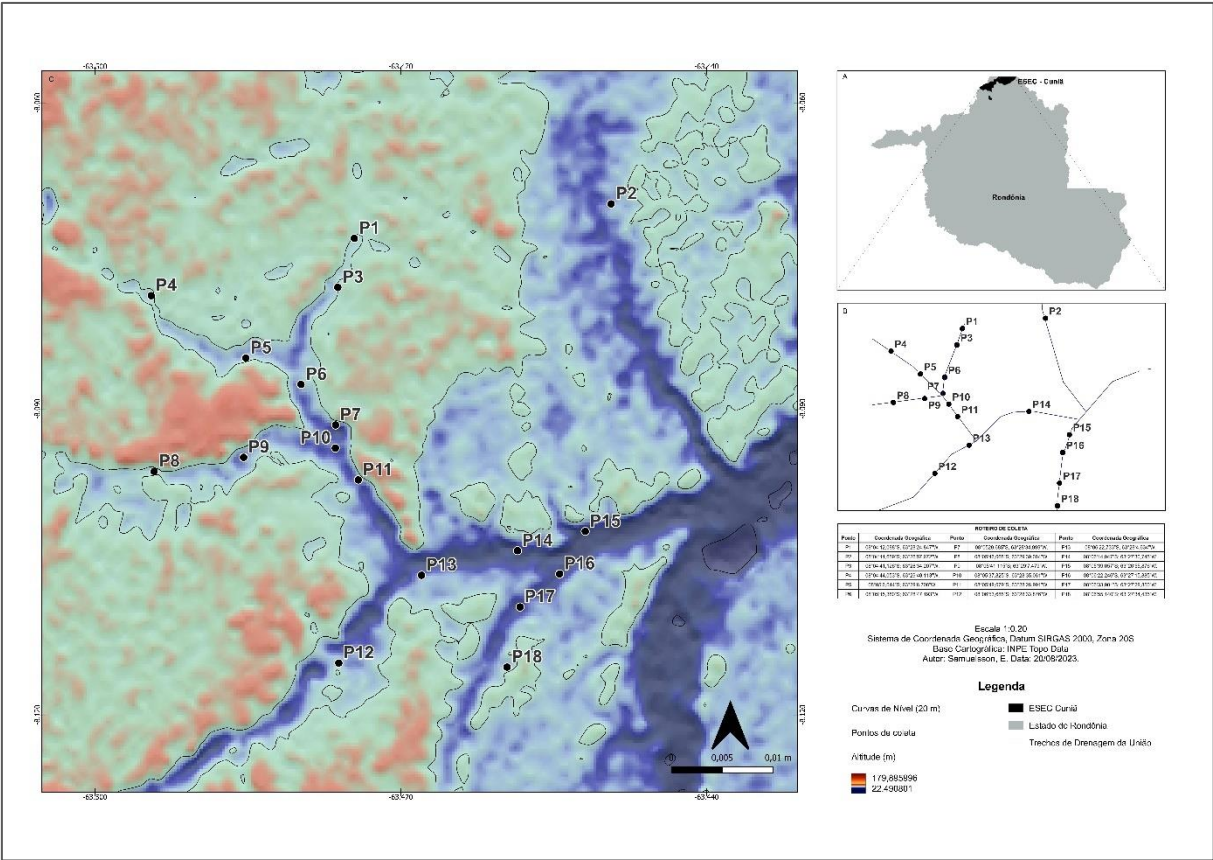
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma grade amostral de 25km² inserida na Estação Ecológica do Cuniã (ESEC do Cuniã), uma unidade de conservação de proteção integral, criada pelo Decreto Federal de 27 de setembro de 2001, com área total de 125.849,23 ha, onde está implantada a Grade Padrão do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) Cuniã (figura 1).

Localizada ao norte do Estado de Rondônia (município de Porto Velho), no sudoeste da Amazônia, inserida no interflúvio dos rios Madeira–Purus. A área está localizada a 130 km da capital Porto Velho no estado de Rondônia, sob as coordenadas de latitude 08°06'23.45"S e longitude 63°28'59.9"W (PPBio, 2012; ICMBIO, 2018).

Figura 1: Estação Ecológica do Cuniã – ESEC Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura mostra a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés.



Fonte: Da autora (2023).

A área está inserida no Planalto rebaixado da Amazônia Ocidental, pertencendo à formação Solimões, a qual deriva de sedimentação do Pleistoceno. A área possui uma peculiar característica de pertencer à paleovárzea do rio Madeira, depositada de 7.000 a 27.000 anos atrás, com possíveis perturbações ocorridas no Neógeno, as quais podem ter produzido transformações recentes na paisagem com efeitos diretos sobre a biodiversidade (Rossetti; Toledo; Goes, 2005). Isso cria condições que são favoráveis à diferenciação morfológica devido à adaptação dos organismos às novas condições ambientais (Renaud; Van Dam, 2002).

O interflúvio reúne variações e gradientes ambientais que o distinguem da Amazônia Central, com regime pluviométrico e mudança de relevo e altitude pouco variáveis (Pansini *et al.* 2016). A altitude varia de 60 a 90 metros, sendo que as áreas mais baixas, próximas aos igarapés, são submetidas a inundações periódicas anuais, característica marcante da região amazônica.

Nesta região, há ocorrência de um período de maior índice pluviométrico (entre os meses de novembro a abril, com precipitações superiores a 220 mm), característico do inverno amazônico, e uma estação relativamente seca (de maio e setembro, com precipitações inferiores a 55 mm). O clima é do tipo Aw, tropical chuvoso, com temperaturas variando de 21°C a 35°C (Quesada *et al.*, 2011) denominaram o solo da região como Laterita Hidromórfica em grande parte do interflúvio, e solos Hidromórficos gleyzados e aluviais Eutróficos ou Álicos nos terraços e planícies fluviais. Segundo Martins *et al.* (2015), os solos são rasos, com subsolos densos, baixa agregação de partículas e restritivos do ponto de vista de disponibilidade de oxigênio. Pansini (2016), relata que a grade do PPBio instalada na Estação Ecológica do Cuniã apresenta 4 tipos de solos: argissolo vermelho amarelo (35,4% das parcelas), latossolo vermelho amarelo (33,33%, das parcelas) gleyssolo (14,58% das parcelas) e neossolo quatzarênico (16,66% das parcelas).

Quanto à mesohidrografia, observa-se uma extensa rede de igarapés de 1ª, 2ª e 3ª ordem, que são parcialmente submetidos a inundações periódicas. O regime hidrológico é dependente da precipitação local, com corpos d'água sazonais e lençol freático geralmente superficial (Rondônia, 1998a; Rondônia, 2002b; SEDAM, 2002).

A vegetação, ao longo do interflúvio caracteriza-se, de maneira geral, por um mosaico diversificado de tipologias florestais que conforma uma paisagem constituída pela transição entre florestas densas (com dossel de cerca de 40 m) mais ao norte e florestas abertas com áreas de campinas e campinaranas mais ao sul, onde está inserida a Estação Ecológica do Cuniã (ESEC do Cuniã). Nas florestas abertas, a presença de palmeiras é marcante, a região próxima à área de estudo é caracterizada por possuir árvores mais baixas e com espécies arbóreas de menor densidade da madeira quando comparada à Amazônia ocidental e setentrional (Brasil, 1978; Pansini *et al.*, 2016).

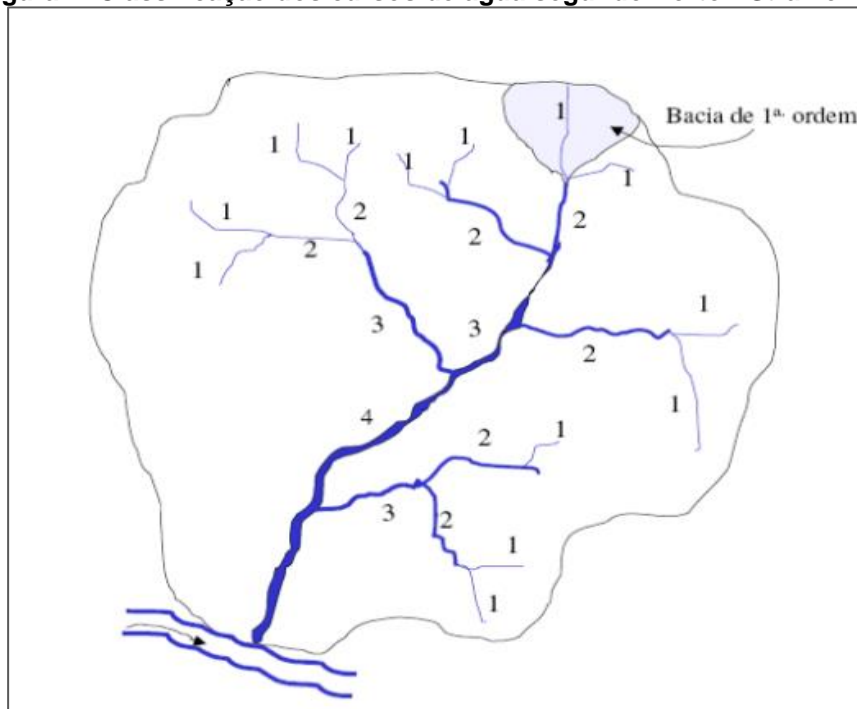
Para que o trabalho pudesse ser realizado na Estação Ecológica do Cuniã, foi necessário a solicitação de uma autorização para atividades com finalidade científica – ICMBIO, esta autorização foi concedida em 01/04/2020 sob o número 74596-1.

3.2 AMOSTRAGEM

O delineamento amostral para as grades do PPBio dentro dos inventários padronizados segue recomendações da metodologia RAPELD, de forma a maximizar a probabilidade de amostrar adequadamente as comunidades biológicas (Magnusson, 2005).

Com o propósito de analisar variações ou de buscar padrões longitudinais, os igarapés foram classificados quanto a sua ordem ou padrão hierárquico de tributários (Figura 2) conforme preconizado por (Strahler, 1957). Nesse sentido, um rio de primeira ordem é aquele que não recebe nenhum tributário; quando encontra outro rio de primeira ordem, ele se torna de segunda ordem, e um rio de segunda ordem, ao se unir com outro de segunda ordem, torna-se de terceira ordem e assim sucessivamente (Strahler, 1957).

Figura 2: Classificação dos cursos de água segundo Horton-Strahler 1957



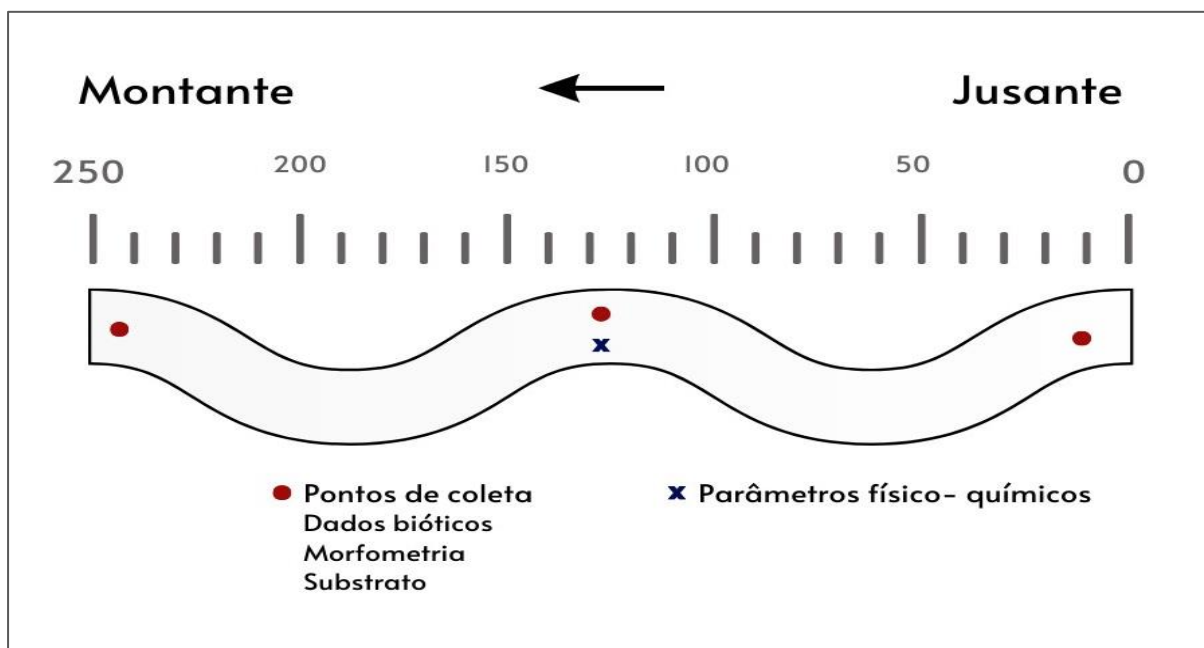
Fonte: Guimarães (2012).

Desta forma, foram realizadas amostragens nas 18 parcelas aquáticas instaladas ao longo dos igarapés e dos gradientes longitudinais e laterais da rede de drenagem, os pontos estão destacados no mapa (Figura 1).

As coletas das amostras foram realizadas no período de águas baixas (setembro de 2021), enchente (dezembro de 2021) e vazante (julho de 2022) de forma a considerar os possíveis efeitos da variabilidade e da sazonalidade.

As informações sobre o substrato e a complexidade estrutural dos igarapés (morfometria e parâmetros físico-químicos) seguiu a metodologia proposta desenvolvida por Mendonça, Magnusson, Zuanon (2005), inicialmente elaborada para amostrar organismos aquáticos de pequenos corpos d'água. O método consiste em coletar amostras em cada parcela aquática em intervalos de 50 m de comprimento a montante dos igarapés, no entanto para este trabalho foram feitas algumas adequações nesta metodologia, levando em consideração as peculiaridades da área (Figura 3).

Figura 3: Esquema da metodologia de amostragem e caracterização dos igarapés da ESEC Cuniã.



Fonte: Adaptado de Mendonça (2005).

As medições dos parâmetros físico-químicos da água foram mensuradas no ponto equivalente ao meio do trecho, próximo a margem. Para estimar o pH, a condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), a concentração de oxigênio dissolvido (mg/L), salinidade e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), foi utilizado um medidor digital multiparâmetros (INS-88), para estimar a turbidez da água dos igarapés, foi utilizado um Turbidímetro Digital TU430 (Figura 4).

Figura 4. Fotografia dos equipamentos que foram utilizados e da medição dos parâmetros físico-químicos da água dos igarapés da ESEC Cuniã.



Fonte: Da autora (2021).

Com o auxílio de um frasco plástico de 500ml, foram coletadas amostras de sedimentos em cada ponto (triplicata), as amostras foram retiradas próximas a margem dos igarapés. Para análise da composição granulométrica dos sedimentos, seguimos o método proposto por Suguio (1973), modificado por Fonseca, Callisto e Gonçalves (1998), onde o sedimento foi seco por 48 horas a 60 °C. Logo após a secagem, as porções de sedimento foram submetidas a uma série de peneiras para a separação das frações de cascalho (4,00 mm), areia muito grossa (2,00 mm), areia grossa (1,00 mm), areia média (0,50 mm), areia fina (0,250 mm), areia muito fina (0,063 mm) e silte + argila (menor que 0,063 mm).

Para as análises morfométricas dos igarapés, foram mensuradas em cada ponto de coleta, a largura, profundidade e velocidade da água (triplicata). As medidas de largura e profundidade foram tomadas com o auxílio de uma trena graduada em centímetros (figura 5). A velocidade da correnteza (m/s) foi medida pelo método do flutuador, sendo assim, foi obtida com o auxílio de uma bola de plástico e um cronômetro, no qual foi anotado o tempo em que uma bola de plástico levou para percorrer a distância de um metro na superfície e no centro

da coluna d'água do igarapé, os dados foram anotados em m/s, para posterior cálculo da vazão dos igarapés.

Figura 5. Fotografia das medições referentes a morfometria dos igarapés da ESEC Cuniã.



Fonte: Da autora (2021).

As coletas de sedimentos e a mensuração dos parâmetros foram realizadas sempre no sentido jusante-montante dos igarapés. As medidas de profundidade do igarapé e velocidade da água foram anotadas em triplicata, onde posteriormente foram calculadas as médias dos dados obtidos para cada um dos 18 pontos de amostragem.

Todas as amostragens foram realizadas no período diurno. Para coleta dos macroinvertebrados foi utilizado um coletor tipo Rede em “D” (rapiché) com tela de poliamida 250 micras. Os organismos foram coletados em três pontos dentro de cada unidade amostral, conforme demonstrado na figura 3. A coleta das amostras de macroinvertebrados aquáticos, foi realizada pelo método de varredura com 1 minuto de esforço, explorando os diferentes biótopos do corpo d'água. O conteúdo capturado pela rede em “D” foi transferido para um frasco plástico de 500 ml que foi devidamente etiquetado com a identificação do ponto amostrado. O material foi fixado ainda em campo com álcool a 80% (figura 6).

Figura 6. Fotografia do método de coleta de macroinvertebrados aquáticos dos igarapés da ESEC Cuniã.



Fonte: Da autora (2021).

Em laboratório, os macroinvertebrados foram triados e posteriormente foram identificados e separados de acordo com sua classificação taxonômica e acondicionados em tubos criogênicos (2ml) e tubos falcon (15ml) contendo álcool 70%, todas as amostras foram devidamente etiquetadas. Os táxons foram identificados até o menor nível taxonômico no laboratório por meio de microscópio estereoscópico e utilizando como base a bibliografia especializada (Bouchard, 2004; Mugnai, 2010; Hamada, 2014; Hamada, 2018). Os grupos funcionais de alimentação foram definidos com base em Cummins (2005); Oliveira e Nessimian (2010) e Merritt (2014).

Após a triagem e identificação, os exemplares serão depositados na Coleção Entomológica da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, sob o acrônimo UFRO-I.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

As análises estatísticas e tratamentos de dados empregados nos resultados obtidos foram descritos detalhadamente nos capítulos que seguem.

4 EFEITO DOS FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA REGIÃO DA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Resumo²: Realizamos um estudo da comunidade de macroinvertebrados aquáticos nos igarapés da Estação Ecológica do Cuniã (ESEC-Cuniã), situada a 130 km de Porto Velho, Rondônia. Investigamos os fatores ambientais que impactam a distribuição e composição dessas comunidades aquáticas em 18 pontos de amostragem, abrangendo igarapés de primeira a terceira ordem. Coletamos amostras de substrato do leito dos igarapés e medimos parâmetros físico-químicos e morfométricos em três períodos distintos: águas baixas, enchente e vazante. Observamos diferenças significativas nos igarapés, em razão da sua hierarquia, para os parâmetros de substrato e morfometria. No que diz respeito à sazonalidade, identificamos variações significativas nos parâmetros físico-químicos. A análise de componentes principais evidenciou no eixo 1 a influência do substrato e para o eixo 2 a contribuição das variáveis físico químicas em morfométricas. Foram coletados 6.320 macroinvertebrados aquáticos, sendo mais abundantes durante o período de águas baixas e em igarapés de 1ª ordem. A análise fatorial múltipla permitiu a visualização da organização das comunidades aquáticas em função das variáveis quantitativas (parâmetros físico-químicos, morfométricos e abundância de indivíduos) e qualitativas (sazonalidade e ordem dos igarapés). Os dados aqui apresentados evidenciam a heterogeneidade de composição e características dos igarapés de terra firme e corroboram em alguns aspectos com a teoria do rio contínuo.

Palavras-Chave: Biodiversidade amazônica; Teoria do rio contínuo; Ecossistemas aquáticos; Insetos aquáticos.

Abstract: We conducted a study of the aquatic macroinvertebrate community in the streams of the Cuniã Ecological Station (ESEC-Cuniã), located 130 km from Porto Velho, Rondônia. We investigated the environmental factors impacting the distribution and composition of these aquatic communities at 18 sampling points, covering streams from first to third order. We collected substrate samples from the streambeds and measured physicochemical and morphometric parameters during three distinct periods: low water, flood, and recession. Significant differences were observed among streams based on their hierarchy for substrate and morphometric parameters. Concerning seasonality, we identified significant variations in physicochemical parameters. Principal component analysis highlighted the influence of substrate on axis 1 and the contribution of physicochemical variables to morphometric variables on axis 2. A total of 6.320 aquatic macroinvertebrates were collected, with higher abundance during low water periods and in first-order streams. Multiple factorial analysis allowed the visualization of aquatic community organization based on quantitative variables (physicochemical parameters, morphometrics, and individual abundance) and qualitative variables (seasonality and stream order). The presented data highlight the heterogeneity in composition and characteristics of terra firme streams and, in some aspects, support the river continuum concept.

Keywords: Amazonian biodiversity; River continuum concept; Aquatic ecosystems; Aquatic insects.

² Este capítulo-artigo está em fase de submissão para um periódico e segue as normas exigidas pela revista.

INTRODUÇÃO

A Amazônia se destaca como a floresta tropical com a maior diversidade de espécies do mundo, sendo a principal fonte de biodiversidade neotropical. No entanto, ela continua sendo uma das florestas menos estudadas e muitas vezes está sub-representada em bancos de dados de biodiversidade (Antonelli *et al.* 2018).

O interflúvio Madeira-Purus é uma das regiões amazônicas mais intactas, com alto potencial de diversidade e uma das menos estudadas e menos protegidas em unidades de conservação havendo potencialmente lacunas de conhecimento sobre a diversidade do local. A maior parte da amostragem (95%) e das publicações referentes a invertebrados aquáticos está concentrada principalmente no leste da Amazônia (PA) (Carvalho *et al.* 2023, Samuelsson; Manzatto; Soeiro, 2022)

A região da Amazônia Sul-Occidental é caracterizada por uma vasta rede hidrográfica composta por inúmeros igarapés, típicos cursos d'água de pequeno porte, os quais desempenham um papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas aquáticos dessa vasta e biodiversa região (Petry *et al.* 2003; Hamilton; Sippel & Melack 2002). Esses sistemas aquáticos, muitas vezes originados a partir de nascentes em áreas de terra firme, desempenham um papel vital na conectividade hidrológica entre diferentes ambientes, além de atuarem como berçários e refúgios para diversas espécies aquáticas (Junk *et al.* 2011; Hamilton; Sippel & Melack 2002).

A compreensão dos padrões e processos que governam esses igarapés tem sido frequentemente enquadrada em conceitos e teorias ecológicas fundamentais, tais como a teoria do rio contínuo e o pulso de inundação.

O Conceito de Continuidade Fluvial, proposto por Vannote *et al.* (1980), é uma teoria ecológica fundamental que descreve os ecossistemas fluviais como um gradiente contínuo de condições físicas, químicas e biológicas ao longo de um continuum de tamanhos de corpos d'água, desde pequenos riachos de cabeceira até grandes rios. No entanto, esta teoria é pouco sensível às múltiplas variáveis e as complexas interações bióticas típicas de riachos tropicais (Angermeier & Karr 1984), bem como a ampla dimensão do sistema amazônico (Lowe-McConnell 1999). Outra teoria, o Conceito do Pulso de Inundação (Junk *et al.* 1989), direcionada à grandes planícies de inundações, não se aplica aos igarapés de terra-firme uma vez que estes corpos d'água não possuem um padrão regular de inundação sazonal.

Dentre os organismos aquáticos que apresentam uma rica diversidade e desempenham um papel crucial nos processos biogeoquímicos e na manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos podemos citar os macroinvertebrados aquáticos (Merritt; Cummins & Berg 2008; Allan 2007).

A distribuição e abundância desses organismos são influenciadas por uma série de fatores ambientais, tais como características físicas e químicas da água, morfometria do corpo d'água, sazonalidade e a ordem do curso d'água (Heino *et al.* 2015; Clarke *et al.* 2008). Dentre esses fatores, a sazonalidade exerce um papel preponderante, uma vez que variações nos níveis de água e na composição química podem afetar diretamente a disponibilidade de habitats e recursos alimentares para os macroinvertebrados (Nessimian *et al.* 2008).

Além disso, a ordem do curso d'água, que está diretamente relacionada ao tamanho e a complexidade do habitat aquático, também pode interferir na estruturação das comunidades de macroinvertebrados (Baptista *et al.* 2014). Igarapés de diferentes ordens podem apresentar características hidrogeomorfológicas distintas, o que pode influenciar diretamente na composição e diversidade das comunidades aquáticas.

Considerando a relevância dos macroinvertebrados aquáticos na ecologia desses ecossistemas e a influência dos fatores ambientais em sua distribuição, torna-se essencial investigar como esses elementos interagem nos igarapés de terra firme na Amazônia Sul-Occidental. Assim, este estudo tem por objetivo investigar a dinâmica ecológica dos igarapés de terra firme na Região da Amazônia Sul-Occidental, considerando a influência dos conceitos de rio contínuo e fatores sazonais. Por meio da análise integrada desses fatores, busca-se compreender os padrões de distribuição e a composição das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, bem como a interação dos fatores ecológicos que atuam nesses ecossistemas aquáticos ainda pouco explorados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudos

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica (ESEC) do Cuniã, unidade de conservação de proteção integral. O delineamento amostral foi realizado de acordo com os inventários e coletas padronizadas, seguindo o método RAPELD (Magnusson *et al.* 2005). A amostragem foi realizada em 18 pontos, distribuídos em igarapés de primeira, segunda e terceira ordens na grade padrão do programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBIO, com área total de 25 km² (Figura 1).

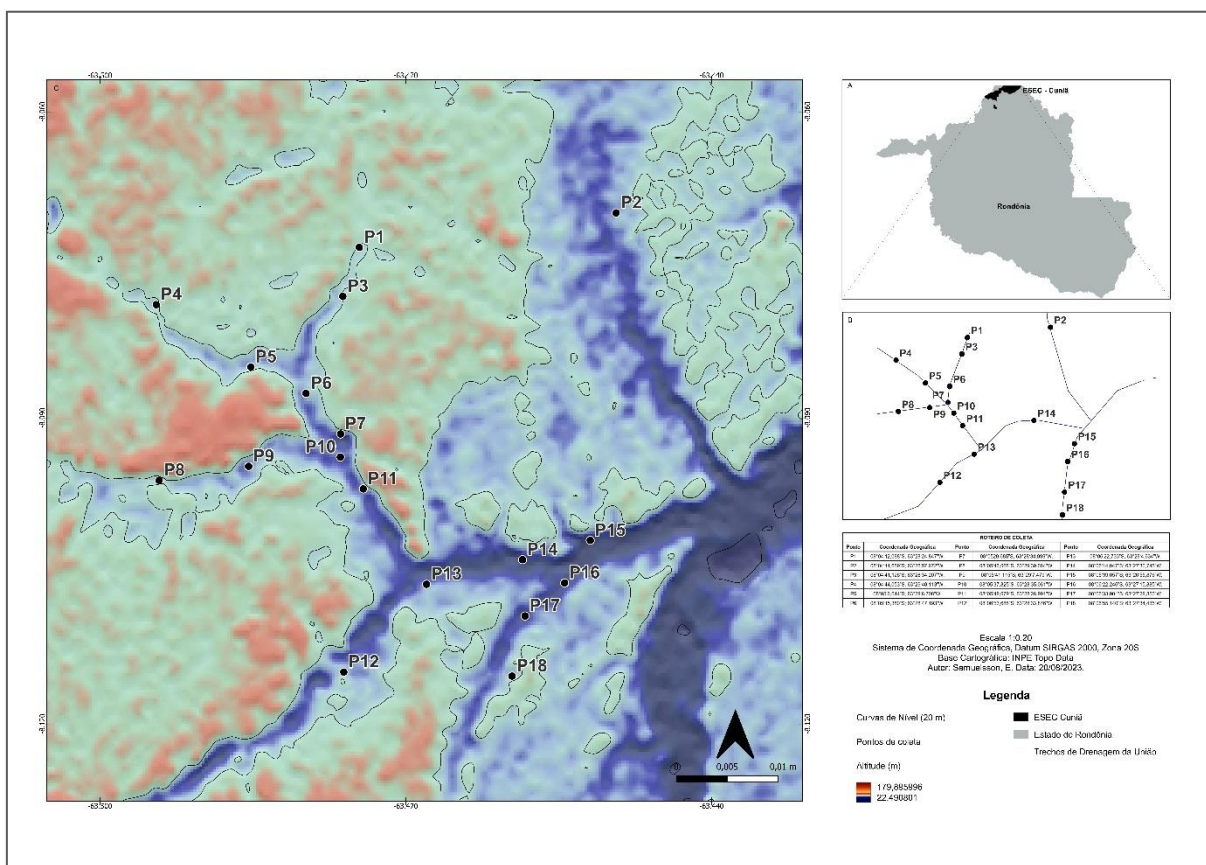


Figura 1. Estação Ecológica do Cuniã – ESEC- Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura mostra a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés.

As coletas das amostras foram realizadas no período de águas baixas (setembro de 2021), enchente (dezembro de 2021) e vazante (julho de 2022) de forma a considerar os possíveis efeitos da variabilidade e da sazonalidade. Foram coletadas informações sobre a complexidade estrutural dos igarapés (morfometria e parâmetros físicos e químicos) e amostras de sedimentos para análise granulométrica. As coletas foram realizadas em triplicata no sentido jusante-montante dos igarapés (Mendonça 2005)

Os macroinvertebrados foram capturados com um coletor tipo Rede em “D” (rapiché), o material biológico foi fixado ainda em campo com álcool a 80%, e triado em laboratório com auxílio de microscópio estereoscópio e identificados através de bibliografia especializada (Bouchard 2004; Mugnai; Nessimian & Baptista 2010; Hamada, Nessimian e Querino 2014; Hamada 2018).

Para avaliar as diferenças entre os substratos coletados, a morfometria e as variáveis físico-químicas, em diferentes períodos de amostragem e ordens de igarapés, empregaram-se uma abordagem de análise multivariada da variância (MANOVA), com um nível de significância de 5%. Para identificar os principais preditores que exercem influência no conjunto de dados, conduziu-se uma análise de componentes principais mista (PCAmix) que

incorpora variáveis tanto qualitativas quanto quantitativas. Este método inclui uma Análise de Componentes Principais (PCA) para variáveis quantitativas e uma Análise de Correspondência Múltipla (MCA) para avaliar variáveis qualitativas. Essa abordagem visa reduzir a complexidade dos dados e examinar a proximidade entre as variáveis e observações.

Uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para verificar as possíveis diferenças entre a abundância de indivíduos em relação a sazonalidade e a hierarquia dos igarapés. Além disso, para analisar as relações entre múltiplas variáveis em diferentes conjuntos de dados, empregou-se uma Análise Fatorial Múltipla (MFA), que integra os princípios da Análise de Componentes Principais (PCA) e da Análise de Correspondência (CA) para identificar padrões e relações complexas entre variáveis quantitativas e qualitativas. Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software XLStat 2023 (Microsoft®, WA, EUA), uma extensão do Microsoft Excel (Addinsoft 2019).

RESULTADOS

Os igarapés da ESEC Cuniã, apresentam seu leito visivelmente constituído principalmente de areia com bolsões de folhas e material lenhoso provenientes da floresta. Em alguns locais, troncos caídos podem interceptar o igarapé, atuando como mecanismos de retenção, aumentando a variabilidade da correnteza no hábitat e favorecendo a ocorrência de pequenas áreas de depósito. A análise física dos substratos coletados, realizada por meio da granulometria, enquadrou o substrato dos igarapés da ESEC- Cuniã como solo arenoso. A MANOVA apresentou resultado significativo para diferenças entre os substratos relacionados a ordem dos igarapés, $p=0,015$ (Gráfico 1).

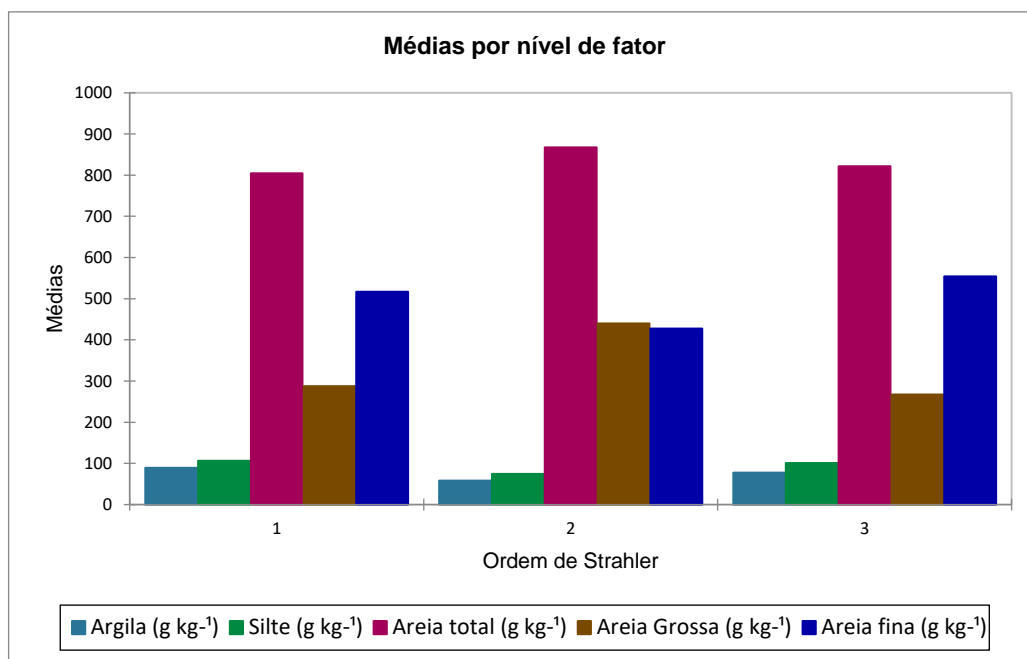


Gráfico 1. Médias entre os níveis de fatores, analisando os substratos coletados no leito dos igarapés da ESEC Cuniã.

Legenda: 1= igarapés de primeira ordem; 2= igarapés de segunda ordem; 3= igarapés de terceira ordem seguindo a hierarquia proposta por Strahler 1957.

Em relação aos parâmetros morfométricos, os igarapés da ESEC- Cuniã demonstraram largura média de 4.52, profundidade média de 42cm, velocidade média de 6.95 m/s e vazão de 0.37m³/s. A análise MANOVA, não apresentou diferença significativa entre as variáveis morfométricas dos igarapés em relação a sazonalidade, $p=0.173$, porém quando analisamos as variáveis morfométricas em relação a ordem dos igarapés, o resultado foi significativo $p=0.035$. O gráfico 2 demonstra as médias por nível de fatores das variáveis morfométricas entre os diferentes períodos de coleta (a) e entre as ordens dos igarapés (b).

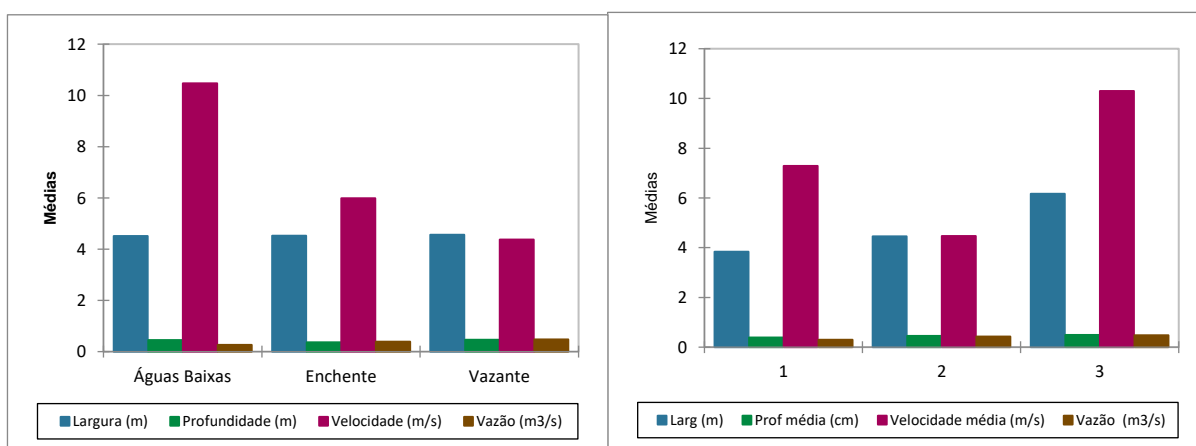


Gráfico 2. Médias por nível de fator para as variáveis: largura, profundidade e vazão para a) sazonalidade e b) ordem dos igarapés.

Fonte: Da autora (2023).

A temperatura média da água foi de 25.1°C, pH de 5.59, a saturação de oxigênio dissolvido (OD) de 67.19%, condutividade de 7.85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e turbidez de 1.93 NTU. A MANOVA apresentou diferenças significativas entre as variáveis físico-químicas dos igarapés relacionadas a sazonalidade, $p < 0.0001$, porém não apresentou variação entre essas variáveis e a ordem dos igarapés, $p = 0.804$.

A análise de componentes principais mista (PCAmix) (Figura 2) referente as variáveis quantitativas (parâmetros físico químicos e morfométricos) e as variáveis qualitativas (sazonalidade e ordem dos igarapés) evidenciou que os dois primeiros eixos da análise explicam 41.68% da variabilidade, todas as variáveis apresentaram relação positiva. Sendo que, no primeiro eixo da PCAmix (com 26.70% da variabilidade explicada), destacam-se principalmente entre as variáveis quantitativas, as relacionadas ao substrato (80.66%) e entre as qualitativas a ordem dos igarapés (3.79%). Isso indica que F1 está fortemente influenciado pela composição granulométrica do leito dos igarapés, com uma ênfase na quantidade de areia e silte. No segundo eixo da análise (com 14.98% da variabilidade explicada), as variáveis que apresentam maior contribuição são variáveis quantitativas referentes aos parâmetros físico-químicos (50.68%), e morfométricos (21.52%), entre as variáveis qualitativas, a sazonalidade apresenta a maior contribuição (26.16%). O resultado sugere que F2 está mais relacionado a características físico-químicas da água, como oxigênio dissolvido, pH e condutividade.

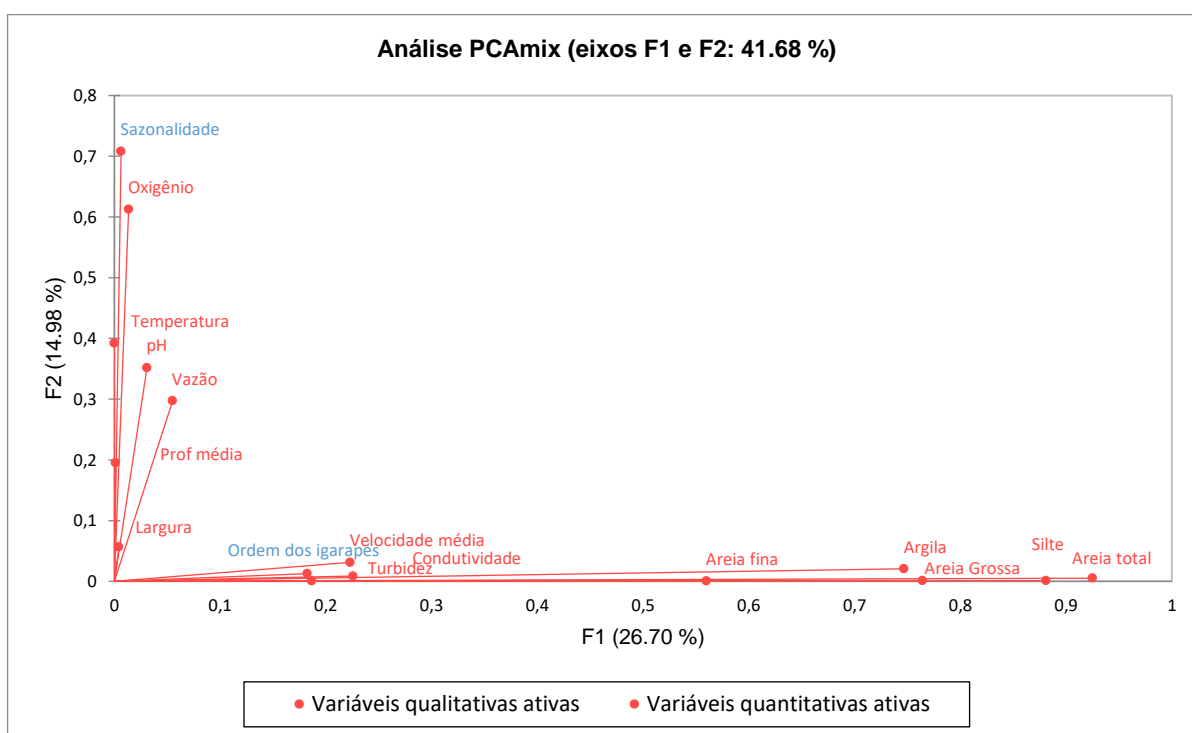


Figura 2. Análise de componentes principais mista (PCAmix) com a interação das variáveis quantitativas e qualitativas dos igarapés na Estação Ecológica do Cuniã.

Fonte: Da autora (2023).

Foram coletados 6.320 macroinvertebrados aquáticos, sendo: 2.751 (43.52%) no período de águas baixas, 1.133 (17.92%) no período de enchente, e 2.436 (38.54%) na vazante.

Quanto a distribuição dos macroinvertebrados aquáticos em razão da ordem dos igarapés, os igarapés de primeira ordem apresentaram maior abundância (56.81%), seguido pelos igarapés de segunda ordem (30.17%) e igarapés de terceira ordem (13%), conforme tabela 1.

Tabela 1. Abundância de macroinvertebrados aquáticos coletados em igarapés de primeira, segunda e terceira ordens, e em diferentes períodos amostrais, águas baixas, enchente e vazante, na Estação Ecológica do Cuniã.

Ordem dos igarapés	AB	EN	VZ	Soma
1 ^a	1731	597	1263	3591
2 ^a	721	322	864	1907
3 ^a	299	214	309	822
Total Geral	2751	1133	2436	6320

Legenda: AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022).

Fonte: Da autora (2023).

O teste ANOVA revelou um resultado estatisticamente significativo ($p=0,023$) para a relação entre a abundância de indivíduos em relação as variáveis de sazonalidade e hierarquia dos igarapés. Indicando a existência de uma diferença significativa, em relação a sazonalidade, principalmente relacionada ao período de enchente que registra uma menor abundância ($n=1.133$) e também diferenças relacionadas a ordem dos igarapés, onde igarapés de primeira ordem apresentaram uma maior abundância ($n=3.591$) em comparação com os igarapés de segunda ($n=1.907$) e terceira ordens ($n=822$).

Em relação a composição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, esses foram classificados em quatro filos: Annelida, Mollusca, Nematoda e Arthropoda, sendo este último o filo com maior número de espécimes coletados ($n= 6.293$). No filo Arthropoda, foram coletados indivíduos do Subfilo Crustacea, com representantes da família Euryrhynchidae e Palaemonidae, sendo está a mais expressiva ($n=296$), especificamente indivíduos do gênero *Macrobrachium* ($n=187$), também foram coletados indivíduos da família Trichodactylidae ($n=8$). A classe insecta foi a mais abundante, classificada em 72 famílias que compõem 96 gêneros. A ordem Diptera foi a mais abundante, principalmente a família Chironomidae ($n=2.539$). A ordem Hemiptera foi a que apresentou maior número de famílias (19), seguida por representantes das ordens Trichoptera (12) e Odonata (11) tabela 2.

Tabela 2. Macroinvertebrados aquáticos coletados nos igarapés da ESEC Cuniã nos diferentes períodos amostrais.

Táxons	Famílias	AB	EM	VZ	Total Geral
Annelida	N.I.	3	7	4	14
Molusca	N.I.	1	0	1	2
Nematoda	N.I.	7	3	1	11
Crustacea	N.I.	11	0	0	11
	Euryrhynchidae	1	8	5	14
	Palaemonidae	116	133	47	296
	Trichodactylidae	5	3	0	8
Blattodea	N.I.	31	3	1	35
Coleoptera	N.I.	6	1	4	11
	Adultos N.I.	48	7	31	86
	Elmidae	235	119	75	429
	Gyrinidae	0	0	1	1
	Haliplidae	0	1	0	1
	Hydrophilidae	0	0	1	1
	Ptilodactylidae	1	0	0	1
	Scirtidae	4	1	34	39
Diptera	N.I.	5	0	0	5
	Ceratopogonidae	116	22	25	163
	Chironomidae	1054	321	1164	2539
	Empididae	1	1	2	4
	Psychodidae	0	0	2	2
	Sciomyzidae	0	1	0	1
	Simuliidae	8	1	8	17
	Stratiomyidae	0	1	1	2
	Tabanidae	5	0	2	7
	Tipulidae	50	18	18	86
Ephemeroptera	Baetidae	70	59	186	315
	Caenidae	14	16	25	55
	Coryphoridae	1	4	15	20
	Ephemeroptera NI	55	35	89	179
	Euthyplociidae	20	21	21	62
	Leptohyphidae	8	12	9	29
	Leptophlebiidae	25	36	154	215
	Oligoneuriidae	0	3	0	3
	Polymitarcyidae	0	11	15	26
Hemiptera	N.I.	9	0	5	14
	Aphelocheiridae	0	0	0	0
	Belostomatidae	1	1	1	3
	Corixidae	2	5	20	27
	Gelastocoridae	0	0	2	2
	Gerridae	1	0	0	1
	Hebridae	0	0	0	0
	Helotrephidae	0	0	2	2

	Hermatobatidae	0	0	0	0
	Hydrometridae	0	0	0	0
	Macroveliidae	0	0	0	0
	Mesoveliidae	0	1	1	2
	Naucoridae	11	8	35	54
	Nepidae	1	0	2	3
	Notonectidae	0	0	0	0
	Ochteridae	0	0	0	0
	Paraphrynoveliidae	0	0	0	0
	Pleidae	0	0	0	0
	Potamocoridae	0	0	0	0
	Veliidae	1	0	5	6
Hymenoptera	N.I.	10	4	7	21
Lepidoptera	N.I.	64	5	3	72
Megaloptera	Corydalidae	3	0	1	4
	Sialidae	0	1	0	1
	N.I.	2	0	2	4
	Aeshnidae	1	0	0	1
	Calopterygidae	15	3	10	28
	Coenagrionidae	7	3	0	10
	Corduliidae	5	3	4	12
Odonata	Dicteriadidae	0	0	1	1
	Gomphidae	43	26	22	91
	Libellulidae	5	8	25	38
	Megapodagrionidae	5	1	10	16
	Perilestidae	0	1	4	5
	Polythoridae	4	0	1	5
	Protoneuridae	1	2	1	4
Plecoptera	Perlidae	94	40	38	172
	N.I.	33	4	18	55
	Calamoceratidae	2	1	21	24
	Ecnomidae	1	6	2	9
	Glossosomatidae	27	15	74	116
	Helicopsychidae	36	5	21	62
Trichoptera	Hydropsychidae	274	88	78	440
	Hydroptilidae	1	0	0	1
	Leptoceridae	57	30	42	129
	Philopotamidae	98	11	26	135
	Polycentropodidae	9	2	10	21
	Sericostomatidae	27	11	1	39

Legenda: AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022); N.I. = não identificado.

Fonte: Da autora (2023).

Para uma melhor compreensão da correlação e contribuição entre a variabilidade do conjunto de dados, foi realizada uma análise fatorial múltipla (MFA), esta análise permitiu ordenar, reduzir e relacionar as múltiplas variáveis, possibilitando uma visualização mais clara e uma melhor compreensão das interações existentes entre as variáveis quantitativas e qualitativas (fig. 3).

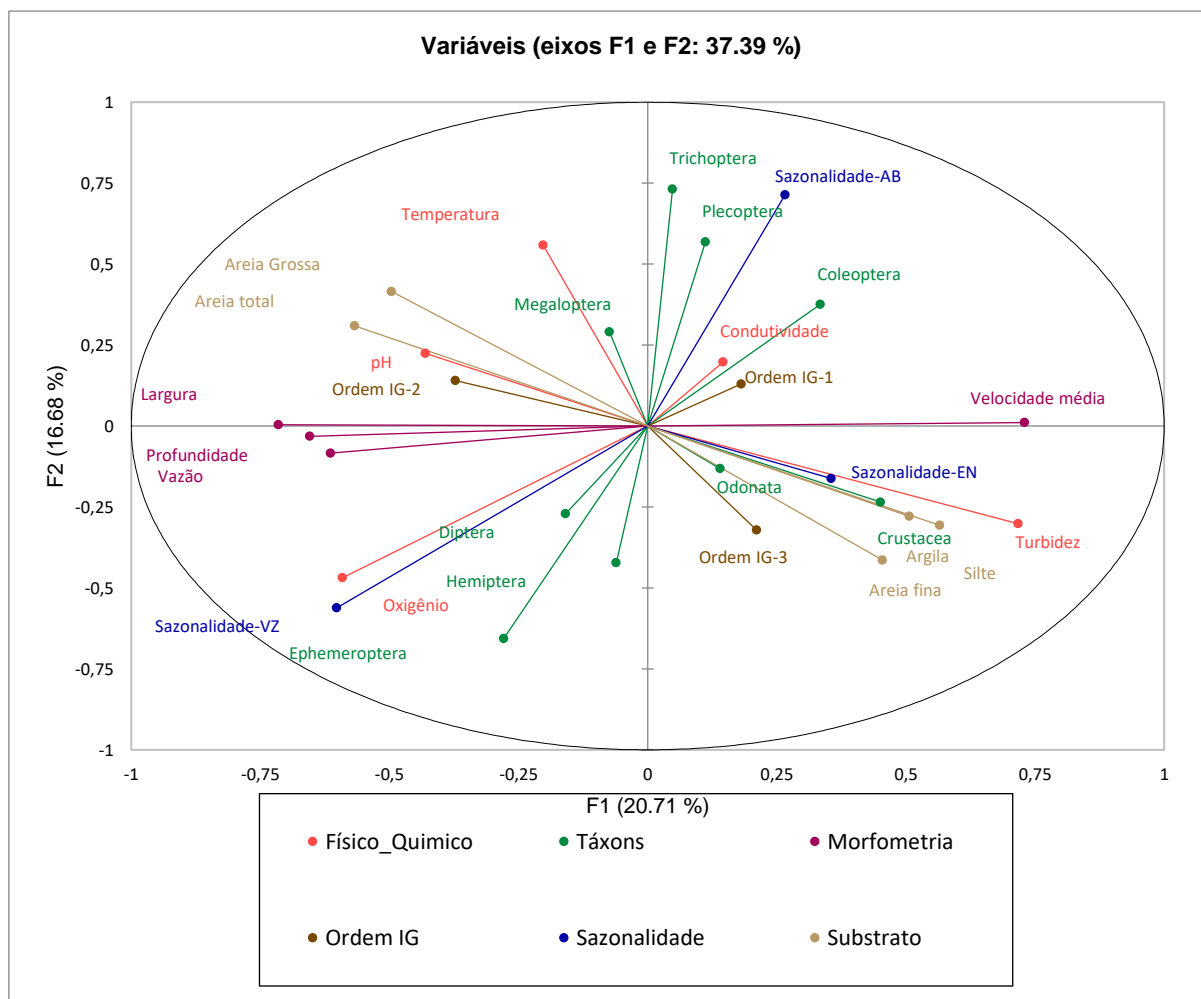


Figura 3. Análise fatorial múltipla (MFA) relacionando as variáveis físico-químicas, morfológicas, sazonalidade, ordem dos igarapés com os macroinvertebrados aquáticos (artrópodes) coletados na Estação Ecológica do Cuniã.

Legenda: Ordem IG-1 = igarapés de primeira ordem; Ordem IG-2 = igarapés de segunda ordem; Ordem IG-3 = igarapés de terceira ordem; Sazonalidade-AB = período de águas baixas; Sazonalidade-EN = período de enchente; Sazonalidade-VZ = período de vazante;
Fonte: Da autora (2023).

O primeiro eixo (F1) da AMF, parece estar relacionado principalmente com as morfológicas dos igarapés, como largura, profundidade, velocidade média e vazão, e com as variáveis físicas e químicas da água, como turbidez, pH e oxigênio dissolvido, e a composição granulométrica do leito do igarapé. O segundo eixo (F2), está mais relacionado à presença de determinadas ordens de macroinvertebrados aquáticos, especialmente

Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, e com a sazonalidade, principalmente o período de águas baixas.

DISCUSSÃO

A estrutura física do substrato e as características limnológicas do ambiente são atributos importantes, e atuam como fatores condicionantes para a colonização dos macroinvertebrados aquáticos (Barbosa 2003). Diversos estudos relatam a relação entre a diversidade e abundância de macroinvertebrados com a estrutura e composição do substrato, demonstrando uma tendência para o aumento da diversidade biológica em substratos inorgânicos com maiores partículas e riqueza granulométrica (Minshall 1984; Lopes *et al.* 2011; Ferreira; Souza & Moraes 2020). Em nossos resultados, verificamos que o substrato pode apresentar diferenças quanto a granulometria, de acordo com a ordem dos igarapés, onde igarapés de terceira ordem obtiveram relação positiva com a presença de argila, silte e areia fina. Peixoto (2019), relata que existe uma tendência de diminuição no tamanho das partículas de sedimento a jusante em relação a montante, devido principalmente pelo carregamento dessas partículas ao longo do gradiente. Materiais sólidos em suspensão, como silte, argila, sílica, coloides, estão associados com uma maior turbidez da água (Medeiros *et al.* 2009). Neste sentido, observamos que igarapés de terceira ordem apresentam relação positiva com a variável turbidez, e com o período de enchente, corroborando com o estudo de Barbosa (2003) que relata que a turbidez apresenta tendência de aumento no sentido nascente-foz, principalmente na estação chuvosa.

Segundo Hynes (1970), as propriedades físicas e químicas da água ajudam a elucidar a distribuição das comunidades aquáticas. A concentração dos gases respiratórios, especialmente oxigênio dissolvido (OD), pode ser um fator limitante para diversas espécies de insetos aquáticos, que podem apresentar adaptações comportamentais para maximizar as trocas gasosas (Wiley & Kohler 1984). Maiores concentrações de OD apresentam correlação com uma maior vazão (Medeiros *et al.* 2009), que em nossos resultados também estão relacionados ao período de vazante.

Geralmente, em riachos de pequeno porte, a velocidade da corrente está ligada a um aumento nos níveis de água no riacho. Isso ocorre especialmente durante períodos de maior pluviosidade, resultando em uma maior agitação da água, o que promove a oxigenação do sistema e eleva a turbidez (Milesi; Deliberalli e Lazari 2023).

Os efeitos da sazonalidade ambiental sobre os ecossistemas de riachos vem sendo foco de muitos estudos, devido à sua influência em processos ecológicos e sobre as comunidades aquáticas (Bispo *et al.* 2001; Yokoyama *et al.* 2012).

Quanto a influência da sazonalidade na abundância e composição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, nossos dados apresentam uma maior abundância de indivíduos coletados no período de águas baixas, e menor abundância no período de enchente, corroborando com outros estudos realizados em ambientes aquáticos amazônicos (Nessimian *et al.* 1998; Lima; Almeida & Vicente 2021; Vilaça *et al.* 2021). Estas observações também corroboram com estudos realizados por Andrade (2021) na região do Brasil central, Baptista *et al.* (2001) no Estado do Rio de Janeiro; Ribeiro e Uieda (2005) no Estado de São Paulo; e Andrade (2008) e Rocha (2010) na região Nordeste onde foi observado uma maior abundância de indivíduos durante o período de seca.

As variações sazonais proporcionam dinamismo aos sistemas, influenciando na disponibilidade de habitat. Durante o período seco, a estabilidade dos substratos e a redução do volume de água limitam a área disponível para colonização (Silva *et al.* 2009), enquanto no período chuvoso, o aumento do fluxo de água promove a dispersão dos organismos que são carregados no sentido jusante, refletindo em índices de abundância mais baixos.

As condições ambientais tendem a se modificar, à medida que a ordem na hierarquia dos corpos d'água aumenta (Strahler 1957). Diferenças na composição da assembleia de macroinvertebrados aquáticos em razão do gradiente longitudinal em riachos de diferentes ordens, foram registrados em estudos de Baptista (1998b); Baptista *et al.* (2001a,b); Salvarrey (2010), Pereira *et al.* (2011); Braun (2014).

Ecossistemas lóticos de menor ordem apresentam uma rica diversidade de insetos aquáticos, os quais desempenham funções essenciais nas dinâmicas ecológicas (Cummins 1974; Vannote *et al.* 1980; Cummins *et al.* 1989). Nossos dados indicam uma maior densidade populacional em igarapés de primeira ordem e uma distribuição dos táxons influenciada pelo gradiente.

A abundância de coleoptera, assim como de plecoptera e tricoptera foi maior em igarapés de primeira ordem. A ordem coleoptera também apresentou relação positiva com a variável velocidade média da água, indivíduos da família elmidae, são considerados insetos agarradores, ou seja, apresentam adaptações que os permitem ficar fortemente aderidos ao substrato em áreas de forte correnteza (Ferreira Junior *et al.* 2014).

Táxons como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) que são organismos considerados sensíveis às alterações do ecossistema hídrico e por isso muito utilizados como bioindicadores aquáticos (Moya 2019; Hamada; Nessimian & Querino 2014; Brasil *et al.* 2020b), devido à sua sensibilidade, esses organismos demonstram uma forte dependência dos níveis de oxigênio dissolvido e tendem a exibir uma maior diversidade em rios de cabeceira (Baptista *et al.* 2001). Nossos dados apontam que a abundância de indivíduos das ordens Plecoptera e Trichoptera apresentam relação com a sazonalidade (águas baixas), condutividade e igarapés de primeira ordem, com contribuições variando de moderada a alta.

O formato achatado, comum a ninfas de Ephemeroptera, permite que elas ocupem habitats similares em qualquer riacho, evitando seu deslocamento pela correnteza d'água, (Merritt; Cummins & Campbell 2014) essa adaptação possibilita que esse táxon tenha uma maior abundância em períodos com maior vazão e apresente correlação positiva com ambientes que apresentem maior concentração de oxigênio dissolvido, embora esse táxon possa apresentar flutuações em sua abundância ao longo do ano, com algumas espécies sendo mais prevalentes em determinadas estações (Salles & Ferreira Jr 2014; Ferreira *et al.* 2017).

Indivíduos do táxon Odonata apresentaram relação com igarapés de terceira ordem, esses igarapés, como relatado anteriormente, possuem um maior número de materiais sólidos em suspensão, como silte, argila e areia fina, fatores que associam esses igarapés com uma maior turbidez da água. Segundo Assis *et al.* (2004), o substrato é um dos principais determinantes na distribuição e abundância das larvas de Odonata. Embora as larvas de Odonata apresentem uma grande variedade morfológica, podendo colonizar os mais variados tipos de substratos dentro dos ambientes aquáticos (Carvalho e Nessimian 1998), a família Gomphidae foi a de maior abundância em nossas análises, é importante ressaltar que, indivíduos dessa família possuem adaptações anatômicas que lhes permitem habitar substratos arenosos e argilosos (Salles & Ferreira Jr 2014), fato que pode ter relacionado a ordem Odonata a presença de substratos mais finos como areia fina, silte e argila, e embora os indivíduos dessa família possam ser observados ao longo de todo o ano, uma tendência de se encontrar larvas de estádios mais avançados no final do período chuvoso (Neiss & Hamada 2014).

Assim como Odonata, a abundância de indivíduos do subfilo Crustacea também foi relacionada a igarapés de terceira ordem e ao período de enchente, indivíduos do gênero Macrobrachium, que é o gênero mais abundante dentre os Decapoda encontrados na Bacia Amazônica (Melo 2003), também foram os mais abundantes nas amostras coletadas, e podem apresentar maior abundância em períodos após intensas chuvas, devido a características de seu comportamento reprodutivo (Castro e Silva 2013).

A família Chironomidae (Diptera) é considerada a mais abundante em sistemas aquáticos dulcícolas, e apresenta organismos com capacidade de colonização de diferentes ambientes (Cordeiro *et al.* 2016), podendo ser influenciado por uma combinação de fatores sazonais, características do igarapé e parâmetros físico-químicos, cobertura vegetal e disponibilidade de alimento (Milesi; Deliberalli e Lazari 2023).

Megaloptera não apresentou correlações fortes com as variáveis analisadas, o que sugere que a presença ou abundância de Megaloptera pode não estar fortemente influenciada por esses fatores específicos.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados e discussões apresentados, evidenciamos que tanto a estrutura física do substrato quanto as características limnológicas desempenham papéis importantes na colonização dos macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme da ESEC do Cuniã.

Observamos variações na granulometria do substrato conforme a ordem dos igarapés, com uma relação positiva destacada em igarapés de terceira ordem, onde argila, silte e areia fina são mais prevalentes. Desta forma, inferimos que, o padrão longitudinal pode influenciar na composição das comunidades de macroinvertebrados, resultando em uma maior abundância em riachos de menor ordem. As características dos igarapés da ESEC do Cuniã apoiam algumas hipóteses do Conceito de Continuum do Rio, proposto por Vannote *et al.* (1980), sendo influenciado também por fatores sazonais.

As propriedades físicas e químicas da água, com ênfase no oxigênio dissolvido (OD), também desempenham papel essencial na distribuição das comunidades aquáticas. A sazonalidade exerce uma influência significativa na abundância e composição dos macroinvertebrados, com maior densidade registrada durante as águas baixas e menor durante a enchente. Dessa forma, evidenciamos que a composição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme pode ser influenciada por fatores de escala longitudinal e temporal.

Os resultados aqui apresentados têm caráter inédito para igarapés de terra firme da região amazônica sul-ocidental em uma área de Unidade de Conservação como a ESEC do Cuniã, destacando a importância da heterogeneidade ambiental e sazonalidade na estruturação das comunidades de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme, e contribuindo para o entendimento dos fatores que influenciam esses ecossistemas na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) e à Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERO) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters* (2nd ed.). Springer.

Andrade, I. C. P. de. (2021). *Padrões de riqueza, abundância e coocorrência de macroinvertebrados em riachos interceptados por cachoeiras no cerrado tocantinense* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Tocantins. Disponível em: <https://umbu.uft.edu.br/handle/11612/3592>. Acesso em: 01 nov. 2023.

Angermeier, P.L., & Karr, J.R. (1984). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, 9, 117-135.

Antonelli, A. et al. (2018). Amazonia is the primary source of Neotropical biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 115(23), 6034–6039. <https://doi.org/10.1073/pnas.1713819115>.

Baptista, V. dos A., et al. (2014). Influência de fatores ambientais na distribuição de famílias de insetos aquáticos em rios no sul do Brasil. *Ambiente & Sociedade*, 17(3), 155-176. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000300010>

Barbosa, D.S. (2003). *Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais* (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo.

Bispo, P. C., Oliveira, L. G., Crisci, V. L., & Silva, M. M. (2001). A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto central do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 13(2), 1-9.

Bouchard, R. W. (2004). *Guia para macroinvertebrados aquáticos do Alto Centro Oeste*. Centro de Recursos Hídricos, Universidade de Minnesota, St.Paulo, pág. 2.

Carvalho, et al. (2023). Pervasive gaps in Amazonian ecological research. *Current Biology*, 33, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.077>

Castro, P., & Silva, M. (2020). Caranguejos e Camarões (Crustacea: Decapoda) do Igarapé do Perdido, Apiaú, Mucajaí, Roraima. *Boletim do Museu Integrado de Roraima* (Online), 7(01), 40-44. <https://doi.org/10.24979/bolmirr.v7i01.747>

Clarke, A., Mac Nally, R., Bond, N., & Lake, P.S. (2008). Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. *Freshwater Biology*, 53, 1707-1721. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02041.x>

Cummins, K.W. (1974). Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, 24, 631–640.

Ferreira Jr, N., et al. (2014). Ordem Coleoptera (coleos = involucro, estojo; pteron = asa). In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B (Eds.), *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Cap. 21). Editora do INPA.

Ferreira, V. M. B., Souza, J. L. D. C., & Moraes, M. (2020). Community structure of benthic macroinvertebrates in different types of habitat in a stream stretch of the Atlantic Rainforest. *Research, Society and Development*, 9(1), e149911848. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1848>

Ferreira, W.R., et al. (2017). Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams. *Ecological Indicators*, 72, 365-373.

Hamada, N. (2018). *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Keys to Neotropical*. (4th ed.). USA: Academic Press.

Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (2014). *Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus, AM: Editora do INPA. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114288/1/Livro-Insetos-Aquaticos.pdf>.

Hamilton, S.K., Sippel, S.J., & Melack, J.M. (2002). Comparison of inundation patterns among major South American floodplains. *Journal of Geophysical Research*, 107(D20, 8038), 31-44.

Heino, J., *et al.* (2015). A comparative analysis reveals weak relationships between ecological factors and beta diversity of stream insect metacommunities at two spatial levels. *Ecology and Evolution*, 5(6), 1235-1248. doi:10.1002/ece3.1439.

Junk, W.J. (1989). Flood Tolerance and Tree Distribution in Central Amazonian Floodplains. In: *Tropical Forests: Botanical Dynamics, Speciation and Diversity*, Academic Press, New York, 47-64. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-353550-4.50012-5>

Junk, W.J., *et al.* (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31, 623-640.

Lima, D. V. M., Almeida, M. de F. T. de, & Vicente, J. X. (2021). Efeitos da sazonalidade sobre a composição e riqueza de larvas de odonatas em lagos urbanos, Rio Branco (Ac), Brasil. *Multidisciplinary Sciences Reports*, 1(1), 1–16.

Lopes, A., Paula, J. D. de, Mardegan, S. F., Hamada, N., & Piedade, M. T. F. (2011). Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 41(4), 493–502. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000400007>

Lowe-McConnell, R.H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Edusp, São Paulo.

Medeiros, G. A., Archanjo, P., Simionato, R., & Reis, F. A. G. V. (2009). Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego Recanto, em Americana, no estado de São Paulo. São Paulo, UNESP, *Geociências*, 28(2), 181-191.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Campbell, E. Y. (2014). Uma Abordagem Funcional Para a Caracterizacao de Riachos Brasileiros. In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (Eds.), *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Cap. 5). Editora do INPA.

Merritt, R.W., Cummins, K.W., & Berg, M.B. (Eds.). (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.

Milesi, S. V., Deliberalli, W., Lazari, P. L., *et al.* (2023). Chironomidae functional traits in Atlantic Forest streams: spatial and temporal patterns. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05332-1>

Minshall, G.W. (1984). Aquatic insect-substratum relationships. In: Resh, V., & Rosenberg, D. (Eds.), *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger, New York, 401-429.

Mugnai, R., Nessimian, J. L., & Baptista, D. F. (2010). *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro*. Technical Books, Rio de Janeiro, 174pp.

Neiss, U. G., & Hamada, N. (2014). Ordem Odonata (odous = dente; gnatha = mandíbula). In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (Eds.), *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Cap. 14). Editora do INPA.

Nessimian, J. L., Dorvillé, L. F. M., Sanseveriano, A. M., & Baptista, D. F. (1998). Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brasil. *Amazoniana*, 15(1-2), 35-50.

Peixoto, R. de A. O. (2019). *Estudo do transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Jordão – UPGRH-PN 1* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24816/1/EstudoTransporteSedimentos.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2023.

Petry, P., Bayley, P. B., & Markle, D. F. (2003). Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River Floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63, 547–579. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00169.x>

Ribeiro, L.O., & Uieda, V.S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3), 613-618. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>

Rocha, L. G. (2010). *Variação temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho intermitente do semiárido brasileiro* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12492/1/VariacaoTemporalComunidade_Costa_2010.pdf. Acesso em: 01 nov. 2023.

Salles, F. F., & Ferreira-Junior, N. (2014). Hábitat e hábitos. In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (Eds.), *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Cap. 3). Editora do INPA.

Salvarrey, A.V.B. (2010). *Distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos em riachos da região central do Rio Grande do Sul, Brasil* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions: American Geophysical Union*, 38, 913-920.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., & Cushing, C.E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37, 130-137.

Vilaça, L. R. de A., et al. (2021). Functional feeding groups of the aquatic entomofauna of Acariquara Lake, Manaus / AM. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 10902–10917.

Wiley, M.J., & Kohler, S.L. (1984). Behavioral adaptations of aquatic insects. In: Resh, V.H., & Rosenberg, D.M. (Eds.), *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger, New York, 101-117.

Yokoyama, E., *et al.* (2012). A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil? *Ambiência*, 8(1), 73-84. <https://doi.org/DOI:10.5777/ambiencia.2012.01.06>

5 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E GRUPOS ALIMENTARES FUNCIONAIS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM IGARAPÉS DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Resumo³: Pesquisas sobre a composição de comunidades e estruturação funcional de espécies na Amazônia são essenciais para expandir a compreensão sobre sua biodiversidade e preencher as lacunas de conhecimento que ainda existem. Neste sentido, investigamos a categorização funcional trófica da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e os fatores que influenciam sua distribuição espacial em igarapés de terra firme, localizados na Estação Ecológica do Cuniã, ao norte do Estado de Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. As amostras foram coletadas em três períodos, águas baixas (09/2021), enchente (12/2021) e vazante (07/2022). Além dos macroinvertebrados, também foram coletados parâmetros físico-químicos, morfométricos e do substrato dos 18 pontos de amostragem, em igarapés de primeira a terceira ordem. Foram analisados 5.697 macroinvertebrados aquáticos, distribuídos em 45 famílias pertencentes a 92 gêneros. Sendo que, 42.8% dos indivíduos foram coletados durante o período de águas baixas, 18.4% no período de enchente e 38.7% na vazante. O grupo funcional alimentar de maior abundância foi dos coletores-catadores (56.04%). A MANOVA apresentou diferenças significativas para a composição dos grupos funcionais alimentares em razão da sazonalidade, porém a ordem dos igarapés não obteve resultado significativo para a análise. A análise fatorial múltipla (AFM) proporcionou uma visão integrada entre as variáveis, destacando padrões complexos de associação entre a comunidade de macroinvertebrados aquáticos e seus grupos funcionais alimentares, apresentando fortes correlações com a sazonalidade. Essas descobertas contribuem para uma compreensão mais abrangente da ecologia dos ambientes aquáticos em locais ainda preservados na região amazônica.

Palavras-chave: Macroinvertebrados Bentônicos; Ecologia Funcional; Biodiversidade Amazônica.

Abstract: Research on community composition and functional structuring of species in the Amazon is essential to broaden understanding of its biodiversity and fill existing knowledge gaps. In this context, we investigated the trophic functional categorization of the aquatic macroinvertebrate community and the factors influencing its spatial distribution in small forest streams, located in the Cuniã Ecological Station, in the northern part of the state of Rondônia, Southwestern Amazon. Samples were collected during three periods: low water (09/2021), flood (12/2021), and recession (07/2022). In addition to macroinvertebrates, physical-chemical, morphometric, and substrate parameters were collected from the 18 sampling points, in streams ranging from first to third order. 5,697 aquatic macroinvertebrates were analyzed, distributed across 45 families belonging to 92 genera. Of these, 42.8% were collected during the low-water period, 18.4% during the flood, and 38.7% during the recession. The most abundant feeding functional group was the collector-gatherers (56.04%). MANOVA showed significant differences in the composition of feeding functional groups due to seasonality, while the stream order did not yield significant results for the analysis. Multiple Factor Analysis (MFA) provided an integrated view of the variables, highlighting complex patterns of association between the aquatic macroinvertebrate community and its feeding functional groups, with strong correlations with seasonality. These findings contribute to a more comprehensive understanding of the ecology of aquatic environments in still preserved areas in the Amazon region.

Keywords: Benthic Macroinvertebrates; Functional Ecology; Amazon Biodiversity.

³ Este capítulo-artigo está em fase de submissão em periódico e segue as diretrizes e normas da revista.

1 INTRODUÇÃO

A região amazônica é reconhecida mundialmente por sua biodiversidade única e ecossistemas aquáticos complexos, os quais ainda apresentam lacunas sobre seu conhecimento biológico. Documentar a sua biodiversidade é um desafio, devido a sua vasta extensão territorial, heterogeneidade e dificuldades de acesso na região (Zapata *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2023).

Dentro de sua vasta extensão, a rede de pequenos riachos de fluxo contínuo conhecidos como igarapés desempenha um papel fundamental no apoio a diversas e interligadas comunidades biológicas. Esses corpos d'água são particularmente significativos nas regiões de terra firme da Amazônia, onde servem como habitats vitais para uma infinidade de organismos aquáticos, incluindo os macroinvertebrados aquáticos.

Os macroinvertebrados aquáticos são um grupo diversificado de pequenos organismos que habitam ambientes aquáticos em pelo menos uma de suas fases de desenvolvimento, também são considerados bons indicadores da qualidade e função dos ecossistemas. A sua abundância, diversidade e características funcionais estão intimamente ligadas às características físicas e químicas dos seus habitats (Merritt; Cummins, 2014; Rosenberg; Resh, 1993). Além disso, os macroinvertebrados desempenham papéis fundamentais na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica e como um componente fundamental das cadeias alimentares em ecossistemas aquáticos transferindo recursos para outros níveis tróficos (Hamada; Ferreira-Keppler, 2012)

Dentre as diversas abordagens e métricas de diversidade que buscam compreender os padrões de distribuição das espécies (Couceiro, 2012), destacamos a abordagem da diversidade funcional. Seu objetivo é agrupar espécies com base em funções, em vez de considerar apenas o grupo taxonômico (Poff *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2020; Rocha *et al.*, 2023). Essa abordagem utiliza características biológicas, morfológicas e comportamentais relacionadas às funções do ecossistema, denominadas traços funcionais (Violle *et al.*, 2007).

Alguns estudos exploraram a dinâmica funcional dos macroinvertebrados, principalmente para a caracterização de ambientes (Oliveira; Nessimian, 2010), ou para avaliar a composição funcional em áreas com diferentes usos de terra ou impactadas (Malacarne, 2024; Espinosa *et al.*, 2023; Andrade, 2023). Ou seja, a maioria das pesquisas que utiliza atributos funcionais está centrada na avaliação e monitoramento da qualidade ambiental, com poucas informações sobre a composição funcional de insetos aquáticos em ambientes naturais ou em áreas de referência (Hepp, 2020).

Neste sentido, compreender os padrões de distribuição espacial das comunidades de macroinvertebrados em igarapés de terra firme é essencial para desvendar a intrincada dinâmica ecológica desses ambientes únicos. Além disso, investigar os grupos funcionais de

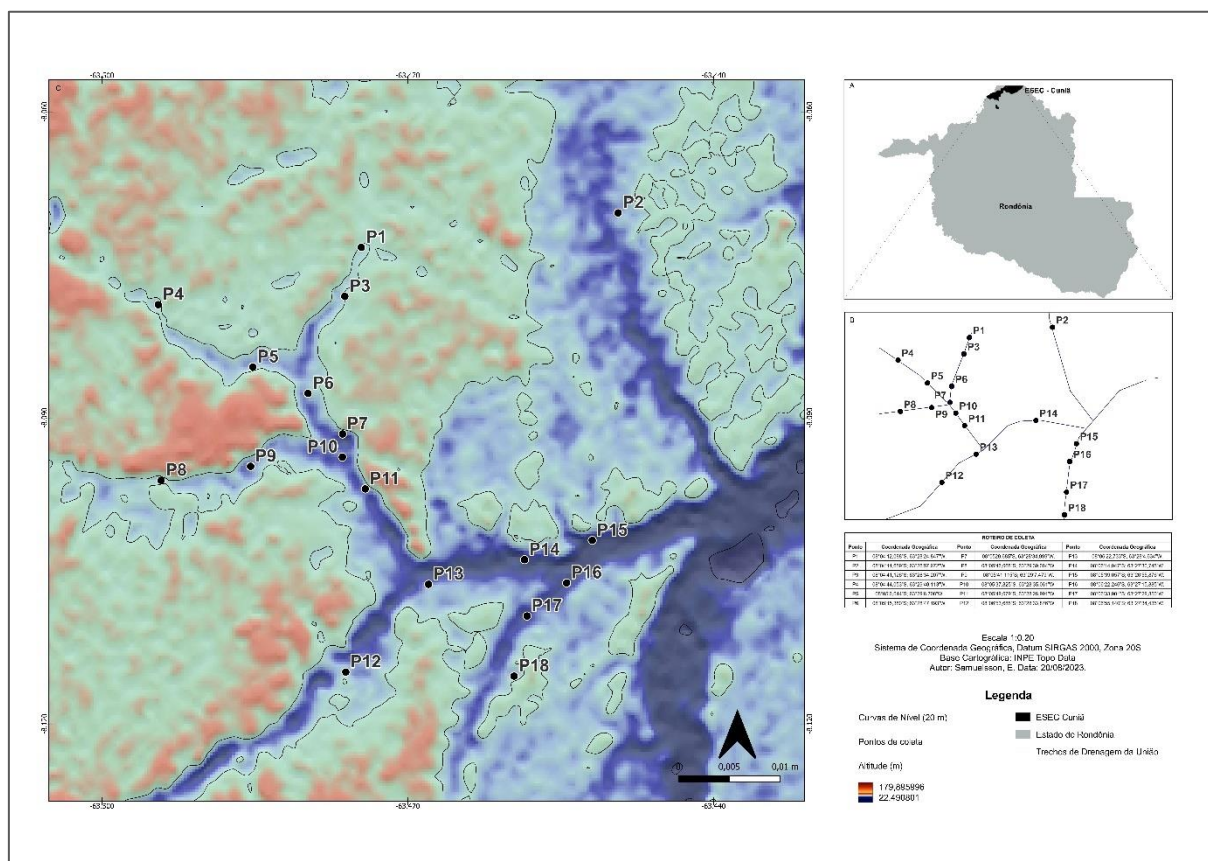
alimentação dentro dessas comunidades fornece informações sobre o fluxo de energia e as interações tróficas que governam a estabilidade e a dinâmica do ecossistema.

Este estudo tem como objetivo investigar os padrões de distribuição espacial e grupos funcionais de alimentação de comunidades de macroinvertebrados em igarapés de terra firme da Amazônia, como forma de esclarecer sua dinâmica ecológica e contribuir para uma compreensão mais ampla dos ecossistemas tropicais de água doce com dados que possam auxiliar nos processos de conservação e gestão, reforçando a importância da unidade de conservação na manutenção e conservação dos ambientes e organismos aquáticos amazônicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área amostral de 25 km² inserida na Estação Ecológica do Cuniã (ESEC-Cuniã), uma unidade de conservação de proteção integral com uma área total de 125.849,23 hectares. Essa área inclui a Grade Padrão do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) Cuniã (figura 1). A área está localizada ao norte do Estado de Rondônia, no município de Porto Velho, no sudoeste da Amazônia, inserida no interflúvio dos rios Madeira–Purus, e o clima é categorizado como Aw, tropical chuvoso (PPBIO, 2012; ICMBIO, 2018).

Figura 1. Estação Ecológica do Cuniã – ESEC- Cuniã, localizada na BR 319, Porto Velho-RO. A figura destaca a grade padrão de 25km² PPBio, evidenciando a localização dos 18 pontos onde foram realizadas as coletas de material nos igarapés.



Fonte: Da autora (2023).

A região do interflúvio Madeira-Purus apresenta variações e gradientes ambientais distintos da Amazônia Central, com regime pluviométrico e mudança de relevo e altitude pouco variáveis (Pansini, 2016). A altitude varia de 60 a 90 metros, sendo que as áreas mais baixas, próximas aos igarapés, são submetidas a inundações periódicas anuais, uma característica distintiva da região amazônica (PPBio).

Foram realizadas amostragens em 18 pontos, distribuídos em igarapés de primeira, segunda e terceira ordens, os pontos estão destacados no mapa (Figura 1).

As coletas foram realizadas no período de águas baixas (setembro de 2021), enchente (dezembro de 2021) e vazante (julho de 2022) de forma a considerar os possíveis efeitos da variabilidade e da sazonalidade.

Foram coletadas informações sobre a complexidade estrutural dos igarapés, incluindo morfometria e parâmetros físicos e químicos, juntamente com amostras de sedimentos para análise granulométrica. Para coleta dos macroinvertebrados foi utilizado um coletor tipo Rede em "D" (rapiché) com tela de poliamida de 250 micras. A coleta das amostras de macroinvertebrados aquáticos, foi realizada pelo método de varredura com 1 minuto de

esforço, explorando os diferentes biótopos do corpo d'água. O conteúdo capturado foi fixado ainda em campo com álcool a 80% e posteriormente levado ao laboratório para triagem. As coletas foram realizadas em triplicata no sentido jusante-montante dos igarapés (Mendonça, 2005), e seguindo as recomendações da metodologia RAPELD, de forma a maximizar a probabilidade de amostrar adequadamente as comunidades biológicas (Magnusson, 2005).

Os táxons foram identificados no laboratório por meio de microscópio estereoscópico e bibliografia especializada (Bouchard, 2004; Mugnai, 2010; Hamada, 2014; Hamada, 2018). Os grupos funcionais de alimentação foram definidos com base em Cummins (2005); Oliveira e Nessimian (2010) e Merritt (2014). Os organismos encontrados foram agrupados em cinco grupos funcionais: coletores-catadores, coletores-filtradores, fragmentadores, predadores e raspadores.

Para avaliar as diferenças entre a composição da comunidade e grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos, em diferentes períodos de amostragem e ordens de igarapés, empregou-se uma abordagem de análise multivariada da variância (MANOVA), com um nível de significância de 5%.

Para reduzir a dimensionalidade dos dados, e analisar o conjunto de variáveis simultaneamente, foi realizada uma Análise Fatorial Múltipla (AFM), permitindo compreender como os diferentes conjuntos de variáveis se relacionam entre si. Foram utilizadas tabelas qualitativas (sazonalidade e ordem dos igarapés) e tabelas de frequência (grupos funcionais e táxons).

Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software XLStat 2023 (Microsoft®, WA, EUA), uma extensão do Microsoft Excel (Addinsoft 2019).

3 RESULTADOS

3.1. Dados abióticos

A análise física dos substratos coletados, conduzida por meio da análise granulométrica, revelou que o substrato dos igarapés da ESEC do Cuniã se caracteriza como solo arenoso, apresentando teores de areia superiores a 70% e teores de argila inferiores a 15%.

Em relação aos parâmetros morfométricos, os igarapés da ESEC do Cuniã demonstraram largura média de 4.52, profundidade média de 42cm, velocidade média de 6.95 m/s e vazão de 0.37m³/s. A tabela 1 apresenta os dados morfométricos dos igarapés em cada período amostral.

Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrões para a análise dos dados morfométricos dos igarapés da ESEC do Cuniã.

Variável	Mín AB	Mín EN	Mín VZ	Máx AB	Máx EN	Máx VZ	Médi a AB	Média EN	Média VZ	DP AB	DP EN	DP VZ
Largura (m)	2.5	2.23	1.6	8.44	7.83	10.5	4.51	4.52	4.55	1.64	1.4	2.45
Profundidade Média (m)	0.15	0.11	0.18	1.09	1.41	1.05	0.45	0.36	0.49	0.23	0.29	0.24
Velocidade Média (m/s)	3.3	2.94	2.94	65.67	15.44	8.68	10.46	5.98	4.36	14.5 2	3.24	1.75
Vazão (m³/s)	0.08	0.03	0.06	0.69	2.36	1.05	0.26	0.39	0.5	0.16	0.54	0.37

Legenda: Mín = Mínimo; Máx = Máximo; DP = Desvio Padrão; AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022).

Fonte: Da autora (2023).

Os igarapés da ESEC do Cuniã apresentaram números médios de temperatura de 25.1°C, pH de 5.59, oxigênio dissolvido de 67.19%, condutividade de 7.85 e turbidez de 1.93. A tabela 2 apresenta os parâmetros físico-químicos dos igarapés em cada período amostral.

Tabela 2. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos analisados nos igarapés da ESEC- Cuniã durante os três períodos amostrais.

Variável	Mín AB	Mín AA	Mín VZ	Máx AB	Máx AA	Máx VZ	Média AB	Média AA	Média VZ	DP AB	DP AA	DP VZ
Temperatura (°C)	24.6	25	23.6	25.7	28	25.5	25.26	25.61	24.43	0.33	0.66	0.59
pH	4.48	5.33	5.07	5.67	6.4	6.1	5.31	5.73	5.7	0.29	0.27	0.23
Oxigênio dissolvido (%)	28.3	31.9	53.3	67.1	82.3	187	44.13	54.78	102	9.05	15.33	31.2 6
Condutividade	6	5.6	5	11.9	11.4	20.3	8.34	7.58	7.68	1.75	1.73	3.44
Turbidez	0	0	0	11.4	9.46	6.3	1.11	3.77	0.97	2.76	3	1.69

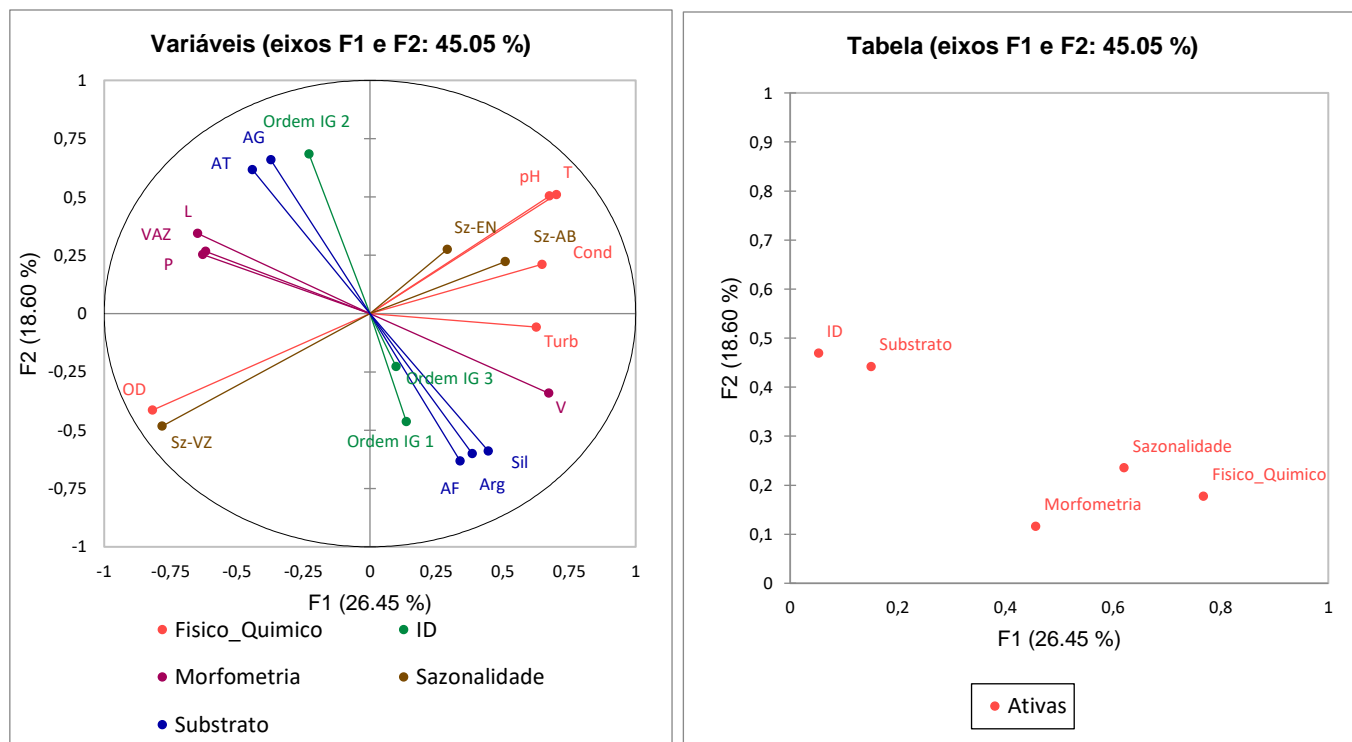
Legenda: Mín = Mínimo; Máx = Máximo; DP = Desvio Padrão; AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022).

Fonte: Da autora (2023).

Os parâmetros físicos e químicos mensurados nesse estudo apresentaram variação significativa entre os períodos amostrados, $p < 0.0001$, demonstrando uma heterogeneidade entre as estações, evidenciando igarapés com pH ácido e baixa condutividade elétrica.

Uma Análise Fatorial Múltipla (MFA) foi conduzida com o propósito de estabelecer relações entre diversas variáveis, permitindo uma visualização mais clara e uma compreensão aprofundada das correlações e contribuições existentes entre os dados físico-químicos, morfométricos, dos substratos, e a hierarquia dos igarapés na ESEC do Cuniã, considerando também os padrões sazonais (figura 3).

Figura 2. Análise fatorial múltipla (AFM) relacionando as variáveis físico-químicas, morfométricas, do substrato, identificação hierárquica e sazonalidade dos igarapés da ESEC do Cuniã.



Legenda: Ordem IG 1 = igarapés de primeira ordem; Ordem IG 2 = igarapés de segunda ordem; Ordem IG 3 = igarapés de terceira ordem; Sz-AB = período de águas baixas; Sz-EN = período de enchente; Sz-VZ = período de vazante; AG = areia grossa; AT = areia total; AF = areia fina; Arg = argila; Sil = silte; P = profundidade média; L = largura; VAZ = vazão; V = velocidade; OD = oxigênio dissolvido; T = temperatura; Cond = condutividade; Turb = turbidez.

Fonte: Da autora (2023).

A análise evidenciou que os dois primeiros eixos da MFA explicam 45,05% da variabilidade. Sendo que os parâmetros físico-químicos (37.50%) e a sazonalidade (30.29%) apresentam maior contribuição no primeiro eixo. No segundo eixo podemos destacar a ordem dos igarapés (32.58%) e a variável substrato (30.69%) com as maiores contribuições.

Notamos que o período de vazante demonstra uma associação com a variável de oxigênio dissolvido, os períodos de águas baixas e enchente exibem relações com as variáveis de temperatura, pH e condutividade. Em relação aos igarapés de diferentes ordens, aqueles de primeira e terceira ordens revelam uma correlação com substrato composto por argila, silte e areia fina, enquanto os igarapés de segunda ordem exibem relação com as quantidades de areia total e areia grossa.

3.2. Dados bióticos

Foram analisados no total 5.697 macroinvertebrados aquáticos, distribuídos em 45 famílias pertencentes a 92 gêneros dentro dos táxons Plecoptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Odonata, Decapoda e Annelida.

Sendo, 2.440 indivíduos coletados durante o período de águas baixas (setembro/2021), 1.051 no período de enchente (dezembro/2021) e 2.206 na vazante (julho/2022).

Os grupos mais abundantes no período de águas baixas foram: Diptera (n=1.229), Trichoptera (n=505), Coleoptera (n=235), Ephemeroptera (n=137) e Crustacea (n=133); no período de enchente obteve-se: Diptera (n=364), Trichoptera (n=163), Ephemeroptera (n=158), Crustacea (n=144) e Coleoptera (n=119); e durante o período de vazante, os indivíduos mais abundantes foram: Diptera (n=1.220), Ephemeroptera (n=410), Trichoptera (n=272), Odonata (n=80) e Coleoptera (n=75) (tabela 3). A MANOVA apresentou diferença significativa quando analisamos a distribuição dos táxons nos diferentes períodos de amostragem, $p=0,0001$.

Tabela 3. macroinvertebrados aquáticos coletados na ESEC do Cuniã, classificados de acordo com seus grupos funcionais.

	Taxa	CC	CF	F	P	R
Annelida						
	<i>Hirudinida</i>				3	
Coleoptera						
	Elmidae					7
	<i>Austrelmis</i>					2
	<i>Heterelmis</i>					50
	<i>Hexacylloepus</i>					76
	<i>Hexanchorus</i>					1
	<i>Macrelmis</i>					137
	<i>Microcylloepus</i>					30
	<i>Neoelmis</i>					41
	<i>Phanoceroides</i>					4
	<i>Stegoelmis</i>					52
	<i>Xenelmis</i>					29
Crustacea						
	Decapoda				11	
	Euryrhynchidae					
	<i>Euryrhynchus sp</i>				14	
	Palaemonidae				89	
	<i>Macrobrachium</i>				187	
	<i>Palaemon ou Pseudopalaemon</i>				20	

	Trichodactylidae		8	
Diptera				
	Ceratopogonidae	163		
	Chironomidae	2539		
	Empididae		4	
	Psychodidae	2		
	Simuliidae		17	
	Stratiomyidae	2		
	Tipulidae		86	
Ephemeroptera				
	Baetidae	285		
	<i>Callibaetoides</i>	1		
	<i>Camelobaetidius</i>	24		
	<i>Cloeodes</i>	5		
	Caenidae	53		
	<i>Caenis</i>	2		
	Euthyplociidae	0		
	<i>Campylocia</i>	62		
	Leptohyphidae	13		
	<i>Leptohyphes</i>	1		
	<i>Tricorythodes/ Tricorythopsis</i>	15		
	Leptophlebiidae		187	
	<i>Askola</i>		4	
	<i>Farrodes</i>		1	
	<i>Hagenulopsis</i>		4	
	<i>Hydrosmilodon/ Needhamella</i>		14	
	<i>Simothraulopsis</i>		4	
	<i>Ulmeritoides</i>		1	
	Oligoneuriidae			
	<i>Oligoneuria</i>		3	
	Polymitarcyidae	0		
	<i>Asthenopus</i>	0		
	<i>Campsurus</i>	25		
	<i>Tortopsis</i>	1		
Hemiptera				
	Belostomatidae			
	<i>Belostoma</i>		3	
	Corixidae			
	<i>Heterocorixa</i>		3	
	<i>Synaptogobia</i>		18	
	<i>Tenagobia</i>		6	
	Naucoridae		1	
	<i>Ambrysus</i>		1	

		<i>Limnocris</i>	41
		<i>Pelocris</i>	11
	Nepidae		
		<i>Ranatra</i>	3
	Pleidae		
Megaloptera	Corydalidae		4
Odonata	Anisoptera		
	Aeshnidae		1
	Corduliidae		
		<i>Lauromacromia</i>	4
		<i>Navicordulia</i>	8
		<i>Neocordulia</i>	1
	Gomphidae		1
		<i>Archaeogomphus</i>	3
		<i>Agriogomphus/ Ebegomphus</i>	1
		<i>Aphylla</i>	1
		<i>Cacoides</i>	16
		<i>Epigomphus</i>	25
		<i>Idiogomphoides</i>	2
		<i>Peruviogomphus</i>	10
		<i>Phyllocycla</i>	8
		<i>Phyllogomphoides</i>	9
		<i>Progomphus</i>	6
		<i>Zonophora</i>	9
	Libellulidae		21
		<i>Argyrothemis</i>	5
		<i>Celithemis</i>	1
		<i>Elasmothermis</i>	7
		<i>Tholymis</i>	3
	Zygoptera		4
	Calopterygidae		9
		<i>Iridictyon</i>	2
		<i>Mnesarete/Hetaerina</i>	13
		<i>Ormenophlebia</i>	4
	Coenagrionidae		
		<i>Argia</i>	10
	Dictyrididae		0
		<i>Heliocharis amazona</i>	1
	Megapodagrionidae		1
		<i>Heteragrion/Oxystigma</i>	15
	Perilestidae		
		<i>Perilestes</i>	5
	Polythoridae		

		<i>Chalcopteryx</i>	5	
	Protoneuridae		2	
		<i>Epipleoneura</i>	1	
		<i>Protoneura</i>	1	
Plecoptera				
	Perlidae			
		<i>Anacroneuria</i>	87	
		<i>Enderleina</i>	6	
		<i>Macrogynoplax</i>	24	
		<i>Não identificado</i>	55	
Trichoptera				
	Calamoceratidae		0	
		<i>Phylloicus</i>	24	
	Glossosomatidae			116
	Helicopsychidae			
		<i>Helicopsyche</i>		62
	Hydropsychidae		49	
		<i>Leptonema</i>	220	
		<i>Macronema</i>	85	
		<i>Macrostemum/ Blepharopus</i>	58	
		<i>Plectromacronema</i>	2	
		<i>Smicridea</i>	26	
	Leptoceridae		6	
		<i>gênero A</i>	3	
		<i>Nectopsyche</i>	13	
		<i>Notalina</i>	1	
		<i>Oecetis</i>		47
	Odontoceridae			5
		<i>Anastomoneura</i>		17
		<i>Marilia</i>		37
	Philopotamidae		9	
		<i>Chimarra</i>	66	
		<i>Wormaldia</i>	60	
	Polycentropodidae		2	
		<i>Cernotina</i>	7	
		<i>Cynellus</i>	6	
	Sericostomatidae		2	
		<i>Notidobiella</i>		11
		<i>Polypsectropus</i>	6	

Legenda: CC= coletor-catador, CF= coletor-filtrador, F=fragmentador, P= predador, R= raspador
 Fonte: Da autora (2023).

Os macroinvertebrados aquáticos coletados, foram classificados em cinco grupos funcionais de alimentação (Tabela 4). O grupo funcional de maior abundância foi dos coletores-catadores ($n=3.193$; 56.04%), seguidos pelos raspadores ($n=908$; 15.93%), coletores- filtradores ($n=616$; 10.81%), predadores ($n=591$; 10.37%) e fragmentadores ($n=389$; 6.8%).

Tabela 4. Macroinvertebrados aquáticos coletados na ESEC do Cuniã, classificados de acordo com seus grupos funcionais e período de coleta.

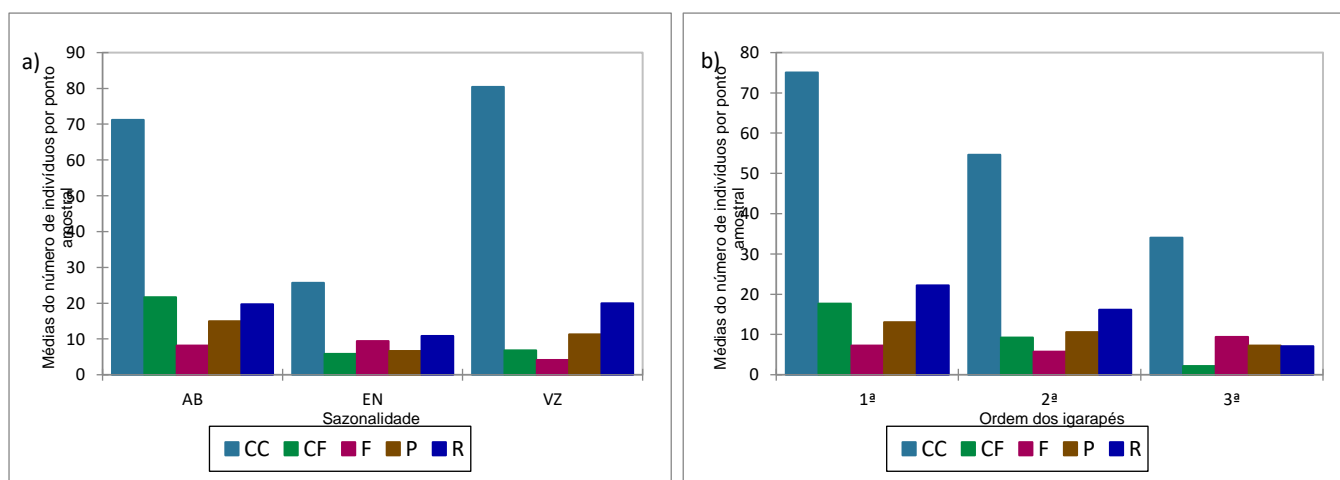
Grupos Funcionais	AB	EN	VZ	Total Geral
coletores-catadores	1282	463	1448	3193
coletores-filtradores	389	105	122	616
fragmentadores	146	169	74	389
predadores	269	119	203	591
raspadores	354	195	359	908
Total Geral	2440	1051	2206	5697

Legenda: AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022).

Fonte: Da autora (2023).

A análise MANOVA, não apresentou diferença significativa entre a composição dos grupos funcionais alimentares em relação a ordem dos igarapés, $p=0.185$. No entanto, ao avaliar a composição em relação à sazonalidade, observamos uma diferença significativa ($p=0.002$), indicando variação nos grupos funcionais alimentares conforme a sazonalidade. O gráfico 1 demonstra as médias por nível de fatores dos grupos funcionais alimentares entre os diferentes períodos de coleta (a), e entre as ordens dos igarapés (b).

Gráfico 1. Médias por nível de fator dos grupos funcionais alimentares dos macroinvertebrados aquáticos, por unidade amostral, para as variáveis: a) sazonalidade e b) ordem dos igarapés.



Legenda: AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022); CC= coletor catador; CF= coletor-filtrador; F=fragmentadores; P=predadores; R=raspadores; 1ª= igarapés de primeira ordem; 2ª= igarapés de segunda ordem; 3ª= igarapés de terceira ordem.

Fonte: Da autora (2023).

A análise fatorial múltipla (MFA) permitiu ordenar, reduzir e relacionar as múltiplas variáveis entre si, possibilitando a visualização e uma melhor compreensão da correlação e contribuição entre a variabilidade do conjunto de dados. As contribuições das variáveis sob estudo, para os dois primeiros componentes principais retidos na análise fatorial múltipla constam na tabela 5.

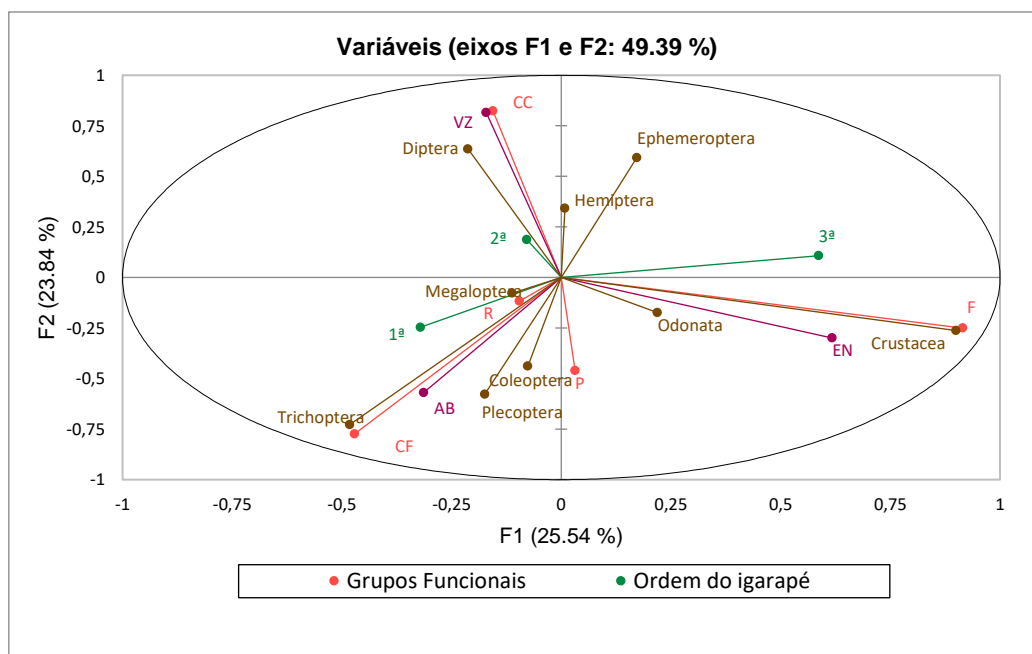
Tabela 5. Contribuições (%) do primeiro e segundo eixos da análise fatorial múltipla, em relação as variáveis bióticas e abióticas dos igarapés da Estação Ecológica do Cuniã.

Variável	Eixo1 (%)	Eixo2 (%)
Ordem do igarapé	14.055	2.612
Sazonalidade	15.541	28.622
Grupos Funcionais	35.029	33.073
Famílias	35.376	35.692

Fonte: Da autora (2023).

Dentre as variáveis examinadas, os táxons (35.37%) e os grupos alimentares funcionais (35.02%) apresentam uma maior contribuição para a análise. A sazonalidade (28.62%) apresenta maior contribuição no eixo 2, enquanto a variável relacionada a ordem dos igarapés é a que apresenta menor contribuição em ambos os eixos da análise. A interpretação da AFM destaca as associações entre as variáveis e os eixos da análise (figura 3).

Figura 3. Análise fatorial múltipla (MFA) relacionando as variáveis: sazonalidade, identificação hierárquica dos igarapés, grupos funcionais alimentares e táxons de macroinvertebrados aquáticos coletados na ESEC do Cuniã.



Fonte: Da autora (2023).

O primeiro eixo (F1) da AFM (com 25.54% da variabilidade explicada) permite verificar uma combinação de preditores com cargas (loadings), nas quais incluem variáveis com correlação positiva e negativa, os quais representa a intensidade destas variáveis na complexidade estrutural e funcional destes igarapés. Dentre as variáveis que apresentam as maiores correlação positivas no primeiro eixo, podemos destacar os igarapés de 3ª ordem, o período de enchente (EN), o grupo funcional dos fragmentadores, bem como os táxons Crustacea, Ephemeroptera e Odonata.

O eixo 2 (F2), com 23.84% da variabilidade explicada, destaca o período de vazante, o grupo funcional dos coletores-catadores, e as ordens Diptera e Hemiptera como suas principais contribuições positivas da AFM.

Desta forma, os resultados gerados através da AFM e exibidos na Figura 3, revelam descobertas importantes sobre possíveis tendências de distribuição dos grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos. Neste contexto, observamos correlações interessantes entre os organismos categorizados como fragmentadores (F) e predadores (P) que apresentaram uma relação mais pronunciada com os igarapés de terceira ordem e no período de enchente.

Organismos coletores-catadores, em sua maioria representados pela ordem Diptera, apresentaram uma forte correlação com o período de vazante.

Coletores filtradores, representados principalmente por indivíduos da ordem Trichoptera (Hydropsychidae, Philopotamidae e Polycentropodidae) apresentaram forte correlação com o período de águas baixas, juntamente com a ordem Plecoptera (Perlidae).

Organismos raspadores não apresentaram fortes correlações com as demais variáveis.

DISCUSSÃO

Abióticos

Segundo Hynes (1970a), os insetos aquáticos possuem uma estreita relação com os diferentes tipos de substratos que podem ser encontrados no leito dos rios.

O substrato arenoso, que foi encontrado no leito dos igarapés da ESEC do Cuniã, é conhecido por ser um microhabitat menos estável por conta da facilidade que a força da água possui em carrear os grãos finos de areia (Allan, 1995), podendo apresentar fatores limitantes para a sobrevivência dos organismos, como disponibilidade de abrigos e alimento, o que pode influenciar na abundância, riqueza e diversidade presentes nesses habitats (Kikuchi, 2005; Salles, 2014; Ferreira, 2019).

Conforme mencionado por Callisto *et al.*, citado por Silva (2007), o aumento do aporte de material alóctone para o leito do córrego, juntamente com o incremento nas dimensões do

corpo d'água, incluindo volume, profundidade e largura principalmente durante o período chuvoso, pode ampliar os habitats disponíveis para os macroinvertebrados aquáticos. Para Fidelis, Nessimian e Hamada (2008), a profundidade pode ser considerada como o melhor descritor do tamanho do igarapé, pois a velocidade da corrente e a largura do igarapé apresentam variações que podem estar relacionadas a outros fatores, como relevo, inclinação, e presença de estruturas de retenção do leito. A vazão, como apontado por Tamm (2001), pode desempenhar um papel importante na distribuição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, visto que a velocidade da correnteza influencia os diversos tipos de substratos, afetando no deslocamento dos macroinvertebrados aquáticos e, consequentemente, alterando sua distribuição em ambientes lóticos.

Estudos indicam que corpos d'água menores não seguem a mesma tendência anual dos rios e lagos das planícies de inundação (Walker, 1995). Portanto, variações sazonais nesses ambientes normalmente provocam alterações significativas nas características físicas e químicas da água, como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, fluxo e temperatura (Tejerina-Garro *et al.*, 1998). Além disso, essas mudanças sazonais expandem e contraem os ambientes, regulando e influenciando na distribuição e na dinâmica da estrutura das comunidades de insetos aquáticos (Junk *et al.*, 1989; Barbosa, 2000).

Os valores das variáveis físico-químicas, como de pH, condutividade elétrica e temperatura observados nos igarapés da ESEC do Cuniã, foram semelhantes aos valores já registrados para outros igarapés da Amazônia Central (Pascoaloto, 2001; Anjos, 2005; Pimentel, 2019). Estas variáveis abióticas da água nos ecossistemas aquáticos podem ter efeitos importantes nas comunidades biológicas, com o potencial de influenciar os padrões fisiológicos e comportamentais dos organismos aquáticos, resultando em alterações em seus ciclos de vida e até mesmo o equilíbrio trófico do ecossistema (Dunson; Travis, 1991).

Bióticos

Dentre os organismos coletados, a ordem díptera, mais especificamente a família *Chironomidae* foi o grupo mais abundante em todos os períodos de amostragem na ESEC do Cuniã, fato que corrobora com as descobertas de outros pesquisadores, os quais afirmam que essa família é a mais abundante e amplamente distribuída nos ambientes dulciaquícolas abrangendo todas as regiões climáticas (Ashe, 1987; Lima, 2019).

A composição taxonômica (famílias) dos macroinvertebrados aquáticos da ESEC do Cuniã, não apresentou homogeneidade em relação a sazonalidade, diferindo dos resultados encontrados em outros estudos realizados na região amazônica em igarapés de terra firme (Couceiro *et al.* 2010, 2012; Pimentel, 2017).

Estudos indicam que a sazonalidade e consequentemente alterações nos índices de precipitação em ambientes lóticos exercem impacto na abundância dos macroinvertebrados, podendo causar alterações na diversidade estrutural da comunidade (Panizon, 2016; Silva 2021).

Quando analisamos a influência da sazonalidade na abundância de macroinvertebrados aquáticos, nossos dados corroboram com outros estudos realizados em ambientes aquáticos amazônicos (Nessimian *et al.* 1998; Lima; Almeida & Vicente 2021; Vilaça *et al.* 2021), os quais verificaram uma maior abundância de indivíduos coletados no período de águas baixas em comparação com outros períodos de maior vazão.

Abílio *et al.* (2007) e Pimentel (2017) destacam que durante a estação menos chuvosa, ocorre uma maior diversidade de táxons devido à disponibilidade aumentada de alimento, além da influência da temperatura mais elevada nas taxas de reprodução. Por outro lado, Yokoyama *et al.* (2010; 2012), relata que para alguns táxons o período chuvoso pode abrir novas oportunidades de colonização.

Os grupos funcionais alimentares apresentaram diferenças significativas em relação a sazonalidade. Diferenças na composição dos grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos também foram encontradas por Calisto e Esteves (1998) em estudos em ambientes lóticos.

Quanto a composição dos grupos funcionais alimentares, assim como em nossos dados, outros estudos com macroinvertebrados aquáticos, também observaram um número significativo de organismos classificados como coletores (Chagas, 2017; Giuliatti, 2009). De acordo com Costa e Simonka (2006), os coletores podem se alimentar de matéria orgânica fina (menor que 1,00 mm) de duas maneiras distintas: como filtradores, utilizando a matéria orgânica em suspensão, ou como agregadores, formando aglomerados com essas partículas. O grupo funcional dos coletores-catadores, obteve grande representatividade na amostra, principalmente pela presença numerosa de organismos da família Chironomidae. Representantes desta família apresentam um importante papel na transformação da matéria orgânica e, consequentemente, no fluxo de energia nos ambientes aquáticos (Cummins *et al.*, 2005).

Organismos raspadores, que foram o segundo grupo de maior abundância, estão principalmente representados por indivíduos da família Elmidae e Leptophlebiidae, estes empregam a técnica de pastoreio do perifíton que se forma na superfície do substrato do leito do riacho (Giuliatti, 2009). Os organismos raspadores (R) demonstram uma associação predominante com os igarapés de primeira ordem e durante o período de águas baixas, que por possuírem uma menor vazão e menor velocidade de correnteza, podem fornecer um substrato mais estável, permitindo uma maior fixação e estabilização desses organismos.

Os insetos predadores, representados principalmente por indivíduos das ordens odonata, plecoptera e hemiptera são organismos que se alimentam de outros animais invertebrados, como moluscos e outros insetos, ou de vertebrados, como pequenos peixes, girinos e seus ovos, ou seja, principalmente do material autóctone disponível (Hamada, 2014). Alguns insetos deste grupo também são considerados oportunistas, se alimentando de algas e detritos (Nessimian, 1988).

Os fragmentadores, também conhecidos como decompositores de matéria orgânica grossa, foram representados por crustáceos (Palaemonidae e Euryrhynchidae) e insetos da ordem trichoptera (Calamoceratidae, Leptoceridae e Sericostomatidae), e foram correlacionados com igarapés de 3ª ordem. Este grupo possui um papel fundamental nos corpos de água, pois consomem os detritos orgânicos alóctones (uma importante fonte de energia em igarapés amazônicos) e os transformam em matéria orgânica particulada fina, que pode ser consumida por outros organismos aquáticos, exercendo um papel fundamental na cadeia trófica e transporte de energia.

Os fragmentadores começam a se alimentar após ocorrerem mudanças estruturais e bioquímicas causadas pela ação de microrganismos nos tecidos vegetais, tornando a matéria orgânica palatável (Kenneth *et al.*, 1989). Este processo pode variar de semanas a meses, dependendo das espécies de plantas e da temperatura do corpo d'água (Giuliatti, 2009), podendo ser um fator importante que pode ter correlacionado os fragmentadores com os igarapés de 3ª ordem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados analisados, podemos inferir que os igarapés da ESEC do Cuniã apresentam uma estruturação complexa, demonstrando heterogeneidade em seus parâmetros bióticos e abióticos ao longo das estações.

A sazonalidade influenciou a composição e a distribuição dos grupos funcionais alimentares, evidenciando variações na abundância e diversidade de macroinvertebrados aquáticos ao longo do ano.

A AFM proporcionou uma visão integrada dessas variáveis, destacando padrões complexos de associação. As análises realizadas demonstram que as medidas de diversidade funcional podem fornecer informações importantes sobre a organização das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, sua influência e distribuição das espécies nos processos ecológicos. A compreensão dessas relações é fundamental para possibilitar uma gestão eficaz e sustentável dos recursos hídricos, especialmente diante das crescentes alterações ambientais.

Não pretendemos aqui, fazer generalizações a respeito dos possíveis padrões de distribuição dos grupos funcionais alimentares de macroinvertebrados aquáticos, mas sim, fornecer uma visão que pode-se estabelecer como marco zero do estudo desses grupos tão diversos em igarapés de terra firme da Amazônia sul-ocidental, em um ambiente em condições de alta preservação ambiental como a ESEC do Cuniã, tendo em vista que a maioria dos estudos avaliando a distribuição desses grupos são focados em ambientes antropizados, em outras regiões e biomas, e também áreas de menor grau de preservação.

Os resultados ressaltam a importância de considerar a complexidade desses sistemas aquáticos, evidenciando que, os fatores ambientais, como a sazonalidade e as ordens dos igarapés, podem desempenhar papéis importantes na estruturação dos grupos funcionais alimentares dessas comunidades aquáticas. Além disso, sob uma perspectiva conservacionista, este estudo contribui para o conhecimento científico sobre a biodiversidade e a dinâmica dos ecossistemas aquáticos em igarapés de terra-firme na região, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e iniciativas de preservação na Amazônia Sul-Occidental.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) e à Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERO) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, p.397-409, 2007.

ALLAN, J. D. Stream Ecology: structure and function of running waters. 1. ed. U.S.A.: Kluger Academic Press, 1995. 387p.

ANDRADE, A. L., *et al.* Niche breadth and habitat preference of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (Insecta) in streams in the Brazilian Amazon. **Hydrobiologia**, v. 849, p. 4287–4306, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04987-6>.

ANDRADE, A. L.; DA SILVA, R. R.; JUEN, L. Contribution of rare genera of aquatic insects to functional diversity in streams with multiple land use in the Amazon. **Hydrobiologia**, 850,21–38, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05035-z>

ANDRADE, R. T. G. de; MANZATTO, A. G. A Insuficiência de Políticas Públicas Nacionais Pró-Biodiversidade Amazônica. **Revista Gestão & Políticas Públicas**, v. 4, n. 2, p. 219–239, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2237-1095.v4p219-239>

ANJOS, M. B. **Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central**: composição, distribuição e características tróficas. 2005. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2005.

ASHE, P., DA MURRAY E F. REISS. A distribuição zoogeográfica de Chironomidae (insecta: Diptera). **Anls Limnologica**, v. 23, p. 27-60, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1051/limn/1987002>.

BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Management (in press)**, 2000.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Cuniã**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano_de_manejo_esec_de_cunia_2018.pdf. Acesso em 25 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. Brasília, MMA, 2023. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: Acesso em 3 nov. 2023.

CARVALHO, R. L. *et al.* Pervasive gaps in Amazonian ecological research. **Current Biology**, 33, 1–10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.077>

CHAGAS, F. B. *et al.* Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil. *Revista Ambiente & Água [online]*, v. 12, n. 3, pp. 416-425, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2015>.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos Imaturos: Metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

COUCEIRO S. R. M., HAMADA N., FORSBERG B. R., PIMENTEL T. P., LUZ, S.L.B. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**, Volume 18, Pages 118-125, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.001>.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PIMENTEL, T. P.; LUZ, S. L. B. Amacroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**, v.18, p. 118-125, 2012 .

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**, v. 10, p.89-103, 2010.

COUTINHO, E. de C. Variabilidade do Regime Hidrológico da Calha do Rio Amazonas. In: Steel Silva Vasconcelos, Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Aline Maria Meiguins de Lima (Orgs.). **Amazônia em tempo**: impactos do uso da terra em diferentes escalas. Belém: Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

CUMMINS, K. W.; KLUG, M.J. Ecologia alimentar do riacho invertebrados. **Annual Review Ecology System**, v. 10, p. 147-172, 1979.

CUMMINS, Kenneth W.; MERRITT, Richard W.; ANDRADE, Priscila C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.

DUNSON, W. A.; TRAVIS, J. The Role of Abiotic Factors in Community Organization. **The American Naturalist**, v. 138, n. 5, 1067–1091, 1991.

ESPINOSA, A. C. E.; CUNHA, E. J.; SHIMANO, Y.; ROLIM, S.; MIOLI, L.; JUEN, L.; DUNCK, B. Functional diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in streams in mining areas located in the Eastern Amazon. **Hydrobiologia**, v. 850, p. 929–945, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05134-x>

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição especial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 38, n.1, p. 127-134, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/pYyvbgrVTksLpjXPRfnFxQc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2019.

GIULIATTI, T. L.; CARVALHO, E. M. Distribuição das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do córrego Laranja Doce, Dourados/MS. **Interbio**, v. 3, n. 1, p. 4-14, 2009.

GOMES, D. F.; SANCHES, N. A. de O.; ANDRADE, D. de P.; BASTOS, W. R. Ocorrência de macroinvertebrados aquáticos em uma reserva extrativista da Amazônia brasileira. **Revista de Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, Goiânia, v. 16, n. 2, p. 50–60, 2019. DOI: 10.5216/rbn.v16i2.57731. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/RBN/article/view/57731>. Acesso em: 24 out. 2022.

HAMADA, N. **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Keys to Neotropical**. v. 3. 4. ed. EUA: Academic Press, 2018.

HAMADA, N.; FERREIRA-KEPPLER, R. L. (Ed.). **Guia ilustrado de insetos aquáticos e semiaquáticos da Reserva Florestal Ducke**. Manaus: EDUA, Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2012.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus, AM: Editora do INPA, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114288/1/Livro-Insetos-Aquaticos.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

HEPP, L.U.; RESTELLO, R.M. (Orgs). **Ecologia de riachos no Alto Uruguai Gaúcho**. Erechim-RS: Edifapes, 2020.

HYNES, H.B.N. The ecology of stream insects. **Ann. Ver. Ent.**, 15: 25-42, 1970a. Disponível em: https://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_h/pubhynesh1970p25.pdf. Acesso em: 3 nov. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA (INPA). **Metadados Instalação de Parcelas Ripárias**. Manaus: PPBio, 2012. Disponível em: <https://ppbio.inpa.gov.br/instalacao/riparias>. Acesso em: 3 nov. 2022.

JUNK, W. J. *et al.* A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. **Wetlands**, v. 31, 623–640, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

JUNK, W. J. General Aspects of Floodplain Ecology with Special Reference to Amazonian Floodplains. **Ecological Studies**, v.126, 1997. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-03416-3_1. Acesso em 3 nov. 2019.

KENNETH, W.; CUMMINS, M. A.; WILZBACH, D. M.; GATES, J. B.; PERRY, W. Bruce Taliaferro, Shredders and Riparian Vegetation: Leaf litter that falls into streams influences communities of stream invertebrates. **BioScience**, v. 39, n. 1, p. 24–30, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/1310804>

KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V. S. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomol. Vect.*, v. 12, n. 2, p. 193-231, 2005.

LIMA, D. V. M.; *et al.* Uso de larvas de Chironomidae (Diptera) na análise da integridade ecológica de lagos urbanos no oeste amazônico. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 9, n. 3, p. 41-45, 2019 Disponível em <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>. Acesso em: 24 out. 2022.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; LUIZÃO, R. *et al.* Rapeld: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 1-6, 2005. Disponível em: <https://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005>. Acesso em 3 nov. 2021.

MALACARNE, T. J.; MACHADO, N.R.; MORETTO, Y. Influence of land use on the structure and functional diversity of aquatic insects in neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 851, p. 265–280, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05207-5>

MARENGO, J. A. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, 2006.

MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationship between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. **Copeia**, v.4, p. 750-763, 2005. Disponível em: <https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/copeia.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; CAMPBELL, E.Y. Uma abordagem funcional para a caracterização e riachos brasileiros. In: HAMADA, N. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus - AM, Brasil, Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p. 69-87, 2014.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L (Eds). **Ecologia de insetos aquáticos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, Série Oecologia Brasiliensis, v. 5, p. 253-264, 1998.

NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. (Ed.) **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. 1. ed., Manaus: Editora do INPA, 2014. p. 39-49.

OLIVEIRA, Ana Lucia Henriques de; NESSIMIAN, Jorge Luiz. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 4, p. 424-441, 2010.

ONO, E. R. **Efeito da retirada da mata ripária sobre a estrutura dos grupos funcionais de alimentação em assembleias de macroinvertebrados bentônicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/b62decff-c548-46cd-bf95-cbbba5dbc80b> Acesso em: 7 set. 2023.

PANIZON, M. **Biomonitoramento da comunidade de macroinvertebrados de um reservatório de abastecimento público no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PANSINI, S. *et al.* Riqueza e Seletividade de Palmeiras ao Longo de Gradientes Ambientais na Região do Interflúvio Purus-Madeira em Porto Velho, RO. **Biota**, 6(2): 93–100, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2107>. Acesso em 3 nov. 2023.

PASCOALOTO D. Características ambientais de cinco Igarapés de terra-firme em reservas florestais no estado do Amazonas e sua relação com *Batrachospermum cayennense* (Batrachospermaceae, Rhodophyta). **Acta Amaz.**, v. 31, n. 4, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43922001314606>.

PEREIRA, P. S.; SOUZA, N. F.; BAPTISTA, D. F.; RIBEIRO-ALVES, M.; SANTOS, H. C.; BUSS, D. F. Functional Feeding Group composition and attributes: evaluation of freshwater ecosystems in Atlantic Forest, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 2, e20201016, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1016>

PIMENTEL, D. R. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de igarapés de Santarém-PA e região**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação Doutorado Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/92>. Acesso em 3 nov. 2021.

PIMENTEL, D. R. *et al.* Avaliação da qualidade da água do igarapé do Urumari, Santarém, Pará. **Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA**, Três Lagoas, v. 8, n.1, pp. 153-161, 2019. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/7532/pdf_77. Acesso em: 7 set. 2023.

PIMENTEL, D.; PAULA, C. da S.; COUCEIRO, S. O uso de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta de educação ambiental em uma escola municipal de Santarém, Pará. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2020. DOI: 10.47401/revisea.v9i1.13123

POFF, N. L.; OLDEN, J. D.; VIEIRA, N. K. M.; FINN, D. S.; SIMMONS, M. P.; KONDRATIEFF, B. C. Nichos de características funcionais de insetos lóticos norte-americanos: aplicações ecológicas baseadas em características à luz das relações filogenéticas. J. Norte Am. **Sociedade Bentológica**, 25, 730–755, 2006.

QUERINO, R.B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: INPA, 2014. p. 349-375.

RAMÍREZ, A., GUTIÉRREZ-FONSECA, P. E. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. **Rev Biol Trop.**, v. 62, suppl 2, p. 155-67, 2014. DOI: 10.15517/rbt.v62i0.15785.

ROCHA, T. S.; CALVÃO, L. B.; JUEN, L.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. Efeito da integridade ambiental na composição funcional da comunidade Odonata (Insecta) em riachos da Amazônia Oriental. **Frente. Eco. Evol.**, v. 11, n. 1, 2023. DOI: 10.3389/fevo.2023.1166057

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **Chapman & Hall**, p. 448, 1993. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=14415&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22RESH,%20V.H.%22&qFacets=autoria:%22RESH,%20V.H.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 3 nov. 2019.

SALLES, F. F.; FERREIRA-JÚNIOR, N. Hábitat e Hábitos. In: HAMADA, N.; SILVA, E. C.; GUTJAHN, A. L. N.; BRAGA, C. E. S. Diagnóstico ambiental do rio Ouricuri em Capanema, Pará: bioindicação por macroinvertebrados aquáticos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 10, p. 352-368, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0029>

SILVA, T. C. **Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na bacia do ribeirão mestre d'Armas, DF**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, 113 fls., 2007.

SOUZA, P. F. **Florística, Distribuição e Diversidade Beta da Comunidade Arbórea ao Longo do Gradiente Ambiental Hídrico em uma Floresta de Terra Firme no Interflúvio Purus-Madeira, Amazônia Central**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Biologia, Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM.

TOMM, I. **Avaliação da qualidade da água no rio Toledo (Toledo-Paraná), através de macroinvertebrados bentônicos**. 2001. Dissertação Mestrado (Mestre em Engenharia de Produção), pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, 220 fls., 2001.

VILAÇA, L. R. de A.; GOUVEIA, J. H.; GOUVEIA, F. B. P.; COSTA, W. L. de S.; SILVA, E. N. dos S. Grupos funcionais de alimentação da entomofauna aquática do lago Acariquara, Manaus/AM. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 10902–10917, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-745.

VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I. *et al.* Deixe o conceito de traço ser funcional. **Oikos**, v. 116, p. 882–892, 2007. DOI: 10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x

YOKOYAMA, E.; *et al.* A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil?. **Ambiência**, v. 8, n.1, p. 73-84, 2012. <https://doi.org/DOI:10.5777/ambiencia.2012.01.06>

ZAPATA-RÍOS, G. *et al.* **Chapter 3: Biological Diversity and Ecological Networks in the Amazon**. In: Nobre C *et al.* (Eds). Amazon Assessment Report. New York, USA: 2021. Disponível em: <https://www.theamazonwewant.org/spa-reports/>. DOI: 10.55161/DGNM5984

CONCLUSÃO GERAL

Com base nos resultados e discussões apresentados, concluímos que a estrutura física do substrato e as características limnológicas desempenham papéis cruciais na colonização de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme da ESEC do Cuniã. A variação na granulometria do substrato ao longo das diferentes ordens de igarapés, com destaque para a prevalência de argila, silte e areia fina em igarapés de terceira ordem, sugere uma influência do padrão longitudinal na composição das comunidades, contribuindo para uma maior abundância em riachos de menor ordem.

As propriedades físicas e químicas da água, com ênfase no oxigênio dissolvido (OD), também emergiram como fatores essenciais na distribuição das comunidades aquáticas.

A sazonalidade exerceu uma influência significativa na abundância e composição dos macroinvertebrados, com a maior densidade registrada durante as águas baixas e a menor durante a enchente. Esses achados indicam que a composição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de terra firme é moldada por fatores de escala longitudinal e temporal.

Os resultados são inéditos para igarapés de terra firme da região amazônica sul-ocidental, destacando a importância da heterogeneidade ambiental e sazonalidade na estruturação das comunidades de macroinvertebrados aquáticos e contribuindo para o entendimento dos fatores que influenciam esses ecossistemas na Amazônia.

A análise da estruturação complexa dos igarapés da ESEC do Cuniã, com variações sazonais na composição e distribuição dos grupos funcionais alimentares, oferece uma visão integrada desses ecossistemas.

O conhecimento sobre a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, bem como sua composição funcional para a região do interflúvio Madeira-Purus, e suas interações bióticas e abióticas, são importantes para preencher as lacunas sobre a biodiversidade presente nessa região.

Essas informações são cruciais para uma gestão eficaz e sustentável dos recursos hídricos, especialmente diante das crescentes alterações ambientais. Este estudo estabelece um ponto inicial significativo para a pesquisa desse grupo tão diverso em igarapés de terra firme na Amazônia Sul-ocidental, fornecendo uma base sólida para investigações futuras e iniciativas de preservação. Além disso, essas descobertas podem ser utilizadas como referência para comparações em outras regiões da Amazônia e como um padrão em ambientes amazônicos preservados.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: [s.e], 1998.
- ANDRADE, A. L., *et al.* Niche breadth and habitat preference of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (Insecta) in streams in the Brazilian Amazon. **Hydrobiologia**, v. 849, p. 4287–4306, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04987-6>.
- ANDRADE, R. T. G. DE. **Variação Espacial e Temporal da biomassa vegetal direcionada por preditores ambientais em floresta de terra-firme na ESEC CUNIÃ – interflúvio madeira-purus, rondônia, brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional) Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2017.
- ANDRADE, R. T. G. de; MANZATTO, A. G. A Insuficiência de Políticas Públicas Nacionais Pró-Biodiversidade Amazônica. **Revista Gestão & Políticas Públicas**, v. 4, n. 2, p. 219–239, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2237-1095.v4p219-239>
- BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; DROVILLÉ, L.F.M.; NESSIMIAN, J.L. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.2, p.: 249-258, 2000.
- BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M.; NASCIMENTO, E. A.; *et al.* Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do Rio Pitangui, Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 101, n. 2, p. 15-23, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/isz/a/5qdtBPsvxwKYR5hBxnR7ymK/?lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2021.
- BARBOSA, H. M.; FERREIRA, H. L. M. dos S.; VIRGILIO, L. R. Insetos aquáticos bentônicos em ambientes florestados e não florestados em rios do Vale do Juruá. **Biotemas**, v. 35, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2022.e90023>
- BOAS, A. H. V.; CAMARGO, F. V. Avaliação rápida da qualidade da água utilizando invertebrados bentônicos, através dos índices bióticos BMWP' e ASPT no Ribeirão São Bernardo, Piranguçu, Sul de Minas Gerais. **CES Revista**, v. 31, n.1, p. 7-25, 2017.
- BOUCHARD, R. W. **Guia para macroinvertebrados aquáticos do Alto Centro Oeste**. Centro de Recursos Hídricos, Universidade de Minnesota, St.Paulo, 2004. pág. 2.
- BRAAK, C. J. F. T. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v.67, p. 1167-1179, 1986. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216900651_Canonical_Correspondence_Analysis_A_New_Eigenvector_Technique_for_Multivariate_Direct_Gradient_Analysis. Acesso em: 10 nov. 2020.
- BRAGA, R.; FERREIRA JÚNIOR, N. Two new species of Desmopachria Babington, 1841 (Coleoptera: Dytiscidae) from Brazil. **Aquatic Insects**, v.33, p. 127-131, 2011. DOI: 10.1080/01650424.2011.597561. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01650424.2011.597561>. Acesso em: 13 maio 2021.
- BRAGAGNOLO, C., *et al.* Harvestmen in an Atlantic Forest fragmented landscape: evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. **Biological Conservation**. v.139, p. 389-400, 2007.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Cuniã**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano_de_menejo_esec_de_cunia_2018.pdf. Acesso em 25 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. Brasília, MMA, 2023. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: Acesso em 3 nov. 2023.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial**: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RiMa, 2003.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.001>

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 465-473, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/KzNMyNgzs8tsBZSmQmSSf9q/?lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2021.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; SILVEIRA, M. P. *et al.* Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologia**, v. 481, p. 125–136, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1021281508709>. Acesso em: Acesso em 3 nov. 2019.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JR, J. F.; MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. Minhas Gerais: UFMG, 2002. p. 1-12. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/invertaquaticos.pdf>. Acesso em 30 out. 2019.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de Riachos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 6–11, 2001. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=42&SUMARIO=624>. Acesso em 3 nov. 2019.

CAMARGOS, L. M. de; TOUMA, B. R.; HOLZENTHAL, R. W. New Cernotina caddisflies from the Ecuadorian Amazon (Trichoptera: Polycentropodidae) **PeerJ**, v.5, e3960, 2017. Disponível em: <https://peerj.com/articles/3960/>. Acesso em: 13 maio 2021.

CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n. 2, p. 45-51, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/YmKmFW8Yfxr7z9RQMmPqDND/abstract/?lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2021.

CENCI, D. R. Conflitos sociopolíticos e ambientais no contexto brasileiro: o antes e o depois da Rio 92, as políticas ambientais e a contribuição para a geopolítica latino-americana. **Revista Estudios Avanzados** 30, p. 23-49, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/ideas/article/view/3719/26002979>. Acesso em 3 nov. 2021.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/article/view/11576>. Acesso em 3 nov. 2021.

- COSTA, J. M. C.; SILVA, C. C. D.; SANTOS, T. C.; PEREIRA, S. M.; ALMEIDA, G. L. D. Insetos aquáticos da ecorregião aquática Xingu-Tapajós. In: CASTILHOS, Z.; BUCKUP, P. (Ed.). **Ecorregião aquática: Xingu-Tapajós** Brasília: CETEM/MCT2011. p. 123-138.
- COUTINHO, E. de C. Variabilidade do Regime Hidrológico da Calha do Rio Amazonas. In: Steel Silva Vasconcelos, Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Aline Maria Meiguins de Lima (Orgs.). **Amazônia em tempo: impactos do uso da terra em diferentes escalas**. Belém: Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa Amazônia Oriental, 2017.
- CUMMINS, K. W.; KLUG, M.J. Ecologia alimentar do riacho invertebrados. **Annual Review Ecology System**, v. 10, p. 147-172, 1979.
- CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; ANDRADE, P. C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.
- DAVID, J. A.; CASTILHO, M. M. **Stream Ecology: structure and function of running waters**. London: Chapman & Hall, 1995.
- ESPINOZA-TOLEDO, A.; *et al.* Taxonomic and functional responses of macroinvertebrates to riparian forest conversion in tropical streams. **Science of The Total Environment**, v. 757, n. 25, e143972, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143972>
- FEKADU, M. B., *et al.* Impacts of Anthropogenic Activities on the Benthic Macroinvertebrate Assemblages During the Wet Season in Kipsinende River, Kenya. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 22, TRJFAS18410, 2022. DOI: <http://doi.org/10.4194/TRJFAS18410>
- FERRINGTON, L. C. Global diversity of nonbiting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.
- FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição especial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 38, n.1, p. 127-134, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/pYyvbgrVTksLpjXPRfnFxQc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2019.
- FONSECA, J. J. L.; CALLISTO, M. F. P.; GONÇALVES, J. F. J. Benthic macroinvertebrate community structure in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Pará, Brazil). **SIL Proceedings**, 1922-2010, v. 26, n. 4, p. 2053–2055, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71081999000300004. Acesso em 3 nov. 2019.
- FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 3-10, 2007. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Franca&Callisto-2007.pdf. Acesso em 3 nov. 2021.
- GOLDENBERG, R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; SOUZA, M. L. D. Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 145-161, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/xSffQNJtSPGc49JP4bcBcKP/abstract/?lang=pt>. Acesso em 3 nov. 2021.
- HAMADA, N. **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Keys to Neotropical**. v. 3. 4. ed. EUA: Academic Press, 2018.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus, AM: Editora do INPA, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114288/1/Livro-Insetos-Aquaticos.pdf>.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus, AM: Editora do INPA, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114288/1/Livro-Insetos-Aquaticos.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.

HELLAWELL, J. Biological surveillance and water quality monitoring. In: **Biological Monitoring of Inland Fisheries**. London: Applied Science Publishers, Ltda, 1977. p. 257.

HENDERSON, P. A.; WALKER, I. On the leaf litter community of the Amazonian blackwater stream Tarumazinho. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 1986. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-tropical-ecology/article/on-the-leaf-litter-community-of-the-amazonian-blackwater-stream-tarumazinho/C4F630AF848F011D1F3BB364E707A4F9>. Acesso em 3 nov. 2019.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C. *et al.* Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia**, v. 27, n. 1, p. 106–113, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/zool/v27n1/a16v27n1.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.

HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 157, n. 1–4, p. 305–318, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0536-7>. Acesso em 3 nov. 2019.

JUNK, W. J. *et al.* A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. **Wetlands**, v. 31, 623–640, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

JUNK, W. J. General Aspects of Floodplain Ecology with Special Reference to Amazonian Floodplains. **Ecological Studies**, v.126, 1997. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-03416-3_1. Acesso em 3 nov. 2019.

KOWNACKI, A.; SZAREK-GWIAZDA, E. The Impact of Pollution on Diversity and Density of Benthic Macroinvertebrates in Mountain and Upland Rivers. **Water**, v. 14, n. 9, p. 1349, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14091349>

LEMOES, A. L. F.; SILVA, J. de A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n.1, p. 98-108, 2011.

LENTINI, M. **Fatos Florestais da Amazônia**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2005.

MACHADO, T. L. da S. **Avifauna de sub-bosque em ambientes ripários e não-riparios na Estação Ecológica do Cuniã (Interflúvio Madeira-Purus, Porto Velho, RO)**. 2021. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Rede Bionorte, 2021. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=10992293. Acesso em: 26 jan. 2024.

MAGALHÃES, C.; SANTOS, J. L. C.; SALEM, J. I. Automação de coleções biológicas e informações sobre a biodiversidade da Amazônia. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 19, 2001. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/184/178. Acesso em 3 nov. 2019.

- MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; LUIZÃO, R. *et al.* Rapeld: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 1-6, 2005. Disponível em: <https://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005>. Acesso em 3 nov. 2021.
- MARENGO, J. A. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, 2006.
- MARINHO, W. R. C.; SANTOS, R. G.; CRUZ, L. S.; BORGES, I. C. V. *et al.* Simulídeos (simuliidae: diptera) como objeto de estudo no Brasil e no mundo. **Nature and Conservation**, v.14, n.1, p.12-23, 2021. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/nature/article/view/CBPC2318-2881.2021.001.0002>. Acesso em 3 nov. 2021.
- MARTINS, D. L. *et al.* Soil-induced impacts on forest structure drive coarse woody debris stocks across central Amazonia. **Plant Ecology and Diversity**, v. 8, n. 2, p. 229–241, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17550874.2013.879942>. Acesso em 3 nov. 2019.
- MARTINS, R. T.; OLIVEIRA, V. C. de; SALCEDO, A. K. M. Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. *In*: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B (Eds.). **Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014.
- MARTINS, R., *et al.* Effects of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon. **Ecological Indicators**, v. 73, p. 480-491, 2022. 10.1016/j.ecolind.2016.10.013.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. MjM Software Design, Oregon, U.S.A, 2002.
- MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationship between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. **Copeia**, v.4, p. 750-763, 2005. Disponível em: <https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/copeia.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.
- METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, n. 1–2, p. 101–139, 1989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0269749189902236>. Acesso em 3 nov. 2019.
- MIN, J. K., LEE, H.; KONG, D. Development of a benthic macroinvertebrate predictive model based on the physical and chemical variables of rivers in the Republic of Korea. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 37, n. 1, p. 425-453, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/02705060.2022.2105967>
- MITSCHEIN, T. A (Org.). **Reflexões amazônicas: encarando o mundo globalizado a partir da maior floresta tropical do planeta**. Pará: Instituto de Educação Matemática e Científica/UFPA, 2017. Disponível em: <https://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/74>. Acesso em 3 nov. 2021.
- MORAIS, S. S.; *et al.* Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal Biology**, v. 70, n. 4, p. 995-1004, 2010. DOI: 10.1590/s1519-69842010000500011.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books, Rio de Janeiro, 174pp. 2010.

MUSONGE, P. S. L., *et al.* Drivers of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Equatorial Alpine Rivers of the Rwenzoris (Uganda). **Water**, v. 12, n. 6, p. 1668, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12061668>

NESSIMIAN, J. L.; SAMPAIO, B. H. L.; DUMAS, L. L. Taxonomia de insetos aquáticos: cenários e tendências para a Amazônia brasileira. *In*: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B (Eds.). **Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014.

OLESZCZUK, B.; GRZELAK, K.; KEDRA, M. Community structure and productivity of Arctic benthic fauna across depth gradients during springtime. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 170, e103457, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103457>

OLIVEIRA, A. L. H. de; NESSIMIAN, J. L. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 4, p. 424-441, 2010.

PACIENCIA, G. de P.; FURTADO, C. H.; SOUZA, F. S. T. *et al.* A utilização dos macroinvertebrados aquáticos de riachos do município de Vilhena – RO na confecção de cartilhas de Educação Ambiental. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v.14, n.1, p. 176-182, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14936>. Acesso em 3 nov. 2019.

PANSINI, S. *et al.* Riqueza e Seletividade de Palmeiras ao Longo de Gradientes Ambientais na Região do Interflúvio Purus-Madeira em Porto Velho, RO. **Biota**, 6(2): 93–100, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2107>. Acesso em 3 nov. 2019.

PANSINI, S. **Relação entre hidrologia e assembleia de palmeiras ao longo de gradientes Ambientais na ESEC Cuniã (interflúvio Purus-Madeira)**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE) - Universidade Federal do Amazonas, Porto Velho, 2016. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5725>. Acesso em: 26 jan. 2024.

PASTORINO, P., *et al.* Macrobenthic invertebrates as bioindicators of trace elements in high-mountain lakes. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, e5958–5970, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07325-x>

PERROW, M. R.; JOWITT, A. J. D.; JOHNSON, S. R. Factors affecting the habitat selection of tench in a shallow eutrophic lake. **Journal of Fish Biology**, v. 48, n. 5, p. 859–870, 1996. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01481.x>. Acesso em 3 nov. 2019.

PIMENTEL, D. R. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de igarapés de Santarém-PA e região**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação Doutorado Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/92>. Acesso em 3 nov. 2021.

PRODES. **Taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal: Estado de Rondônia**. 2023. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments. Acesso em: 26 jan. 2024.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L.O. *et al.* Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, v. 8, n. 6, p. 1415–1440, 2011. Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/8/1415/2011/>. Acesso em 3 nov. 2019.

RENAUD, S.; VAN DAM, J. Influence of biotic and abiotic environment on dental size and shape evolution in a Late Miocene lineage of murine rodents (Teruel Basin, Spain). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 184, n. 1–2, p. 163–175, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/222957965_Influence_of_biotic_and_abiotic_environment_on_dental_size_and_shape_evolution_in_a_Late_Miocene_lineage_of_murine_rodents_Teruel_Basin_Spain. Acesso em 3 nov. 2019.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches in benthic macroinvertebrate biomonitoring studies. **Chapman & Hall**, p. 195–233, 1993. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/247332759_Rapid_Assessment_Approaches_to_Biomonitoring_Using_Benthic_Macroinvertebrates. Acesso em 3 nov. 2019.

RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Monitoramento biológico de riachos com o uso de invertebrados aquáticos. *In*: HEPP, L. U.; RESTELLO, R. M (Orgs.). **Ecologia de riachos no Alto Uruguai Gaúcho**. Erechim: EdiFAPES, 2020.

RIECK, L. O.; SULLIVÁN, S. M. P. Ecological Impacts of Altered Stream Hydrogeomorphic Characteristics Extend Beyond the Channel Boundary: Evidence From Urban Streams of Columbus, OH, United States. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.817289>

ROCHA, E. J. P. **Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia**. 2001. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2001. 210 p. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/6qtX3pFwXQZ3P8SECKy/ARzry>. Acesso em 3 nov. 2021.

RONDÔNIA. Secretaria do Estado de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM). **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho-RO: SEDAM, 2002b.

RONDÔNIA. Governo do Estado de Rondônia. **Relatório da Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio Econômico e Ecológico do Estado de Rondônia** - Relatório de Climatologia. Porto Velho: Governo do Estado de RO, 1998a.

ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. *et al.* Benthic macroinvertebrates in streams of the Jaragua State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. **Journal of Insect Conservation**, v. 7, n. 2, p. 63–72, 2003. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/56608/benthic-macroinvertebrates-in-streams-of-the-jaragua-state-p>. Acesso em 3 nov. 2019.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **Chapman & Hall**, p. 448, 1993. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=14415&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22RESH,%20V.H.%22&qFacets=autoria:%22RESH,%20V.H.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em 3 nov. 2019.

ROSSETTI, D. de F.; TOLEDO, P. M.; GOES, A. M. New geological framework for Western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. **Quaternary Research**, v. 63, n. 1, p. 78–89, 2005. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/quaternary-research/article/new-geological-framework-for-western-amazonia-brazil-and-implications-for-biogeography-and-evolution/D680FF4D63CC3F64787DAF568C5C1EDB>. Acesso em 3 nov. 2019.

RUARO, R., *et al.* Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 5, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5046-9>

RYLANDS, A. B.; PINTO, L. P. D. S. **Conservação da Biodiversidade na Amazônia Brasileira: uma Análise do Sistema de unidades de conservação**. Fundação Brasileira para o desenvolvimento sustentável, 1998.

SABHA, I., *et al.* Water Quality and Anthropogenic Impact Assessment Using Macroinvertebrates as Bioindicators in a Stream Ecosystem. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 387, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05839-8>

SAMUELSSON, E.; SOEIRO H. M. de A. do N.; MANZATTO, A. G. Studies with aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome: a scientometric analysis. **Research, Society and Development**, 2022;11(13):e168111335308. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35308>.

SANTOS, A.P.M.; NESSIMIAN, J.L. A remarkable new species of Phylloicus (Trichoptera: Calamoceratidae) from Central Amazonia, Brazil. **Aquatic Insects**, v.32, n.4, 321–326, 2010. <https://doi.org/10.1080/01650424.2010.508046>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01650424.2010.508046>. Acesso em: 13 maio 2021.

SANTOS, NBB, CRUZ, GM, MONTELES, JS *et al.* Banco de dados de características de estágio imaturo dos gêneros Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para a Amazônia. **Aquat Sci**, v.86, n.35, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00027-024-01051-4>

SCIENCE PANEL FOR THE AMAZON (SPA). **Amazon Assessment Report 2021**: Chapter 3 – Biological diversity and ecological networks in the Amazon. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA, 2021. Disponível em: <https://www.theamazonwewant.org/wp-content/uploads/2022/06/Chapter-3-Bound-May-9.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2024.

SENSOLO, D., *et al.* Influence of landscape on the assemblages of Chironomidae in Neotropical streams. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, v. 48, 2016.

SIEGLOCH, A. E.; SCHMITT, R.; SPIES, M.; PETRUCIO, M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Effects of small changes in riparian forest complexity on aquatic insect bioindicators in Brazilian subtropical streams. **Marine and Freshwater Research, Kingston**, v. 68, n. 3, p. 519-527, 2016.

SILVA, P. M. B. M.; SILVA, M. M. da. Igarapés impactados pela ação antrópica no município de Uruará, Pará, 2020 - **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Jandaia-GO, v.17 n.31; p. 103.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos**. Comunicado Técnico 19. São Paulo: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 7 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/14553>. Acesso em 20 out. 2020.

SOARES VIEIRA, L. J.; ROSIN, A. G. C.; MICHIO TAKEDA, M. R.; MARQUES LOPES; SOUSA, D. S. Studies in South Occidental Amazon: contribution to the knowledge of Brazilian Chironomidae (Insecta: Diptera). **Acta Scient. Bio. Sci.**, v. 34, n.2, p.149153. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v34i2.9195.

SONODA, K. C. **Chironomidae da Amazonia Oriental**: resposta da funcionalidade alimentar aos diferentes usos/cobertura do solo. Comunicado Técnico nº 57. São Paulo: Embrapa, 2018. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1098619/1/2018CO01.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SOUTO, R. M. G.; CORBI, J. J.; JACOBUCCI, G. B. Aquatic insects as bioindicators of heavy metals in sediments in Cerrado streams. **Limnetica**, v. 38, n. 2, p. 575-586, 2019. DOI: 10.23818/limn.38.33.

STRAYER, D. L. Challenges for freshwater invertebrate conservation. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, n. 2, p. 271–287, 2006. Disponível em; https://www.researchgate.net/publication/237259072_Challenges_for_freshwater_invertebrate_conservation. Acesso em 20 out. 2020.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1973.

THORPE, W. H.; CRISP, D. J. Studies on plastron respiration; the biology of Aphelocheirus [Hemiptera, Aphelocheiridae (Naucoridae) and the mechanism of plastron retention. **Journal of Experimental Biology**, v. 24, n. 3-4, p. 227-69, 1947. DOI: 10.1242/jeb.24.3-4.227.

TOURINHO, A. L. M. **Padrões de distribuição e fatores condicionantes da riqueza e composição de opiliões na várzea do Rio Amazonas – Brasil (Arachnida: Opiliones)**. 2007. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

VILARDI, G. C. **Heteroptera aquáticos e semiaquáticos (Gerromorpha e Nepomorpha) do sudoeste da Amazônia**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10549?show=full>. Acesso em 3 nov. 2021.

VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Broad-scale geographical patterns in local stream insect richness. **Ecography**, v. 26, p. 751-767, 2003.

WALKER, I. On the structure and ecology of the micro-fauna in the Central Amazonian forest stream “Igarapé da Cachoeira”. **Hydrobiologia**, v. 122, n. 2, p. 137–152, 1985. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00044437>. Acesso em 3 nov. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – TABELA 2: MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS IDENTIFICADOS NOS 18 PONTOS DE AMOSTRAGEM NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO CUNIÃ, DURANTE OS TRÊS PERÍODOS AMOSTRAIS. ÁGUAS BAIXAS (AB), ENCHENTE (EN) E VAZANTE (VZ).

	Táxons	Gêneros	AB	EN	VZ	Total Geral
Annelida	Não identificado		2	5	4	11
	Hirudinida		1	2	0	3
Molusca	Não Identificado		1	0	1	2
Nematoda	Não Identificado		7	3	1	11
Crustacea	Decapoda	Não Identificado	11	0	0	11
	Euryrhynchidae	<i>Euryrhynchus</i>	1	8	5	14
		Não Identificado	4	85	0	89
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	102	44	41	187
		<i>Palaemon</i>	10	4	6	20
	Trichodactylidae	Não Identificado	5	3	0	8
Blattodea	Blaberidae		0	3	0	3
	Blattodea		1	0	1	2
	Isoptera		30	0	0	30
Coleoptera	Não Identificado		6	1	4	11
	Adultos (Não Identificados)		48	7	31	86
		Não Identificado	7	0	0	7
		<i>Austrelmis</i>	0	2	0	2
		<i>Heterelmis</i>	25	21	4	50
		<i>Hexacylloepus</i>	39	18	19	76
		<i>Hexanchorus</i>	0	1	0	1
	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	86	38	13	137
		<i>Microcyllloepus</i>	21	5	4	30
		<i>Neoelmis</i>	22	9	10	41
		<i>Phanocerooides</i>	0	0	4	4
		<i>Stegoelmis</i>	22	17	13	52
		<i>Xenelmis</i>	13	8	8	29
	Gyrinidae		0	0	1	1
	Haliplidae		0	1	0	1
	Hydrophilidae		0	0	1	1
	Ptilodactylidae		1	0	0	1
	Scirtidae		4	1	34	39
Diptera	Não Identificado		5	0	0	5
	Ceratopogonidae		116	22	25	163
	Chironomidae		1054	321	1164	2539
	Empididae		1	1	2	4
	Psychodidae		0	0	2	2
	Sciomyzidae		0	1	0	1
	Simuliidae		8	1	8	17
	Stratiomyidae		0	1	1	2
	Tabanidae		5	0	2	7

	Tipulidae		50	18	18	86
	Não identificado		55	35	89	179
		Não identificado	68	57	160	285
	Baetidae	<i>Callibaetoides</i>	0	1	0	1
		<i>Camelobaetidius</i>	2	1	21	24
		<i>Cloeodes</i>	0	0	5	5
		Não identificado	14	15	24	53
	Caenidae	<i>Caenis</i>	0	1	1	2
	Coryphoridae	<i>Coryphorus</i>	1	4	15	20
	Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	20	21	21	62
		Não identificado	1	11	1	13
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	1	0	0	1
		<i>Tricorythodes/</i> <i>Tricorythopsis</i>	6	1	8	15
		Não identificado	17	28	142	187
		<i>Askola</i>	1	0	3	4
		<i>Farrodes</i>	1	0	0	1
	Leptophlebiidae	<i>Hagenulopsis</i>	0	4	0	4
		<i>Hydrosmilodon/</i> <i>Needhamella</i>	5	3	6	14
		<i>Simothraulopsis</i>	1	0	3	4
		<i>Ulmeritoides</i>	0	1	0	1
	Oligoneuriidae	<i>Oligoneuria</i>	0	3	0	3
	Polymitarcyidae	<i>Campsurus</i>	0	11	14	25
		<i>Tortopsis</i>	0	0	1	1
	Gerromorpha (Não identificado)		0	0	2	2
	Nepomorpha (Não identificado)		9	0	3	12
	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	1	1	1	3
		<i>Heterocorixa</i>	0	0	3	3
	Corixidae	<i>Synaptogobia</i>	2	0	16	18
		<i>Tenagobia</i>	0	5	1	6
	Gerridae	<i>Neogerris</i>	1	0	0	1
	Helotrephidae	Não Identificado	0	0	2	2
		Não Identificado	0	1	1	2
	Mesoveliidae	<i>Paratrephes</i>	0	0	2	2
		Não Identificado	1	0	0	1
		<i>Ambrysus</i>	1	0	0	1
	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	6	7	28	41
		<i>Pelocoris</i>	3	1	7	11
	Nepidae	<i>Ranatra</i>	1	0	2	3
		Não Identificado	0	0	2	2
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	1	0	3	4
Hymenoptera	Não Identificado		10	4	7	21
Lepidoptera	Não Identificado		64	5	3	72
	Corydalidae		3	0	1	4
Megaloptera	Sialidae		0	1	0	1
	Não Identificado		2	0	2	4
Odonata	Aeshnidae		1	0	0	1
	Calopterygidae	Não Identificado	7	0	2	9

		<i>Iridictyon</i>	2	0	0	2
		<i>Mnesarete/Hetaerina</i>	4	1	8	13
		<i>Ormenophlebia</i>	2	2	0	4
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	7	3	0	10
		<i>Lauromacromia</i>	1	0	2	3
	Corduliidae	<i>Navicordulia</i>	3	3	2	8
		<i>Neocordulia</i>	1	0	0	1
	Dicteriadidae	<i>Heliocharis amazona</i>	0	0	1	1
		Não Identificado	1	0	0	1
		<i>Agriogomphus/</i> <i>Ebegomphus</i>	0	1	0	1
		<i>Aphylla</i>	0	1	0	1
		<i>Archaeogomphus</i>	1	0	2	3
		<i>Cacoides</i>	1	11	4	16
	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>	16	4	5	25
		<i>Idiogomphoides</i>	2	0	0	2
		<i>Peruviogomphus</i>	6	0	4	10
		<i>Phyllocycla</i>	3	1	4	8
		<i>Phyllogomphoides</i>	6	2	1	9
		<i>Progomphus</i>	1	3	2	6
		<i>Zonophora</i>	6	3	0	9
		Não Identificado	1	3	17	21
		<i>Argyrothemis</i>	0	0	5	5
	Libellulidae	<i>Celithemis</i>	0	0	1	1
		<i>Elasmothermis</i>	4	1	2	7
		<i>Lauromacromia</i>	0	1	0	1
		<i>Tholymis</i>	0	3	0	3
		Não Identificado	0	0	1	1
	Megapodagrionidae	<i>Heteragrion/Oxystigma</i>	5	1	9	15
	Perilestidae	<i>Perilestes</i>	0	1	4	5
	Polythoridae	<i>Chalcopteryx</i>	4	0	1	5
		Não Identificado	0	2	0	2
	Protoneuridae	<i>Epipleoneura</i>	0	0	1	1
		<i>Protoneura</i>	1	0	0	1
Plecoptera	Perlidae	Não identificado	41	5	9	55
		<i>Anacroneuria</i>	39	24	24	87
		<i>Enderleina</i>	3	2	1	6
		<i>M a c r o g y n o p l a x</i>	11	9	4	24
Trichoptera	Não Identificado		33	4	18	55
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	2	1	21	24
	Ecnomidae	Não Identificado	0	2	1	3
		<i>Austrotinodes</i>	1	4	1	6
	Glossosomatidae		27	15	74	116
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	36	5	21	62
		Não Identificado	43	5	1	49
		<i>Leptonema</i>	139	45	36	220
	Hydropsychidae	<i>Macronema</i>	35	19	31	85
		<i>Macrostemum/</i> <i>Blepharopus</i>	41	16	1	58
		<i>Plectromacronema</i>	0	2	0	2

	<i>Smicridea</i>	16	1	9	26
Hydroptilidae	Não Identificado	1	0	0	1
	Não Identificado	5	1	0	6
	<i>gênero A</i>	2	0	1	3
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	2	11	0	13
	<i>Oecetis</i>	19	2	26	47
	<i>Notalina</i>	0	1	0	1
	Não Identificado	3	1	1	5
Odontoceridae	<i>Anastomoneura</i>	11	3	3	17
	<i>Marilia</i>	15	11	11	37
	Não Identificado	9	0	0	9
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	55	11	0	66
	<i>Wormaldia</i>	34	0	26	60
	Não Identificado	1	1	0	2
Polycentropodidae	<i>Cernotina</i>	3	0	4	7
	<i>Cyrnellus</i>	4	0	2	6
	<i>Polyplectropus</i>	1	1	4	6
Sericostomatidae	Não Identificado	2	0	0	2
	<i>Notidobiella</i>	0	11	0	11
Xiphocentronidae		25	0	1	26
Total Geral		2751	1133	2436	6320

Legenda: AB= período de águas baixas (09/2021); EN= período de enchente (12/2021); VZ= período de vazante (06/2022)

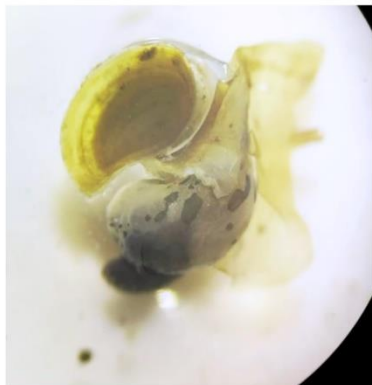
APÊNDICE 2 – INDIVÍDUOS AMOSTRADOS DURANTE O ESTUDO



Annelida (Hirudinida)



Nematoda



Molusca



Crustacea (Euryrhynchidae)



Crustacea (Palaemonidae)



Crustacea (Trichodactylidae)



Blattodea



Coleoptera (*Heterelmis* sp.)



Coleoptera (*Hexacylloepus* sp.)



Coleoptera (*Xenelmis* sp.)



Coleoptera (*Macrelmis* sp.)



Coleoptera (*Stegoelmis* sp.)



Coleoptera (Gyrinidae)



Coleoptera (Haliplidae)



Coleoptera (Hydrophilidae)



Coleoptera (Scirtidae)



Diptera (Ceratopogonidae)



Diptera (Chironomidae)



Diptera (Simuliidae)



Diptera (Tabanidae)



Diptera (Tipulidae)



Ephemeroptera (Caenidae)



Ephemeroptera (Baetidae)



Ephemeroptera (Coryphoridae)



Ephemeroptera (Euthyplociidae)



Ephemeroptera (Leptohyphidae)



Ephemeroptera (Leptophlebiidae)



Ephemeroptera (Oligoneuriidae)



Ephemeroptera (Polymitarcyidae)



Hemiptera (Belostomatidae)



Hemiptera (Corixidae)



Hemiptera (Helotrephidae)



Hemiptera (Veliidae)



Hemiptera (Naucoridae)



Hemiptera (Gerridae)



Hemiptera (Nepidae)



Hemiptera (Mesoveliidae)



Lepidoptera



Megaloptera (Corydalidae)



Megaloptera (Sialidae)



Odonata (Corduliidae)



Odonata (Gomphidae)



Odonata (Megapodagrionidae)



Odonata (Polythoridae)



Odonata (Polythoridae)



Odonata (Libellulidae)



Odonata (Calopterygidae)



Odonata (Coenagrionidae)



Odonata (Perilestidae)



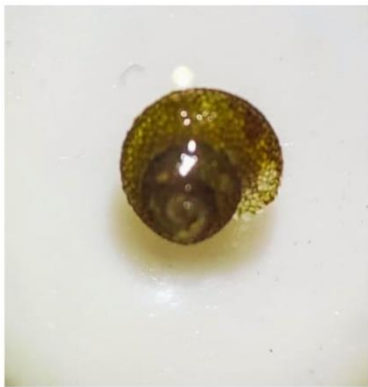
Odonata (Protoneuridae)



Plecoptera (Perlidae)



Trichoptera (Calamoceratidae)



Trichoptera (Helicopsychidae)



Trichoptera (Hydropsychidae)



Trichoptera (Leptoceridae)



Trichoptera (Odontoceridae)



Trichoptera (Philopotamidae)



Trichoptera (Polycentropodidae)



Trichoptera (Sericostomatidae)

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTUDO COM MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BIOMA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE CIENTOMÉTRICA

Research, Society and Development, v. 11, n. 13, e168111335308, 2022
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35308>

Estudos com macroinvertebrados aquáticos no bioma Amazônia: uma análise cientométrica

Studies with aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome: a scientometric analysis

Estudios con macroinvertebrados acuáticos en el bioma Amazonico: un análisis cientométrico

Recebido: 13/09/2022 | Revisado: 23/09/2022 | Aceitado: 25/09/2022 | Publicado: 03/10/2022

Evelin Samuelsson

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0508-2709>
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
E-mail: evelin.samuelsson@hotmail.com

Herta Maria de Açucena do Nascimento Soeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6738-7129>
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
E-mail: herta.maria@hotmail.com

Angelo Gilberto Manzatto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-8966>
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
E-mail: manzatto@unir.br

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo analisar, através dos instrumentos da Cientometria, as principais tendências relativas à produção de artigos relacionados a macroinvertebrados aquáticos no bioma Amazônia, principalmente no que se refere ao número de trabalhos publicados, elite científica, instituições e periódicos que mais publicaram. *Método:* O estudo cientométrico foi conduzido no Portal de Periódicos CAPES, com acesso ao conteúdo integral, usando a busca Booleana com as seguintes combinações de palavras: Amazon AND "aquatic macroinvertebrates" OR "aquatic insects" OR "benthic macroinvertebrates" OR "benthic community". *Resultados:* A busca resultou em n=1.003 artigos, que, após filtragem nos critérios de seleção previamente definidos, foram selecionados n=72 artigos, cujo tema estava relacionado ao estudo de macroinvertebrados aquáticos no bioma Amazônia, em um recorte temporal de 40 anos. Verificou-se que a produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos aumentou no decorrer dos anos de 1981 a 2021. Dentre as instituições de ensino e pesquisa que possuem maior número de publicações na área são brasileiras e públicas. *Conclusão:* Embora o Brasil possua em seu território cerca de 60% do bioma Amazônico, ocupando 9 de seus estados, a produção científica na área de macroinvertebrados aquáticos neste bioma ainda é relativamente pequena. São necessários esforços na formação de recursos humanos especializados na área e incentivos a instituições de pesquisa, contribuindo assim para o avanço da Ciência, Tecnologia e Inovação na região amazônica.

Palavras-chave: Insetos aquáticos; Comunidade bentônica; Amazônia legal; Cientometria.

Abstract

This work aims to analyze, through Scientometrics instruments, the main trends related to the production of articles related to aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome, mainly with regard to the number of published works, scientific elite, institutions and journals that have published the most. *Method:* The scientometric study was conducted in the CAPES Journal Portal, with access to the full content, using the Boolean search with the following word combinations: Amazon AND "aquatic macroinvertebrates" OR "aquatic insects" OR "benthic macroinvertebrates" OR "benthic community". *Results:* The search resulted in n = 1,003 articles, which, after filtering the selection criteria, n = 73 articles were selected that portrayed the theme related to the study of aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome over a 40-year time frame. It was found that the scientific production related to aquatic macroinvertebrates increased from 1981 to 2021. Among the teaching and research institutions that have the largest number of publications in the area are Brazilian and public. *Conclusion:* Although Brazil has about 60% of the Amazon biome in its territory, occupying 9 of its states, scientific production in the area of aquatic macroinvertebrates in this Biome is still relatively small. Efforts are needed in the training of specialized human resources in the area and incentives to research institutions, thus contributing to the advancement of Science, Technology and Innovation in the Amazon region.

Keywords: Aquatic insects; Benthic community; Legal amazon; Scientometry.

ANEXO 2 – ESTUDO COM MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BIOMA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE CIENTOMÉTRICA



REVISTA CIENTÍFICA FAEMA

ISSN 2179-4200

DOI: <http://dx.doi.org/10.31072>

ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DE PESQUISA MUNDIAL SOBRE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BANCO DE DADOS DA WEB OF SCIENCE ENTRE 1947 E 2022

SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF WORLDWIDE RESEARCH ON AQUATIC MACROINVERTEBRATES IN THE WEB OF SCIENCE DATABASE BETWEEN 1947 AND 2022

Evelin Samuelsson

Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede BIONORTE, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0508-2709>

E-mail: evelin.samuelsson@hotmail.com

Angelo Gilberto Manzatto

Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6414-8966>

E-mail: manzatto@unir.br

Submetido: 21 jul. 2023.

Aprovado: 23 ago. 2023.

Publicado: 25 ago. 2023.

E-mail para correspondência:

evelinsamuelsson@hotmail.com

Resumo: O estudo teve como objetivo analisar as tendências mundiais nos estudos relacionados a macroinvertebrados aquáticos através dos instrumentos da Cientometria. O estudo cientométrico foi conduzido no portal Web of Science, com acesso ao conteúdo Integral, utilizando a busca booleana com as seguintes combinações de palavras: "aquatic macroinvertebrates" OR "aquatic macroinvertebrate" OR "aquatic insects" OR "aquatic insect" OR "benthic macroinvertebrates" OR "benthic macroinvertebrate" OR "benthic community" OR "benthic communities". A busca resultou em n=17.997 trabalhos científicos, cujo tema estava relacionado ao estudo de macroinvertebrados aquáticos, em um recorte temporal de 75 anos. Verificou-se que a produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos aumentou no decorrer dos anos de 1947 a 2022, apresentando correlação positiva entre o número de estudos e o ano de publicação ($R=0,84$). A análise identificou publicações em 182 países, sendo que, 58,89% dos estudos foram realizados no Estados Unidos da América (EUA), Canadá, Brasil, Alemanha e Espanha. As pesquisas se concentraram principalmente na área de Environmental Sciences Ecology. Foi possível concluir que há uma tendência para a continuidade e o aumento da produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos em nível global, os quais os países, pesquisadores e instituições que mais publicam são aquelas que o incentivo e as redes de cooperação entre autores são mais fortes.

Palavras-chave: Insetos aquáticos. Comunidades aquáticas. Produção científica. Cientometria.