

UFRRJ

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

TESE

**Taxocenose e Morfologia de Mosquitos (Diptera: Culicidae)
com ênfase na tribo Mansoniini em áreas de aproveitamento
hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia - Brasil**

CECÍLIA FERREIRA DE MELLO

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**TAXOCENOSE E MORFOLOGIA DE MOSQUITOS (DIPTERA:
CULICIDAE) COM ÊNFASE NA TRIBO MANSONIINI EM ÁREAS DE
APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO NA AMAZÔNIA, ESTADO DE
RONDÔNIA - BRASIL**

CECÍLIA FERREIRA DE MELLO

Sob a Orientação do Professor
Jeronimo Augusto Fonseca Alencar

Tese submetida como requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutora em Ciências**,
no Curso de Pós-Graduação em Biologia
Animal, Área de Concentração em
Biodiversidade

Seropédica, RJ

Fevereiro de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca Central/
Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pela autora

M527b Mello, Cecília Ferreira, 1984-
Taxocenose e Morfologia de Mosquitos (Diptera:
Culicidae) Com ênfase na tribo Mansoniini em áreas de
aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de
Rondônia - Brasil / Cecília Ferreira de Mello. -
Belford Roxo, 2022.
246 f.: il.

Orientador: Jeronimo Augusto Fonseca Alencar.
Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Biologia Animal, 2022.

1. *Mansonia* spp. 2. *Coquillettidia* spp. 3. Ecologia.
4. Dispersão. 5. Morfometria Geométrica. I. Alencar,
Jeronimo Augusto Fonseca, 1967-, orient. II Biologia
Animal III. Título.



TERMO Nº 126 / 2022 - PPGBA (12.28.01.00.00.00.42)

Nº do Protocolo: 23083.008880/2022-17

Seropédica-RJ, 11 de fevereiro de 2022.

Seropédica, 11 de fevereiro de 2022

CECÍLIA FERREIRA DE MELLO

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor(a)**
no Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração em
Biodiversidade Animal.

TESE APROVADA EM 01/02/2022

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

JERONIMO AUGUSTO FONSECA ALENCAR (ORIENTADOR)

ANA LAURA CARBAJAL DE FUENTE - FIOCRUZ

RONALDO FIGUEIRÓ PORTELA PEREIRA - UZEO

ROSEMARY APARECIDA ROQUE - INPA

MARTHA CECILIA SUÁREZ MUTIS - FIOCRUZ

ILDEMAR FERREIRA

NATALY ARAÚJO SOUZA - FIOCRUZ

(Assinado digitalmente em 14/02/2022 12:31)

ILDEMAR FERREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptBA (12.28.01.00.00.00.45)
Matrícula: 387289

(Assinado digitalmente em 16/02/2022 10:02)

RONALDO FIGUEIRÓ PORTELLA PEREIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 052.493.707-99

(Assinado digitalmente em 16/02/2022 10:30)

JERONIMO AUGUSTO FONSECA ALENCAR
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 005.893.247-05

(Assinado digitalmente em 12/02/2022 09:54)

NATALY ARAUJO DE SOUZA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 607.160.377-34

(Assinado digitalmente em 11/02/2022 16:16)

MARTHA CS MUTIS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 508.454.972-00

(Assinado digitalmente em 18/02/2022 18:42)

ROSEMARY APARECIDA ROQUE
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 730.703.436-00

(Assinado digitalmente em 16/02/2022 10:25)

ANA LAURA CARBAJAL DE LA FUENTE
ASSINANTE EXTERNO
Passaporte: AAA192628

Para verificar a autenticidade deste documento entre em
<https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **126**, ano **2022**,
tipo: **TERMO**, data de emissão: **11/02/2022** e código de verificação: **7d5a5119ba**

DEDICATÓRIA

Por meio da natureza aprendemos que a sabedoria de Jeová é superior à nossa, eu o encontro em cada árvore, em cada movimento do vento, no calor do sol, e em cada coração que expressa a bondade, a ele eu dedico tudo que sou e tudo que tenho!!!

Viver implica em encontrar as respostas para uma série de perguntas, e são muitas as perguntas que a vida nos faz. Perguntas horas simples, hora mais difíceis... e a nossa vida é a soma das respostas que conseguimos. Respostas às vezes dadas por nossas escolhas, outras vezes pelas escolhas daqueles que nos cercam, e muitas vezes, essas respostas geram outras perguntas.

Pai... Mãe... vocês lembram de quantas perguntas vocês faziam bem antes de eu nascer? Cada uma delas retrava as preocupações e as muitas esperanças, depositadas em uma nova vida que estava a caminho. Um filho... sim, modifica a vida dos pais, eu tenho certeza que minha irmã e eu mudamos a vida de vocês, e os seus questionamentos passaram a se preocupar conosco, e hoje, eu quero bem mais que agradecer, eu quero dedicar esse momento a vocês, vocês que de alguma forma sempre fizeram parte de todas as perguntas e de todas as respostas da minha vida, e nada nesse mundo bastaria para expressar esse amor que eu tenho no coração, tão grande que chega doer.

Eu tinha apenas 4 anos quando ganhei dos meus pais o presente mais precioso que se pode dar a um filho... Quando ganhei você minha irmã, eu ganhei o altruísmo, ganhei a certeza que jamais eu estaria sozinha, eu ganhei uma amiga para toda vida. Ah... minha irmãzinha, eu te admiro tanto, você não tem noção da força que consegue transmitir, mulher decidida, imparcial, corajosa, detentora de palavras certas em todas as situações, em todos os problemas e em todos os momentos. Esse momento é também dedicado a você, obrigada por ser parte essencial da minha história.

Escolher as pessoas que vão nos acompanhar na caminhada faz toda a diferença, e acordar ao seu lado, ser contagiada com a sua alegria em cada manhã, me faz perceber o quanto eu fui sábia. Marcio, meu amor, obrigada por todo incentivo nessa trajetória de tripla jornada, permeada de inúmeros desafios. Ah... tantas memórias..., tristezas..., incertezas..., alegrias..., e também uma parcela de lágrimas. Perdemos pessoas, mas não perdemos a oportunidade de demonstrar amor, juntos fomos mais fortes. Hoje, tanto eu, quanto você, sabemos mais do que ninguém o valor dessa conquista. Obrigada meu bem, por todas as vezes que você esteve ao meu lado, o tempo todo de

forma incondicional, obrigada por todo carinho que tens por mim, por toda alegria que você traz para minha vida, por todo amor que eu encontro em você. Aqui eu faço uma homenagem a você, meu amor, a você que sempre me deu asas e me fez voar, segurou minha mão e eu toquei o céu, você que diz que nenhuma estrela está fora de alcance, com você ao meu lado eu me sinto maior, mais forte, eu tenho seu amor, então eu tenho tudo e sou grata por cada dia que você me deu.

Um grande viva a minha vó Therezinha, inocência, sabedoria e bondade definem você, sou muita grata por todo o seu carinho.

Valorizar em vida, para ter lembranças e saudade sem dor. A verdade é que homenagens póstumas de nada servem, minha avó Pureza, meu avó Francisco e minha sogra Bela, aqui fica a lembrança boa, a saudade sem pesar daqueles que em vida me empurraram para o melhor de mim, equilíbrio emocional, autoconhecimento, compaixão e benevolência... Matéria vai, exemplos ficam.

Há amizades que nasceram para ser eternas e não tenho qualquer dúvida que a nossa é uma delas. Marcela, minha grande amiga, obrigada por sua cumplicidade, sei que posso contar com sua presença, seu apoio e seu carinho em qualquer circunstância.

Acredito que Jeová tenha motivos para colocar as pessoas em nosso caminho, as vezes é para nos ajudar a enfrentar uma situação nova, encorajar e fortalecer nossos propósitos, ou talvez para compartilhar alegrias, tristezas e sonhos, seja qual for o motivo que Jeová teve para me aproximar de tantas pessoas boas, estou feliz que ele tenha feito e nessas linhas eu vejo a oportunidade de eternizar sentimentos, portanto, eu dedico aqui o meu amor a todos que de alguma forma direcionaram pensamentos positivos para minha vida.

No ano de 2020 o surto da doença do coronavírus (COVID-19) foi declarado uma Emergência de Saúde Pública de Interesse Internacional, portanto, eu não poderia deixar de expressar minha solidariedade às milhares de famílias que perderam algum ente querido em decorrência da covid. Que a dor dessa perda possa ser, de algum modo, reconfortada e que a vida seja cada vez mais valorizada.

Sobre uma possível 3ª Guerra Mundial, faço minhas as palavras de Bonar Law:

Não existe guerra inevitável: se ela vier, será por falha de sabedoria humana.

AGRADECIMENTOS

‘Quem não vive para servir, não serve para viver!’

Eu cresci lendo essa frase em uma caneca antiga que ficava na estante da minha avó, eu tinha apenas 7 anos. E hoje, tentando encontrar as mais belas palavras, para deixar registrado em algumas linhas a minha gratidão, me veio essa lembrança, essa frase.... Nossa, ela se encaixa perfeitamente aqui.

Viver para servir é uma possibilidade... é uma questão de escolha!

Ah... meu orientador, meu grande amigo, quanta sabedoria você doa, quanto tempo você dedica e quanta gente você serve. Servir... o quanto de você tem nessa palavra, agregar valores... é exatamente isso que você fez na minha vida, que orgulho caminhar 10 anos ao seu lado, Iniciação Científica, Mestrado, e agora o Doutorado, olha que eu nem sonhei com isso, só fui deixando a vida me levar...

Uma caminhada permeada de inúmeros desafios. Ufa!!! Como eu evolui, quanto eu cresci, entretanto, trilhar esse caminho só foi possível porque eu tive o seu apoio, sua energia, sua força, e aqui está, mais um de tantos resultados de muitas horas de trabalho.

Eu realmente não consigo encontrar e talvez nem existam palavras suficientes e significativas que me permitam agradecer a você com justiça, com o devido merecimento, uma orientação exemplar, pautada por um elevado e rigoroso nível científico, um interesse permanente e fecundo, uma visão crítica e oportuna, um empenho inexcedível e saudavelmente exigente, os quais contribuíram para enriquecer, com grande dedicação, passo por passo, todas as etapas subjacentes a todo trabalho que realizamos juntos, em todos esses anos. Enfim, vai muito além do que o dever impõe, preocupado não só com a pesquisa, mas principalmente com o ser humano, a você o meu muito obrigada!!!

É muito mais fácil multiplicar quando sabemos dividir... E é assim que a vida deve funcionar, a pesquisa não é uma ação solitária, a coletividade é a nossa linguagem e é por esse motivo que eu tenho a imensa alegria em agradecer as inúmeras pessoas que participaram deste processo.

Ao chefe do Laboratório Diptera, Dr. Anthony Érico Guimarães pela credibilidade, liberdade e confiança referente a todo o trabalho realizado no laboratório, um muito obrigado.

Ao professor Francisco Gerson Araújo, coordenador do Curso de Pós-Graduação em Biologia Animal, e todo corpo docente envolvido, vocês são extremamente valiosos e

indispensáveis nesta conquista, um misto de competência e empenho, sou muito grata a cada um de vocês!

A Dra. Ana Laura Carbajal, por todo apoio e colaboração, é sempre uma honra trabalhar com alguém que vê o conhecimento como uma semente que merece ser plantada, Ana, obrigada por lançar suas sementes.

Ao professor Ronaldo Figueiró, por seu olhar ecológico e seu apoio incondicional, professor você foi essencial no fechamento dessa tese, muitíssimo obrigada.

Ao saudoso Dr. Wandeli Pedro Tadei (*in memoriam*) e Dra. Rosemary Roque, por me conceder a oportunidade de colaborar nos estudos da fauna de Culicidae em área de hidrelétrica, e conhecer a encantadora Floresta Amazônica.

Agradeço demais a toda equipe de Rondônia e Manaus que estiveram envolvida nesse trabalho, em especial ao Me. Luiz Herman, essencial na pesquisa com os imaturos.

À banca examinadora, Dra. Martha Cecilia Suárez Mutis, Dr. Ildemar Ferreira, Dra. Nataly Araújo Souza e membros citados acima, por todos os comentários e sugestões que auxiliaram na revisão do trabalho e que certamente qualificam e conferem melhorias no texto final, minha sincera gratidão.

Nenhuma semente acorda árvore no dia seguinte... é claro que eu não poderia de forma alguma esquecer de você... com todo o meu coração eu agradeço a Dra. Jacenir Reis dos Santos Mallet, por todo conhecimento de microscopia eletrônica de varredura que plantou em mim, Jace, sua semente acaba de brotar, e a cada folha e flor que desabrochar eu lembrarei de você!

A Dra. Júlia dos Santos Silva e Dr. Hécio Gil Santana pela colaboração na leitura dos manuscritos, seus comentários foram de tamanha importância.

A Dra. Maria Luiza, por nossa rápida conversa, em que em um curto intervalo de tempo pode expressar palavras de incentivo e apoio, eu jamais vou esquecer, muito obrigada.

Ao Dr. Jean Ricardo Jules pela revisão linguística do inglês, mas também por ser exemplo de vitória e generosidade, obrigada por ser exemplo de humildade e alegria!

A Dra. Amanda Queiroz Bastos e aos Mestres Paulo José Leite e Daniele Maia, por todo comprometimento com os objetivos e metas do laboratório, pela disposição em ajudar a todo corpo discente. Característica e capacidade de realizar ações pensando no bem-estar das pessoas faz parte de vocês, muitíssimo obrigada!

A Me. Shayenne Olsson pela diligência e colaboração na minha defesa de qualificação, sou muito grata a ti!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por me oportunizar um aperfeiçoamento gratuito e de excelência, além de colaborar financeiramente na elaboração dos artigos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa concedida (Nº 88882.426018 / 2019-01).

Ao apoio financeiro do Projeto de P&D da ANEEL, intitulado “Desenvolvimento de metodologia de monitoramento da dinâmica de comportamento de *Mansonia* spp. e sua relevância no desenvolvimento hidrelétrico na região amazônica ”(PD-06631-0005 / 2017), regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e desenvolvida no âmbito do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de P&D, Energia Sustentável do Brasil SA (Outorga nº 301707 / 2017-0) regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tal apoio foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço imensamente a Fundação Oswaldo Cruz, juntamente com o Laboratório de Díptera e a Plataforma de Microscopia eletrônica Rudolf Barth por permitir a utilização de sua estrutura física.

Enfim, agradeço a todos que participaram de forma ativa direta ou indiretamente nas diversas fases dessa trajetória colaborando assim para a minha formação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Viva como se fosse morrer amanhã.
Aprenda como se fosse viver para sempre!
Mahatma Gandhi

"Os rios não bebem sua própria água;
as árvores não comem seus próprios frutos.
O sol não brilha para si mesmo;
e as flores não espalham sua fragrância para si.
Viver para os outros é uma regra da natureza. (...)
A vida é boa quando você está feliz;
mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por sua causa".

Papa Francisco

RESUMO

MELLO, Cecília Ferreira. Taxocenose e Morfologia de Mosquitos (Diptera: Culicidae) com ênfase na Tribo Mansoniini em áreas de aproveitamento Hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia - Brasil 2022. 188 p. Tese (Doutorado em Biologia Animal) Instituto de Biologia e da saúde, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Os mosquitos constituem o grupo com maior capacidade vetorial de patógenos entre os artrópodes hematófagos. Dentre os de importância médica, as *Mansonia* spp. e as *Coquillettidia* spp. demonstram serem vetores potenciais de diversos arbovírus associados a doenças humanas em várias regiões do mundo. A presente tese está estruturada em cinco capítulos e teve como objetivo estudar a bioecologia e morfologia de mosquitos com ênfase na tribo Mansoniini em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia – UHE – JIRAU, no estado de Rondônia, Brasil. Para captura dos adultos de Culicidae, utilizamos capturador de Castro, aspiradores movidos a bateria, armadilhas luminosas do tipo CDC e armadilha luminosa Shannon. As capturas foram realizadas durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019. As coletas de imaturos foram realizadas através de busca ativa em bancos de macrófitas aquáticas no período de fevereiro de 2016 a dezembro 2018. Capturamos o total de 46.564 mosquitos adultos representados por 32 espécies, sendo o gênero *Mansonia* spp. responsável por 96% do número total de indivíduos coletados durante o período de estudo. A temperatura e a precipitação concentrada nas duas semanas que antecederam as amostragens, foram determinantes sobre as populações de mosquitos e afetou o padrão da composição da fauna. Obtivemos o total de 31.287 espécimes imaturos pertencentes ao gênero *Mansonia* spp. Os imaturos foram mais comumente encontrados em *Eichhornia crassipes*, esta planta respondeu por uma média de 96,2% de todos os espécimes, com um percentual que varia entre 58,2% e 77,1% nos diferentes criadouros. O número de espécimes coletados foi positivamente correlacionado com temperatura, pH e condutividade. Essas correlações mostraram um aumento acentuado na estação chuvosa e nos permitiu estabelecer parâmetros preliminares de como as mudanças ambientais influenciam a ecologia deste importante gênero de mosquitos. Avaliamos o grau de dispersão ativa de fêmeas de *Mansonia* spp. no entorno da usina hidrelétrica de Jirau usando técnicas de marcação-soltura-recaptura. Um total de 38.113 fêmeas de *Mansonia* spp. foram capturadas, das quais 26.677 foram marcadas e soltas. Durante os períodos de seca, chuva e transição entre esses dois períodos, nos anos de 2018 e 2019, foram registrados um total de 169 espécimes recapturados. O comportamento de voo dos espécimes recapturados foi resumido com um conjunto de distâncias médias e máximas percorridas. *Ma. amazonensis* durante o ano de 2018 e *Ma. humeralis* durante o ano de 2019 percorreram distâncias máximas de 2.000 m do ponto de soltura. Um total de 181 asas de *Ma. amazonensis* foram analisadas por meio de métodos morfológicos e caracteres morfométricos. O tamanho da asa de *Ma. amazonensis* aumenta seguindo uma tendência relativamente gradual, sendo menores durante o período seco e maiores no chuvoso. Este é o primeiro estudo de *Ma. amazonensis* que evidencia variabilidade fenotípica, tanto na conformação como no tamanho da asa, associada a sazonalidade, fazendo-se uso da morfometria geométrica. Examinamos as características ultraestruturais do ovo de *Cq. venezuelensis* com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura. O comprimento, largura e índice dos ovos de *Cq. venezuelensis* são distintos dos ovos de *Cq. juxtamansonia*, *Cq. albifera* e *Cq. Shannoni*.

Descritores: *Mansonia* spp., *Coquillettidia* spp., Ecologia, Dispersão, Morfometria Geométrica, Microscopia Eletrônica.

ABSTRACT

MELLO, Cecília Ferreira de. Taxocenosis and Morphology of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) with emphasis on the Mansoniini Tribe in areas of hydroelectric exploitation in the Amazon, state of Rondônia - Brazil 2022. 188p. Thesis (Doctorate in Animal Biology) Institute of Biology and Health, Department of Animal Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil, 2022.

Mosquitoes are the group with the highest vectorial capacity for pathogens among hematophagous arthropods. Among those of medical importance, *Mansonia* spp. and *Coquillettidia* spp. demonstrate to be potential vectors of several arboviruses associated with human diseases in several regions of the world. This thesis is structured in five chapters and aimed to study the bioecology and morphology of mosquitoes with emphasis on the Mansoniini tribe in areas of hydroelectric development in the Amazon - UHE - JIRAU, in the state of Rondônia, Brazil. To capture the Culicidae adults, we used Castro traps, battery-powered vacuum cleaners, CDC-type light traps and Shannon light traps. The captures were carried out during the months of May, July, October and December 2018 and in the months of April, July, September and November 2019. Immature collections were carried out through active search in aquatic macrophyte banks from February 2016 to December 2018. We captured a total of 46,564 adult mosquitoes represented by 32 species, being the genus *Mansonia* spp. responsible for 96% of the total number of individuals collected during the study period. The temperature and the precipitation concentrated in the two weeks that preceded the samplings, were decisive on the mosquito populations and affected the pattern of the composition of the fauna. We obtained a total of 31,287 immature specimens belonging to the genus *Mansonia* spp. The immatures were more commonly found in *Eichhornia crassipes*, this plant accounted for an average of 96.2% of all specimens, with a percentage that varies between 58.2% and 77.1% in the different breeding sites. The number of specimens collected was positively correlated with temperature, pH and conductivity. These correlations showed a marked increase in the rainy season and allowed us to establish preliminary parameters of how environmental changes influence the ecology of this important mosquito genus. We evaluated the degree of active dispersal of females of *Mansonia* spp. around the Jirau hydroelectric plant using mark-release-recapture techniques. A total of 38,113 females of *Mansonia* spp. were captured, of which 26,677 were marked and released. During the periods of drought, rain and transition between these two periods, in the years 2018 and 2019, a total of 169 recaptured specimens were recorded. The flight behavior of recaptured specimens was summarized with a set of average and maximum distances traveled. *Ma. amazonensis* during 2018 and *Ma. humeralis* during 2019 covered maximum distances of 2,000 m from the release point. A total of 181 wings of *Ma. amazonensis* were analyzed using morphological methods and morphometric characters. The wing size of *Ma. amazonensis* increases following a relatively gradual trend, being smaller during the dry season and larger in the rainy season. This is the first study of *Ma. amazonensis* that shows phenotypic variability, both in conformation and in wing size, associated with seasonality, using geometric morphometry. We examined the ultrastructural features of the *Cq. venezuelensis* eggs with the aid of scanning electron microscopy. The length, width and index of eggs of *Cq. venezuelensis* are distinct from those of *Cq. juxtamansonia*, *Cq. albifera* and *Cq. Shannoni*.

Descriptors: *Mansonia* spp., *Coquillettidia* spp., Ecology, Dispersal, Geometric Morphometry, Electron Microscopy.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

- Tabela I. 1.** Abundância absoluta e relativa de adultos de Culicidae capturados em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019. 103
- Tabela I. 2.** Abundância de adultos de *Mansonia* spp.; *Coquillettidia* spp.; e outros espécimes spp. capturados em armadilhas luminosas de CDC e SH em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 e 2019. 105
- Tabela I. 3.** Abundância da tribo Mansoniini capturadas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019. 106
- Tabela I. 4.** Abundância e Índice de Diversidade de Shannon de adultos de Culicidae capturados nas armadilhas do tipo CDC e Shannon instaladas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil no período de 2018 e 2019. 110
- Tabela I. 5.** Abundância e Índice de Diversidade de Shannon da tribo Mansoniini capturada nas armadilhas do tipo CDC e Shannon instaladas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil no período de 2018 e 2019. 111
- Tabela I. 6.** Índice de Diversidade de Shannon e Índice de Simpson de adultos de Culicidae capturadas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 e 2019. 112

Capítulo II

- Tabela II. 1.** Valores absolutos das plantas aquáticas (PA) e dos respectivos imaturos de *Mansonia* sp. (larvas) coletados em cada uma das dez localidades analisadas: Igarapé Flórida (IF), Caiçara/Primavera (C/P), Igarapé Caiçara (IC), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Foz do rio Jaci (FRJ), Base da Barragem (BB), Casa da Colina (CC), Igarapé do Raul (IR), São Lourenço (SL) e Bolsão Mutum (BM), em um trecho do rio Madeira, sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018 129
- Tabela II. 2.** Valores percentuais de larvas de *Mansonia* spp. e as principais plantas aquáticas (PA) coletadas em cada um dos 10 locais analisados - Foz do Rio Jaci (FRJ), Igarapé Flórida (IF), Igarapé do Raul (IR), Casa da Colina (CC), Base da Barragem (BB), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Caiçara / Primavera (C / P), Igarapé Caiçara (IC), Bolsa do Mutum (BM) e São Lourenço (SL) - em um trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018. 131

Tabela II. 3. Análise de correlação de Spearman (r) entre os fatores abióticos e populações de <i>Mansonia</i> sp. coletadas em cada um dos 10 locais analisados - Foz do Rio Jaci, Igarapé Flórida, Igarapé do Raul, Casa da Colina, Base da Barragem, Foz do Igarapé Jirau, Caiçara / Primavera, Igarapé Caiçara, Bolsa do Mutum e São Lourenço - em um trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica de Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018.	133
---	-----

Capítulo III

Tabela III. 1. Distribuição do número de espécimes estimados capturados, marcados, soltos e recapturados no entorno da usina hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 a 2019.	148
Tabela III. 2. Distâncias de voo percorrida por <i>Mansonia</i> spp. no entorno da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia. (Amostras: 1 a 8).....	149

Capítulo IV

Tabela IV. 1. Número de asas direitas de fêmeas de <i>Mansonia amazonensis</i> capturadas na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.	160
Tabela IV. 2. Descrição dos 13 marcos anatômicos das asas de <i>Mansonia amazonensis</i> capturados na área da unidade de desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.	161
Tabela IV. 3. Comparações do tamanho médio do centroide das asas das fêmeas de <i>Mansonia amazonensis</i> capturadas na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.	164
Tabela IV. 4. Distâncias de Mahalanobis entre grupos de <i>Mansonia amazonensis</i> capturados na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.	167

Capítulo V

Tabela V. 1. Dimensões dos ovos de quatro espécies de <i>Coquillettidia</i>	181
Tabela V. 2. Dimensões das estruturas da região micropilar de quatro espécies de <i>Coquillettidia</i>	183

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** A- Jangada de ovos de *Coquillettidia* spp. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B- Jangada de ovos de *Mansonia* spp. Foto: da Silva Ferreira F.A, - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, Brasil.....8
- Figura 2.** Sequência de oviposição de *Mansoniini* – A - Fêmea sob a borda de uma folha parcialmente submersa e estendendo seu abdômen até a porção subaquática da folha onde fixará seus ovos. B -Bolha de ar (plastrão) sendo transferida do abdômen da fêmea em oviposição para envolver a massa de ovos em crescimento. C - Ovos são brancos à medida que são postos. D – Ovos dispostos em roseta. Foto: Phillip Lounibos, Universidade da Flórida.9
- Figura 3.** A - Sifão respiratório de uma espécie da tribo *Mansoniini*. fixo em uma raiz de planta aquática. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do sifão respiratório de espécies da tribo *Mansoniini*.10
- Figura 4.** Segmento anal de *Coquillettidia* spp. A- Ausência de tufos de cerdas na face ventral da sela / escamas no segmento abdominal VIII em número igual ou maior que 8. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do segmento anal de *Coquillettidia* spp.11
- Figura 5.** Cabeça de *Coquillettidia* spp. A- Cerdas 2 e 3 curtas / segmento apical da antena mais longo do que o segmento basal. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática da cabeça de *Coquillettidia* spp.12
- Figura 6.** Segmento anal de *Mansonia* spp. A- Presença de quatro tufos de cerdas na face ventral da sela / escamas no segmento abdominal VIII em número menor que oito. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do segmento anal de *Mansonia* spp.13
- Figura 7.** Cabeça de *Mansonia* spp. A- Cerdas 2 e 3 longas / segmento apical da antena mais curto do que o segmento basal. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática da cabeça de *Coquillettidia* spp.14
- Figura 8.** Fêmur de *Mansonia* spp. salpicados de escamas claras. Foto Taewoo Kim, Instituto Nacional de Recursos Biológicos - Seo-myeon, Coreia do Sul.15
- Figura 9.** Asa de *Mansonia* spp. - mistura de escamas claras e escuras. Foto: Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU).15
- Figura 10.** Tíbia posterior de *Coquillettidia* spp. com um anel branco. Foto: Sergei Drovetski, Laurel, MD, EUA.16
- Figura 11.** Asa de *Coquillettidia* spp. predominantemente escuras. Foto: Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU).16

Figura 12. Limites da Amazônia e suas diferentes perspectivas: A bacia, bioma e o limite máximo do Bioma. Fonte Arcgis	18
Figura 13. Variação da cobertura da terra na Amazônia - 1985 – 2020. Fonte: MapBiomas, 2021	20
Figura 14. Taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal brasileira no período de 1988 a 2021. Fonte: Terra Brasilis (PRODES).	21
Figura 15. Limites de drenagem da sub-bacia 15 do Rio Amazonas (Bacia Madeira). Fonte: Arcgis	24
Figura 16. Usinas (UHE), pequenas centrais (PCH) e centrais geradoras (CGH) de energia hídrica no estado de Rondônia -Brasil. Fonte: ArcGis.	28
Figura 17. Fluxograma das etapas de pesquisa em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE – Jirau), próximo às margens do rio Madeira sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil.	35
Figura 18. Pontos amostrais situados em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE – Jirau), próximo às margens do Rio Madeira sob no estado de Rondônia, Brasil.	36
Figura 19. Pontos de captura Jaci Paraná (1); Agrícola ZAMO (2); Agrícola ZAMO 2 (3); Nova Mutum Paraná (4); Poligonal direito (5); Fazenda BR364 KM828 (6) situados áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE – Jirau), próximo às margens do Rio Madeira no estado de Rondônia, Brasil. Fonte: ArcGis.	37
Figura 20. Área do ponto amostral 1 georreferenciada (A); Fim da rua (Buritis) de acesso aos pontos (B); Início da trilha em direção ao rio Jaci (C); Fim da trilha - rio Jaci (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).	38
Figura 21. Área do ponto amostral 2 georreferenciada (A); Porteira de acesso a fazenda (B); Cruzamento entre os locais de instalações de armadilhas (C); Área de acesso a mata fechada (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).	39
Figura 22. Área do ponto amostral 3 georreferenciada (A); Estrada principal de acesso em meio a mata fechada (B); Galpão utilizado como depósito de maquinário de colheita. (C); Área de alagado. Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).	40
Figura 23. Área do ponto amostral 4 georreferenciada (A); Entrada de acesso a Nova Mutum Paraná (B); Rua situada dentro da área urbanística. (C); Área de mata próxima a linha de transmissão. Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).	41
Figura 24. Área do ponto amostral 5 georreferenciada (A); Entrada situada próxima a BR364 com acesso a Poligonal Direito (B); Estrada entre as áreas de matas acessadas. (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).	42

Figura 25. Área do ponto 6 georreferenciada (A); Porteira de acesso a Fazenda (B); Piquete de criação de gado Nelore (C); Fragmento de mata na área central da fazenda (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	43
Figura 26. Pontos de coleta Foz do rio Jaci (1); Igarapé Flórída (2); Igarapé do Raul (3); Casa da Colina (4); Base da Barragem (5); Foz do Igarapé Jirau (6); Caiçara/ Primavera (7); Igarapé Caiçara (8); Bolsão Mutum (9); Igarapé São Lourenço (10); situados em áreas de abrangência da Usina Hidrelétrica Jirau, próximo às margens do Rio Madeira sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil.	44
Figura 27. Área do ponto amostral 1 georreferenciada (A); Ponte ferroviária Madeira-Marmore (B); Vista do Rio Jaci Paraná em direção ao Rio Madeira (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	45
Figura 28. Área do ponto amostral 2 georreferenciada (A); Equipe realizando monitoramento (B); Vista da Ilha fluvial contendo plantas aquáticas em abundância (C) Quadrante com área de 1m ² utilizado na coleta dos imaturos (D). Fonte: ArcGis (A); Jeronimo Alencar (B); Cecilia Mello (C, D)	46
Figura 29. Área do ponto amostral 3 georreferenciada (A); Efeito colateral da hidrelétrica (paliteiro) (B); ambiente lântico (C) área onde é exercida atividade pesqueira (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	47
Figura 30. Área do ponto amostral 4 georreferenciada (A); Vista panorâmica da área onde estão localizadas as turbinas da UHE Jirau (B); Vista da área de vertedouro da UHE Jirau (C) Área de acesso a embarcação (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	48
Figura 31. Área do ponto amostral 5 georreferenciada (A); Vista panorâmica da área da usina (B); Vista da casa de Força UHE Jirau (C) Vertedouro (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)	49
Figura 32. O ponto amostral 6 localiza-se na foz do igarapé Jirau, área de várzea com forte presença de plantas aquáticas (Figura 16). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)	50
Figura 33. Área do ponto amostral 7 georreferenciada (A); Ilha flutuante (B) Vista da floresta de vazea próxima ao rio Madeira (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)	51
Figura 34. Área do ponto amostral 8 georreferenciada (A); Ponte sobre o rio Igarapé em período de seca (B) igarapé caiçara em período de cheia (C) BR 364 que corta o igarapé caiçara (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	52
Figura 35. Área do ponto amostral 9 georreferenciada (A); BR 364 em meio ao bolsão mutum (B) floresta de palmáceas parcialmente encobertas pelas águas do rio Madeira (C) Parte da ferrovia Madeira Mamoré (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	53

Figura 36. Área do ponto amostral 10 georreferenciada (A) Floresta de palmáceas parcialmente encobertas pelas águas do rio Madeira (B) Floresta de palmáceas as margens do rio Madeira (C) <i>C. guianensis</i> Aubl. (Macacarecuia) morta ao longo do Rio (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).....	54
Figura 37. Armadilha luminosa de Shannon (A); Armadilha luminosa MF300 (B); capturador de Castro (C); Armadilha luminosa MF60 (D); Armadilha luminosa do tipo CDC (E); Aspirador elétrico (F). Fonte: Cecilia Mello	56
Figura 38. Preparo das armadilhas luminosa do tipo CDC (A); Instalação e monitoramento das armadilhas em áreas urbanas (B).....	57
Figura 39. Instalação e monitoramento de armadilhas luminosa em ambiente silvestre. Fonte: Jeronimo Alencar	58
Figura 40. Instalação e monitoramento de armadilhas luminosas em ambiente rural. Fonte: Jeronimo Alencar	59
Figura 41. Captura realizada com auxílio do aspirador elétrico (A); Tubos em pvc com tampa e filó em suas extremidades, dispostos em câmara úmida (B); Gaiolas entomológicas (C); Captura realizada com auxílio do capturador de Castro (D). Fonte: Jeronimo Alencar	60
Figura 42. Processo de marcação dos espécimes (A); Bomba manual (B); Pó fluorescente (C); Tubo Pvc contendo mosquitos (D); Processo de soltura dos espécimes (E). Fonte: Jeronimo Alencar	61
Figura 43. Armadilhas para recaptura instaladas em campo aberto (A); Armadilha luminosa do tipo CDC instalada em meio a plantação de arroz sequeiro (B); Armadilha MF60 luminosa instalada em meio a plantação de soja (C); Armadilha luminosa do tipo CDC em funcionamento (D); Armadilha luminosa MF60 instalada em período de dessecação pré-plantio do solo (E). Fonte: Jeronimo Alencar	62
Figura 44. Seleção e corte de galhos caídos para confecção de estacas (A); Transporte das estacas (B); Escavação do solo (C); Instalação da estaca no solo (D); Corte transversal para fixação da armadilha (E); Instalação da armadilha luminosa do tipo CDC (F); Instalação da Bateria (G); Armadilha instalada (H). Fonte: Jeronimo Alencar	63
Figura 45. Remoção de macrófitas (A); Lavagem das macrófitas (B); Triagem das larvas (C); Registro de dados (D). Fonte: Jeronimo Alencar	64
Figura 46. Monitoramento de imaturos em diversos pontos amostrais. Fonte: Jeronimo Alencar. Fonte: Jeronimo Alencar	65
Figura 47. Criação de larvas em diversos estágios (A); Plantas aquáticas fazendo fotossíntese (B); Triagem de L1, L2, L3, L4 e pupas (C); Larvas de <i>Mansonia</i> spp. presa nas raízes de macrófitas (D); <i>Mansonia</i> spp. (E). Fonte: Jeronimo Alencar & Luiz Herman	66

Figura 48. Triagem de Culicidae (A); Triagem de Culicidae sob luz negra (B); Pilão e naftalina (C); Tubo cônico de polipropileno para acondicionamento de Culicidae (D). Fonte: Jeronimo Alencar (A, B); Cecília Mello (C, D)67

Figura 49. Material de dissecação (A); Dissecação do VIII seguimento de Culicidae (B); VIII seguimento abdominal de Culicidae no detalhe os Espinhos encontrados no VIII seguimento abdominal de Culicidae (C). Fonte: Cecília Mello (A, B); Jeronimo Alencar (C).....68

Capítulo I

Figura I. 1. Pontos de captura Jaci Paraná (1); Agrícola ZAMO (2); Agrícola ZAMO 2 (3); Nova Mutum Paraná (4); Poligonal direito (5); Fazenda BR364 KM828 (6) situados em áreas de influência da UHE Jirau, próximo às margens do Rio Madeira sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil. Fonte: ArcGis 100

Figura I. 2. Diagrama de ordenação CCA com todas as espécies de mosquitos e as variáveis climáticas realizadas durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019, na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil. 107

Figura I. 3. Curva de regressão em função da relação entre a riqueza de espécies em cada coleta e a precipitação. 108

Figura I. 4. Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) indicando dois grupos distintos formados pelas coletas da estação úmida e da estação seca (Stress=0.1071). 109

Capítulo II

Figura II. 1. Pontos amostrais localizados em áreas de influência da Usina Hidrelétrica Jirau, próximos às margens do Rio Madeira sob a influência do Bioma Amazônia, estado de Rondônia, Brasil. Foz do Rio Jaci, ponto 1; Igarapé Flórida, ponto 2; Igarapé do Raul, ponto 3; Casa da Colina, ponto 4; Base da Barragem, ponto 5; Foz do Igarapé Jirau, ponto 6; Caiçara / Primavera, ponto 7; Igarapé Caiçara, ponto 8; Bolsão Mutum, ponto 9; Igarapé São Lourenço, ponto 10.. 125

Figura II. 2. Número total de imaturos de *Mansonia* spp. coletados em um trecho do rio Madeira, sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, entre fevereiro de 2016 e junho de 2018. 128

Figura II. 3. Gráfico matricial da razão de imaturos de *Mansonia* spp. por espécie de planta aquática para os locais analisados: Igarapé Flórida, Caiçara / Primavera, Igarapé Caiçara, Foz do Igarapé Jirau, Foz do rio Jaci, Base da Barragem, Casa da Colina, Igarapé do Raul, São Lourenço,

Bolsa do Mutum, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018. 130

Figura II. 4. Abundância de imaturos de *Mansonia* spp. por planta aquática em um trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018..... 132

Figura II. 5. Frequência sazonal de imaturos de *Mansonia* spp., segundo Média de Williams, (médias geométricos) coletados em um trecho do rio Madeira sob influência da Usina Hidrelétrica de Jirau, estado da Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018. 133

Capítulo III

Figura III. 1. Localização da área de estudo e locais de amostragem no entorno da usina hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia, distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho, estado de Rondônia, Brasil. Fonte: Google Earth®, imagem de satélite Maxar Technologies® / junho de 2019. 144

Figura III. 2. Desenho amostral dos locais de soltura e recaptura, no entorno da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau), distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho, estado de Rondônia, Brasil. **A-** 1,29 (Mf-60), 28, 56 (CDC) =2000m; 2, 30 (CDC), 27, 55 (Mf-60) =1800m; 3, 31 (Mf-60), 26, 54 (CDC) =1300m; 4, 32 (CDC), 25, 53 (Mf-60) =1000m; 5, 33 (Mf-60), 24, 52 (CDC) =800m; **B-** 6, 34 (CDC), 23, 51 (Mf-60) =500m; 7, 35 (Mf-60), 22, 50 (CDC) =400m; 8, 36 (CDC), 21, 49 (Mf-60) =300m; 9, 37 (Mf-60), 20, 48 (CDC)=200m; **C-** 10, 38 (CDC), 19, 47 (Mf-60) =150m; 11, 39 (Mf-60), 18, 46 (CDC) =100m; 12, 40 (CDC), 17, 45 (Mf-60) =70m; 13, 41 (Mf-60), 16, 44 (CDC) =60m; 14, 42 (CDC), 15, 43 (Mf-60) =30m; **D-** Armadilha CDC; **E-** Armadilha MF-60 com CO₂. Fonte: Google Earth®, imagem de satélite Maxar Technologies® / junho de 2019..... 146

Capítulo IV

Figura IV. 1. Localização da área de captura das populações de *Mansonia amazonensis* na área do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019. 159

Figura IV. 2. Vista dorsal das asas direitas de fêmeas de *Mansonia amazonensis* capturadas na área da Unidade de Desenvolvimento Hidrelétrico da Amazônia de Jirau (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil. Os números representam a posição dos marcos. Escala = 1 mm.dos marcos. Escala = 1 mm. 161

Figura IV. 3. Diagramas de variação de conformação entre pontos de referência para o Componente Principal 1 (PC1) e 2 (PC2). Azul claro as linhas representam conformações de consenso e as linhas azuis escuras correspondem às tendências de conformação 165

Figura IV. 4. Análise canônica das variáveis de forma de 181 exemplares de *Mansonia amazonensis* de acordo com os períodos de seca, chuva e transição de 2018 e 2019 na área da Unidade de Desenvolvimento Hidrelétrico da Amazônia de Jirau (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil. Cada ponto indica um indivíduo e as elipses indicam o intervalo de confiança (90%). Os números identificam grupos de amostras coletadas em diferentes períodos: (2) julho/18, período seco; (3) outubro/18, período chuvoso; (4) dezembro/18, período chuvoso; (5) abril/19, período chuvoso; (6) julho/19, período seco; (7) setembro/19, período de transição; (8) dezembro/19, período chuvoso..... 166

Capítulo V

Figura V. 1. Ovo de *Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis* (Theobald, 1912) - A - Ovo inteiro, extremidade anterior (EA) e extremidade posterior (EP); B - Região anterior do ovo mostrando o detalhe do aparelho micropilar formado por um colar (MiC), um disco (MiD) e um orifício micropilar (Mi); C - Extremidade anterior, detalhe da jangada formada por 11 ovos; D - Extremidade posterior, vista dos tubérculos no ápice E - Extremidade posterior, detalhe da jangada formada por 10 ovos. 180

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Família Culicidae	3
Tribo Mansoniini	7
Bioma Amazônia	17
Sazonalidade	22
Rio Madeira	24
Hidrelétricas	26
JUSTIFICATIVA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	30
HIPÓTESES	33
OBJETIVOS	33
MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	34
Captura dos espécimes adultos	54
Método de marcação, soltura e recaptura	59
Coleta dos espécimes imaturos	63
Análises de morfometria geométrica	69
Ultraestrutura de ovos	69
Considerações Éticas	70
Instituições financiadoras e colaboradoras	70

CAPÍTULO I

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) COM ÊNFASE NA TRIBO MANSONIINI E A INTERAÇÃO COM FATORES CLIMÁTICOS NA AMAZÔNIA	95
Resumo	95
Abstract	97
INTRODUÇÃO	98

MATERIAL E MÉTODOS.....	99
RESULTADOS	102
DISCUSSÃO	113
REFERÊNCIAS	116

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA INFESTAÇÃO DE <i>MANSONIA</i> SPP. (DIPTERA: CULICIDAE) EM PLANTAS AQUÁTICAS NOS AMBIENTES LÊNTICOS E LÓTICOS DA BACIA DO RIO MADEIRA, EM PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL	120
Resumo.....	120
Abstract	122
INTRODUÇÃO	123
MATERIAL E MÉTODOS.....	124
RESULTADOS	127
DISCUSSÃO	135
REFERÊNCIAS	137

CAPÍTULO III

PADRÃO DE DISPERSÃO DE <i>MANSONIA</i> NO ENTORNO DA USINA HIDRELÉTRICA JIRAU NA AMAZÔNIA	140
Resumo.....	140
Abstract	141
INTRODUÇÃO	142
MATERIAL E MÉTODOS.....	143
RESULTADOS	147
DISCUSSÃO	150
REFERÊNCIAS	153

CAPÍTULO IV

INFLUENCIA DA SAZONALIDADE NA VARIABILIDADE MORFOLÓGICA DAS ASAS EM POPULAÇÕES DE <i>MANSONIA AMAZONENSIS</i> (THEOBALD) (DIPTERA: CULICIDAE)	156
Resumo.....	156
Abstract	157
INTRODUÇÃO	158
MATERIAL E MÉTODOS.....	159
RESULTADOS	163
REFERÊNCIAS	170

CAPÍTULO V

ULTRAESTRUTURA DE OVOS DE <i>COQUILLETIDIA VENEZUELENSIS</i> (THEOBALD) (DIPTERA: CULICIDAE).....	176
Resumo.....	176
Abstract	177
INTRODUÇÃO	178
MATERIAL E MÉTODOS.....	178
RESULTADOS	180
DISCUSSÃO	181
REFERÊNCIAS	184
CONCLUSÕES GERAIS	187
ANEXOS.....	189

INTRODUÇÃO

Taxocenoses são formadas por um grupo de espécies filogeneticamente próximas, pertencentes a uma mesma comunidade e coexistentes no espaço e tempo (RICKLEFS *et al.*, 2000).

A observação de características específicas como estratégia de vida, composição, riqueza, abundância de espécies, utilização do espaço, padrões de sazonalidade, recursos disponíveis, dispersão, interações inter e intraespecíficas, morfometria, hábitos alimentares ou particularidades da Taxocenose, pode fornecer valiosas informações sobre as diferentes formas pelas quais distintas espécies respondem a fatores ecológicos (bióticos e abióticos) (WERNER *et al.*, 2007; MAGURRAN, 2013).

Já a morfologia baseia-se na observação das estruturas presentes no corpo dos seres, isso inclui aspectos da aparência externa, como forma, estrutura e cor, bem como de partes internas, como ossos e órgãos, possibilitando comparações entre os diferentes tipos de organizações estruturais. É uma ferramenta fundamental para a identificação e classificação das espécies (WOODBURY, 2019).

Indubitavelmente, o número de espécies que um grupo abrange e a amplitude de sua distribuição geográfica, são critérios significativos. Animais do filo Arthropoda apresentam uma vasta distribuição em todo o planeta Terra, abrange cerca de 80% das espécies animais conhecidas. Esses animais tem como característica geral os apêndices articulados, os quais garantem uma maior variedade de movimentos, uma maior capacidade de locomoção. Além disso, os animais desse grupo possuem o corpo revestido por um exoesqueleto de quitina, estrutura que funciona como armadura, fornecendo proteção e apoio para a musculatura (BRUSCA & BRUSCA, 2007; ØDEGAARD, 2008).

A classe Insecta pertence ao filo Arthropoda, é uma classe altamente diversificada, sendo aproximadamente um milhão de espécies conhecidas e mais de cinco milhões estimadas a serem descritas (GRIMALDI *et al.*, 2005; RUPPERT *et al.*, 2005). Podem ser encontrados nas regiões litorâneas marinhas, superfícies oceânicas, nascentes sulfúricas e até riachos glaciais, estando ausentes apenas das águas marinhas subtidais (TRIPLEHORN *et al.*, 2005; BRUSCA & BRUSCA, 2007).

A palavra que deu origem ao termo inseto designa condição de cortado, como referência desses animais apresentarem o corpo dividido de maneira nítida, entre cabeça, tórax e abdome. Pode-se dizer que a separação dos insetos dos demais artrópodes, se faz pelo fato de possuírem

três pares de pernas, e geralmente, dois pares de asas nas formas adultas. Todos esses apêndices conectam-se com a região torácica (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Essa classe diz respeito a um dos maiores grupos animais, muitos de seus representantes desempenham um papel fundamental na regulação dos ecossistemas, com funções de elevado valor econômico e ecológico, como a polinização de espécies vegetais, predação, fonte importante de alimento na cadeia alimentar, controle de animais e plantas nocivas e reciclagem de nutrientes (YI *et al.*, 2012)

Todavia, muitos grupos de insetos são considerados pragas agrícolas, outros se destacam devido a sua capacidade vetorial e incômodo que podem provocar a humanos e a outros animais, principalmente as fêmeas hematófagas de algumas espécies de dípteros, que durante o repasto sanguíneo podem veicular patógenos como protozoários, bactérias e vírus, causando grande agravo à saúde pública (MELLANBY, 1946; BARDNER & FLETCHER, 1974; SANTI *et al.*, 2021).

A ordem Diptera, constitui uma das mais amplas ordens de insetos holometábolos, está dividida em duas subordens: Brachycera e Nematocera. São caracterizados por possuírem apenas um par de asas funcionais adaptadas para o voo, enquanto o segundo par, é reduzido e modificado em halteres que auxiliam no controle de equilíbrio do deslocamento aéreo (PAPE, 2009; SARWAR, 2020).

A subordem Brachycera pode ser representada pelas moscas e a Nematocera pelos mosquitos. O que difere essas duas subordens são os segmentos da antena. Enquanto em Brachycera as antenas são curtas, com poucos segmentos, em Nematocera as antenas são longas, usualmente com mais de seis segmentos (MARSHALL, 2012).

Os nematocéros englobam diversas famílias tais como Ceratopogonidae, Chaoboridae, Psychodidae, Dixidae, Simuliidae e os afamados Culicidae (BRAVERMAN, 1994; MILLER, 1998).

Os culicídeos, demonstram uma notável habilidade de adaptação das espécies aos diversos ambientes, partindo de florestas com alto grau de preservação, até as zonas com acentuada atividade antrópica (BONIZZONI *et al.*, 2013).

Em muitos casos a urbanização desordenada, associada as alterações no meio ambiente, beneficiam algumas espécies de mosquitos em comparação com outras, ocasionando o aumento ou diminuição em sua densidade, a ausência completa de determinadas espécies, ou ainda, seu

deslocamento para outros habitats, promovendo também a dispersão de agentes etiológicos (LI *et al.*, 2014).

A construção de usinas hidrelétricas, exemplifica essa situação de intervenção humana, através de obras que envolvem uma série de alterações para o meio ambiente (FEARNSIDE, 2015).

Considerando que em condições naturais, os mosquitos distribuem-se em comunidades estáveis, plenamente equilibradas com as variáveis do ecossistemas, os estudos sobre a Taxocenose de mosquitos (Diptera: Culicidae), com diferentes abordagens, fornece uma oportunidade para um melhor entendimento sobre a dinâmica desses insetos no ambiente, que podem variar de acordo com os recursos disponíveis, alterações ambientais, inter-relações entre as populações e também com as mudanças climáticas (MELLO, 2017; CARRASCO *et al.*, 2019; ANOOPKUMAR & ANEESH, 2021).

Família Culicidae

Os Culicidae constituem o grupo com maior capacidade vetorial de patógenos entre os artrópodes hematófagos. São insetos dípteros nematóceros, popularmente conhecidos como mosquitos (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994).

Atualmente, existem 3.588 espécies de mosquitos distribuídas pelo mundo e estão classificadas em duas subfamílias: Anophelinae e Culicinae. A subfamília Anophelinae é composta pelos gêneros *Anopheles*, *Chagasia* e *Bioronela*. Já a subfamília Culicinae é constituída pelas tribos Aedeomyiini, Aedini, Culicini, Culisetini, Ficalbiini, Hodgesiini, Mansoniini, Orthopodomyiini, Sabethini, Toxorhynchitini e Uranotaeniini (HARBACH, 2021).

Culicidae é um grupo grande e abundante, que ocorre em todas as regiões temperadas e tropicais da terra. Contudo, são mais diversos em ambientes de floresta tropical. Possuem metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva (quatro ínstares), pupa e adulto. O período de duração de cada uma dessas fases depende das condições de temperatura e regime de chuvas, e pode variar de acordo com a espécie (SERVICE, 2008).

Os ovos dos Culicídeos, geralmente, possuem um formato elipsóide ou ovóide, são depositados diretamente sobre a superfície da água ou em local úmido suscetível a inundação (MELLO *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2021). O volume de postura é muito variado, oscilando entre

100 e 200 ovos a cada ciclo gonotrófico, que pode ocorrer de quatro a seis vezes em todo período de vida da fêmea adulta (BRIEGEL *et al.*, 2002; CHADEE *et al.*, 2002). São postos isoladamente ou em conjuntos, formando um aglomerado. No momento da oviposição são de cor clara, tornando-se escuros e endurecidos após alguns minutos (FERREIRA *et al.*, 2019; BECKER *et al.*, 2020).

As formas larvais dos culicídeos, são eucéfalas e ápodas, possuem quatro estágios, os quais apresentam mobilidade ativa no meio aquático, onde vivem graças a execução de movimentos irregulares de contorção (FORATTINI, 1996; SKIFF & YEE, 2014). A fase larvária consiste no período de alimentação e crescimento, já que as larvas passam a maior parte do tempo alimentando-se de partículas em suspensão, micro-organismos que extraem da água e materiais orgânicos acumulados no fundo ou nas paredes de seus habitats (HOWLAND, 1930; ASAHINA, 1964; SOUZA *et al.*, 2019).

Algumas espécies são predadoras obrigatórias ou facultativas, que capturam e se alimentam principalmente dos estágios imaturos de outros mosquitos (JONES & SCHREIBER, 1994). Quando o alimento é escasso, algumas larvas recorrem à eliminação ou ao canibalismo (SHERRATT & CHURCH, 1994; KOENRAADT & TAKKEN, 2003).

As pupas de Culicidae podem ser classificadas como adécticas e obtectas, possuem dimorfismo sexual, e apresentam perfil que lembra uma vírgula (MOOREFIELD, 1951). Seu corpo tem inicialmente a mesma cor da larva recém-transformada, e escurece na medida que se aproxima o momento da emergência do adulto. A pupas são bastante móveis quando perturbadas, mas na maior parte do tempo mantêm-se paradas em contato com a superfície da água, não se alimentam e nem passam por um processo de muda, apenas realizam as trocas gasosas e sofrem profundas transformações dentro de seu invólucro, resultando na formação do imago ao completar a metamorfose, ocorrendo assim, a mudança do meio hídrico para o terrestre (FORATTINI, 2002; CHANDRASEGARAN *et al.*, 2020; WILKERSON *et al.*, 2021).

Enquanto nas fases larvais dos culicídeos a função crucial é o crescimento, a fase adulta consiste na reprodução e dispersão (JONES, 1993; MYERS, 1997; REISKIND *et al.*, 2004). As fêmeas estarão prontas para realizarem a cópula algumas horas após a emergência do revestimento pupal, já os machos, dependendo da espécie, podem levar de 6 a 24 horas para acasalar, isso porque é necessário que a genitália masculina sofra rotação de 180° ao redor do eixo longitudinal do corpo (FORATTINI, 2002).

As fêmeas são maiores que os machos, mas em geral possuem de 3-8 mm de comprimento (NAVARRETE-CARBALLO *et al.*, 2021). Em mosquitos como *Toxorhynchites* spp. e *Psorophora ciliata* (Fabricius, 1794) que tem porte avantajado, podem chegar a 19 mm e um peso de até 10,5 miligramas (WOODARD & CHAPMAN, 1965; COOK & ZUMLA, 2009; ZHU *et al.*, 2014).

Muitos táxons vivem a poucos metros do solo, enquanto diversas espécies silvestres ocorrem principalmente no dossel da floresta, tal distribuição, chamada vertical, depende muito das preferências alimentares de cada espécie (GILLIES & WILKES, 1976; JULIÃO *et al.*, 2010).

Os machos e fêmeas de muitas espécies se alimentam exclusivamente de líquidos vegetais, incluindo néctar, melado e sucos de frutas, todavia, as fêmeas de um grande número de espécies se alimentam do sangue de animais vivos, para maturar seus ovos, para tanto, apenas as fêmeas de *Toxorhynchites* e *Malaya* não precisam de sangue, esses mosquitos são fitófagos (PEACH & GRIES, 2020). Toda a necessidade nutricional de *Toxorhynchites* spp. a oogênese é encontrada durante sua forma larval, e a vitelogenese começa durante a fase de pupa, portanto, já existem folículos maduros um dia após a metamorfose do adulto (COLLINS & BLACKWELL, 2000; SCHREIBER, 2007).

Vertebrados de sangue quente, são uma fonte comum de sangue para a maioria das espécies de mosquitos, mas muitas espécies também atacam animais de sangue frio, como cobras, tartarugas, sapos, e outros insetos, incluindo cigarras e ninfas, como a *Uranotaenia sapphirina* (Osten Sacken, 1868), esta espécie é conhecida por se alimentar de minhocas e sanguessugas (HARRIS *et al.*, 1969; MIYAGI, 1972; KIMBLE *et al.*, 2015; REEVES *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020b).

A atividade alimentar é geralmente bastante específica para a maioria das espécies. Algumas preferem as aves, outros mamíferos, mas muitas estão estreitamente associados aos seres humanos, atacando prontamente mediante a uma oportunidade, podendo ingerir até 29,6mg de sangue (TEMPELIS, 1975; ZHU *et al.*, 2014).

A atividade hematofágica e a prevalência sazonal variam consideravelmente de acordo com as diferentes espécies, mas a grande maioria das fêmeas de Culicidae, exercem suas atividades em períodos com menos luminosidade, do entardecer ao amanhecer (KIM *et al.*, 2004; MEENA, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

A busca por alimento e a realização das etapas reprodutivas, são fatores elementares à dispersão. Alguns estudos indicam que certas espécies podem voar de uma a quatro horas

continuamente, a uma velocidade média de um a dois quilômetros por hora, viajando até 10 quilômetros em uma noite (VERDONSCHOT & BESSE-LOTOTSKAYA, 2014). Alguns mosquitos, exibem mecanismos de voo a uma taxa de 600 a 800 batimentos de asas por segundo, quatro vezes mais rápido do que muitos insetos de tamanho semelhante (KAUFMANN & BRIEGEL, 2004; BOMPHREY *et al.*, 2017; NAKATA *et al.*, 2020).

Na saúde pública há um interesse renovado em conhecer os aspectos ecológicos dos mosquitos, não somente pela capacidade de movimentos migratórios, mas fundamentalmente pela possibilidade de produção de surtos ou epidemias (BHATT *et al.*, 2013; GATES, 2014; WEAVER & LECUIT, 2015; WHO, 2015)

A epidemiologia da família Culicidae varia de espécie para espécie, muitas estão envolvidas na transmissão de agentes causadores de doenças humanas, outras muito pouco se sabe sobre a biologia, necessitando de mais estudos, no entanto, várias espécies da família Culicidae já foram encontradas naturalmente infectadas com vírus (arbovírus), vermes filariais (helmintos) e protozoários, e também muitas espécies demonstraram transmitir esses patógenos em condições experimentais (EPELBOIN *et al.*, 2017; FU *et al.*, 2017; ÜBLEIS *et al.*, 2018; SCHOENER *et al.*, 2019).

Portanto, dentro da entomologia médica, os culicídeos são os que mais atraem a atenção da saúde pública, são a causa indireta de mais morbidade e mortalidade entre os humanos do que qualquer outro grupo de organismos (SPIELMAN, 2001). De acordo com GATES (2014), o mosquito é o animal mais letal do planeta, sendo responsável por cerca de 725 mil mortes no mundo a cada ano.

Em geral os mosquitos possuem diversas funções no ecossistema, podendo assumir um importante papel na polinização (LARSON *et al.*, 2001), como *Culex* spp. e *Armigeres* spp. que foram considerados polinizadores exclusivos de *Burmattia lutescens* Becc., *Gnetum cuspidatum* Blume e *Sciaphila secundiflora* Thwaites ex Benth., devido a uma congruência morfológica entre sua tromba e o comprimento do tubo da corola dessas plantas (KATO, 1996).

Os mosquitos também desempenham função essencial na transferência de biomassa, contribuindo para as cadeias alimentares aquáticas, servem como fonte de alimento para muitos predadores (QUIROZ-MARTÍNEZ & RODRÍGUEZ-CASTRO, 2007; SCHOWALTER, 2013). RAJASEKHARAN & CHOWDAIAH (1972) demonstraram que a espécie de peixe *Gambusia affinis* Baird & Girard, 1853, são consumidores vorazes de larvas de mosquitos, tendo comportamento de alimentação seletivo, onde escolhem suas presas, baseadas em uma série de

fatores que facilitam a captura, incluindo tamanho, posição vertical na coluna de água e tendência das larvas se agruparem.

GONSALVES *et al.* (2013), apontam que adultos de *Aedes vigilax* (Skuse, 1889), mosquito essencialmente costeiro e associado a estuários e zonas de mangue, atuam como um importante recurso alimentar para *Vespadelus vulturnus* (Thomas, 1914) (espécie de morcego insetívoro).

A biodiversidade, é uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável pelo equilíbrio e pela estabilidade dos ecossistemas, portanto, seja atuando como bioindicador de saúde ambiental ou no surto de doenças, estudos referentes aos Culicidae se tornam essenciais em áreas onde há intervenção humana.

Tribo Mansoniini

Os Mosquitos da tribo Mansoniini são distribuídos em dois gêneros: *Mansonia* com 25 espécies e *Coquillettidia* com 58 espécies. Por sua vez o gênero *Mansonia* spp., atualmente está constituído de dois subgêneros: *Mansonioides* com 10 espécies e *Mansonia* com 15 espécies, dessas, 12 ocorrem no Brasil. As espécies do subgênero *Mansonioides* ocorrem no Velho Mundo e as do subgênero *Mansonia* ocorrem no Novo Mundo (RUEDA, 2007; REINERT, 2010; HARBACH, 2021). Já o gênero *Coquillettidia* spp. é constituído de três subgêneros: *Austromansonia* com uma espécie que ocorre apenas na Nova Zelândia; *Coquillettidia*, representado por 44 espécies que em sua maior parte está presente na região afrotropical e por fim, *Rhynchotaenia* com 13 espécies, das quais todas ocorrem no Brasil (RUEDA, 2007; REINERT, 2010; HARBACH, 2021).

A espécies da tribo Mansoniini normalmente depositam seus ovos de forma aglomerada, formando massas compactas e pegajosas sob folhas de plantas aquáticas (Figura 1).

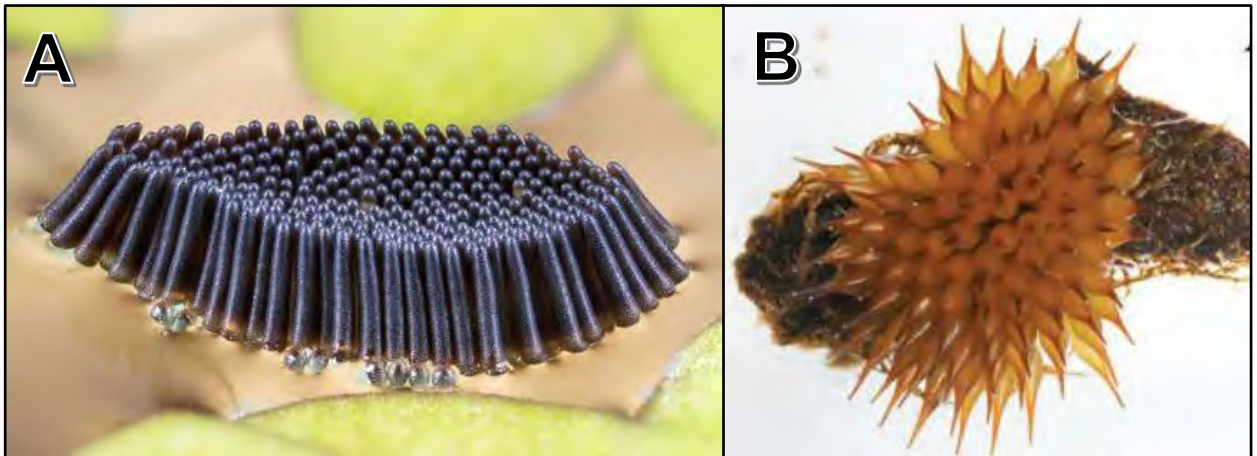


Figura 1. **A-** Jangada de ovos de *Coquillettidia* spp. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. **B-** Jangada de ovos de *Mansonia* spp. Foto: da Silva Ferreira F.A, - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, Brasil.

Durante a desova, as fêmeas introduzem o ápice do abdome na água, e cuidadosamente aderem seus ovos na parte inferior da folha escolhida, uma bolha de ar (plastrão) é transferida do abdômen da fêmea em oviposição para envolver a massa de ovos em crescimento (MATTINGLY, 1972; LINLEY *et al.*, 1986; LINLEY, 1989; SERVICE, 2008) (Figura 2).



Figura 2. Sequência de oviposição de Mansonini – A - Fêmea sob a borda de uma folha parcialmente submersa e estendendo seu abdômen até a porção subaquática da folha onde fixará seus ovos. B -Bolha de ar (plastrão) sendo transferida do abdômen da fêmea em oviposição para envolver a massa de ovos em crescimento. C - Ovos são brancos à medida que são postos. D – Ovos dispostos em roseta. Foto: Phillip Lounibos, Universidade da Flórida.

Após a eclosão dos ovos, as larvas movimentam-se na coluna d'água, mas logo se prendem aos vegetais submersos, isso porque os mosquitos pertencentes à tribo Mansoniini compartilham uma característica única nos estágios imaturos, o sifão respiratório atenuado e com ápice bem quitinizado, adaptado para perfurar e fixar-se no tecido das plantas aquáticas (BARBOSA *et al.*, 2005; JOHNSON & RUSSELL, 2020) (Figura 3).

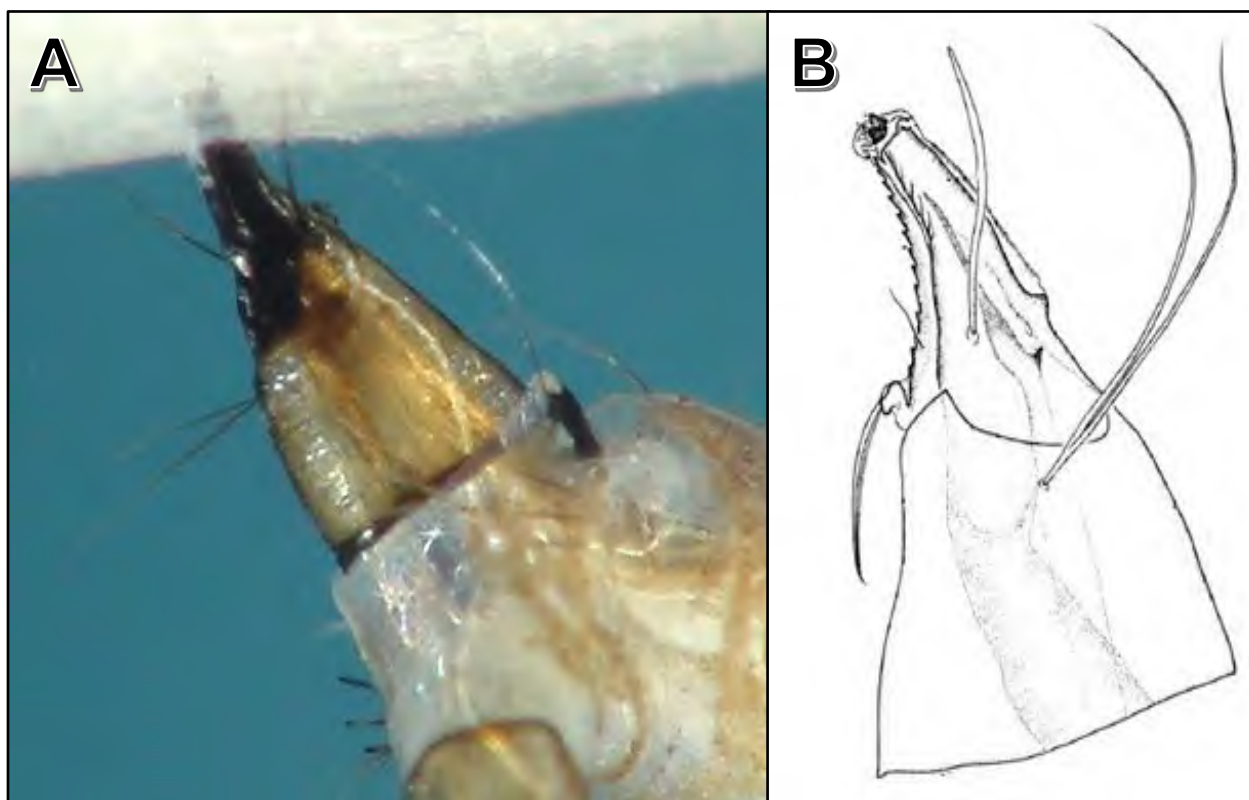


Figura 3. A - Sifão respiratório de uma espécie da tribo Mansoniini. fixo em uma raiz de planta aquática. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do sifão respiratório de espécies da tribo Mansoniini.

Assim, larvas e pupas são capazes de retirar oxigênio diretamente do sistema radicular das plantas hospedeiras, mantendo-se abaixo da superfície líquida na maior parte do tempo. A densa rede de sistemas de vegetação e raízes, fornece proteção contra predadores, auxiliando na sobrevivência dos imaturos, que raramente, sobem à superfície da água, e desprendem-se das raízes unicamente em caso de perturbação e processo de ecdise (CARPENTER & LACASSE, 1974). No momento da emergência do adulto a pupa se desprende da planta e migra para a superfície.

As larvas dos gêneros *Coquillettidia* spp. e *Mansonia* spp. podem ser diferenciados por caracteres no segmento anal e na antena (FORATTINI, 2002; UTEP, 2004)

O segmento anal do gênero *Coquillettidia* spp. não possui tufo de cerdas proeminentes na face ventral da sela, embora uma ou duas pequenas cerdas possam estar presentes posteriormente. Além disso, geralmente há oito ou mais escamas de pente no segmento abdominal VIII neste gênero (Figura 4).

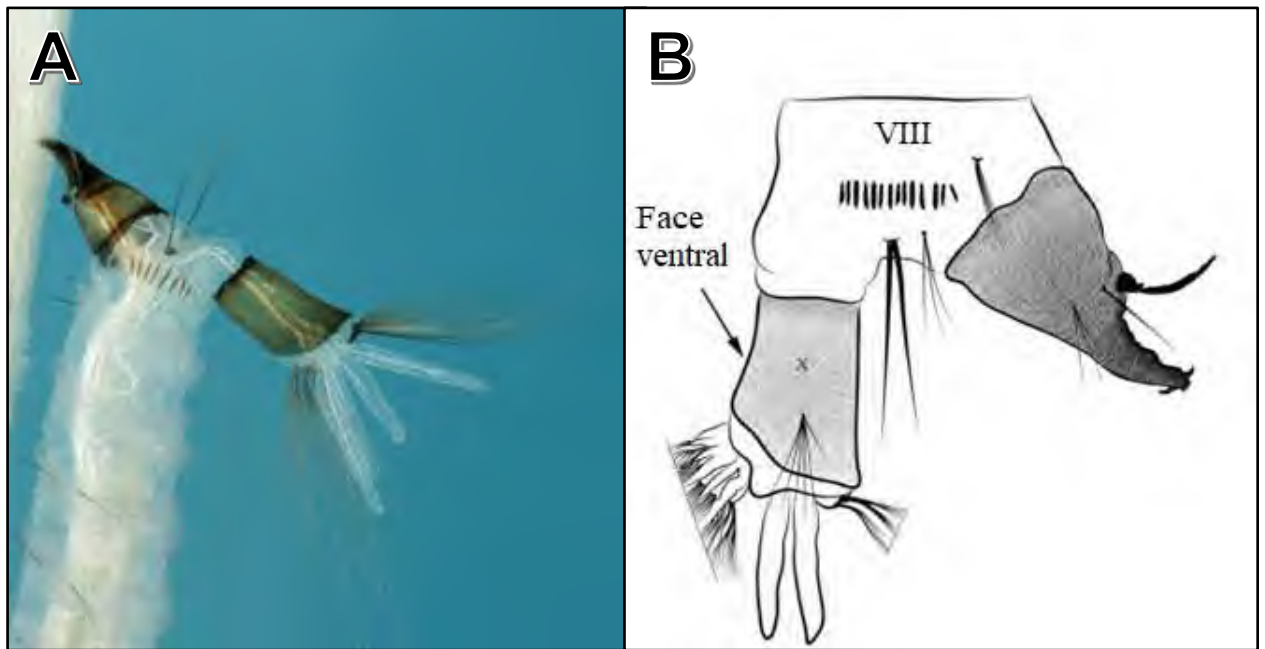


Figura 4. Segmento anal de *Coquillettidia* spp. A- Ausência de tufo de cerdas na face ventral da sela / escamas no segmento abdominal VIII em número igual ou maior que 8. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do segmento anal de *Coquillettidia* spp.

As cerdas 2 e 3 da antena do gênero *Coquillettidia*., que dividem o segmento apical flagelar do segmento basal, são pequenas. Ademais, o segmento flagelar é mais longo do que o segmento basal (LANE, 1953; JOHNSON & RUSSELL, 2020) (Figura 5).

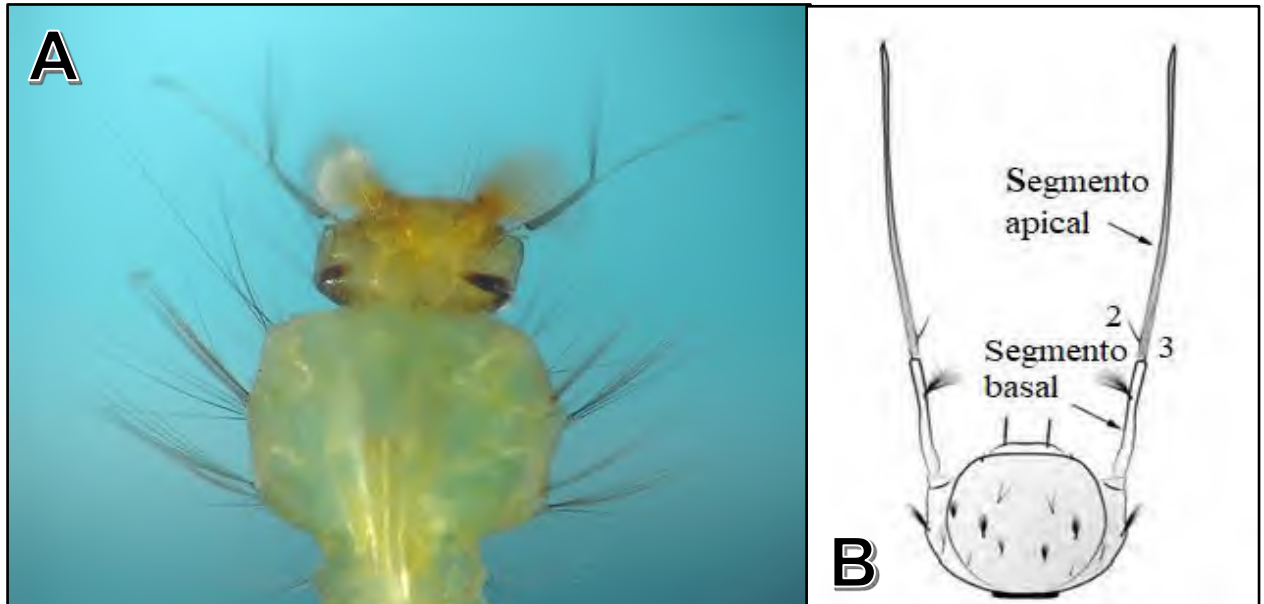


Figura 5. Cabeça de *Coquillettidia* spp. A- Cerdas 2 e 3 curtas / segmento apical da antena mais longo do que o segmento basal. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática da cabeça de *Coquillettidia* spp.

O segmento anal do gênero *Mansonia* spp., apresenta quatro tufos de cerdas proeminentes na face ventral da sela e geralmente possuem menos de oito escamas no pente no segmento abdominal VIII (Figura 6).

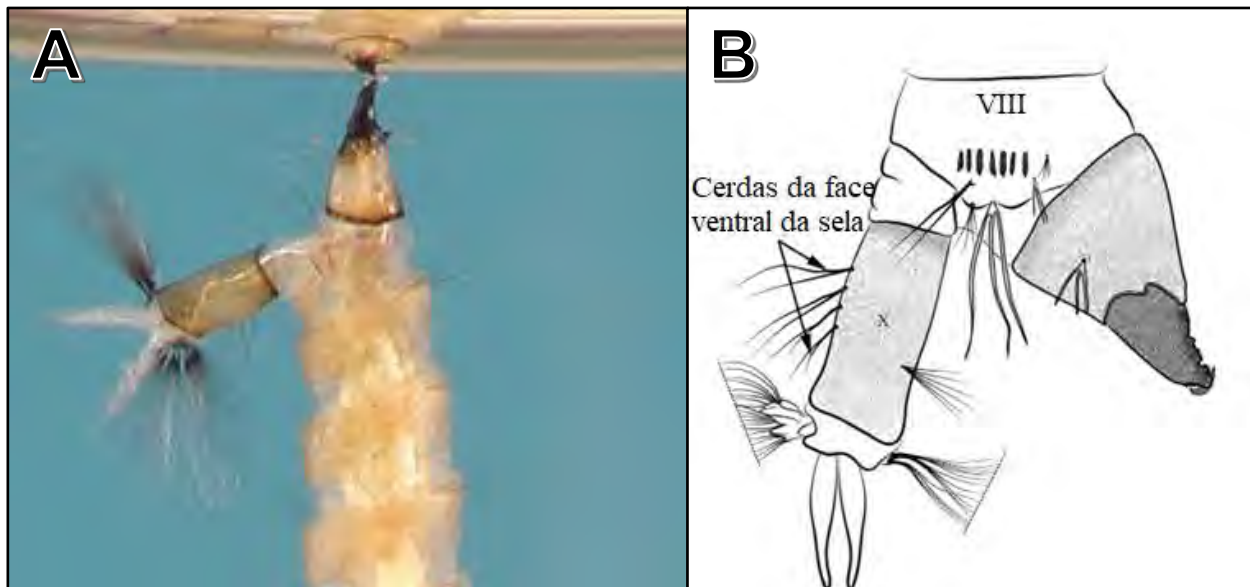


Figura 6. Segmento anal de *Mansonia* spp. A- Presença de quatro tufos de cerdas na face ventral da sela / escamas no segmento abdominal VIII em número menor que oito. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática do segmento anal de *Mansonia* spp.

As cerdas antenais 2 e 3 são muito longas, geralmente, mais longas que o segmento flagelar, que não é mais longo que o segmento basal (LANE, 1953; SLAFF & HAEFNER, 1985) (Figura 7).

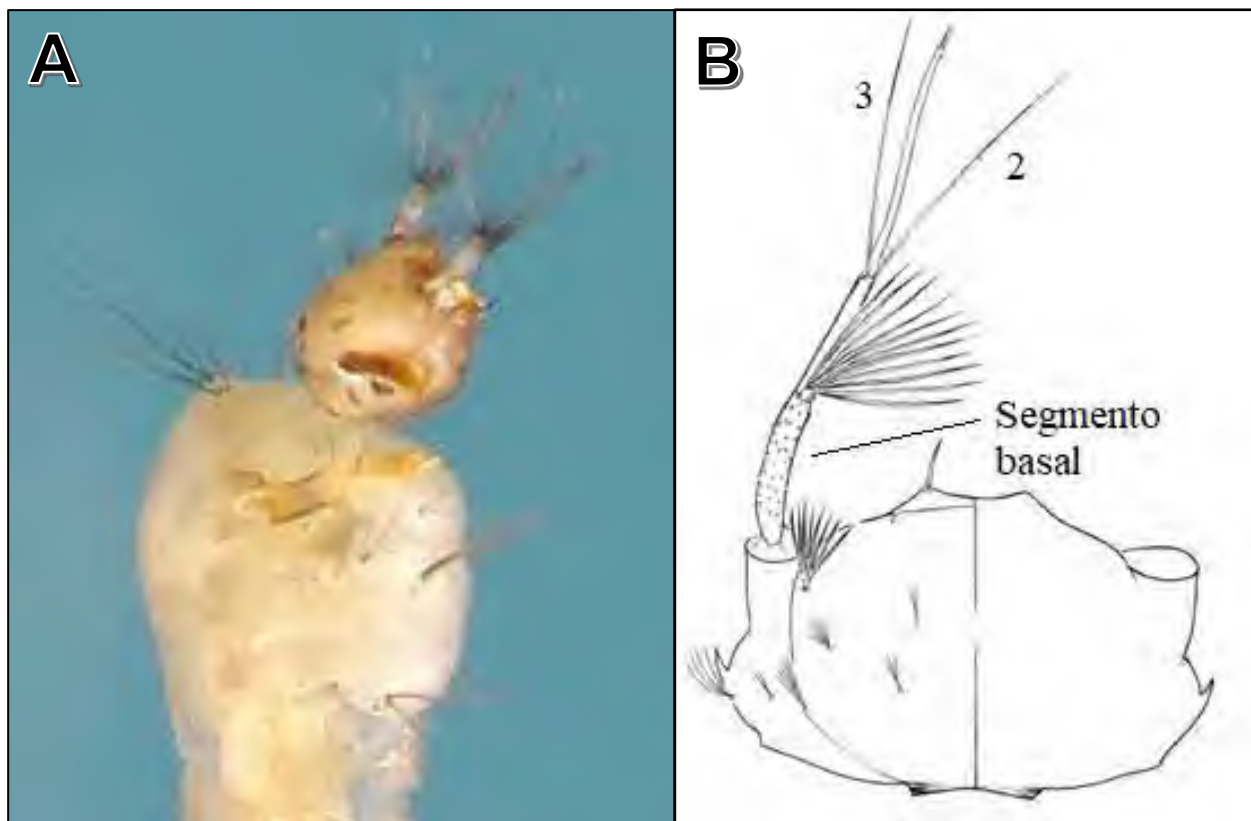


Figura 7. Cabeça de *Mansonia* spp. A- Cerdas 2 e 3 longas / segmento apical da antena mais curto do que o segmento basal. Foto: S.L. Doggett, Departamento de Entomologia Médica, NSW, Austrália. B - Representação esquemática da cabeça de *Coquillettidia* spp.

Os adultos da tribo Mansoniini possuem porte médio e escamas alares acidentalmente largas, de contorno assimétrico, também dispõem do ápice abdominal arredondado (BURKETT-CADENA, 2013).

Os adultos dos gêneros *Coquillettidia* spp. e *Mansonia* spp. podem ser diferenciados através de características presentes nos fêmures e nas asas (LANE, 1953; FORATTINI, 2002; UTEP, 2004).

Os fêmures das *Mansonia* spp. são salpicados de escamas claras e nas asas há uma mistura de escamas claras e escuras, já as *Coquillettidia* spp. possuem fêmures escuros com um anel branco

na tíbia posterior, e as asas são predominantemente escuras (CARPENTER & LACASSE, 1974) (Figuras 8, 9, 10 e 11).



Figura 8. Fêmur de *Mansonia* spp. salpicados de escamas claras. Foto Taewoo Kim, Instituto Nacional de Recursos Biológicos - Seo-myeon, Coreia do Sul.



Figura 9. Asa de *Mansonia* spp. - mistura de escamas claras e escuras. Foto: Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU).



Figura 10. Tíbia posterior de *Coquillettidia* spp. com um anel branco. Foto: Sergei Drovetski, Laurel, MD, EUA.



Figura 11. Asa de *Coquillettidia* spp. predominantemente escuras. Foto: Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU).

A tribo *Mansoniini* é altamente eclética para realização do repasto sanguíneo, podem ser encontradas praticando hematofagia em mamíferos, aves ou até mesmo em répteis (MCCLELLAND & WEITZ, 1960; EDMAN, 1971; MUKWAYA, 1972; MOLAEI *et al.*, 2008).

Possuem comportamento agressivo e voraz durante a hematofagia, com pico de atividade crepuscular, contudo, também atacam a luz do dia, e podem provocar incômodo para humanos e animais quando em grande número (TAYLOR *et al.*, 1979; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA & SILVA, 1985). As espécies de *Mansonia* spp. são verdadeiras pragas, dificultando a vida humana e a pecuária em certas regiões (EDMAN, 1971; PAGÈS & COHNSTAEDT, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020; BOYER *et al.*, 2021).

A proliferação dos vegetais aquáticos, em alguns casos ligada à redução do fluxo de água e/ou aumento na quantidade de matéria orgânica (eutrofização), pode facilitar a reprodução desses mosquitos, que embora sejam essencialmente florestais, podem se instalar nos arredores das cidades e núcleos habitados, desde que existam condições favoráveis, representadas por adequados locais de criação (MORRIS *et al.*, 1991; FORATTINI, 2002; MULIERI *et al.*, 2005).

A epidemiologia da tribo está relacionada à capacidade que algumas espécies têm em transmitir vírus e filárias em diversas regiões do mundo. Muitos estudos detectaram a presença de patógenos em algumas espécies da tribo, inclusive, diversas espécies foram encontradas infectadas naturalmente com arbovírus, incluindo aqueles causadores de encefalites (SUDIA *et al.*, 1971; BERANEK *et al.*, 2018). Tais estudos, indicam a participação da tribo *Mansoniini* em ciclos silvestres e evidenciam sua potencialidade em transmitir esses agentes.

No Brasil, alguns arbovírus já foram encontrados em *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald, 1912) (GAMA *et al.*, 2012), e registrou-se a infecção de espécies de *Mansonia* com vírus de WEE (Encefalite Equina do Oeste) na Argentina (HERVÉ *et al.*, 1986). Entretanto, as espécies de *Mansonia* não são vetores de agentes etiológicos no Brasil.

Na Amazônia estes mosquitos encontram características ambientais ideais para a sua, permanência, desenvolvimento e reprodução.

Bioma Amazônia

Bioma é uma unidade biológica ou área do espaço geográfico representada por uma área de ambiente uniforme, o qual é identificado e classificado de acordo com a fitofisionomia, altitude, macro clima, solo, entre outros critérios (COUTINHO, 2006). O Brasil, apresenta dimensões continentais com distintos biomas, ricos em biodiversidade, a exemplo o bioma Amazônia, o maior bioma brasileiro, que compreende a maior floresta

tropical do mundo. Sua abrangência não se limita somente ao estado do Amazonas, mas se estende por nove estados da Federação e ultrapassa as fronteiras, chegando a mais oito países da América do Sul (IBGE, 2004; PULLAIAH, 2018) (Figura 12).

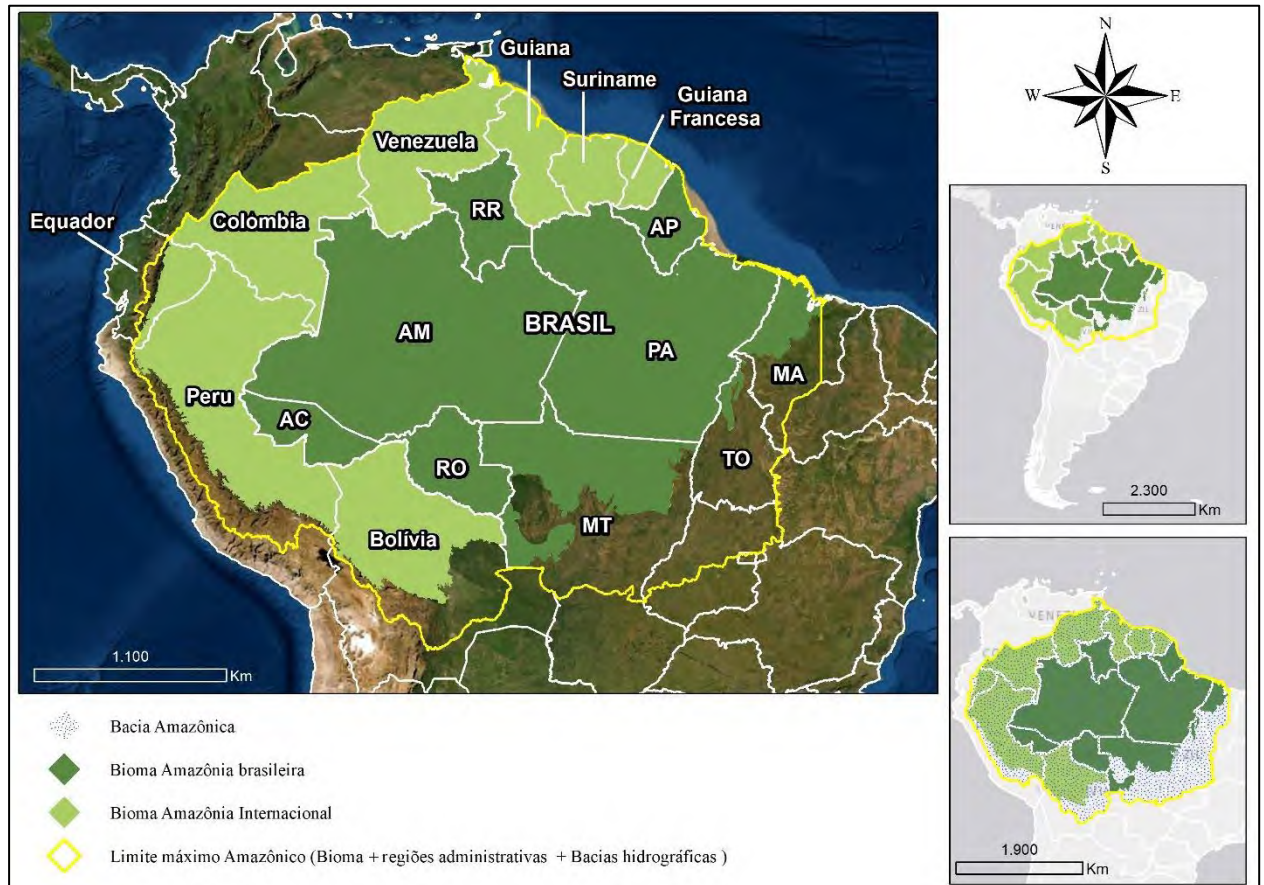


Figura 12. Limites da Amazônia e suas diferentes perspectivas: A bacia, bioma e o limite máximo do Bioma. Fonte Arcgis

O clima da Amazônia é predominantemente equatorial úmido, a amplitude térmica sazonal é da ordem de 1-2°C, sendo que os valores médios se situam entre 24 e 26°C. O regime das chuvas é frequente, com precipitação média acima de 2000 mm ao ano. A umidade do ar atinge 88% na época das chuvas intensas, e mesmo na estação seca, essa permanece elevada, chegando a 77% (MARENGO, 1995; FISCH *et al.*, 1998; INMET, 2021).

A Floresta amazônica é um gigantesco processador de vapor d'água para a atmosfera global, atuando como uma bomba biótica de umidade, sugando a água do oceano para dentro do continente, por sua vez, a vegetação realiza a evapotranspiração, e os rios a evaporação, deste modo, toda essa água se condensa em enormes volumes de vapor, formando verdadeiros rios

aéreos, que se espalham por todo continente (MAKARIEVA & GORSHKOV, 2007; MAKARIEVA *et al.*, 2014).

Uma única árvore, é capaz de produzir vapor o bastante para se transformar em centenas de litros de água por dia, dessa forma, a floresta da bacia amazônica transpira 20 bilhões de toneladas de água diariamente, logo, produz seu próprio clima, em favor da sua existência, isso faz deste bioma detentor de um ecossistema único em todo o planeta (MYERS, 1997).

Fatores como calor e umidade são determinantes para explicar a enorme biodiversidade presente na floresta Amazônica, com mais de 5,5 milhões de km², apenas na porção brasileira, o que equivale a cerca de 60% do território nacional, a floresta acarreta a ideia de um local mítico, povoado por uma infinidade de espécies de vegetais e animais (MAY & REIS, 1993; MYERS, 1997).

Presumidamente uniforme, a floresta amazônica expõe certas particularidades vegetativas, as quais são classificadas em mata de igapó, mata de várzea e mata de terra firme, além do relevo irregular no qual está estabelecida, sobre planaltos, planícies e depressões (SOMBROEK, 1966).

O solo é arenoso, e antagônico à exuberância da floresta, em grande parte, é carente na concentração de nutrientes. Possui apenas uma restrita camada de matéria-orgânica na superfície, a qual é formada a partir da decomposição de folhas, galhos, frutos e animais mortos, portanto, uma vez desmatada, essa frágil camada é facilmente carregada pelas chuvas, e dessa maneira a floresta se torna vulnerável ao colapso (NETA & NISHIWAKI, 2018; JUNIOR *et al.*, 2020).

A bacia amazônica é composta por mais de 1.100 efluentes, é a maior bacia do mundo, detém 20% da água doce do planeta, seu principal rio, o Amazonas, lança cerca de 175 milhões de litros de água por segundo no oceano atlântico, há também em seu subsolo, o aquífero Alter do chão, tão imenso quanto o rio da sua superfície (SALATI & VOSE, 1984; BENCHIMOL, 2011; AZEVEDO, 2019).

A Amazônia é uma potente e viva usina de serviços ambientais, sua nanotecnologia, que opera nos processos vitais, é algo quase incompreensível de tão evoluído, sofisticado e eficiente. A floresta amazônica atua na absorção do gás carbônico e sua reposição harmônica na atmosfera, na produção de umidade para toda América Latina, e no aporte para o equilíbrio climático de todo o planeta, desta forma, opera na proteção da vida em todas as dimensões (EHRlich & EHRlich, 1997).

Até 1970, apenas 1% da floresta amazônica havia sido desmatada, no entanto, entre 1985 e 2020, o bioma Amazônia perdeu 45,2 milhões de hectares de vegetação nativa, e apenas 82,1% do bioma está coberto por vegetação originária (WWF, 2018; MAPBIOMAS, 2021) (Figura 13).

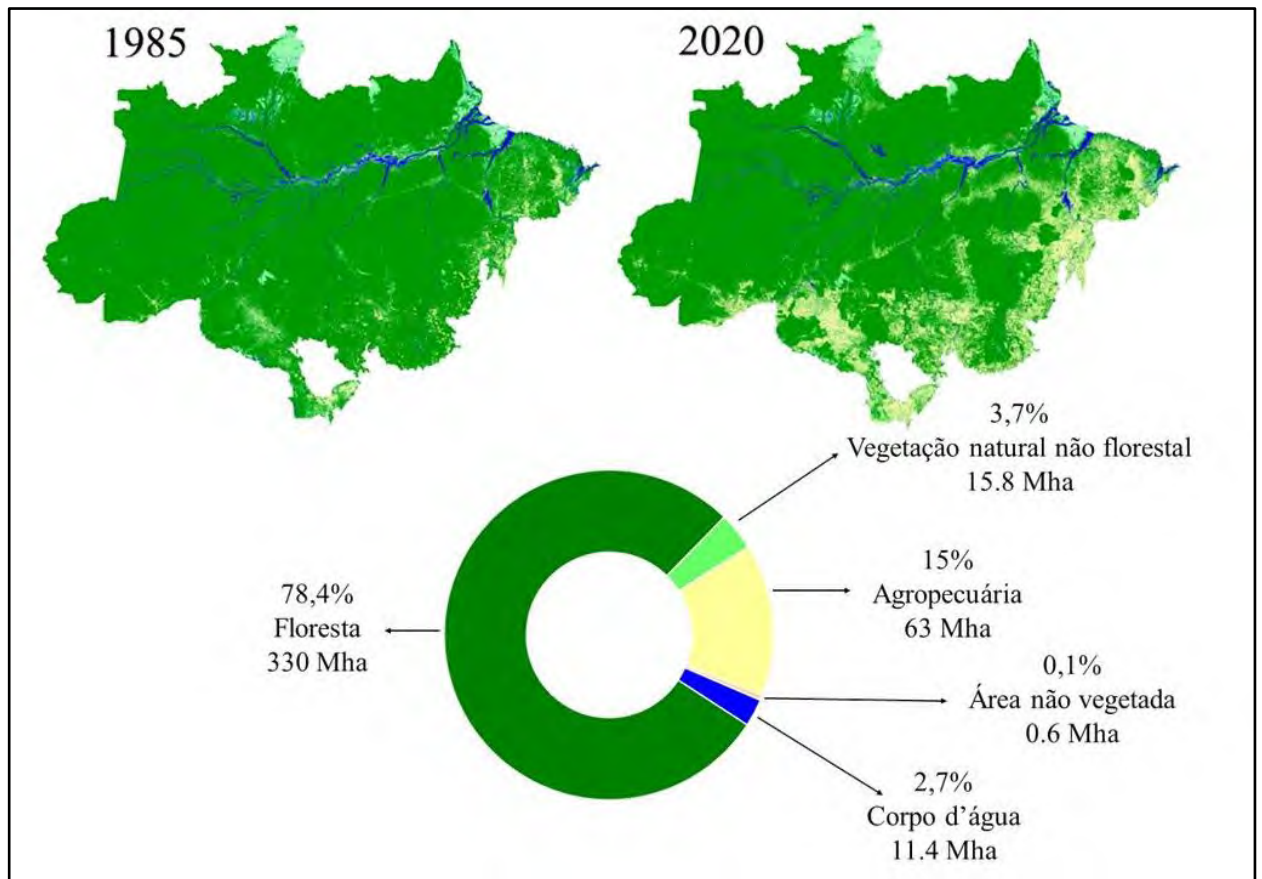


Figura 13. Variação da cobertura da terra na Amazônia - 1985 – 2020. Fonte: MapBiomias, 2021

A história do desmatamento em larga escala, começou com o incentivo da ditadura militar, estradas foram rasgadas na selva, abrindo espaço para fazendas, garimpos e a exploração de madeira. O processo continuou nas décadas seguintes, e em 1995, a Amazônia brasileira teve seu pior ano, foram desmatados cerca de 29.000 km² (FEARNSIDE, 2005b; INPE, 2022) (Figura 14).

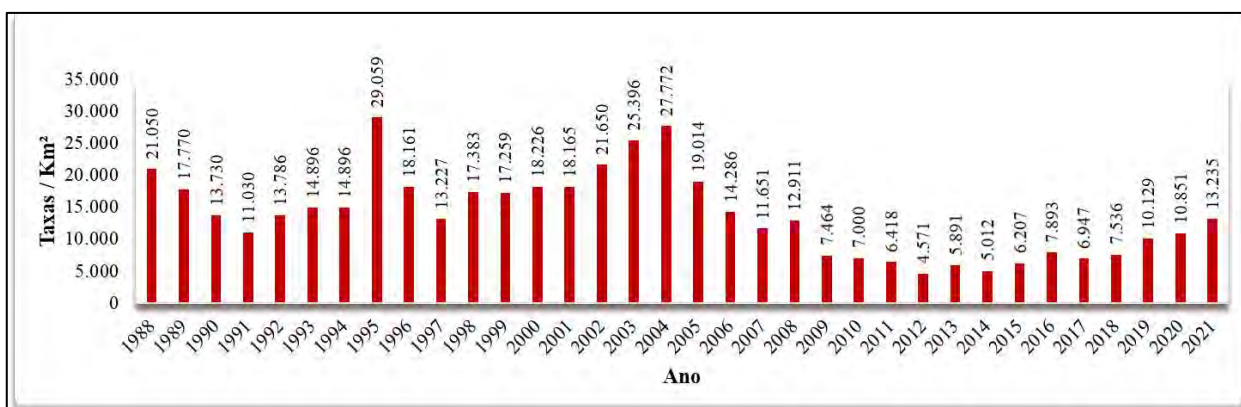


Figura 14. Taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal brasileira no período de 1988 a 2021. Fonte: Terra Brasilis (PRODES).

No final da década de 1990, mais áreas indígenas e de proteção foram demarcadas e, as taxas de desmatamento foram um pouco mais baixas, mas voltaram a explodir no início dos anos 2000, e em 2004, foi o segundo pior ano para a Amazônia, com a destruição de uma área de 27,7 mil Km² (LAURANCE *et al.*, 2002; INPE, 2022). Neste mesmo ano, um plano de combate ao desmatamento foi implantado e a fiscalização aumentou, a floresta começou a ser monitorada com mais precisão, mês a mês (MMA & GPTI, 2004).

Em 2012, a área desflorestada foi de apenas 4,6 mil Km², e o Brasil tornou-se referência mundial em políticas de combate ao desmatamento, devido à redução drástica da área desmatada anualmente, no entanto, o desmatamento voltou a apresentar a tendência de alta a partir de 2013, conforme os esforços de fiscalização diminuíram e o novo código florestal, menos rigoroso que o anterior, entrou em vigor (MMA & GPTI, 2013; INPE, 2022).

Em 2019, a área desmatada chegou a mais de 9 mil km², foi a maior destruição registrada em 11 anos. O número de focos de queimadas na Amazônia em 2019, também aumentou 30% em relação ao ano anterior, o governo começou a desmontar órgãos de fiscalização, e defender a exploração econômica de reservas indígenas na floresta (BRASIL, 2020; INPE, 2022).

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2021 (COP-26) em Glasgow, o Brasil assinou um acordo, se comprometendo a acabar com o desmatamento até 2030, no entanto, a área desmatada na Amazônia, entre agosto de 2020 e julho de 2021, foi de 13.235 km², e a Amazônia registrou o pior nível de desmatamento dos últimos 15 anos (MARCOVITCH & PINSKY, 2020; SMITH *et al.*, 2021).

De acordo com NOBRE (2014), se a destruição continuar nesse ritmo, a Amazônia pode ultrapassar um ponto de não retorno nas próximas três décadas, isso significa, que a floresta não conseguiria mais se recuperar, e que as mudanças em sua estrutura e regime de chuvas poderiam então, transformar vastas áreas com vegetação composta por gramas, arbustos e árvores esparsas.

Sazonalidade

A desigualdade da precipitação anual particulariza os períodos secos e chuvosos, ocasionando oscilações na fluviosidade dos grandes rios, que associados às áreas planas da bacia amazônica, resultam em extensas áreas inundadas sazonalmente (JUNK *et al.*, 2011).

As variações sazonais contribuem, para que os ecossistemas não sejam estáticos, mas sim dinâmicos e versáteis, desse modo, impacta importantes processos ecológicos. Seus efeitos sobre as comunidades de mosquitos, tem sido o foco de muitos estudos, em grande parte, devido à dificuldade de se estabelecer os limites destas variações, que ocorrem de forma natural, com aquelas que ocorrem devido alterações induzidas pela ação antrópica (FERREIRA *et al.*, 2003; PAULA & GOMES, 2007; SANCHES *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2020a).

Conhecida pela exuberância de suas florestas tropicais e regime pluviométrico elevado, a floresta Amazônica apresenta uma significativa variabilidade espacial e temporal do clima, constatada pela variação na distribuição de precipitação sobre diversos locais da região e em distintas épocas do ano (FIGUEROA & NOBRE, 1990; SILVA *et al.*, 2012).

Na Amazônia, a forte atividade convectiva é conhecida por inverno amazônico, nome regional dado para a estação das chuvas, visto que é verão nesta época do ano na maior parte do hemisfério sul e ocorre entre novembro e março. Já o período sem grande atividade convectiva, é conhecido por verão amazônico, nome popular usado pelos habitantes locais para identificar o período de clima mais quente e seco, este ocorre entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro (BRANDO *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2013; CALDAS, 2016; MARENGO *et al.*, 2016; RENTE NETO & FURTADO, 2016; COUTINHO *et al.*, 2018).

Tal variabilidade climática, em diversas escalas, tem sido motivo de preocupação, o aquecimento da terra traça um futuro deprimente para da Amazônia, repleto de prejuízos para a humanidade e para a biodiversidade (MARUYAMA, 2009; WYNS & BEAGLEY, 2021).

A Amazônia possui um mecanismo hidrológico que atua de forma essencial na manutenção do clima mundial e regional, no entanto, os cientistas já observam que, devido a alguns fatores, o mecanismo hidrológico dessa imponente floresta começa a fracassar (WALKER, 2020; JÚNIOR & DA ROCHA RIBEIRO, 2021). Grande parte da variabilidade climática da América Latina é influenciada pelo fenômeno climático denominado Oscilação Sul do El Niño, este fenômeno é congruente com as ocorrências de seca no nordeste brasileiro, norte da Amazônia, Altiplano Peruano-Boliviano e na costa do Pacífico na América Central, embora este fenômeno ocorra de forma natural, pode ter sua frequência ampliada devido as mudanças climáticas induzidas pelo homem (ARAÚJO *et al.*, 2013; LOPES *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes evidenciam que o desmatamento da Amazônia já provoca violentas mudanças nos padrões de pluviosidade, distribuição das chuvas e aumento de nebulosidade nas áreas desmatadas (COHEN *et al.*, 2007; ARAUJO & PONTE, 2016; KHANNA *et al.*, 2017).

De acordo com LOVEJOY & NOBRE (2018), a floresta Amazônica faz chover devido a emissão vapores orgânicos para a atmosfera, que condensam no ar como poeira higroscópica, e funciona como eficiente semente de nuvens, elucidando assim, a relação encontrada entre a floresta e as chuvas.

A massa equatorial atlântica, que é quente e úmida, também contribui para o padrão sazonal da estação chuvosa. MARENGO *et al.* (2004) explica, que milhões de metros cúbicos de água evaporadas no Oceano Atlântico, chegam à Amazônia. Uma parte converte-se em chuva, outra, incorpora-se a grande umidade produzida pela vegetação, e segue para a Cordilheira dos Andes, onde é repelida para o continente, fornecendo umidade para as demais regiões do país.

Portanto, mudanças substanciais na dinâmica da sazonalidade, provocam impactos sociais e econômicos, além de deixar a maior floresta tropical do mundo sob risco de virar savana (CÂNDIDO *et al.*, 2007). As projeções para o clima no futuro, apontam que, até o ano 2050, as temperaturas na Amazônia aumentarão em 2° C a 3°C. Simultaneamente, haverá diminuição das chuvas nos meses de seca, provocando o aumento dessa intempérie, consequentemente, tanto as florestas quanto a disponibilidade da água, biodiversidade, a agricultura e a saúde humana serão fortemente afetadas (GHINI & HAMADA, 2012).

Rio Madeira

Desde o século XVII, a existência de fantásticas riquezas nas terras que hoje formam o estado de Rondônia, aumenta a cobiça dos conquistadores, e faz homens desafiarem o sofrimento e a morte (RIBEIRO *et al.*, 2011).

O rio Guaporé nasce na Serra dos Parecis, no Mato Grosso, com a extensão total de 1400 km, possui alguns trechos encachoeirados, e uma parte plenamente navegável, com 1.150 km indo da confluência do Rio Alegre até o encontro com o Mamoré, oriundo dos Andes bolivianos, mais adiante recebe as águas do Benny para formar o caudaloso Rio Madeira (MOSS, 2006). O rio Madeira é um dos principais afluentes do rio Amazonas, com extensão total de aproximadamente 3315 km. Sua bacia banha três países: Brasil, Bolívia e Peru. Além da importância ambiental, o rio Madeira é essencial para a economia de muitas regiões, por proporcionar a pesca e o transporte hidroviário (CEMADEN, 2021; SOPH, 2021) (Figura 15).

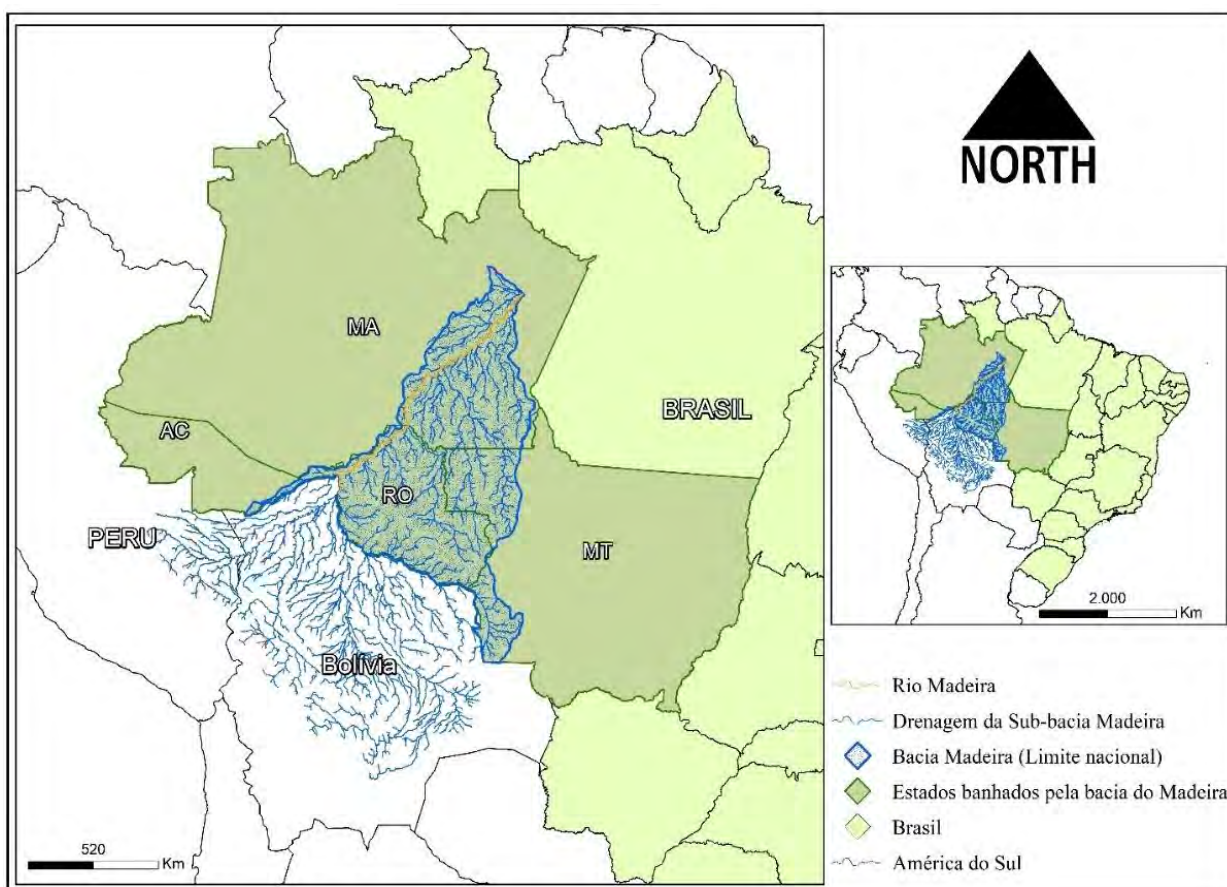


Figura 15. Limites de drenagem da sub-bacia 15 do Rio Amazonas (Bacia Madeira). Fonte: Arcgis

O Rio Madeira é caracteristicamente sazonal, e varia conforme a estação climática predominante. No período seco, sua vazão é de 5.000 – 6.000 m³/s que corresponde as mínimas, que ocorrem nos meses de agosto, setembro e outubro, enquanto no período chuvoso, essa vazão é aumentada para 45.000 - 50.000 m³/s, e corresponde às máximas, que decorrem nos meses de fevereiro, março e abril, com uma média anual de 23.000 m³/s. Sua velocidade desempenha um papel importante no processo de erosão, estando vinculada diretamente a vazão (HORBE *et al.*, 2013).

O Rio Madeira é classificado como um rio de águas brancas, apresenta a maior carga sólida dos rios da Amazônia, transportando uma grande quantidade de material em suspensão (SIOLI & KLINGE, 1965).

O início da navegação nesse impetuoso rio, está relacionado com a extração de látex e comercialização da borracha, quando centenas de homens, adentravam as matas em busca do “ouro branco” da floresta (PEREIRA, 2006).

Protagonista nos diversos ciclos econômicos, da épica história de Rondônia, o rio Madeira, com travessias extremamente perigosas, era capaz de tombar inúmeras embarcações com a fúria de suas corredeiras, diante disso, para vencer os obstáculos naturais, e atravessar a floresta Amazônica, surge a necessidade de novos caminhos, para então transportar a borracha produzida em Rondônia, e principalmente da Bolívia, para a Europa e para os Estados Unidos (HUGO, 1959).

Em 1907, quando Porto Velho ainda era um entreposto na Selva, a força das locomotivas impulsionou o sonho de desbravar a maior floresta tropical do mundo, e com seus 366 quilômetros de extensão a Ferrovia Madeira Mamoré, foi inaugurada no dia 30 de abril de 1912, contudo, as feridas abertas na mata, fizeram o homem conhecer o inferno, já que, milhares de operários de várias nacionalidades se tornaram vítimas da malária, febre amarela e outras doenças tropicais, como também dos ataques de índios e afogamentos no Rio Madeira (FOOT, 2005).

Uma das mais importantes hidrovias da Amazônia, a Hidrovia do Madeira, dispõe de 1.060 Km de águas navegáveis, entre a cidade de Porto Velho (RO) e a foz, em Itacoatiara (AM), sendo um importante modal aquaviário para o escoamento de produção. Navegável dia e noite, durante o ano todo, o rio Madeira é uma grande estrada que permite o transporte de cargas em comboios, que levam até 50 mil toneladas por viagem (SOPH, 2021).

Sob o ponto de vista geológico, o Rio Madeira é considerado um rio relativamente jovem, isso significa, que o seu leito ainda está em fase de definição, portanto, o canal de navegação se altera a cada ciclo hidrológico (SIOLI & KLINGE, 1965; IRION *et al.*, 1997).

Esse rio que foi palco de uma epopeia no processo de ocupação e de organização do espaço rondoniense, está fortemente presente nos dias atuais dos povos que moram na Amazônia, sendo essencial para a navegação, escoamento da produção, transporte de pessoas e considerável potencial de produção de energia hidroelétrica (SILVA, 2006; DORIA *et al.*, 2012; WERNER, 2012).

Hidrelétricas

Após vultuosos ciclos econômicos, como a exploração do ouro (1734) e a extração da Cassiterita (1959), em 1982, o estado de Rondônia vivenciou a construção de sua primeira Usina Hidrelétrica, a UHE Samuel, situada no Rio Jamari, na Cachoeira de Samuel, cerca de 52 km ao leste de Porto Velho, este empreendimento foi considerado um dos maiores erros de engenharia no Brasil no século XX, contudo, teve importância para o desenvolvimento do território (LUZ & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1996; FEARNSIDE, 2005a).

Sob perspectiva dos impactos ambientais, a Usina Hidrelétrica de Samuel excedeu todas as expectativas. Estudos indicam, que foram geradas emissões de Gases de Efeito Estufa superiores àquelas causadas por usinas termelétricas de mesmo potencial (FARIA *et al.*, 2015; ROSA *et al.*, 2016).

De acordo com a Lei de 3.824 de 1960, as áreas de bacias hidráulicas, açudes, represas ou lagos artificiais, antes de serem alagadas, precisam que toda sua vegetação seja suprimida, uma vez que troncos, folhas ramos e galhos cobertos por água, decompõem-se e passam a liberar altas concentrações de gases poluentes, entre eles, o metano, cujo impacto sobre as mudanças climáticas é 20 vezes maior que o dióxido de carbono (CO₂) (BRASIL, 1960).

A exportação de madeira em tora, proibida no Brasil desde 1965, foi concedida em regime especial, para UHE Samuel, o objetivo era de simplificar a supressão e o corte das árvores da área sujeita ao alagamento, porém, tal concessão ocasionou um grande estímulo ao desmatamento em toda a região amazônica (BRASIL, 1989).

Entre outros agravos, está a metilização de mercúrio nas águas do rio Jamari. Ainda que a atividade garimpeira não se faça presente na bacia hidrográfica de Samuel, altos níveis de metil-mercúrio são liberados do solo e incorporados ao ecossistema aquático. Isso ocorre porque os solos da Amazônia apresentam fontes naturais de mercúrio em sua forma inorgânica, acumuladas ao

longo de milhões de anos, no entanto, intensos processos erosivos aumentam a lixiviação, e o mercúrio dissolvido passa a contaminar as águas na sua forma tóxica (LACERDA, 1995; ROULET & LUCOTTE, 1995; AKAGI & NAGANUMA, 2000; FADINI & JARDIM, 2001; WASSERMAN *et al.*, 2003).

Foram mais de 10 anos até que a obra da UHE de Samuel fosse concluída, trazendo efeitos desastrosos aos ecossistemas e à população local. O enchimento do reservatório da usina, afetou o subsolo de cinco regiões em seu entorno: Candeias do Jamari/RO, Itapuã D' oeste/RO, Rio Crespo/RO, Alto Paraíso/RO e Ariquemes/RO. A forte elevação do lençol freático e a proliferação de doenças causadas por água contaminada, tornou-se um grande problema de saúde pública (MAB, 2021; MCIASB, 2021).

Mosquitos do gênero *Anopheles* spp. encontraram no lago da Hidrelétrica um criadouro ideal, houve então um aumento significativo na densidade populacional desses vetores, e Porto Velho, no ano de 1995, ficou conhecida como “Capital Mundial da malária”, devido ao registro de mais de 29 mil casos da doença nessa localidade e 134.455 casos em todo o estado de Rondônia (BALDEZ, 2005).

As usinas hidrelétricas revolvem a bacia do rio Madeira, que mais uma vez é palco de um dos maiores empreendimentos na Amazônia, de um lado um consórcio brasileiro, liderado por Furnas (UHE Santo Antônio), e do outro, um consórcio liderado pela Francesa GDF Suez (UHE Jirau), ambas consideradas obras estruturantes, integrantes do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal (JARDIM *et al.*, 2015; JIRAU, 2021; SAE, 2021). Segundo a ANEEL (2021), atualmente Rondônia possui quatro Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE), 21 Pequenas Centrais Hidrelétrica (PCH) e 11 Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH), dessas, 32 estão em plena operação, apenas uma está em construção e três em fase de planejamento (Figura 16).

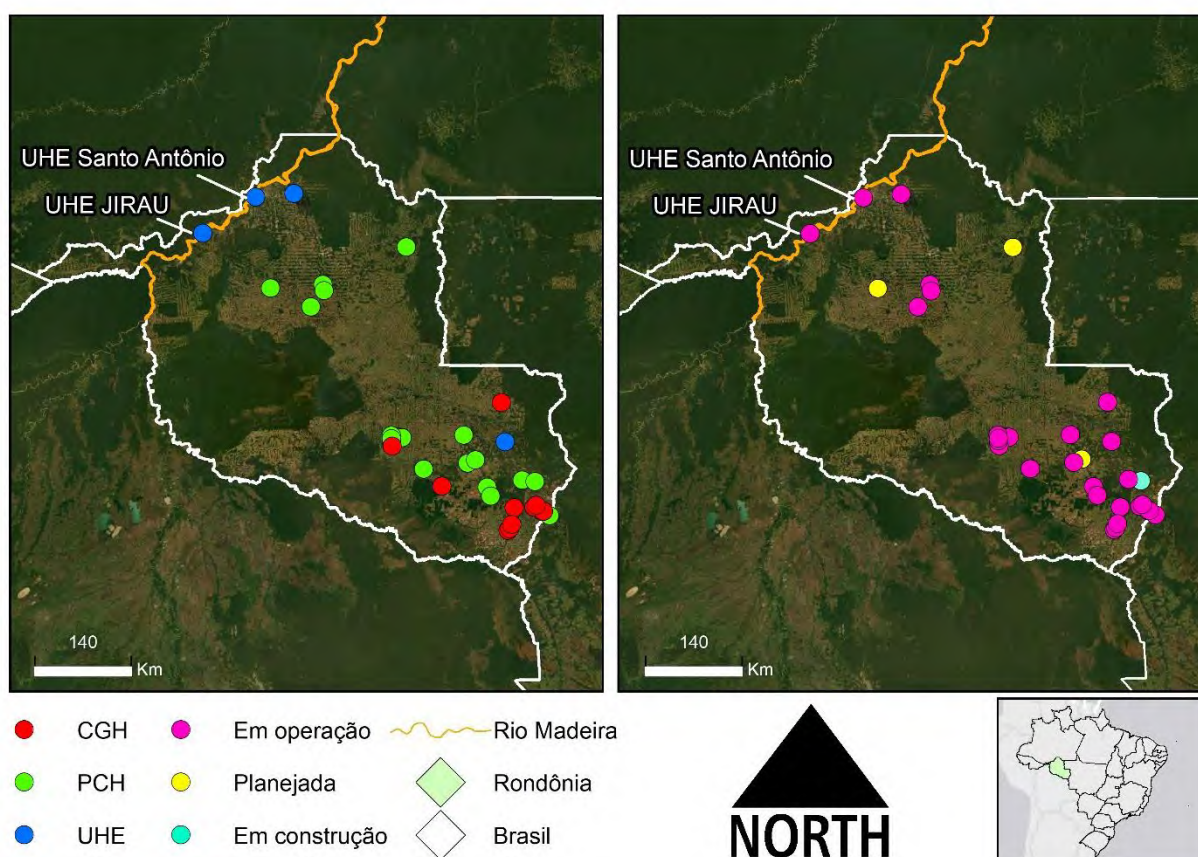


Figura 16. Usinas (UHE), pequenas centrais (PCH) e centrais geradoras (CGH) de energia hídrica no estado de Rondônia -Brasil. Fonte: ArcGis.

Construir uma usina no coração da floresta amazônica, é um desafio de engenharia logística, financeiro, socioambiental e de mão de obra, a UHE Santo Antônio e a UHE Jirau situadas, respectivamente, a 7 e 120 km da cidade de Porto velho, tiveram suas obras iniciadas em 2008, e completamente concluídas no ano de 2016, com 50 turbinas em plena operação, o compromisso assumido era de empregar energia limpa e renovável para o Brasil (JIRAU, 2021; SAE, 2021).

Diferente das técnicas de construção utilizadas em Samuel e denominada fio d'água, essas usinas têm como característica principal, o aproveitamento da velocidade de vazão do rio para gerar energia, e uma pequena área inundada, teoricamente esse tipo de hidrelétrica provoca uma menor agressão ao meio ambiente, já que há a redução de áreas alagadas que, por consequência, reduz o desmatamento e preserva a fauna e a flora (JAGER & BEVELHIMER, 2007; PEREIRA, 2015).

Apesar dos esforços para reduzir os impactos sociais e ambientais, em 2014 o rio Madeira viveu a maior cheia da sua história, Triângulo, bairro central de Porto Velho, virou “terra de ninguém”. O rio Madeira é o maior rio de carga sedimentar do mundo, todo sedimento não consegue passar pelas turbinas, ficam retidos, descem e começam assorear, consequentemente, há um aumento do leito, e isso caracteriza uma ação antrópica impactante da formação do rio (TUCCI, 2007; CARPIO, 2008; FEARNSIDE, 2013; FRANCA *et al.*, 2015; GERMANO *et al.*, 2015).

Não há dúvida, que essas hidrelétricas são importantes para a produção de energia e o desenvolvimento do país, todavia, evidentemente, esses grandes empreendimentos produzem alterações muito grandes, interferindo na biota aquática e terrestre, no ciclo hidrológico e social (BARTLE, 2002; VON SPERLING, 2012).

Parte da população reside às margens do rio Madeira, a outra parte em distritos ao longo da rodovia BR 364. Essas populações, são diretamente atingidas pelas UHE de Santo Antônio e Jirau, através do aumento da lâmina d’água do rio Madeira e seus afluentes (DA SILVA & NOGUEIRA, 2018).

As áreas de aproveitamento hidrelétrico e a família Culicidae, estão estreitamente relacionadas, uma vez que, a dinâmica populacional de mosquitos é afetada por modificações no ambiente, havendo um aumento ou uma diminuição em sua densidade, ou até mesmo o completo desaparecimento de determinadas espécies (DORVILLÉ, 1996; ANDONGMA *et al.*, 2020).

A presença de mosquitos da tribo Mansoniini, caracterizam ambientes com alto grau de antropização, e a sua proximidade com a população humana, somada a notável resiliência a novos cenários ambientais, favorecem condições ideais para se tornarem um problema de saúde pública, devido ao seu comportamento antropofílico (DORVILLÉ, 1996; NJABO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2021).

Diversas espécies dessa tribo, podem ser transmissoras potenciais de agentes patógenos, já que foram encontradas naturalmente infectadas com arbovírus e microfilárias em diversas regiões do mundo, ademais, alguns táxons apresentam problemas relacionados à similaridade entre as espécies (SUDIA *et al.*, 1971; HERVÉ *et al.*, 1986; HARBACH & KITCHING, 1998; GAMA *et al.*, 2012; UGHASI *et al.*, 2012; BERANEK *et al.*, 2018).

A infestação da tribo Mansoniini, tem dificultado a vida humana e a pecuária em áreas de influência da Usina hidrelétrica UHE Jirau, ocasionando bastante incômodo pela atividade de picar, e colocando a população humana local ou migrante sob risco de contrair doenças. Portanto, estudos intensificados e continuados, sobre as configurações bioecológicas e morfológicas da

fauna de mosquitos da tribo em questão, são necessários, a fim de compreender como os distúrbios antropogênicos favorecem a sucessão ecológica das espécies desse grupo (GOMES *et al.*, 2007; PAULA & GOMES, 2007).

JUSTIFICATIVA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Historicamente conhecida como um dos cinturões verdes, em conjunto com as demais florestas tropicais úmidas, a Amazônia é um destaque entre os biomas brasileiros, principalmente por sua grande diversidade de espécies e por seu alto grau de endemismo.

Com os maiores potenciais hídricos do planeta, os rios amazônicos tornaram-se importantes elementos geradores de renda e de poder. Intervenções humanas, no curso das águas da maior bacia hidrográfica do mundo, através da construção de barragens para produção de energia hidrelétrica, envolveram uma série de alterações para o meio ambiente.

Apesar de suprirem as necessidades de energia do país, as usinas hidrelétricas também são responsáveis pela proliferação de doenças, cujos agentes são transmitidos em sua grande maioria, por mosquitos que utilizam as áreas inundadas dessas usinas como criadouros.

O represamento de um rio, normalmente leva a um aumento considerável do teor de nutrientes, isso ocorre devido a lixiviação do solo inundado e da decomposição da vegetação terrestre afogada. Essa concentração dos nutrientes acarreta em um dos fenômenos biológicos mais alarmantes em represas tropicais, o desenvolvimento maciço de macrófitas aquáticas.

Em Hidrelétricas construídas em rios de água branca, o crescimento desses vegetais, podem ser considerados ainda mais problemáticos, devido ao alto teor de nutrientes contidos em águas dessa tonalidade, o aumento da biomassa de plantas aquáticas pode ser permanente.

A fauna de mosquitos constitui-se em um grupo representativo da comunidade biótica dos ambientes aquáticos e terrestres. Esta Taxocenose demonstra uma grande capacidade adaptativa das espécies aos diversos ambientes, partindo de florestas preservadas até áreas com intensa atividade antrópica.

Regiões antropizadas, em muitos casos acabam por favorecer algumas espécies de mosquitos em comparação com outras, que por sua vez podem acabar se extinguindo ou ainda se deslocando para outros habitats, aumentando assim o risco da dispersão de agentes etiológicos.

Dentre as espécies da família Culicidae, a tribo Mansoniini se destaca pela intensa proliferação, e severo incômodo que causa nos seres humanos e em animais domésticos.

Um dos aspectos que mais chama a atenção na tribo Mansoniini, é a forma de vida associada às plantas aquáticas. Este grupo de mosquitos possui a peculiaridade de seus imaturos, prenderem-se no aerênquima de macrófitas flutuantes, afim de, realizarem as trocas gasosas sem a necessidade de subir até a superfície da água. Portanto, a alta concentração de macrófitas aquáticas, forma um berçário para as espécies da tribo Mansoniini, e explica essa habilidosa relação.

Tendo em vista as questões descritas acima, A Energia Sustentável do Brasil (ESBR), concessionária da Usina Hidrelétrica (UHE) Jirau, desenvolveu, no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL PD 06631-0005/2017), um projeto para estudar os mosquitos do gênero *Mansonia* spp., visando contribuir e auxiliar o poder público na elaboração de um protocolo de controle específico para este táxon. Este estudo então, nos motivou ampliar o conhecimento sobre a tribo Mansoniini.

Estudos da biodiversidade, seja sobre composição e distribuição de espécies ou ecologia de comunidade, está entre os objetivos básicos da estratégia global para a biodiversidade

Com uma variedade tão grande de padrões de atividade não apenas entre os gêneros, mas entre as espécies, é crucial obter informações precisas de atividade para uma determinada espécie de interesse que não tenha sido proxy de outras espécies.

Ao conhecer a morfologia, biologia e ecologia dos seres vivos, descobrem-se pontos vulneráveis de determinadas espécies, sendo possível criar estratégias de controle.

Considerando esse fato e visando contribuir com informações importantes para a ciência, o presente estudo contempla cinco capítulos:

No capítulo I, avaliamos a distribuição temporal de mosquitos em diferentes períodos sazonais, e a relação dos fatores climáticos com abundância das espécies, com ênfase na tribo Mansoniini. As correlações entre as variáveis abióticas (pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar) e as distribuições das espécies de mosquitos na área amostral revelou que, somente a temperatura máxima foi significativa. A temperatura e a precipitação concentrada nas duas semanas que antecederam as amostragens, foram determinantes sobre as populações de mosquitos, e afetou o padrão da composição da fauna. A partir dos resultados encontrados, é possível sugerir que, a maior precipitação tem influência direta na estrutura das comunidades, possivelmente devido às variações na oferta de habitat para as formas imaturas.

No capítulo II, investigamos a presença de imaturos de espécies de *Mansonia* spp. em diferentes plantas aquáticas da bacia do rio Madeira, em ambientes lênticos e lóticos, e correlacionamos os fatores abióticos, como pH da água, O₂ dissolvido, condutividade e temperatura, com a densidade populacional desses mosquitos. As larvas de *Mansonia* spp. apresentaram a maior abundância nos ambientes lóticos. O número de espécimes coletados foi positivamente correlacionado com a temperatura, pH e condutividade. Essas correlações mostraram um aumento acentuado na estação chuvosa, estabelecendo parâmetros preliminares de como as mudanças ambientais influenciam a ecologia deste importante gênero de mosquitos.

No capítulo III, observamos os padrões de movimentação de *Mansonia* spp. no entorno da Usina Hidrelétrica de Jirau, fazendo o uso da técnica de marcação-soltura-recaptura. As recapturas estão representadas ao todo por oito espécies do gênero *Mansonia* spp., onde, o número de espécimes recapturados em cada período sazonal, apresentaram tendências distintas na abundância e dispersão das espécies a partir do ponto de liberação. *Mansonia amazonensis* (Theobald, 1901) e *Ma. humeralis* Dyar & Knab, 1916 foram recapturadas na distância máxima de 2.000 m do local de soltura. Notamos que o comportamento de voo dos espécimes recapturados foi resumido com um conjunto de distâncias médias e máximas percorridas, e o movimento de dispersão de *Mansonia* spp. é realizado predominantemente por voos aleatórios, baixos e curtos, com tendência a permanecer próximo aos criadouros em certos fragmentos de vegetação.

No capítulo IV, analisamos a influência da sazonalidade na variabilidade morfológica das asas em populações de *Ma. amazonensis*. Nossos resultados apontam, que o tamanho da asa de *Ma. amazonensis* aumenta seguindo uma tendência relativamente gradual, sendo menores durante o período seco e maiores no chuvoso. Este foi o primeiro estudo usando morfometria geométrica em *Ma. amazonensis* mostrando variabilidade fenotípica associada à sazonalidade na conformação e tamanho de asa.

No capítulo V, descrevemos a morfologia externa do ovo de *Cq. venezuelensis* com base em fotomicrografias de microscópio eletrônico de varredura (MEV), com a finalidade de revelar informações de valor taxonômico e filogenético. Os ovos de *Cq. venezuelensis* são colocados como um agregado e aderem ao substrato. O comprimento, largura e índice dos ovos de *Cq. venezuelensis* são distintos dos de *Cq. juxtamansonia* (Chagas, 1907), *Cq. albifera* (Prado, 1931) e *Cq. shannoni* (Lane & Antunes, 1937).

Esperamos, através dos resultados desta tese, contribuir com o conhecimento sobre a biologia, ecologia e morfologia da tribo Mansoniini.

Devido a Pandemia de Covid-19 parte do material foi identificado em ambiente domiciliar. Os capítulos publicados encontram-se anexados ao final deste trabalho.

HIPÓTESES

- As variáveis climáticas apresentam influência na distribuição das populações de mosquitos em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia.
- A diversidade de espécies do gênero *Mansonia* vs. diversidade total de táxons de Culicidae e a diversidade da tribo Mansoniini vs. diversidade total de táxons de Culicidae apresentam correlação positiva em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia.
- Há uma alta dispersão no raio de voo de espécies da tribo Mansoniini que se deslocam em busca de fonte sanguínea para alimentação e de locais para oviposição.
- As posturas de *Mansonia* spp. são mais abundantes em *Eichornia crassipes* e *Pistia* sp. e mostraram correlação positiva para temperatura, pH e condutividade, principalmente na estação chuvosa, decrescendo fortemente na estação seca.
- Há variabilidade intrapopulacional de tamanho e forma de populações de *Mansonia amazonensis* (Theobald, 1901) em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia.
- Os ovos de *Coquillettidia venezuelensis* são distintos dos ovos descritos de outras espécies de *Coquillettidia* e revela informações de valor taxonômico e filogenético.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Estudar a bioecologia e morfologia de mosquitos com ênfase na tribo Mansoniini em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia.

Objetivos específicos

Capítulo I

Avaliar a distribuição temporal de mosquitos em diferentes períodos sazonais e a interação e a relação dos fatores climáticos com abundância das espécies, com ênfase na tribo Mansoniini, em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil.

Capítulo II

Avaliar a infestação de *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) em plantas aquáticas nos ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Madeira, em Porto Velho, Rondônia, Brasil.

Capítulo III

Determinar o grau de dispersão ativa e observar padrões de movimentação das fêmeas de *Mansonia* spp. por meio de marcação, soltura e recaptura dos espécimes.

Capítulo IV

Avaliar a influência da sazonalidade a variabilidade morfológica de asas em populações de *Mansonia amazonensis*.

Capítulo V

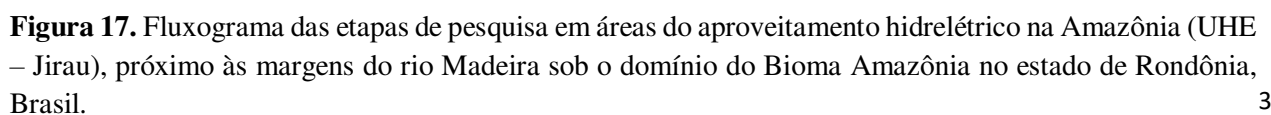
Estudar e descrever os ovos da tribo Mansoniini através da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura e realizar análise morfométrica das principais estruturas.

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

A metodologia empregada nesta tese foi dividida em nove etapas denominadas respectivamente:

- 1-Escolha do tema;
- 2- Revisão de literatura;
- 3- Justificativa;
- 4-Formulação do problema;

- O fluxograma abaixo (Figura 17) sumariza as etapas metodológicas adotadas nesta tese



Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas do aproveitamento hidrelétrico de Jirau, sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil. A Usina Hidrelétrica Jirau ($9^{\circ}16'16.8''\text{S}$ $64^{\circ}38'25.9''\text{O}$) está localizada a 120 km de Porto Velho.

De acordo com a classificação de KÖEPPEN (1948), o clima da região pode ser enquadrado no tipo Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a setembro (julho é o mês mais seco, maio e outubro são considerados meses de transição entre esses dois períodos). A temperatura média anual varia em torno de 26°C , sendo a média do mês mais frio inferior a 19°C e a do mês mais quente superior a 34°C . As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm (INMET, 2021). Foram selecionados 16 pontos amostrais (10 pontos de coleta de imaturos e seis (6) pontos de captura de adultos) situados próximo às margens do rio Madeira com perímetro de 5.292 (Km), localizado no estado de Rondônia, na Sub-bacia 15 da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Figura 18).



Figura 18. Pontos amostrais situados em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE – Jirau), próximo às margens do Rio Madeira sob no estado de Rondônia, Brasil.

Os locais de captura dos adultos compreendem as áreas de: Jaci Paraná - Ponto 1 - ($9^{\circ}15'13.9''\text{S}$ $64^{\circ}24'44.7''\text{O}$), Agrícola ZAMO - Ponto 2 - ($9^{\circ}14'50.3''\text{S}$ $64^{\circ}28'06.5''\text{O}$), Agrícola ZAMO 2 - Ponto 3 - ($9^{\circ}12'04.6''\text{S}$ $64^{\circ}33'37.8''\text{O}$), Nova Mutum Paraná - Ponto 4 - ($9^{\circ}17'42.5''\text{S}$ $64^{\circ}32'52.5''\text{O}$), Poligonal direito - Ponto 5 - ($9^{\circ}16'42.1''\text{S}$ $64^{\circ}35'49.1''\text{O}$), Fazenda BR364 KM828 - Ponto 6 - ($9^{\circ}19'55.6''\text{S}$ $64^{\circ}37'52.3''\text{O}$) (Figura 19).



Figura 19. Pontos de captura Jaci Paraná (1); Agrícola ZAMO (2); Agrícola ZAMO 2 (3); Nova Mutum Paraná (4); Poligonal direito (5); Fazenda BR364 KM828 (6) situados áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE – Jirau), próximo às margens do Rio Madeira no estado de Rondônia, Brasil. Fonte: ArcGis.

O ponto amostral 1, fica no distrito Jaci Paraná (palavra que em tupi guarani quer dizer rio da Lua) o qual pertence ao município brasileiro de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, está localizado a 80 km da capital. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2012), sua população no ano de 2010 era de 116610 habitantes. Possui vegetação amazônica secundária e é cortado por um afluente do rio Madeira, que ingressa no Jaci Paraná. Neste ponto de captura utilizamos para os nossos estudos áreas beirando o rio Jaci e as residências das ruas mais próximas ao acesso do rio (Figura 20).

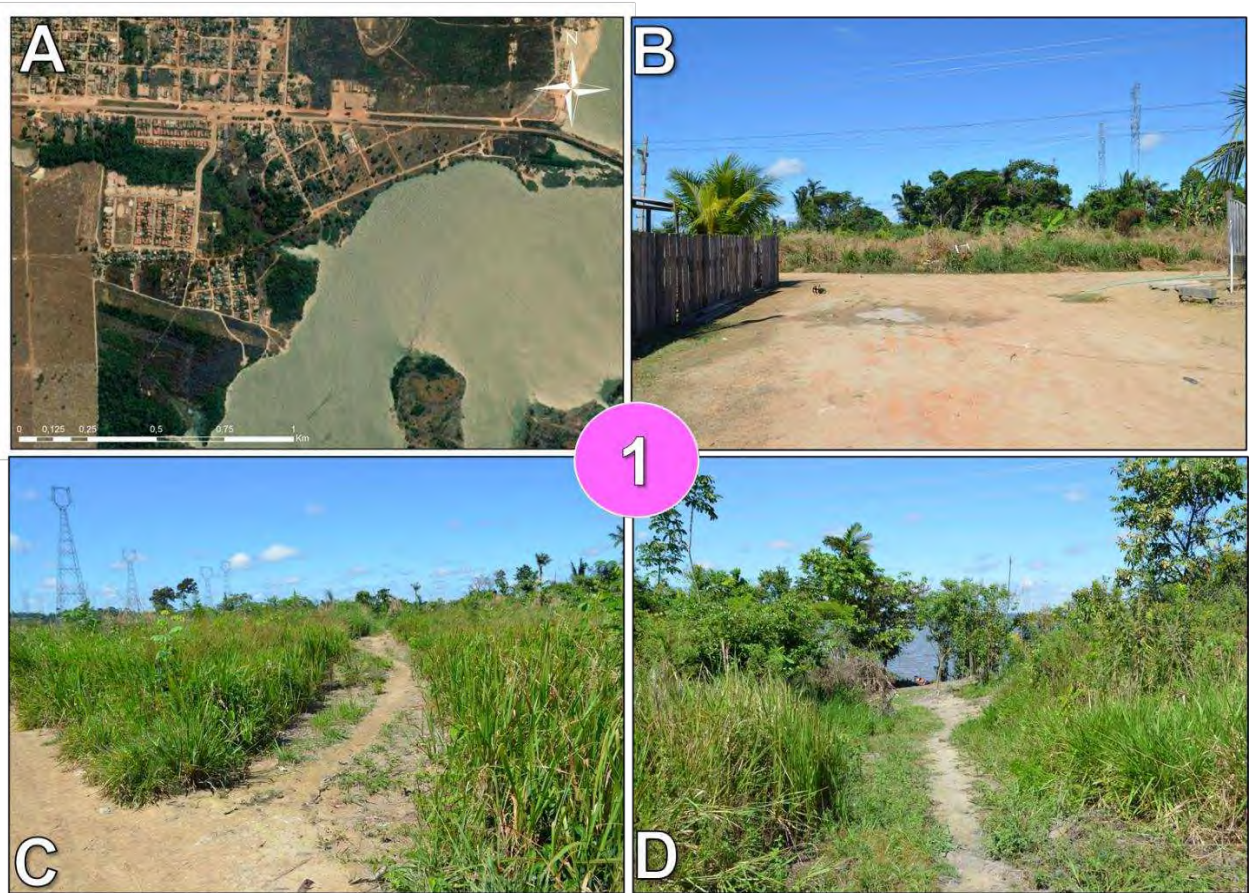


Figura 20. Área do ponto amostral 1 georreferenciada (A); Fim da rua (Buritis) de acesso aos pontos (B); Início da trilha em direção ao rio Jaci (C); Fim da trilha - rio Jaci (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).

O ponto amostral 2, ainda localizado no distrito de Jaci-Paraná, fica em uma fazenda de soja, milho e arroz. Nessa área utilizamos o campo aberto e os fragmentos de área fechada para nossos estudos (Figura 21).

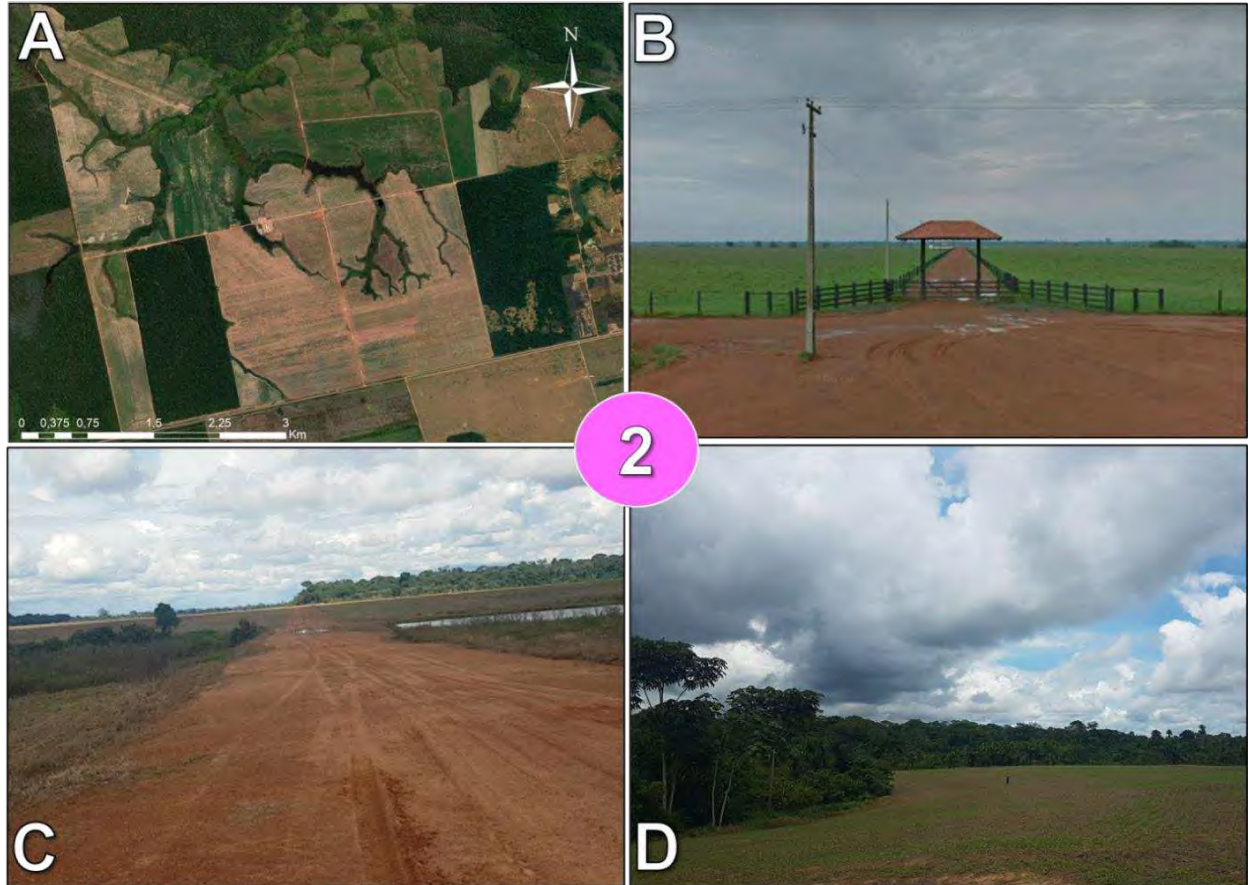


Figura 21. Área do ponto amostral 2 georreferenciada (A); Porteira de acesso a fazenda (B); Cruzamento entre os locais de instalações de armadilhas (C); Área de acesso a mata fechada (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).

O ponto amostral 3, é uma extensão da Agrícola Zamo. Essa área está frequentemente sujeita a alagamento durante o período das chuvas, neste ponto utilizamos para o estudo as áreas de mata fechada próxima aos alagados e o galpão de maquinário (Figura 22).

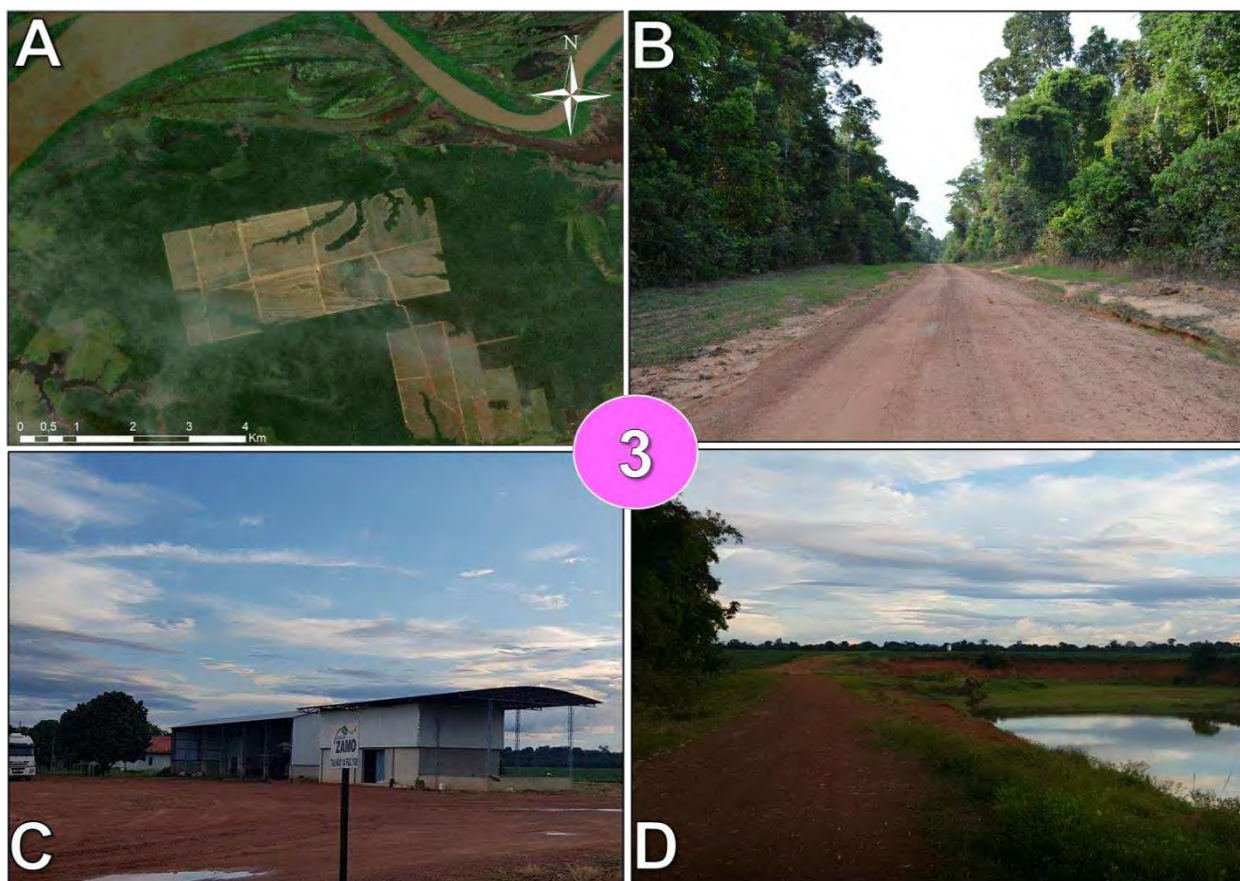


Figura 22. Área do ponto amostral 3 georreferenciada (A); Estrada principal de acesso em meio a mata fechada (B); Galpão utilizado como depósito de maquinário de colheita. (C); Área de alagado. Fonte: ArcGis (A); Cecília Mello (B, C, D).

O ponto amostral 4, fica no distrito Mutum-Paraná pertencente ao município de Porto Velho, capital do estado de Rondônia e está localizado a 106 km da capital. De acordo com o IBGE (2012), sua população no ano de 2010 era de 6.565 habitantes.

Boa parte da antiga localidade havia sido submersa pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Jirau. Em janeiro de 2011, a população foi realocada para um novo projeto urbanístico que possui 1.600 casas, além de acesso à BR-364 e bens infraestruturais como escolas, creches e posto de saúde. Dessa forma, o distrito também é conhecido por Nova Mutum-Paraná.

Neste ponto utilizamos para os nossos estudos áreas residenciais e um fragmento de mata com baixo grau de preservação situada próxima a população (Figura 23).

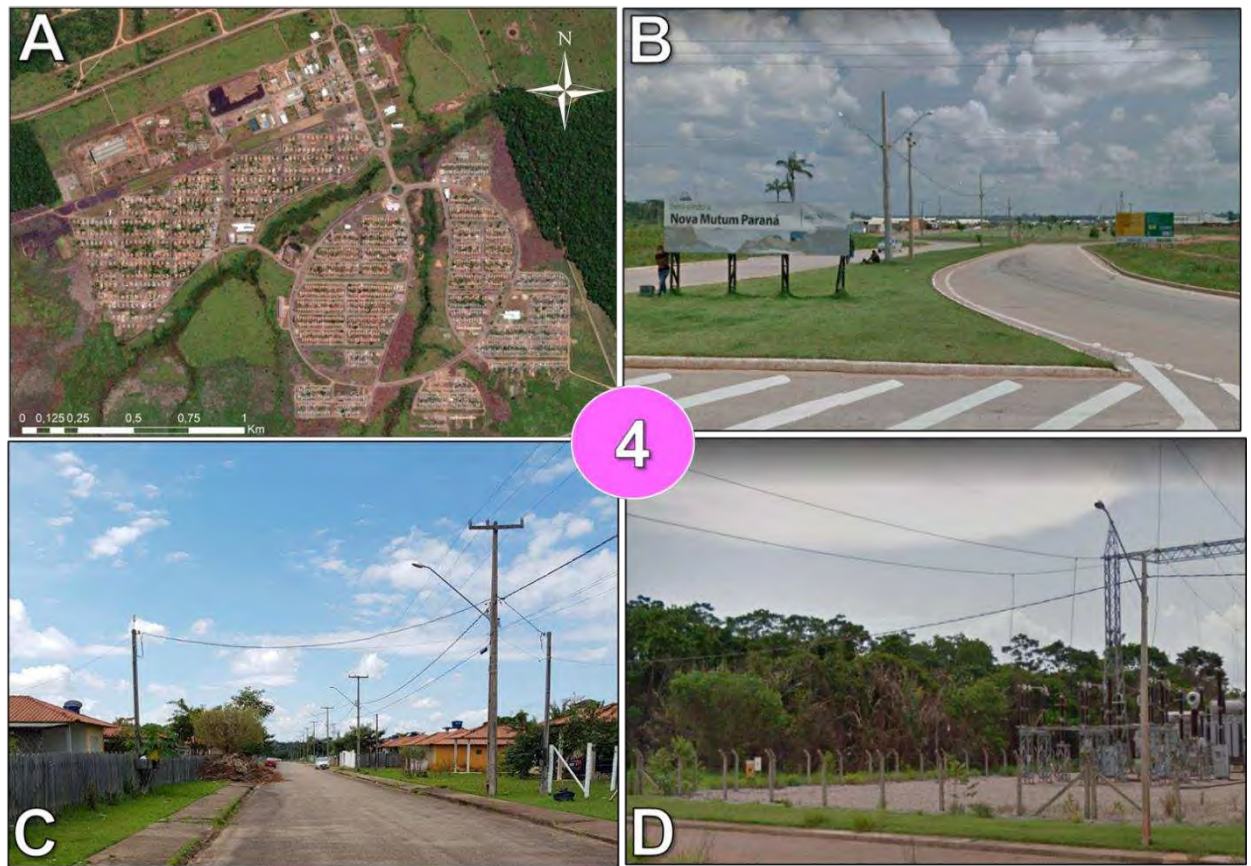


Figura 23. Área do ponto amostral 4 georreferenciada (A); Entrada de acesso a Nova Mutum Paraná (B); Rua situada dentro da área urbanística. (C); Área de mata próxima a linha de transmissão. Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 5, situa-se em uma área de mata com um alto grau de preservação. Essa área fica a 4km em linha reta da usina hidrelétrica de Jirau e fica constantemente sendo monitorada por seguranças da usina. Neste ponto utilizamos as áreas próximo aos córregos encontrados dentro de mata (Figura 24).

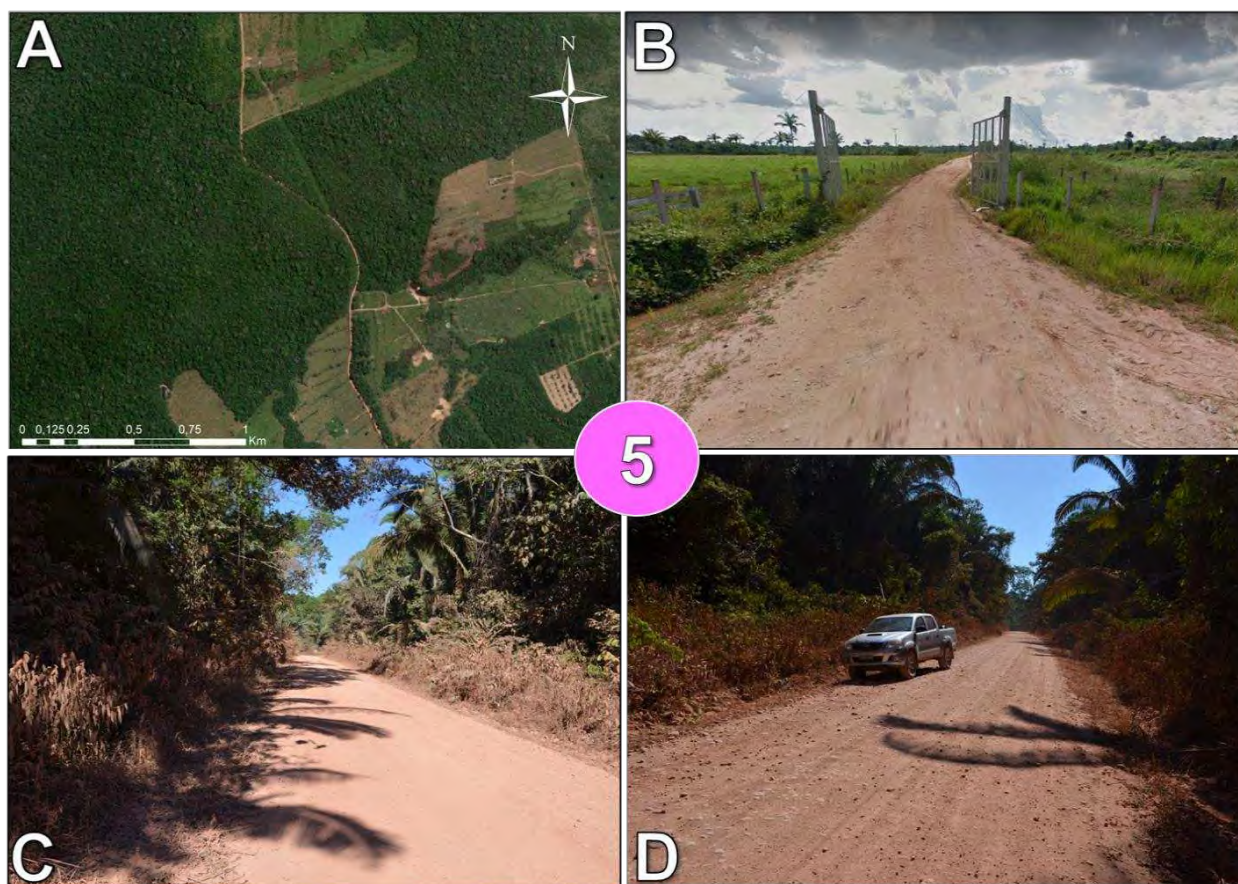


Figura 24. Área do ponto amostral 5 georreferenciada (A); Entrada situada próxima a BR364 com acesso a Poligonal Direito (B); Estrada entre as áreas de matas acessadas. (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 6, situa-se em uma fazenda pecuarista, contendo um pequeno fragmento de mata. Nessa área utilizamos o pasto e os cochos para instalação das armadilhas (Figura 25)

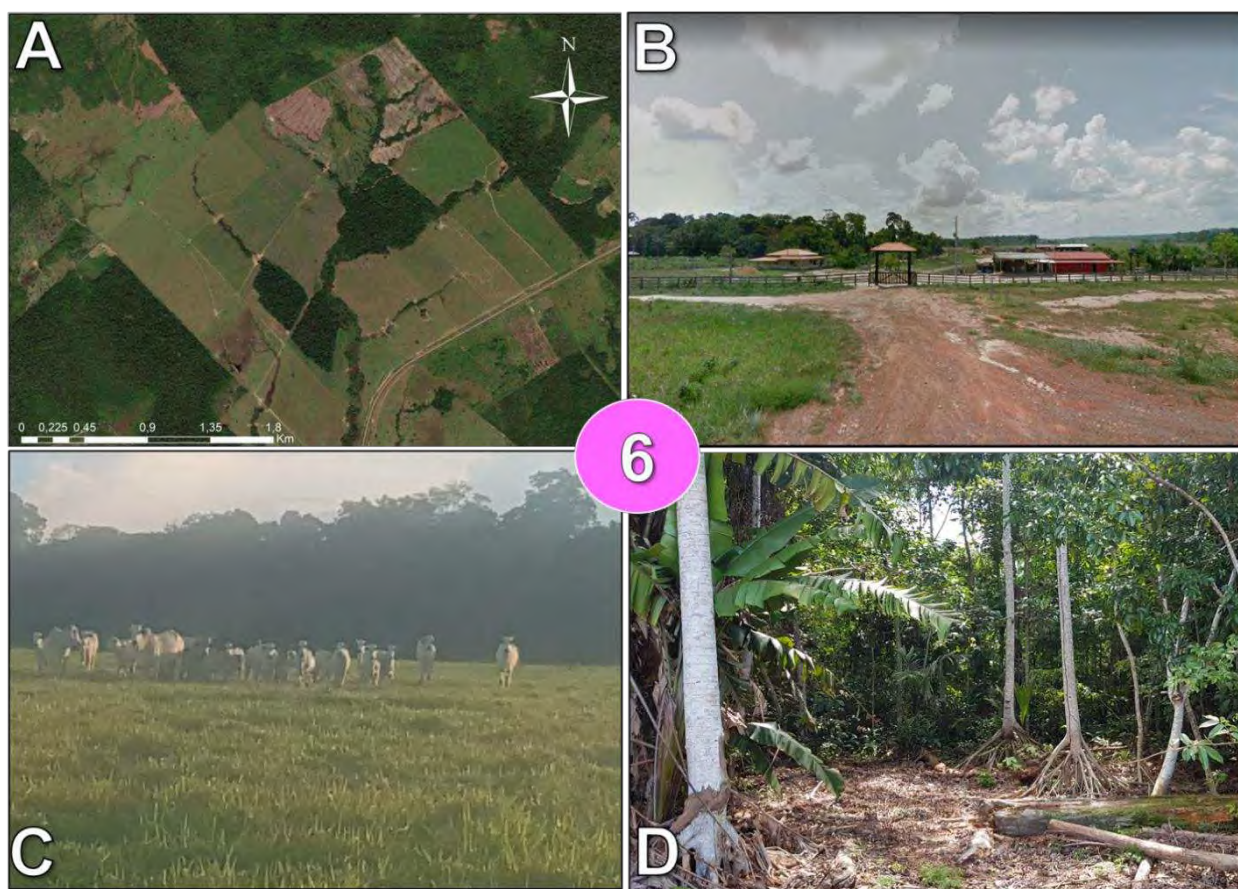


Figura 25. Área do ponto 6 georreferenciada (A); Porteira de acesso a Fazenda (B); Piquete de criação de gado Nelore (C); Fragmento de mata na área central da fazenda (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

Já os locais de coleta dos imaturos compreendem as áreas: Foz do rio Jaci - Ponto amostral 1 – ($9^{\circ}12'49.9''\text{S}$ $64^{\circ}24'06.0''\text{O}$), Igarapé Flórida – Ponto amostral 2 - ($9^{\circ}07'55.9''\text{S}$ $64^{\circ}31'46.5''\text{O}$), Igarapé do Raul - Ponto amostral 3 - ($9^{\circ}15'14.4''\text{S}$ $64^{\circ}42'16.1''\text{O}$); Casa da Colina - Ponto amostral 4 - ($9^{\circ}15'55.3''\text{S}$ $64^{\circ}40'16.6''\text{O}$), Base da Barragem – Ponto amostral 5 - ($9^{\circ}16'58.1''\text{S}$ $64^{\circ}38'09.4''\text{O}$), Foz do Igarapé Jirau – Ponto amostral 6 - ($9^{\circ}22'47.2''\text{S}$ $64^{\circ}45'30.0''\text{O}$), Caiçara/ Primavera - Ponto amostral 7 - ($9^{\circ}24'11.8''\text{S}$ $64^{\circ}49'14.6''\text{O}$), Igarapé Caiçara – Ponto amostral 8 - ($9^{\circ}32'52.4''\text{S}$ $64^{\circ}50'25.8''\text{O}$), Bolsão Mutum – Ponto amostral 9 - ($9^{\circ}35'51.5''\text{S}$ $64^{\circ}55'55.1''\text{O}$) e Igarapé São Lourenço – Ponto amostral 10 - ($9^{\circ}33'52.50''\text{S}$ $65^{\circ}1'23.10''\text{O}$). Sendo todos os pontos detentores de alta concentração de vegetação aquática (Figura 26).



Figura 26. Pontos de coleta Foz do rio Jaci (1); Igarapé Flórida (2); Igarapé do Raul (3); Casa da Colina (4); Base da Barragem (5); Foz do Igarapé Jirau (6); Caiçara/ Primavera (7); Igarapé Caiçara (8); Bolsão Mutum (9); Igarapé São Lourenço (10); situados em áreas de abrangência da Usina Hidrelétrica Jirau, próximo às margens do Rio Madeira sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil.

O ponto amostral 1, localiza-se na Foz do Rio Jaci situada no distrito Jaci Paraná próximo a famosa Ponte ferroviária Madeira-Mamoré, esta área fica na altura do Km 798 da BR-364. A ferrovia foi erguida no período de 1907 a 1912 para trazer a borracha da Bolívia, através de Guajará-Mirim a Porto Velho, e para levar alimentos da capital rondoniense até o Acre. A estrutura é em aço corten e pesa mais de 200 toneladas (Figura 27).

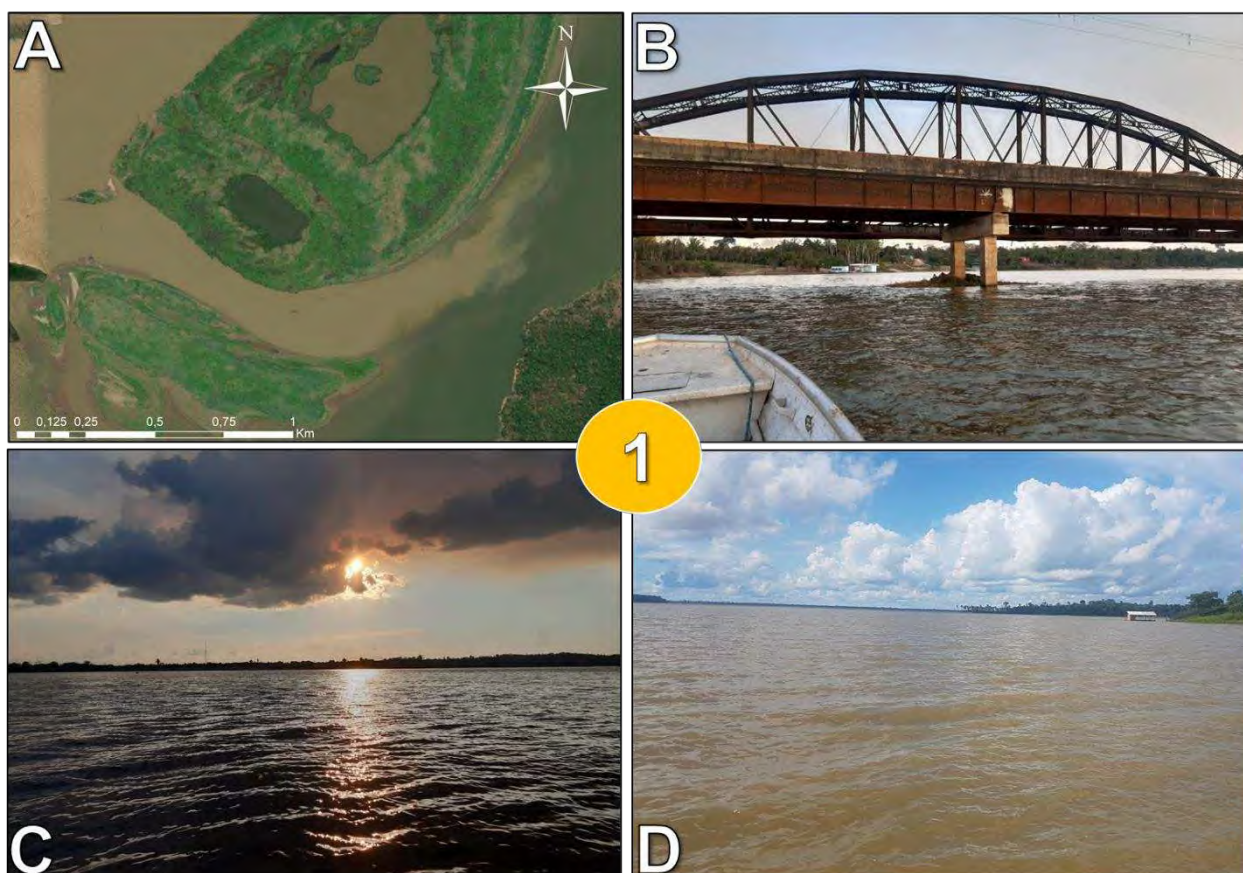


Figura 27. Área do ponto amostral 1 georreferenciada (A); Ponte ferroviária Madeira-Marmoré (B); Vista do Rio Jaci Paraná em direção ao Rio Madeira (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 2, igarapé Flórida, fica no distrito Jaci Paraná. Um igarapé é um curso d'água amazônico de primeira, segunda ou terceira ordem, constituído por um braço longo de rio ou canal. Existem em grande número na Bacia Amazônica. Caracterizam-se pela pouca profundidade e por ocorrerem quase no interior da mata (Figura 28).



Figura 28. Área do ponto amostral 2 georreferenciada (A); Equipe realizando monitoramento (B); Vista da Ilha fluvial contendo plantas aquáticas em abundância (C) Quadrante com área de 1m² utilizado na coleta dos imaturos (D). Fonte: ArcGis (A); Jeronimo Alencar (B); Cecilia Mello (C, D)

O ponto amostral 3, fica em um igarapé conhecido como igarapé do Raul, localizado em mata de várzea ao lado direito do rio Madeira, onde é exercida atividade pesqueira. Nesse ponto a coleta foi realizada em ambiente lântico (Figura 29).

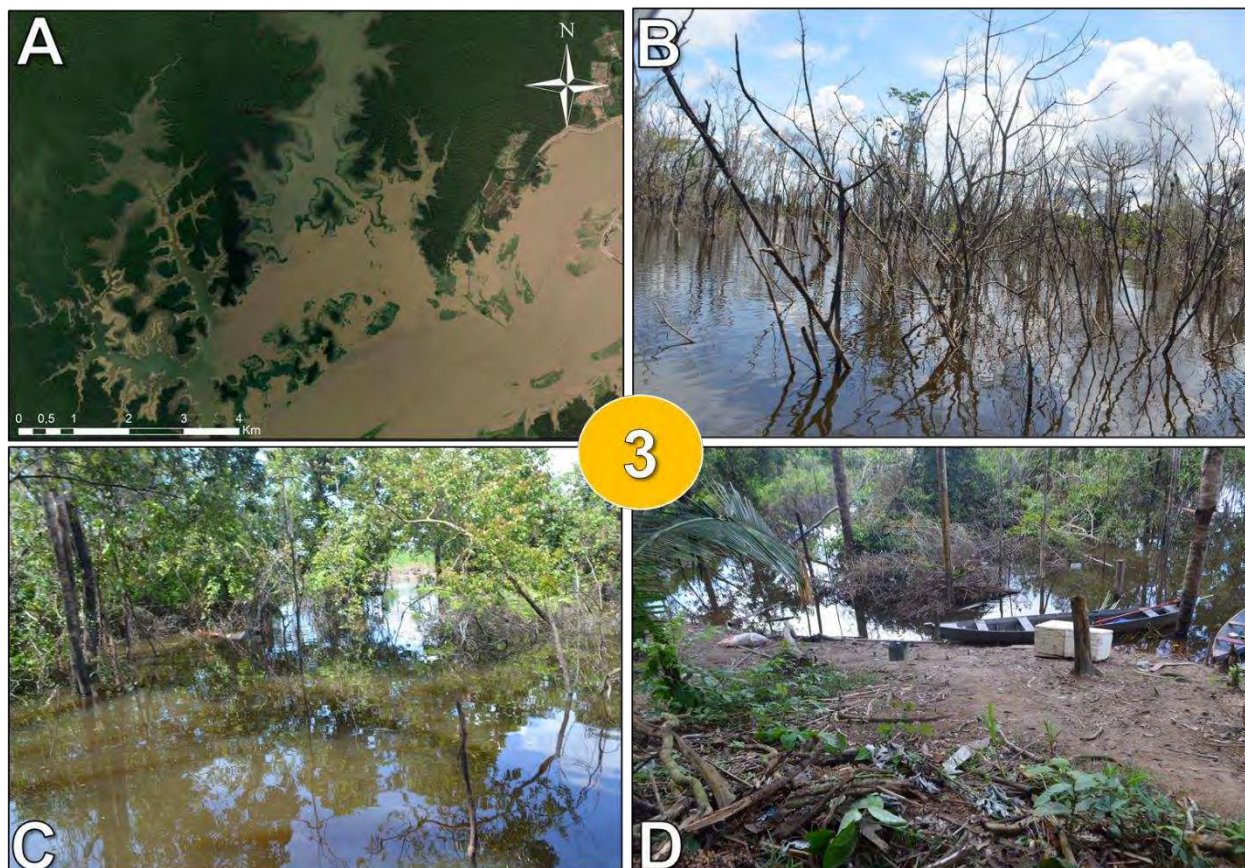


Figura 29. Área do ponto amostral 3 georreferenciada (A); Efeito colateral da hidrelétrica (paliteiro) (B); ambiente lântico (C) área onde é exercida atividade pesqueira (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto 4 amostral, é descrito como casa da colina, fica bem no meio do rio Madeira, entre o igarapé do Raul e a base da barragem. Nesse ponto a coleta foi realizado em ambiente lótico com forte presença das plantas aquáticas (Figura 30).

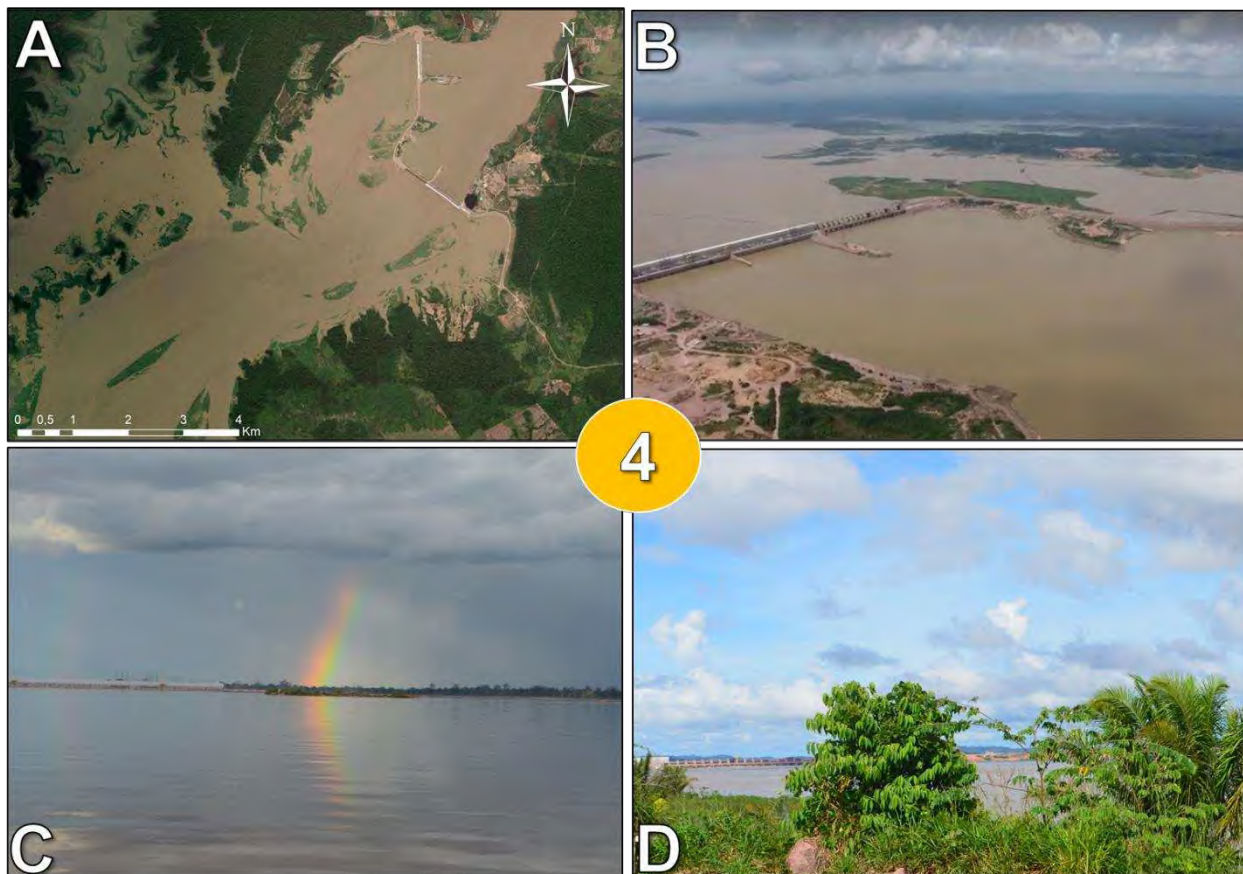


Figura 30. Área do ponto amostral 4 georreferenciada (A); Vista panorâmica da área onde estão localizadas as turbinas da UHE Jirau (B); Vista da área de vertedouro da UHE Jirau (C) Área de acesso a embarcação (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 5 localiza-se na base da barragem da Usina Hidrelétrica de Jirau, fica na margem esquerda do rio Madeira, nesse ponto a coleta foi realizado em ambiente lântico (Figura 31).



Figura 31. Área do ponto amostral 5 georreferenciada (A); Vista panorâmica da área da usina (B); Vista da casa de Força UHE Jirau (C) Vertedouro (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 6 localiza-se na foz do igarapé Jirau, área de várzea com forte presença de plantas aquáticas (Figura 32).

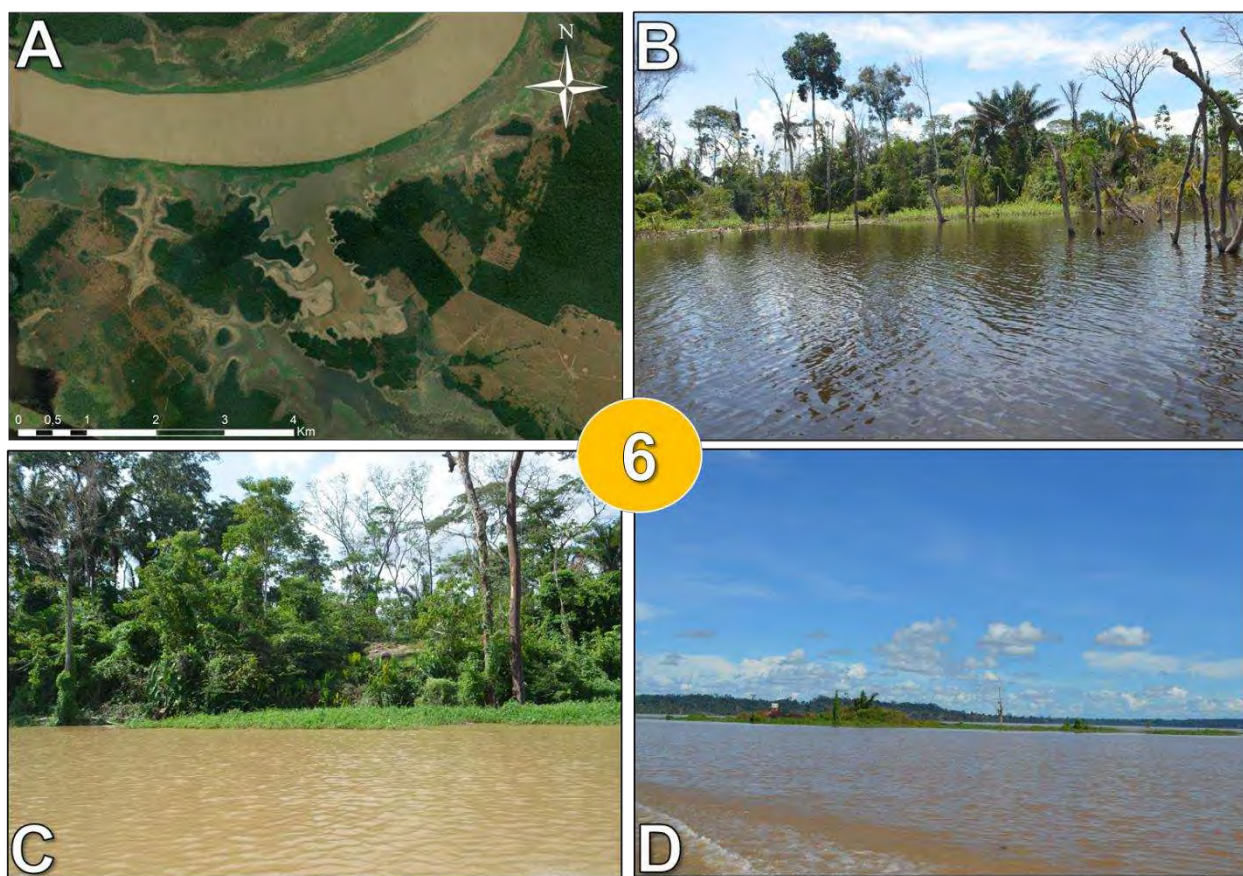


Figura 32. O ponto amostral 6 localiza-se na foz do igarapé Jirau, área de várzea com forte presença de plantas aquáticas (Figura 16). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 7, caiçara/ primavera, localiza-se a 7 km do igarapé Jirau também em áreas de várzea (Figura 33).

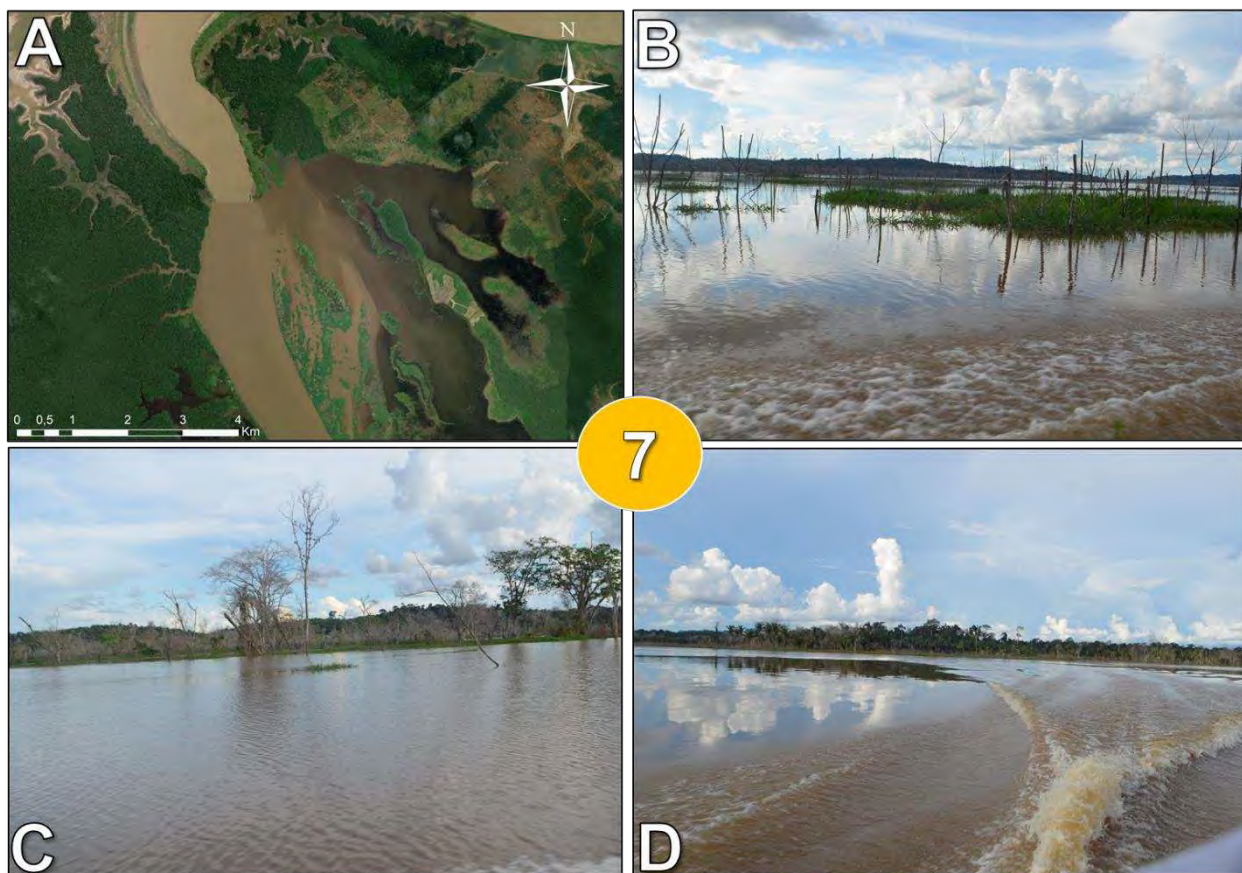


Figura 33. Área do ponto amostral 7 georreferenciada (A); Ilha flutuante (B) Vista da floresta de vazea próxima ao rio Madeira (C e D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 8, Igarapé Caiçara, localiza-se a 16 km do Igarapé Caiçara/ Primavera e é cortado pela BR 364 (Figura 34).



Figura 34. Área do ponto amostral 8 georreferenciada (A); Ponte sobre o rio Igarapé em período de seca (B) igarapé caiçara em período de cheia (C) BR 364 que corta o igarapé caiçara (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 9, bolsão Nova Mutum é cortado pela BR 364 em aproximadamente 11 km de extensão, contendo em parte de seu trecho partes da antiga ferrovia Madeira Mamoré (Figura 35).

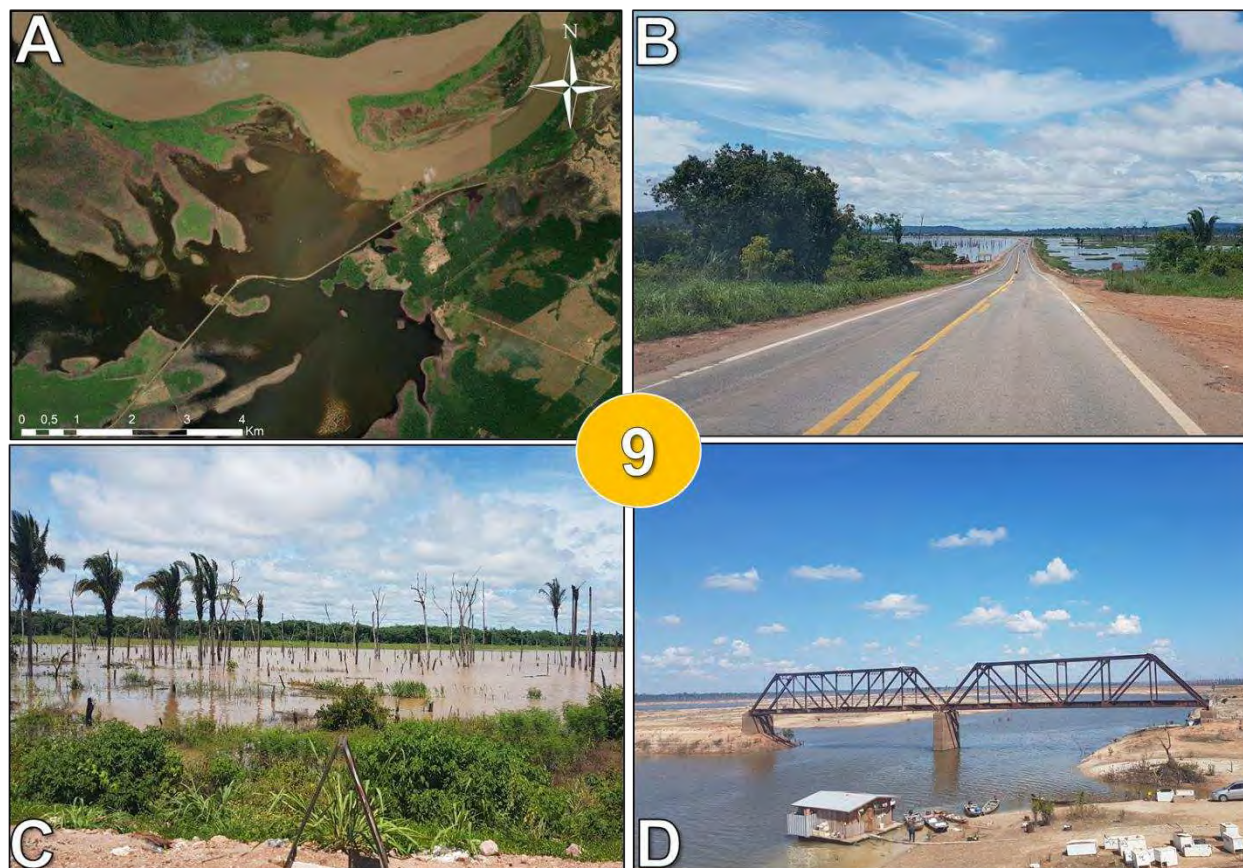


Figura 35. Área do ponto amostral 9 georreferenciada (A); BR 364 em meio ao bolsão mutum (B) floresta de palmáceas parcialmente encobertas pelas águas do rio Madeira (C) Parte da ferrovia Madeira Mamoré (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D)

O ponto amostral 10, localiza-se a 10 km do bolsão Nova Mutum, e preserva uma floresta de palmáceas (Figura 36).

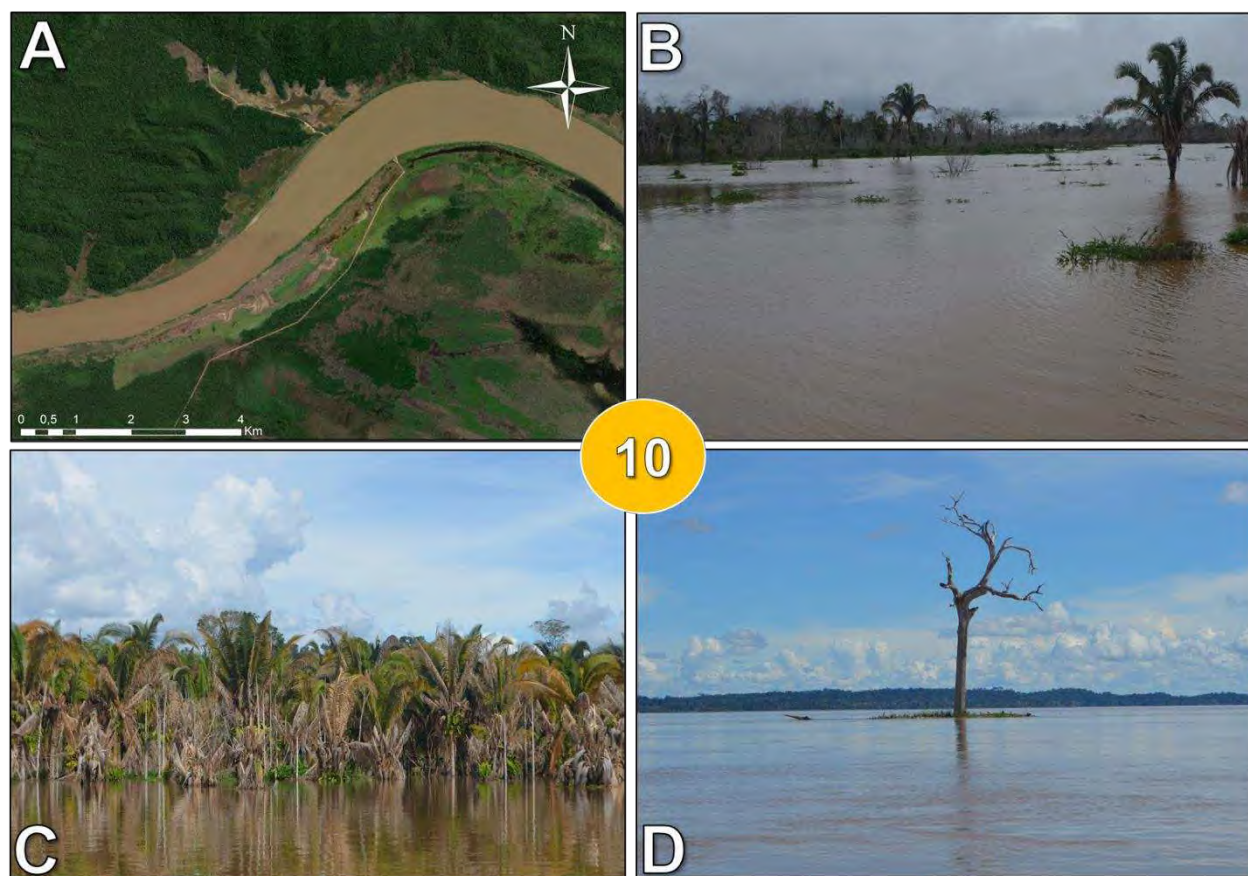


Figura 36. Área do ponto amostral 10 georreferenciada (A) Floresta de palmáceas parcialmente encobertas pelas águas do rio Madeira (B) Floresta de palmáceas as margens do rio Madeira (C) *C. guianensis* Aubl. (Macacarecuia) morta ao longo do Rio (D). Fonte: ArcGis (A); Cecilia Mello (B, C, D).

Captura dos espécimes adultos

Metodologia detalhada para realização dos objetivos do capítulos I, III, IV e V:

Realizamos a captura dos adultos de Culicidae durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019.

As capturas foram efetuadas com auxílio de CDC's e Mosquifim MF60 no período de 24 horas, durante 6 dias consecutivos, e por armadilha luminosa de Shannon, no período das 18:00hs às 20:00hs, em três dias alternados.

A armadilha Mosquifim MF60 utiliza uma inovadora tecnologia para produzir dióxido de carbono, pela reação química chamada fotocatalise. A luz UV + Dióxido de titânio atrai mosquitos com a combinação de seis sistemas: temperatura, cor, raios de luz ultravioleta, dióxido de carbono, corrente de ar e atração sexual. Com isso, a armadilha é capaz de atrair os mosquitos nas 24 horas de funcionamento.

Para otimizar o esforço amostral e melhorar as respostas no estudo, na armadilha luminosa de Shannon, utilizamos aspiradores mecânicos com as mesmas aplicações do capturador de Castro, sendo uma versão elétrica, com funcionamento acionado por uma bateria de 12 volts recarregável, esse método torna a captura mais eficiente em locais onde a densidade de mosquitos adultos é elevada, aspirando tanto exemplares inativos, quanto aqueles em pleno voo (ativos).

Dentro desse período, a cada 30 minutos de amostragem, utilizamos o capturador de Castro, com esforço amostral de 20 minutos de captura. Esse método foi utilizado visando a total preservação das características morfológicas e anatômicas dos espécimes, requisito necessário à identificação e descrição corretas (Figura 37).

A pesquisa foi conduzida em áreas urbana (Figura 38), área de Mata fechada (ambiente silvestre) (Figura 39), e em campo aberto (ambiente rural) (Figura 40).



Figura 37. Armadilha luminosa de Shannon (A); Armadilha luminosa MF300 (B); capturador de Castro (C); Armadilha luminosa MF60 (D); Armadilha luminosa do tipo CDC (E); Aspirador elétrico (F). Fonte: Cecilia Mello



Figura 38. Preparo das armadilhas luminosa do tipo CDC (A); Instalação e monitoramento das armadilhas em áreas urbanas (B).



Figura 39. Instalação e monitoramento de armadilhas luminosa em ambiente silvestre. Fonte: Jeronimo Alencar



Figura 40. Instalação e monitoramento de armadilhas luminosas em ambiente rural. Fonte: Jeronimo Alencar

Método de marcação, soltura e recaptura

Metodologia detalhada para realização dos objetivos capítulo III:

Os espécimes capturados na armadilha luminosa de Shannon, foram contabilizados durante a captura. O tubo pvc utilizado no aspirador foi trocado a cada 5 minutos, visando manter os espécimes vivos até o momento da soltura, os tubos foram fechados com tampa plástica em uma das extremidades e mantidos em câmara úmida, sendo retidos, em seu interior, os espécimes capturados.

Os espécimes capturados com o auxílio do capturador de Castro, foram confinados em gaiolas, esses espécimes não foram marcados e nem liberados, a fim de se ter exemplares das espécies capturadas e soltas durante o momento da amostragem, portanto, foram sacrificados com clorofórmio e acondicionados e mantidos em tubos cônicos até o momento da identificação (Figura 41).

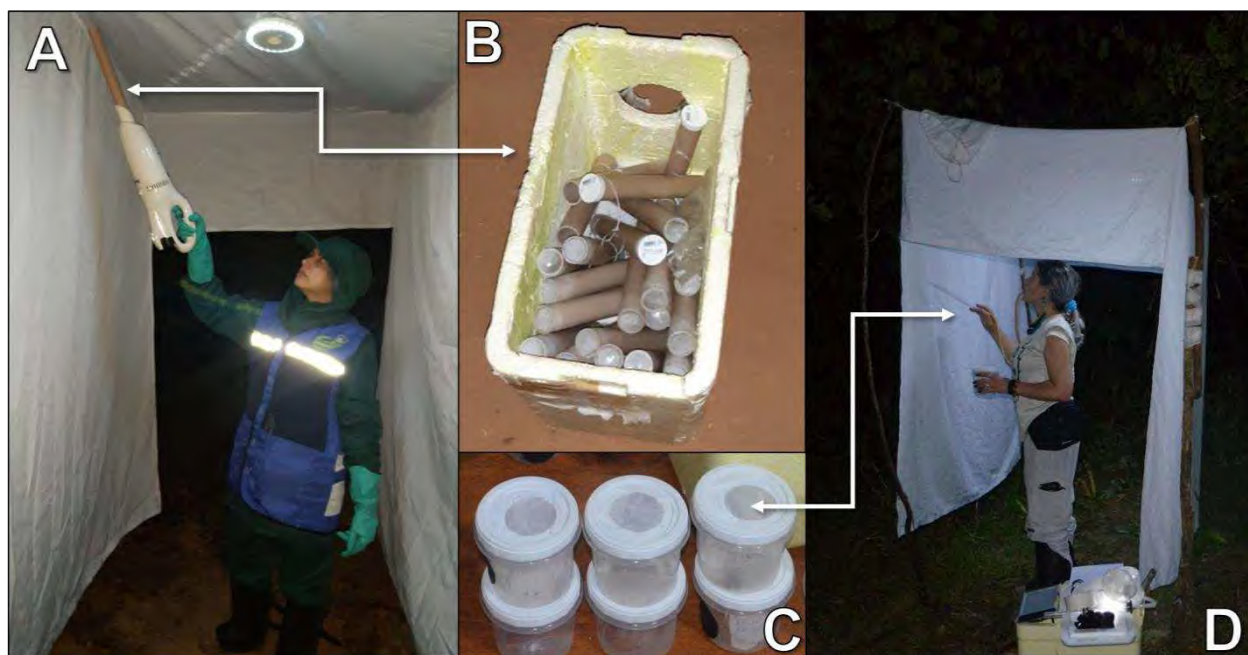


Figura 41. Captura realizada com auxílio do aspirador elétrico (A); Tubos em pvc com tampa e filó em suas extremidades, dispostos em câmara úmida (B); Gaiolas entomológicas (C); Captura realizada com auxílio do capturador de Castro (D). Fonte: Jeronimo Alencar

Os espécimes foram marcados com pó fluorescente e em seguida, soltos na área de estudo. No processo de marcação, o pó fluorescente (BioQuip®), foi borrifado sobre as fêmeas com o auxílio de uma pequena bomba manual. As fêmeas foram marcadas cerca de uma hora antes do momento da soltura (Figura 42).



Figura 42. Processo de marcação dos espécimes (A); Bomba manual (B); Pó fluorescente (C); Tubo Pvc contendo mosquitos (D); Processo de soltura dos espécimes (E). Fonte: Jeronimo Alencar

As armadilhas para recaptura foram instaladas em pontos distantes entre 30 cm e 2.000 m do local de soltura e mantidas no mesmo local durante todo o período da amostragem, sendo os puçás trocados a cada 24 horas (Figura 43).

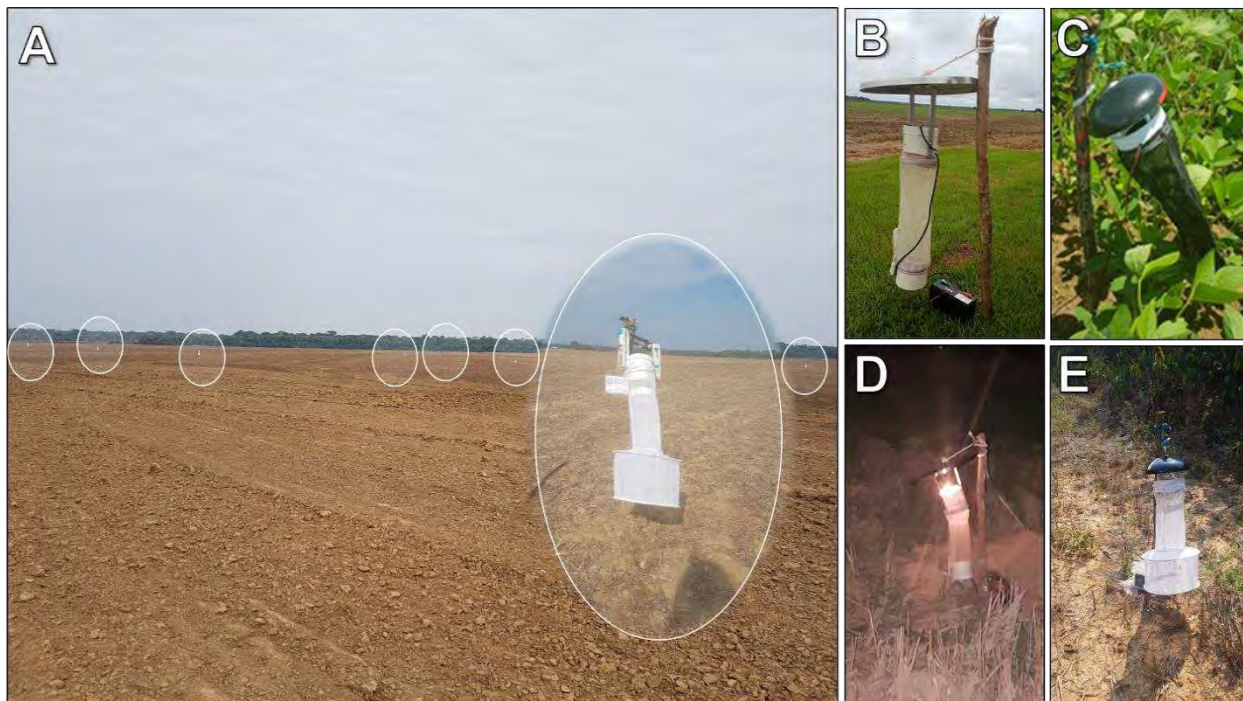


Figura 43. Armadilhas para recaptura instaladas em campo aberto (A); Armadilha luminosa do tipo CDC instalada em meio a plantação de arroz sequeiro (B); Armadilha MF60 luminosa instalada em meio a plantação de soja (C); Armadilha luminosa do tipo CDC em funcionamento (D); Armadilha luminosa MF60 instalada em período de dessecação pré-plantio do solo (E). Fonte: Jeronimo Alencar

Para instalação das armadilhas luminosa do tipo CDC em campo aberto foi necessário instalar no solo estacas de 1 metro de comprimento (Figura 44).

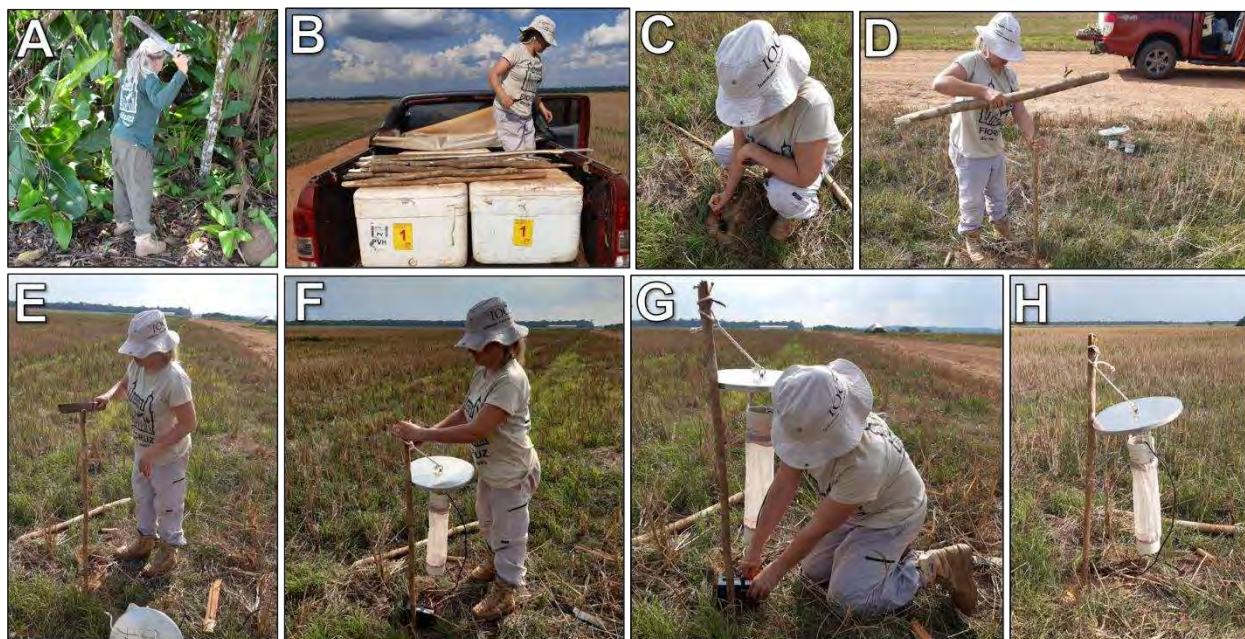


Figura 44. Seleção e corte de galhos caídos para confecção de estacas (A); Transporte das estacas (B); Escavação do solo (C); Instalação da estaca no solo (D); Corte transversal para fixação da armadilha (E); Instalação da armadilha luminosa do tipo CDC (F); Instalação da Bateria (G); Armadilha instalada (H).
Fonte: Jeronimo Alencar

Coleta dos espécimes imaturos

Metodologia detalhada para realização dos objetivos específico: II.

As amostragens foram realizadas mensalmente, no período de fevereiro de 2016 a dezembro 2018, tendo como base o levantamento dos criadouros potenciais para *Mansonia* spp. em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil.

As coletas foram realizadas de 09 h a 17 h, e o esforço amostral foi de 29 coletas. Cada área amostral apresentava sete (7) pontos de lavagem das macrófitas, sendo padronizados 15 minutos de esforço amostral em cada ponto de coleta, totalizando 105 minutos (1h45min) por cada área amostral. Essa metodologia foi seguida em todos os 10 locais de amostragem, perfazendo um esforço amostral de 17h30min para cada coleta, totalizando ao todo 507h30min.

As coletas das larvas foram realizadas de acordo com a metodologia utilizada por Ferreira (1999), onde um quadrante com uma área de 1 m² foi arremessado sobre as plantas aquáticas. Em

seguida foram removidas de forma manual e quantificadas, sendo posteriormente separadas de acordo com a espécie da planta, e colocadas em bandeja de polipropileno de 25 litros na cor branca (54cm x 33,5cm x 19cm) para serem lavadas com água, em seguida a água foi filtrada com auxílio de “Cone-shaped net” BioQuip® , com objetivo de desprender as larvas das raízes. E assim diversos ambientes foram monitorados (Figuras 45 e 46).



Figura 45. Remoção de macrófitas (A); Lavagem das macrófitas (B); Triagem das larvas (C); Registro de dados (D). Fonte: Jeronimo Alencar



Figura 46. Monitoramento de imaturos em diversos pontos amostrais. Fonte: Jeronimo Alencar. Fonte: Jeronimo Alencar

Todos os espécimes encontrados foram levados para o laboratório da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), as pupas e larvas L1, L2, L3 e L4, foram separadas e criadas em recipientes de vidro contendo 2L de água desclorada, utilizando plantas aquáticas (Figura 47).



Figura 47. Criação de larvas em diversos estágios (A); Plantas aquáticas fazendo fotossíntese (B); Triagem de L1, L2, L3, L4 e pupas (C); Larvas de *Mansonia* spp. presa nas raízes de macrófitas (D); *Mansonia* spp. (E). Fonte: Jeronimo Alencar & Luiz Herman

A qualidade da água das plantas foi monitorada e substituída quando necessário. A sobrevivência das larvas e o número de adultos recém-emergidos foram anotados diariamente.

Procedimentos de triagem, montagem e identificação das espécies

Metodologia detalhada para realização dos objetivos específicos do capítulos I, II, III, IV.

Todos os insetos capturados nas armadilhas de Shannon e CDC, foram sacrificados com uma solução de éter etílico ou clorofórmio, cada amostra foi identificada quanto ao local, data e tipo de captura. Os espécimes foram postos sobre um fundo branco, e com auxílio dos óculos lupa foram separados e colocados em placas de Petri. Todos os espécimes foram analisados sobre luz negra, a fim de fazer uma segunda triagem separando os marcados dos não marcados.

Em seguida todos os espécimes de Culicidae foram acondicionados em tubos cônicos de polipropileno, contendo no fundo uma camada de naftalina (visando a proteção contra biodeterioradores), uma camada de algodão, e uma membrana circular de papel filtro qualitativo (visando proteção contra a quebra de estruturas dos espécimes) (Figura 48).

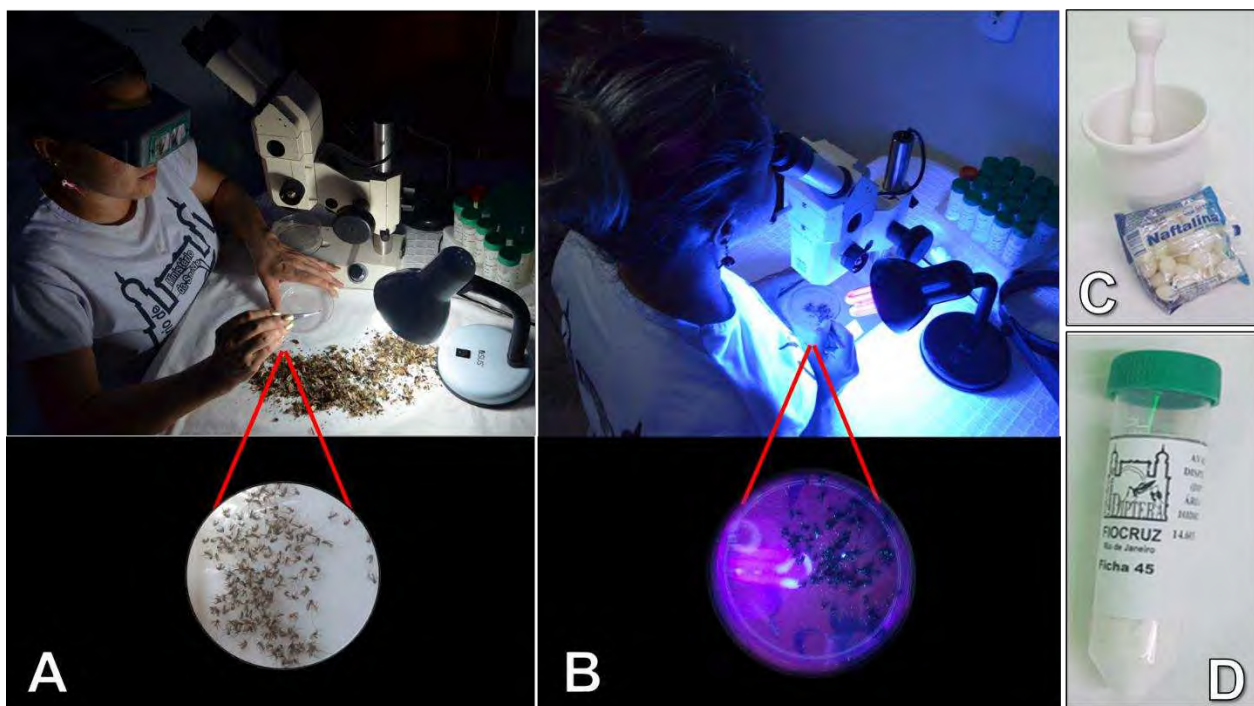


Figura 48. Triagem de Culicidae (A); Triagem de Culicidae sob luz negra (B); Pilão e naftalina (C); Tubo cônico de polipropileno para acondicionamento de Culicidae (D). Fonte: Jeronimo Alencar (A, B); Cecilia Mello (C, D)

No momento de sua identificação esses espécimes foram montados em alfinetes entomológicos com o auxílio de alicate furador, pinça, triângulos de papel e esmalte incolor cada amostra foi identificada quanto ao local, data e tipo de captura.

Alguns espécimes adultos tiveram sua identificação confirmadas através do VIII seguimento abdominal, que foram clarificados – Solução KOH; Desidratadas – Álcool 70% a álcool absoluto; solubilizadas de sujeiras– Celosove; e montadas em bálsamo do Canadá, entre lâmina e lamínula, e secas na estufa (Figura 49).



Figura 49. Material de dissecação (A); Dissecação do VIII seguimento de Culicidae (B); VIII seguimento abdominal de Culicidae no detalhe os Espinhos encontrados no VIII seguimento abdominal de Culicidae (C). Fonte: Cecília Mello (A, B); Jeronimo Alencar (C).

As larvas de 4º estágio também foram clarificadas em solução de KOH a 10%, fria, durante 12 horas, após foram desidratadas em série alcoólica 70%, 80% e 90% durante 15 minutos respectivamente, finalizando com álcool absoluto por 10 minutos. A solubilização de sujeiras foi

realizada fazendo uso de celosove, e a montagem com bálsamo do Canadá, entre lâmina e lamínula. A secagem foi realizada em estufa a 40°C, favorecendo a eliminação de eventuais pequenas bolhas de ar.

A identificação das espécies foi realizada a partir da observação direta dos caracteres morfológicos evidenciáveis ao microscópio estereomicroscópio e consulta às descrições/diagnoses das espécies, utilizando chaves dicotômicas elaboradas por LANE (1953); CONSOLI & OLIVEIRA (1994); FORATTINI (2002); ASSUMPÇÃO (2009) e (BARBOSA, 2007). A abreviação dos gêneros e subgêneros seguiu as normas estabelecidas para o grupo REINERT (2009a).

REINERT (2009a) preconiza a utilização de abreviações genéricas e subgenéricas, curtas e padronizadas, a fim de facilitar o reconhecimento de cada táxon, e reduzir o espaço impresso em tabelas, listas, descrições, etiquetas de identificação, estudos computacionais, entre outras. Em seguida os espécimes capturados com auxílio de capturador de Castro, armadilhas de CDC e Shannon, foram depositados na Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz, sob título de “Coleção Amazônia, UHE-JIRAU”, já os que foram capturados na forma imatura foram incorporados à Coleção Entomológica da Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

As medições das médias de umidade, de temperatura (máxima, mínima e média compensada, precipitações pluviométricas) foram obtidas junto ao (ANA, 2021; INMET, 2021).

Um banco de imagens de todo o seguimento das atividades de campo foi estruturado, a partir de fotos obtidas por câmera fotográfica digital Câmera Nikon D5500 profissional.

Análises de morfometria geométrica

Metodologia para realização do objetivo específico das Análises da morfometria geométrica das asas de *Mansonia amazonensis* (Diptera: Culicidae) encontra-se diretamente no capítulo IV.

Ultraestrutura de ovos

Metodologia para realização do objetivo específico da Ultraestrutura de ovos de *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae) encontra-se diretamente no capítulo V.

Considerações Éticas

A licença permanente de coleta, captura e transporte de material biológico foi concedida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - (SISBIO) - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), com o número: Nº 58855. Todos os membros da equipe foram devidamente vacinados contra a Febre Amarela.

O projeto envolveu somente a utilização de armadilhas luminosas e capturadores de Castro para a realização das coletas de adultos de Culicidae. Não ocorreu envolvimento de cobaias humanas ou sujeitos de pesquisa nesse estudo.

Instituições financiadoras e colaboradoras

O presente estudo teve apoio do Projeto intitulado Desenvolvimento de uma Metodologia de Monitoramento da dinâmica comportamental para *Mansonia* spp. e sua relevância no aproveitamento hidrelétrico na Amazônia/ P&D-06631-0005/2017 e pelo Plano de Objetivos e Metas (POM) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

REFERÊNCIAS

AKAGI, H.; NAGANUMA, A. Human Exposure to Mercury and the Accumulation of Methylmercury that is Associated with Gold Mining in the Amazon Basin, Brazil. **Journal of Health science**, Tohoku, v. 46, n. 5, p. 323-328, 2000. doi: 10.1248/jhs.46.323. Disponível em: <https://doi.org/10.1248/jhs.46.323>.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Séries Históricas de Estações**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ANDONGMA, E. F.; FORCHU, S. A.; ANDONGMA, B. T.; GANA, B. K. Impact of Environmental Changes on Mosquitoes and Disease Transmission. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 10, n. 12, p. 35-40, 2020. doi: 10.7176/JNSR/10-12-04. Disponível em: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JNSR/article/view/53026>.

ANEEL - Sistema de Informações de Geração da Aneel Siga. **Usinas e Agentes de Geração**, 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 28 dez. 2021.

ANOOPKUMAR, A. N.; ANEESH, E. M. A critical assessment of mosquito control and the influence of climate change on mosquito-borne disease epidemics. **Environment, Development and Sustainability**, v. n. p. 2021. doi: 10.1007/s10668-021-01792-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01792-4>.

ARAUJO, R. D. C. D.; PONTE, M. X. Effects of large-scale deforestation on hydrology of Uraim basin, Amazonia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 7, p. 2390-2404, 2016. doi: 10.5935/1984-2295.20160171. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20160171>.

ARAÚJO, R. G.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. D. A influência do evento El Niño-Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. . **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013. doi: 10.1590/S0044-59672013000400009 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400009>.

ARAÚJO, W. S.; VIEIRA, T. M.; SOUZA, G. A.; BEZERRA, I. C.; CORGOSINHO, P. H. C.; BORGES, M. A. Z. Nocturnal Mosquitoes of Pará State in the Brazilian Amazon: Species Composition, Habitat Segregation, and Seasonal Variation. **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 6, p. 1913-1919, 2020. doi: 10.1093/jme/tjaa103. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa103>.

ASAHINA, S. Food material and feeding procedures for mosquito larvae. **Bulletin of the World Health Organization**, Tokyo, v. 31, n. 4, p. 465-466, 1964.

ASSUMPÇÃO, I. C. **Chave de identificação pictórica para o subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) da região neotropical**. 2009. 41 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/31613>.

AZEVEDO, J. H. **Fluxos subterrâneos e recarga do Sistema Aquífero Alter do Chão em lateritos amazônicos: estudo de caso em Porto Trombetas, Pará**. 2019. 139 p. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35404/3/2019_J%c3%balioHenrichsdeAzevedo.pdf.

BALDEZ, M. A. d. G. **A malária e o processo de descentralização das ações de epidemiologia e controle de doenças em Rondônia**. 2005. 172 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/5044/2/maria_arlete_gama_baldez_ensp_mest_2005.pdf.

BARBOSA, A. A. **Revisão do subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) e estudo filogenético de *Mansoniini***. 2007. 158 p. Doutorado (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/12718>.

BARBOSA, A. A.; NAVARRO, M. A. D. S.; SALLUM, M. A. M. Description and revalidation of *Mansonia* (*Mansonia*) *fonsecai* (Pinto) (Diptera: Culicidae). **Zootaxa**, [S. l.], v. 905, n. 1, p. 1-11, 2005. doi: 10.11646/zootaxa.905.1.1. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.905.1.1>.

BARDNER, R.; FLETCHER, K. E. Insect infestations and their effects on the growth and yield of field crops: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 64, n. 1, p. 141-160, 1974. doi: 10.1017/S0007485300027061. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0007485300027061>.

BARTLE, A. Hydropower potential and development activities. **Energy policy**, v. 30, n. 14, p. 1231-1239, 2002. doi: 10.1016/S0301-4215(02)00084-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00084-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00084-8).

BECKER, N.; PETRIĆ, D.; ZGOMBA, M.; BOASE, C.; MADON, M. B.; DAHL, C.; KAISER, A. **Mosquitoes: identification, ecology and control**. Alemanha: Springer International Publishing, 2020. 570 p.

BENCHIMOL, S. **Amazônia: a guerra na floresta**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2011. 272 p.

BERANEK, M. D.; GALLARDO, R.; ALMIRON, W. R.; CONTIGIANI, M. S. First detection of *Mansonia titillans* (Diptera: Culicidae) infected with St. Louis encephalitis virus (Flaviviridae: Flavivirus) and Bunyamwera serogroup (Peribunyaviridae: Orthobunyavirus) in Argentina. **Journal of Vector Ecology**, Argentina, v. 43, n. 2, p. 340-343, 2018. doi: 10.1111/jvec.12320. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jvec.12320>.

BHATT, S.; GETHING, P. W.; BRADY, O. J.; MESSINA, J. P.; FARLOW, A. W.; MOYES, C. L.; DRAKE, J. M.; BROWNSTEIN, J. S.; HOEN, A. G.; SANKOH, O. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013. doi: 10.1038/nature12060. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature12060>.

BOMPHREY, R. J.; NAKATA, T.; PHILLIPS, N.; WALKER, S. M. Smart wing rotation and trailing-edge vortices enable high frequency mosquito flight. **Nature**, [S. l.], v. 544, n. 7648, p. 92-95, 2017. doi: 10.1038/nature21727. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature21727>.

BONIZZONI, M.; GASPERI, G.; CHEN, X.; JAMES, A. A. The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. **Trends Parasitol**, v. 29, n. 9, p. 460-468, 2013. doi: 10.1016/j.pt.2013.07.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.07.003>.

BOYER, S.; DURAND, B.; YEAN, S.; BRENGUES, C.; MAQUART, P.-O.; FONTENILLE, D.; CHEVALIER, V. Host-feeding preference and diel activity of mosquito vectors of the Japanese encephalitis virus in rural Cambodia. **Pathogens**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 376, 2021. doi: 10.3390/pathogens10030376. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pathogens10030376>.

BRANDO, P. M.; GOETZ, S. J.; BACCINI, A.; NEPSTAD, D. C.; BECK, P. S.; CHRISTMAN, M. C. Seasonal and interannual variability of climate and vegetation indices across the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 33, p. 14685-14690, 2010. doi: 10.1073/pnas.0908741107. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0908741107>.

BRASIL - Presidência da República. Casa Civil. **Lei N° 3.824** de 23 de novembro de 1960. Torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais. Brasília, DF: Casa Civil, 1960. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l3824.htm. Acesso em: 23 jan. 2021.

BRASIL - Presidência da República. Casa Civil. **Lei 97.592** de 27 de Março de 1989. Aprova o Regulamento para o Transporte de Madeira em toros por via fluvial, de que trata a Lei nº 7.509, de 4 de julho de 1986. Brasília, DF: Casa Civil, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97592.htm. Acesso em: 29 jan. 2021.

BRASIL - Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei 191/2020** Regulamenta a exploração de recursos minerais, hídricos e orgânicos em reservas indígenas. Brasília: Câmara dos Deputados, 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2236765>. Acesso em: 06 dez. 2020.

BRAVERMAN, Y. Nematocera (Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae and Culicidae) and control methods. **Revue scientifique et technique**, v. 13, n. 4, p. 1175-1199, 1994. doi: 10.20506/rst.13.4.819. Disponível em: <https://doi.org/10.20506/rst.13.4.819>.

BRIEGEL, H.; HEFTI, M.; DIMARCO, E. Lipid metabolism during sequential gonotrophic cycles in large and small female *Aedes aegypti*. **Journal of Insect Physiology**, Zurique, v. 48, n. 5, p. 547-554, 2002. doi: 10.1016/S0022-1910(02)00072-0. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(02\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(02)00072-0).

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrates**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 922 p.

BURKETT-CADENA, N. D. **Mosquitoes of the southeastern United States**. USA: University of Alabama Press, 2013. 188 p.

CALDAS, R. C. Verão e Inverno Amazônico: Conceito científico de clima e a concepção popular de clima nas localidades ribeirinhas do município de Cametá-Pará. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. “A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia”, 2016, Universidade Federal do Maranhão (UFMA). **Anais [...]**. Maranhão: Institucional da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – MA (IFMA), 2016. Disponível em: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1467328339_ARQUIVO_TRABALHOCOMPLETO-ENG.pdf. Acesso em: 03 nov. 2020.

CÂNDIDO, L. A.; MANZI, A. O.; TOTA, J.; SILVA, P. R. T. D.; SILVA, F. S. M. D.; SANTOS, R. M. N. D.; CORREIA, F. W. S. O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: a questão da savanização. **Ciência e Cultura** São Paulo, v. 59, n. 3, p. 44-47, 2007.

CARPENTER, S. J.; LACASSE, W. J. **Mosquitoes of North America North of Mexico**: University of California Press, 1974. 360 p.

CARPIO, M. J. Hidrologia e sedimentos. *In*: SWITKES, G. e BONILHA, P. (Ed.). **Águas Turvas: alertas sobre as consequências de barrar o maior afluente do Amazonas/Glenn Switkes**. Brasil: International Rivers, 2008. p. 50-92.

CARRASCO, D.; LEFÈVRE, T.; MOIROUX, N.; PENNETIER, C.; CHANDRE, F.; COHUET, A. Behavioural adaptations of mosquito vectors to insecticide control. **Current Opinion in Insect Science**, v. 34, n. p. 48-54, 2019. doi: 10.1016/j.cois.2019.03.005. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2019.03.005>.

CEMADEN - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Bacia do Rio Madeira**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CHADEE, D. D.; BEIER, J. C.; MOHAMMED, R. T. Fast and slow blood-feeding durations of *Aedes aegypti* mosquitoes in Trinidad. **Journal of vector ecology : journal of the Society for Vector Ecology**, v. 27, n. 2, p. 172-177, 2002.

CHANDRASEGARAN, K.; SRIRAMAMURTHY, R.; SINGH, A.; RAVICHANDRAN, P.; QUADER, S. Antipredatory Responses of Mosquito Pupae to Non-Lethal Predation Threat—Behavioral Plasticity Across Life-History Stages. **Environmental entomology**, v. 49, n. 5, p. 1032-1040, 2020. doi: 10.1093/ee/nvaa101. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa101>.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. d. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. d. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. p. 36-39, 2007.

COLLINS, L. E.; BLACKWELL, A. The biology of Toxorhynchites mosquitoes and their potential as biocontrol agents. **Biocontrol News and Information**, v. 21, n. 4, p. 105N-116N, 2000.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 228 p.

COOK, G. C.; ZUMLA, A. **Manson's Tropical Diseases**. UK: Elsevier Health Sciences 2009. 1800 p.

COSTA, A. C. L.; JUNIOR, J. d. A. S.; CUNHA, A. C.; FEITOSA, J. R. P.; PORTELA, B. T. T.; GUIMARÃES, G. C.; COSTA, R. F. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 478-487., 2013. doi: 10.26848/rbgf.v6.3.p478-487. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v6.3.p478-487>.

COUTINHO, E. D. C.; ROCHA, E. J. P. D.; LIMA, A. M. M.; RIBEIRO, H. M. C.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S.; PAES, G. K. A. A.; BISPO, C. J. C.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 2018. doi: 10.5380/abclima.v22i0.46074. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.46074>.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta botanica brasílica**, v. 20, p. 13-23, 2006. doi: 10.1590/S0102-33062006000100002 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>.

DA SILVA, E. V.; NOGUEIRA, A. L. Usina Santo Antônio: impactos sociais, econômicos e culturais da população de Porto Velho e comunidades ribeirinhas. **Farociencia**, v. 7, n. 1, p. 2359-1846, 2018. doi: 10.36703/farociencia.v7i1.235. Disponível em: <https://doi.org/10.36703/farociencia.v7i1.235>.

DORIA, C. R. d. C.; RUFINO, M. L.; HIJAZI, N. C.; CRUZ, R. L. d. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 29-40, 2012. doi: 10.1590/S0044-59672012000100004 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100004>.

DORVILLÉ, L. F. M. Mosquitoes as bioindicators of forest degradation in southeastern Brazil, a statistical evaluation of published data in the literature. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 31, n. 2, p. 68-78, 1996. doi: 10.1076/snfe.31.2.68.13331. Disponível em: <https://doi.org/10.1076/snfe.31.2.68.13331>.

EDMAN, J. D. Host-Feeding Patterns of Florida Mosquitoes I. *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Mansonia* and *Psorophora*. **Journal of Medical Entomology**, v. 8, n. 6, p. 687-695, 1971. doi: 10.1093/jmedent/8.6.687. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/8.6.687>.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. The value of biodiversity. In: MÄLER, K.-G.; VERCELLI, A., *et al* (Ed.). **The Economics of Transnational Commons**. New York: Oxford University Press, 1997. p. 97-117.

EPELBOIN, Y.; TALAGA, S.; EPELBOIN, L.; DUSFOUR, I. Zika virus: An updated review of competent or naturally infected mosquitoes. **PLoS neglected tropical diseases**, Colorado, v. 11, n. 11, p. 2017. doi: 10.1371/journal.pntd.0005933. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005933>.

FADINI, P. S.; JARDIM, W. F. Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring mercury? **Science of the Total Environment**, v. 275, n. 1-3, p. 71-82, 2001. doi:

10.1016/S0048-9697(00)00855-X. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00855-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00855-X).

FARIA, F. A. M. D.; JARAMILLO, P.; SAWAKUCHI, H. O.; RICHEY, J. E.; BARROS, N. Estimating greenhouse gas emissions from future Amazonian hydroelectric reservoirs. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 12, p. 2015. doi: 10.1088/1748-9326/10/12/124019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/12/124019>.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. **Environmental Management**, v. 35, n. 1, p. 1-19, 2005a. doi: 10.1007/s00267-004-0100-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-004-0100-3>.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005b. doi: Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3591054>.

FEARNSIDE, P. M. decision making on amazon dams: politics trumps uncertainty in the Madeira River sediments controversy. **Water Alternatives**, v. 6, n. 2, p. 313-325, 2013.

FEARNSIDE, P. M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: INPA, 2015. **E-book**. 296 p. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Livro%20Hidrel%C3%A9tricas%20V.1.pdf#page=53. Acesso em: 10 dez. 2021.

FERREIRA, F. A. D. S.; SIMÕES, R. D. C.; FERREIRA-KEPPLER, R. L.; ALENCAR, J.; SCARPASSA, V. M.; TADEI, W. P. Scanning Electron Microscopy and Geometric Contour Morphometry for Identifying Eggs of Three Amazonian Species of *Mansonia* (Diptera: Culicidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 3, p. 745-754, 2019. doi: 10.1093/jme/tjz240. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jme/tjz240>.

FERREIRA, R. L. M.; PEREIRA, E. S.; HAR, N. T. F.; HAMADA, N. *Mansonia* spp.(Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. **Entomotropica**, v. 18, n. 1, p. 21-25, 2003.

FIGUEROA, S.; NOBRE, C. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v. 5, n. p. 36-45, 1990.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998. doi: 10.1590/1809-43921998282126. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.

FOOT, F. **Trem-fantasma: a Ferrovia Madeira-Mamoré e a modernidade na selva**. Brasil: Companhia das Letras, 2005. 345 p.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: Princípios gerais: Morfologia: Glossário Taxonômico**. São Paulo: EDUSP, 1996. 552 p.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia**. São Paulo: EDUSP, 2002. 860 p.

FRANCA, R.; DELLA JUSTINA, E. E.; SAMPAIO, S. F. Análise climatológica e hidrológica da cheia do rio Madeira em Porto Velho-Rondônia no ano de 2014. **Terr@ Plural**, v. 9, n. 2, p. 74-90, 2015.

FU, S.; SONG, S.; LIU, H.; LI, Y.; LI, X.; GAO, X.; XU, Z.; LIU, G.; WANG, D.; TIAN, Z. ZIKA virus isolated from mosquitoes: a field and laboratory investigation in China, 2016. **Science China Life Sciences**, v. 60, n. 12, p. 1364-1371, 2017. doi: 10.1007/s11427-017-9196-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11427-017-9196-8>.

GAMA, R. A.; SILVA, I. M. D.; MONTEIRO, H. A. D. O.; EIRAS, Á. E. Fauna of Culicidae in rural areas of Porto Velho and the first record of *Mansonia (Mansonia) flaveola* (Coquillett, 1906), for the state of Rondônia, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 1, p. 125-127, 2012. doi: 10.1590/s0037-86822012000100025. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/s0037-86822012000100025>.

GATES, B. **The deadliest animal in the world**. GatesNotes, Kirkland. Disponível em: <https://www.gatesnotes.com/Health/Most-Lethal-Animal-Mosquito-Week>. Acesso em: 25 jun. 2021.

GERMANO, A. D. O.; CASTILHO, A.; CANDIDO, M.; REIS, F. Cheia de 2014 na bacia do rio Madeira. In: XXI Simpósio brasileiro de recursos hídricos - Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão., Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ABRH, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15049>. Acesso em: 03 out. 2021.

GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2012. 332 p.

GILLIES, M. T.; WILKES, T. J. The vertical distribution of some West African mosquitoes (Diptera, Culicidae) over open farmland in a freshwater area of the Gambia. **Bulletin of Entomological Research**, v. 66, n. 1, p. 5-15, 1976. doi: 10.1017/S0007485300006441. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0007485300006441>.

GOMES, A. D. C.; NATAL, D.; PAULA, M. B. D.; URBINATTI, P. R.; MUCCI, L. F.; BITENCOURT, M. D. Riqueza e abundância de Culicidae (Diptera) em área impactada, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 4, p. 661-664, 2007. doi: 10.1590/S0034-89102007000400023 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102007000400023>.

GONSALVES, L.; LAMB, S.; WEBB, C.; LAW, B.; MONAMY, V. Do mosquitoes influence bat activity in coastal habitats? **Wildlife Research**, v. 40, n. 1, p. 10-24, 2013. doi: 10.1071/WR12148. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/WR12148>.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S.; ENGEL, M. S.; GALE, T.; ENGEL, S. C. P. M. S. **Evolution of the Insects**. UK: Cambridge University Press, 2005. 755 p.

HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

HARBACH, R. E.; KITCHING, I. J. Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera). **Systematic Entomology**, v. 23, n. 4, p. 327-370, 1998. doi: 10.1046/j.1365-3113.1998.00072.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113.1998.00072.x>.

HARRIS, P.; RIORDAN, D. F.; COOKE, D. Mosquitoes feeding on insect larvae. **Science**, v. 164, n. 3876, p. 184-185, 1969. doi: 10.1126/science.164.3876.184. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.164.3876.184>.

HERVÉ, J. P.; DÉGALLIER, N.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A.; TINHEIRO, F. P.; SÁ FILHO, G. C. Aspectos ecológicos. In: FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA (Ed.). **Instituto Evandro Chagas: 50 anos de contribuição às ciências biológicas e à medicina tropical** Belém: Ministério da Saúde / Fundação Serviços de Saúde Pública, 1986. p. 409-437.

HORBE, A. M. C.; QUEIROZ, M. M. d. A.; MOURA, C. A. V.; GALARZA TORO, M. A. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas - Brasil. **Acta Amazonica** v. 43, n. 4, p. 489-504, 2013. doi: 10.1590/S0044-59672013000400011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400011>.

HOWLAND, L. J. The Nutrition of Mosquito Larvae, with special Reference to their Algal Food. **Bulletin of Entomological Research**, v. 21, n. 4, p. 431-439, 1930. doi: 10.1017/S0007485300024779. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0007485300024779>.

HUGO, V. **Desbravadores: ahistória eclesiástica, no panorama social, político, e geográfico do grande Rio Madeira, seus afluentes e formadores na Amazônia**. Brasil: Missão Salesiana, 1959. 750 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass do Brasil**, 2004. Disponível em: <https://portaldemaps.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 1 jun. 2020.

IBGE - **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/environmental-information/vegetation/19470-brazilian-vegetation.html?=&t=downloads>. Acesso em: 12 dez 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 Dez. 2020

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas espaciais. **PRODES - Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia**, 2022. Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 3 jan. 2022.

IRION, G.; JUNK, W. J.; DE MELLO, J. A. S. N. The large central Amazonian river floodplains near Manaus: geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. *In*: JUNK, W. J. (Ed.). **The Central Amazon Floodplain. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)**. Berlin, Heidelberg: Springer, 1997. p. 23-46.

JAGER, H. I.; BEVELHIMER, M. S. How Run-of-River Operation Affects Hydropower Generation and Value. **Environmental Management**, v. 40, n. 6, p. 1004-1015, 2007. doi: 10.1007/s00267-007-9008-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9008-z>.

JARDIM, M. C.; SILVA, M. R.; PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO, C. **Programa de Aceleração do Crescimento (PAC): neodesenvolvimentismo?** Brasil: Cultura Acadêmica Editora, 2015. 197 p.

JIRAU - UHE. **A usina**, 2021. Disponível em: <https://www.jirauenergia.com.br>. Acesso em: 4 set. 2020.

JOHNSON, P. H.; RUSSELL, R. C. Description of the fourth-instar larva of *Coquillettidia linealis* (Diptera: Culicidae). **Austral Entomology**, v. 59, n. 1, p. 119-126, 2020. doi: 10.1111/aen.12430. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aen.12430>.

JONES, C.; SCHREIBER, E. The carnivores, Toxorhynchites. **Wing Beats**, v. 5, n. 4, p. 4, 1994.

JONES, C. J. Larval growth rates and adult reproduction of *Toxorhynchites splendens* (Diptera: Culicidae) with restricted dietary intake. **Environmental entomology**, v. 22, n. 1, p. 174-182, 1993. doi: 10.1093/ee/22.1.174. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ee/22.1.174>.

JULIÃO, G. R.; ABAD-FRANCH, F.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; LUZ, S. L. B. Measuring Mosquito Diversity Patterns in an Amazonian Terra Firme Rain Forest. **Journal of Medical Entomology**, v. 47, n. 2, p. 121-128, 2010. doi: 10.1603/me09060. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1603/me09060>.

JUNIOR, C. H. L. S.; CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; DE MOURA, E. G.; VAN DEURSEN VARGA, I.; MARTINEZ, C.; MARTINS, M. B. Amazon forest on the edge of collapse in the Maranhão State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 97, p. 104806, 2020. doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104806. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104806>.

JÚNIOR, H. d. S. M.; DA ROCHA RIBEIRO, R. De onde o gelo derrete também é amazônia. **Terceira Margem Amazônia**, v. 6, n. 16, p. 65-83, 2021. doi: 10.36882/2525-4812.2021v6i16.ed.esp.p65-83. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2021v6i16.ed.esp.p65-83>.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. **Wetlands**, v. 31, n. 4, p. 623-640, 2011. doi: 10.1007/s13157-011-0190-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

KATO, M. Plant–pollinator interactions in the understory of a lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak. **American Journal of Botany**, v. 83, n. 6, p. 732-743, 1996. doi: 10.2307/2445850. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb12762.x>.

KAUFMANN, C.; BRIEGEL, H. Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus*. **Journal of vector ecology**, v. 29, p. 140-153, 2004. doi: Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15266751/>.

KHANNA, J.; MEDVIGY, D.; FUEGLISTALER, S.; WALKO, R. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 3, p. 200-204, 2017. doi: 10.1038/nclimate3226. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1038/nclimate3226>.

KIM, H. C.; CHONG, S. T.; PIKE, J. G.; O'GUINN, M. L.; PACHA, L. A.; LEE, H.-C. S.; KLEIN, T. A. Seasonal Prevalence of Mosquitoes Collected from Light Traps in the Republic of Korea, 2002. **Entomological Research**, v. 34, n. 3, p. 177-186, 2004. doi: 10.1111/j.1748-5967.2004.tb00111.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2004.tb00111.x>.

KIMBLE, S. J. A.; KARNA, A. K.; JOHNSON, A. J.; HOVERMAN, J. T.; WILLIAMS, R. N. Mosquitoes as a potential vector of *ranavirus* transmission in terrestrial turtles. **EcoHealth**, v. 12, n. 2, p. 334-338, 2015. doi: 10.1007/s10393-014-0974-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10393-014-0974-3>.

KOENRAADT, C. J. M.; TAKKEN, W. Cannibalism and predation among larvae of the *Anopheles gambiae* complex. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 17, n. 1, p. 61-66, 2003. doi: 10.1046/j.1365-2915.2003.00409.x. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00409.x>.

KÖEPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LACERDA, L. D. D. Amazon mercury emissions. **Nature**, v. 374, n. 6517, p. 20-21, 1995. doi: 10.1038/374020a0. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/374020a0>.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

LARSON, B. M. H.; KEVAN, P. G.; INOUE, D. W. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. **The Canadian Entomologist**, v. 133, n. 4, p. 439-465, 2001. doi: 10.4039/Ent133439-4. Disponível em: <https://doi.org/10.4039/Ent133439-4>.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; COSTA, C. d. O desmatamento está se acelerando na Amazônia brasileira? **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2002. doi: 10.1590/S1676-06032002000100003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032002000100003>.

LI, Y.; KAMARA, F.; ZHOU, G.; PUTHIYAKUNNON, S.; LI, C.; LIU, Y.; ZHOU, Y.; YAO, L.; YAN, G.; CHEN, X.-G. Urbanization Increases *Aedes albopictus* Larval Habitats and Accelerates Mosquito Development and Survivorship. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 11, p. e3301, 2014. doi: 10.1371/journal.pntd.0003301. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0003301>.

LINLEY, J. R. Egg of *Mansonia dyari* described and compared with egg of *Mansonia titillans* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 26, n. 1, p. 41-45, 1989. doi: 10.1093/jmedent/26.1.41. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/26.1.41>.

LINLEY, J. R.; LINLEY, P. A.; LOUNIBOS, L. P. Light and scanning electron microscopy of the egg of *Mansonia titillans* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 23, n. 1, p. 99-104, 1986. doi: Disponível em: <http://fau.digital.flvc.org/islandora/object/fau%3A32832>.

LOPES, A. B.; VIEIRA, M. R. S.; LIMA FILHO, A. A. D.; SILVESTREIM, E. G.; SILVESTREIM, F. G. Anomalias na precipitação de quatro municípios do Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e196101421766, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i14.21766. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21766>.

LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; SILVA, T. F. D. Alguns aspectos da ecologia dos mosquitos (Diptera: Culicidae) de uma área de planície (Granjas Calábria), em Jacarepaguá, Rio de Janeiro: III. Preferência horária das fêmeas para o hematofagismo. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 80, n. 2, p. 195-201, 1985. doi: 10.1590/S0074-02761985000200010 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761985000200010>.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. v. 4, n. 2, p. eaat2340, 2018. doi: 10.1126/sciadv.aat2340. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>.

LUZ, S.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Forest culicinae mosquitoes in the environs of samuel hydroelectric plant, state of Rondônia, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 91, n. 4, p. 427-432, 1996. doi: 10.1590/s0074-02761996000400008. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/s0074-02761996000400008>.

MAB - Movimento dos Atingidos por Barragens. **Sem compensações de Samuel, Itapuã sofre**, 2021. Disponível em: <https://mab.org.br>. Acesso em: 03 jan. 2021.

MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Alemanha: Wiley, 2013. 272 p.

MAKARIEVA, A. M.; GORSHKOV, V. G. Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 2, p. 1013-1033, 2007. doi: 10.5194/hess-11-1013-2007. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1013-2007>.

MAKARIEVA, A. M.; GORSHKOV, V. G.; SHEIL, D.; NOBRE, A. D.; BUNYARD, P.; LI, B. L. Why Does Air Passage over Forest Yield More Rain? Examining the Coupling between Rainfall, Pressure, and Atmospheric Moisture Content. **Journal of Hydrometeorology**, v. 15, n. 1, p. 411-426, 2014. doi: 10.1175/jhm-d-12-0190.1. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1175/jhm-d-12-0190.1>.

MAPBIOMAS. **Projeto Mapbiomas Amazônia - Mapa Anual de Cobertura e Uso do Solo na Amazônia - Coleção 3.0**. São Paulo: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima / Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia, 2021. 17 p.

MARCOVITCH, J.; PINSKY, V. Bioma Amazônia: atos e fatos. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, p. 83-106, 2020. doi: 10.1590/s0103-4014.2020.34100.007. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.007>.

MARENGO, J.; WILLIAMS, E.; ALVES, L.; SOARES, W.; RODRIGUEZ, D. Extreme Seasonal Climate Variations in the Amazon Basin: Droughts and Floods. . *In*: FORSBERG, B. R.; NAGY, L., *et al* (Ed.). **Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Alemanha: Springer, 2016. p. 55-76.

MARENGO, J. A. Variations and change in south American streamflow. **Climatic Change**, v. 31, n. 1, p. 99-117, 1995. doi: 10.1007/BF01092983. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01092983>.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP–NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004. doi: 10.1175/1520-0442(2004)017<2261:cotlje>2.0.co;2. Disponível em: [https://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2261:cotlje>2.0.co;2](https://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2261:cotlje>2.0.co;2).

MARSHALL, S. A. **Flies: The Natural History & Diversity of Diptera**. USA: Firefly Books, 2012. 616 p.

MARUYAMA, S. **Aquecimento Global?** Brasil: Oficina de Textos, 2009. 128 p.

MATTINGLY, P. F. Mosquito eggs XVIII - Genus *Mansonia* (Subgenus *Mansonioides* Theobald) **Mosquito systematics**, London, v. 4, n. 2, p. 50-59, 1972.

MAY, P. H.; REIS, E. J. **The user structure in Brazil's tropical rain forest**. Kiel: Kiel Institute for the World Economy, 1993. 33 p.

MCCLELLAND, G. A. H.; WEITZ, B. Further observations on the natural hosts of three species of *Mansonia* Blanchard (Diptera, Culicidae) in Uganda. **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 54, n. 3, p. 300-304, 1960. doi: 10.1080/00034983.1960.11685990. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00034983.1960.11685990>.

MCIASB - **Mapa de Conflitos Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil - RO – Milhares de famílias atingidas pela UHE de Samuel e do Baixo Madeira lutam para serem reassentadas e por seus direitos**, 2021. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>. Acesso em: 05 abr. 2020.

MEENA, A. R. Seasonal Prevalence of Malaria Vectors (Diptera: Culicidae) in Southern Rajasthan. **Bulletin of Pure & Applied Sciences**, v. 39, n. 2, p. 2020. doi: 10.5958/2320-3188.2020.00040.6. Disponível em: <https://doi.org/10.5958/2320-3188.2020.00040.6>.

MELLANBY, K. Man's Reaction to Mosquito Bites. **Nature**, v. 158, n. 4016, p. 554-554, 1946. doi: 10.1038/158554c0. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/158554c0>.

MELLO, C. F. D. **Bioecologia e vigilância entomológica de mosquitos (Diptera: Culicidae) na área da Reserva Biológica de Poço das Antas, Município de Silva Jardim, Estado do Rio de Janeiro**. 2017. 153 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/4483>.

MELLO, C. F. D.; SANTOS-MALLET, J. R. D.; MORONE, F.; GUIMARÃES, A. É.; MARCONDES, C. B.; ALENCAR, J. Ultrastructure of the egg of *Coquillettidia juxtamansonia* (Chagas, 1907) (Diptera: Culicidae). **Journal of Vector Ecology**, v. 39, n. 1, p. 219-221, 2014. doi: 10.1111/j.1948-7134.2014.12090.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2014.12090.x>.

MILLER, S. S. **Flies: From Flower Flies to Mosquitoes**. Turtleback, 1998. 47 p.

MIYAGI, I. Feeding habits of some Japanese mosquitoes on coldblooded animals in laboratory. **Tropical Medicine**, v. 14, n. 4, p. 203-217, 1972.

MMA; GPTI - Ministerio Meio Ambiente / Grupo Permanente Trabalho Interministerial. Casa Civil. **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal (PPCDAm): 1ª fase (2004-2008)** pelo uso sustentável e conservação da Floresta. Brasília: Casa Civil, 2004. 156 p. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/acompanhamento-e-a-analise-de-impacto-das-politicas-publicas/ppcdam>. Acesso em: 23 jan. 2021.

MMA; GPTI - Ministerio Meio Ambiente / Grupo Permanente Trabalho Interministerial. Casa Civil. **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015)** pelo uso sustentável e conservação da Floresta. Brasília: Casa Civil, 2013. 174 p. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/acompanhamento-e-a-analise-de-impacto-das-politicas-publicas/ppcdam>. Acesso em: 23 jan. 2021.

MOLAEI, G.; ANDREADIS, T. G.; ARMSTRONG, P. M.; DIUK-WASSER, M. Host-feeding patterns of potential mosquito vectors in Connecticut, USA: molecular analysis of bloodmeals from 23 species of *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Coquillettidia*, *Psorophora*, and *Uranotaenia*. **Journal of medical entomology**, v. 45, n. 6, p. 1143-1151, 2008. doi: 10.1093/jmedent/45.6.1143. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/45.6.1143>.

MOOREFIELD, H. H. Sexual dimorphism in mosquito pupae. **Mosquito News**, Illinois, v. 11, p. 175-177, 1951.

MORRIS, C. D.; LARSON, V. L.; LOUNIBOS, L. P. Measuring mosquito dispersal for control programs. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 7, n. 4, p. 608-615, 1991.

MOSS, G. M. - Projeto Brasil das águas, revelando o azul do verde e amarelo. **Brasil das Águas - Rios voadores**, 2006. Disponível em: <http://brasildasaguas.com.br/projetos/brasil-das-aguas/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

MUKWAYA, L. G. Host preference of *Mansonia (Coquillettidia)* spp. in Uganda, with special reference to *M. metallica* (Theo.) (Dipt., Culicidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 62, n. 1, p. 87-90, 1972. doi: 10.1017/S0007485300003795. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0007485300003795>.

MULIERI, P. R.; TORRETTA, J. P.; SCHWEIGMANN, N. Host plant selection of two *Mansonia* Blanchard species (Diptera: Culicidae) in a heterogeneous habitat of Buenos Aires City, Argentina. **Journal of vector ecology**, v. 30, n. 2, p. 201, 2005.

MYERS, N. The world's forests and their ecosystem services. . In: DAILY, G. (Ed.). **Nature's Services: societal dependence on natural ecosystems**. USA: Island Press, 1997. p. 215-235.

NAKATA, T.; PHILLIPS, N.; SIMÕES, P.; RUSSELL, I. J.; CHENEY, J. A.; WALKER, S. M.; BOMPHREY, R. J. Aerodynamic imaging by mosquitoes inspires a surface detector for autonomous flying vehicles. **Science**, v. 368, n. 6491, p. 634-637, 2020. doi: 10.1126/science.aaz9634. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaz9634>.

NAVARRETE-CARBALLO, J.; CHAN-ESPINOZA, D.; HUERTA, H.; TRUJILLO-PEÑA, E.; LÓPEZ-PLATAS, J.; VIVAS-PÉREZ, D.; DAMASCO-CÓRDOVA, K.; MEDINA-BARREIRO, A.; DELFÍN-GONZÁLEZ, H.; MANRIQUE-SAIDE, P. Diversity of Culicidae and Tabanidae (Diptera) and new record of *Uranotaenia sapphirina* from the archaeological site of X'cambó, Yucatan, Mexico. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, n. 2, p. 1355-1363, 2021. doi: 10.1007/s42690-020-00329-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00329-y>.

NETA, E. D. F. B.; NISHIWAKI, E. Variações sazonais na ciclagem de nutrientes em uma floresta da Amazônia central. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 5, p. 1747-1759, 2018. doi: 10.34115/basr.v2i5.563. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basr.v2i5.563>.

NJABO, K. Y.; CORNEL, A. J.; SEHGAL, R. N.; LOISEAU, C.; BUERMANN, W.; HARRIGAN, R. J.; POLLINGER, J.; VALKIŪNAS, G.; SMITH, T. B. *Coquillettidia*

(Culicidae, Diptera) mosquitoes are natural vectors of avian malaria in Africa. **Malaria Journal**, v. 8, n. 1, p. 193, 2009. doi: 10.1186/1475-2875-8-193. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1186/1475-2875-8-193>.

NOBRE, A. D. The future climate of Amazonia: scientific assessment report. São José dos Campos, São Paulo: ARA, CCST-INPE e INPA, 2014. **E-book**. 42 p. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/o-futuro-climatico-da-amazonia-relatorio-de-avaliacao-cientifica-antonio-donato-nobre/>. Acesso em: 03 nov. 2020.

ØDEGAARD, F. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 71, n. 4, p. 583-597, 2008. doi: 10.1111/j.1095-8312.2000.tb01279.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2000.tb01279.x>.

OLIVEIRA, T. M. P.; LAPORTA, G. Z.; BERGO, E. S.; CHAVES, L. S. M.; ANTUNES, J. L. F.; BICKERSMITH, S. A.; CONN, J. E.; MASSAD, E.; SALLUM, M. A. M. Vector role and human biting activity of Anophelinae mosquitoes in different landscapes in the Brazilian Amazon. **Parasites & vectors**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2021. doi: 10.1186/s13071-021-04725-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04725-2>.

PAGÈS, N.; COHNSTAEDT, L. W. Mosquito-borne diseases in the livestock industry. In: GARROS, C.; BOUYER, J., *et al* (Ed.). **Pests and vector-borne diseases in the livestock industry**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2018. p. 129-144.

PAPE, T. B. D. J. M. R. **Diptera diversity : status, challenges and tools**. Boston: Koninklijke Brill, 2009. 459 p.

PAULA, M. B. D.; GOMES, A. D. C. Culicidae (Diptera) em área sob influência de construção de represa no Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 284-289, 2007. doi: 10.1590/S0034-89102006005000018 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102006005000018>.

PEACH, D. A. H.; GRIES, G. Mosquito phytophagy—sources exploited, ecological function, and evolutionary transition to haematophagy. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 168, n. 2, p. 120-136, 2020. doi: 10.1111/eea.12852. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/eea.12852>.

PEREIRA, G. M. **Projeto de usinas hidrelétricas passo a passo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 63 p.

PEREIRA, J. V. **Rondônia: de pedaço em pedaço, uma história!** Brasil: RDS Editora, 2006. 390 p.

PULLAIAH, T. **Global Biodiversity: Selected Countries in the Americas and Australia**. New York: Apple Academic Press, 2018. 590 p.

QUIROZ-MARTÍNEZ, H.; RODRÍGUEZ-CASTRO, A. Aquatic insects as predators of mosquito larvae. **Journal of the American mosquito control association**, v. 23, n. (2 Suppl), p. 110-117, 2007. doi: 10.2987/8756-971X(2007)23[110:AIAPOM]2.0.CO;2. Disponível em: [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2007\)23\[110:AIAPOM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2007)23[110:AIAPOM]2.0.CO;2).

RAJASEKHARAN, P. T.; CHOWDAIAH, B. N. Selective feeding behaviour of *Gambusia affinis*. **Oecologia**, v. 11, n. 1, p. 79-81, 1972. doi: 10.1007/BF00345712. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00345712>.

REEVES, L. E.; HOLDERMAN, C. J.; BLOSSER, E. M.; GILLET-KAUFMAN, J. L.; KAWAHARA, A. Y.; KAUFMAN, P. E.; BURKETT-CADENA, N. D. Identification of *Uranotaenia sapphirina* as a specialist of annelids broadens known mosquito host use patterns. **Communications biology**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2018. doi: 10.1038/s42003-018-0096-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0096-5>.

REINERT, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). **European Mosquito Bulletin**, 27, n. p. 68-76, 2009.

REINERT, J. F. List of species in tribe Mansoniini with published illustrations and/or descriptions of eggs (Diptera: Culicidae). **European Mosquito Bulletin**, v. 28, n. p. 143-147, 2010.

REISKIND, M. H.; WALTON, E. T.; WILSON, M. L. Nutrient-dependent reduced growth and survival of larval *Culex restuans* (Diptera: Culicidae): laboratory and field experiments in Michigan. **Journal of medical entomology**, v. 41, n. 4, p. 650-656, 2004. doi: 10.1603/0022-2585-41.4.650. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-41.4.650>.

RENTE NETO, F.; FURTADO, L. G. A ribeiridade amazônica: algumas reflexões. **Cadernos de Campo** (São Paulo, 1991), v. 24, n. 24, p. 158, 2016. doi: 10.11606/issn.2316-9133.v24i24p158-182. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9133.v24i24p158-182>.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, E.; QUINTAIROS, P. C. R. Fatores críticos e cronológicos da evolução e delimitação dos ciclos econômicos do estado de Rondônia. In: XIII Encontro Latino Americano de iniciação científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2009, Universidade Vale do Paraíba. **Anais [...]**. Paraíba: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Univap, 2011. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0106_0112_01.pdf. Acesso em: 03 out. 2020.

RICKLEFS, R. E.; MILLER, G.; MILLER, G. L. **Ecology**. Reino Unido: W. H. Freeman, 2000. 822 p.

ROSA, L. P.; DOS SANTOS, M. A.; GESTEIRA, C.; XAVIER, A. E. A model for the data extrapolation of greenhouse gas emissions in the Brazilian hydroelectric system. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 6, p. 2016. doi: 10.1088/1748-9326/11/6/064012. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/6/064012>.

ROULET, M.; LUCOTTE, M. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferrallitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 80, n. 1, p. 1079-1088, 1995. doi: 10.1007/BF01189768. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01189768>.

RUEDA, L. M. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. In: LÉVÊQUE, C.; BALIAN, E. V., *et al* (Ed.). **Freshwater animal diversity assessment**. Alemanha: Springer, 2007. p. 477-487.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Brasil: Roca, 2005. 1145 p.

SAE - Santo Antônio Energia. **A Energia da Hidrelétrica Santo Antônio 2021**. Disponível em: <https://www.santoantonioenergia.com.br/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

SALATI, E.; VOSE, P. B. Amazon basin: a system in equilibrium. **Science**, v. 225, n. 4658, p. 129-138, 1984. doi: 10.1126/science.225.4658.129. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.225.4658.129>.

SANCHES, L.; VALENTINI, C.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. D. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009. doi: 10.1590/S1415-43662009000200012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000200012>.

SANTI, V. P. D.; KHAIREH, B. A.; CHINIARD, T.; PRADINES, B.; TAUDON, N.; LARRÉCHÉ, S.; MOHAMED, A. B.; LAVAL, F. D.; BERGER, F.; GALA, F.; MOKRANE, M.; BENOIT, N.; MALAN, L.; ABDI, A. A.; BRIOLANT, S. Role of *Anopheles stephensi* Mosquitoes in Malaria Outbreak, Djibouti, 2019. **Emerg Infect Dis**, v. 27, n. 6, p. 1697-1700, 2021. doi: 10.3201/eid2706.204557. Disponível em: <https://doi.org/10.3201/eid2706.204557>.

SARWAR, M. **Life Cycle and Development of Diptera**. UK: IntechOpen, 2020. 182 p.

SCHOENER, E. R.; HARL, J.; HIMMEL, T.; FRAGNER, K.; WEISSENBOCK, H.; FUEHRER, H.-P. Protozoan parasites in *Culex pipiens* mosquitoes in Vienna. **Parasitology research**, v. 118, n. 4, p. 1261-1269, 2019. doi: 10.1007/s00436-019-06219-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06219-8>.

SCHOWALTER, T. D. **Insects and sustainability of ecosystem services**. USA: CRC Press, 2013. 362 p.

SCHREIBER, E. T. Toxorhynchites. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 23, n. (sp2), p. 129-132, 2007. doi: 10.2987/8756-971X(2007)23[129:T]2.0.CO;2. Disponível em: [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2007\)23\[129:T\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2007)23[129:T]2.0.CO;2).

SERVICE, M. **Medical Entomology for Students**. UK: Cambridge University Press, 2008. 303 p.

SHERATT, T. N.; CHURCH, S. C. Ovipositional preferences and larval cannibalism in the Neotropical mosquito *Trichoprosopon digitatum* (Diptera: Culicidae). **Animal behaviour**, v. 48, n. 3, p. 645-652, 1994. doi: 10.1006/anbe.1994.1284. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1284>.

SILVA, C. A. F. A logística da Hidrovia do Madeira na Expansão da soja na Amazônia. "**Grupo André Maggi: corporação e rede em áreas de fronteira**", Universidade Federal Fluminense :, v. 7, n. 14, p. 75-92, 2006. doi: 10.22409/geografia2005.v7i14.a13492. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2005.v7i14.a13492>.

SILVA, R. B. C.; VITORINO, M. I.; SOUSA, A. M. L.; SANTOS, J. T. S.; FERREIRA, G. R. B.; GONÇALVES, F. L. T.; SANTOS, M. R. D. S. Influência da variabilidade climática na densidade de mosquitos vetores no leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, n. p. 801-816, 2020a. doi: 10.5380/abclima.v26i0.71732. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71732>.

SILVA, S. O. F.; MELLO, C. F. D.; FIGUEIRÓ, R.; DOCILE, T.; SERDEIRO, M.; FUMIAN, F. F.; ALENCAR, J. Oviposition behavior of wild yellow fever vector mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an Atlantic Forest fragment, Rio de Janeiro state, Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2021. doi: 10.1038/s41598-021-85752-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85752-y>.

SILVA, V. d. P. R. d.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012. doi: 10.1590/S0102-77862012000200005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200005>.

SILVA, W. A. P. P. D.; BERNAL, X. E.; CHATHURANGA, W. G. D.; HERATH, B. P.; EKANAYAKE, C.; ABEYSUNDARA, H. T. K.; KARUNARATNE, S. Feeding patterns revealed host partitioning in a community of frog-biting mosquitoes. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 5, p. 988-996, 2020b. doi: 10.1111/een.12874. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.12874>.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Sobre águas e solo da Amazônia brasileira. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 185, n. p. 195-205, 1965.

SKIFF, J. J.; YEE, D. A. Behavioral differences among four co-occurring species of container mosquito larvae: effects of depth and resource environments. **Journal of medical entomology**, v. 51, n. 2, p. 375-381, 2014. doi: 10.1603/me13159. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/ME13159>.

SLAFF, M.; HAEFNER, J. D. Seasonal and spatial distribution of *Mansonia dyari*, *Mansonia titillans*, and *Coquillettidia perturbans* (Diptera: Culicidae) in the central Florida, USA, phosphate region. **Journal of medical entomology**, v. 22, n. 6, p. 624-629, 1985. doi: 10.1093/jmedent/22.6.624. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/22.6.624>.

SMITH, P.; BEAUMONT, L.; BERNACCHI, C. J.; BYRNE, M.; CHEUNG, W.; CONANT, R. T.; COTRUFO, F.; FENG, X.; JANSSENS, I.; JONES, H. Essential outcomes for COP26. **Global change biology**, v. 28, p. 1-3, 2021. doi: 10.1111/gcb.15926. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.15926>.

SOMBROEK, W. G. **Amazon soils: A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Brasil: Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 303 p.

SOPH - Sociedade de Portos e hidrovias do estado de Rondônia. **Porto Público de Porto Velho o escoamento da produção de grãos pela Hidrovia do rio Madeira**, 2021. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/soph/>. Acesso em: 05 set. 2021.

SOUZA, R. S.; VIRGINIO, F.; RIBACK, T. I. S.; SUESDEK, L.; BARUFI, J. B.; GENTA, F. A. Microorganism-based larval diets affect mosquito development, size and nutritional reserves in the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 152, 2019. doi: 10.3389/fphys.2019.00152. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00152>.

SPIELMAN, A. **Mosquito: The story of man's deadliest foe**. USA: Hachette Books, 2001. 256 p.

SUDIA, W. D.; LORD, R. D.; NEWHOUSE, V. F.; MILLER, D. L.; KISSLING, R. E. Vector-host studies of an epizootic of Venezuelan equine encephalomyelitis in Guatemala, 1969.

American Journal of Epidemiology, Oxford, v. 93, n. 2, p. 137-143, 1971. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a121234. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a121234>.

TAYLOR, D. M.; BENNETT, G. F.; LEWIS, D. J. Observations on the host-seeking activity of some Culicidae in the tantramar marshes, New Brunswick. **Journal of Medical Entomology**, v. 15, n. 2, p. 134-137, 1979. doi: 10.1093/jmedent/15.2.134. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/15.2.134>.

TEMPELIS, C. H. Host-feeding patterns of mosquitoes, with a review of advances in analysis of blood meals by serology. **Journal of Medical Entomology**, v. 11, n. 6, p. 635-653, 1975. doi: 10.1093/jmedent/11.6.635. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/11.6.635>.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F.; BORROR, D. J. **Borrór and DeLong's Introduction to the Study of Insects**. Thompson Brooks/Cole, 2005. 864 p.

TUCCI, C. E. M. **Análises dos Estudos Ambientais dos Empreendimentos do rio Madeira**. Ministério do Meio Ambiente / Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, 2007. 19 p.

ÜBLEIS, S. S.; CUK, C.; NAWRATIL, M.; BUTTER, J.; SCHOENER, E.; OBWALLER, A. G.; ZECHMEISTER, T.; DUSCHER, G. G.; RUBEL, F.; LEBL, K. Xenomonitoring of mosquitoes (Diptera: Culicidae) for the presence of filarioid helminths in Eastern Austria. **Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology**, v. 2018, p. 2018. doi: 10.1155/2018/9754695. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/9754695>.

UGHASI, J.; BEKARD, H.; COULIBALY, M.; ADABIE-GOMEZ, D.; GYAPONG, J.; APPAWU, M.; WILSON, M.; BOAKYE, D. *Mansonia africana* and *Mansonia uniformis* are Vectors in the transmission of *Wuchereria bancrofti* lymphatic filariasis in Ghana. **Parasites & Vectors**, v. 5, n. 1, p. 89, 2012. doi: 10.1186/1756-3305-5-89. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1186/1756-3305-5-89>.

UTEP, C.-. - Centro de Controle de Doenças - Biodiversity collections. **Mosquito Identification: Larvae**, 2004. Disponível em: <https://www.utep.edu/leb/mosquito/larvslide0.htm>. Acesso em: 20 set. 2019.

VERDONSCHOT, P. F. M.; BESSE-LOTOTSKAYA, A. A. Flight distance of mosquitoes (Culicidae): a metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. **Limnologia**, v. 45, p. 69-79, 2014. doi: 10.1016/j.limno.2013.11.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2013.11.002>.

VON SPERLING, E. Hydropower in Brazil: overview of positive and negative environmental aspects. **Energy Procedia**, v. 18, p. 110-118, 2012. doi: 10.1016/j.egypro.2012.05.023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.023>.

WALKER, R. T. Collision Course: Development Pushes Amazonia Toward Its Tipping Point. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 63, n. 1, p. 15-25, 2020. doi: 10.1080/00139157.2021.1842711. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1080/00139157.2021.1842711>.

WASSERMAN, J. C.; HACON, S.; WASSERMAN, M. A. Biogeochemistry of mercury in the Amazonian environment. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, v. 32, n. 5, p. 336-342, 2003. doi: 10.1579/0044-7447-32.5.336. Disponível em: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.5.336>.

WEAVER, S. C.; LECUIT, M. Chikungunya virus and the global spread of a mosquito-borne disease. **New England Journal of Medicine**, v. 372, n. 13, p. 1231-1239, 2015. doi: 10.1056/NEJMra1406035. Disponível em: <https://doi.org/10.1056/NEJMra1406035>.

WERNER, D. Desenvolvimento regional e grandes projetos hidrelétricos (1990-2010): o caso do Complexo Madeira. **Inclusão Social**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 157-174, 2012.

WERNER, E. E.; YUREWICZ, K. L.; SKELLY, D. K.; RELYEA, R. A. Turnover in an amphibian metacommunity: the role of local and regional factors. **Oikos**, Pittsburgh, v. 116, n. 10, p. 1713-1725, 2007. doi: 10.1111/j.0030-1299.2007.16039.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1248/jhs.46.323>.

WHO, W. H. O. World malaria report 2015. Geneva: 2015. **E-book**. 243 p. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/200018>.

WILKERSON, R. C.; LINTON, Y. M.; STRICKMAN, D. **Mosquitoes of the World**. USA: Johns Hopkins University Press, 2021. 1332 p.

WOODARD, D. B.; CHAPMAN, H. C. Blood volumes ingested by various pest mosquitoes. **Mosquito News**, v. 25, n. 4, p. 490-491, 1965.

WOODBURY, A. **Animal Biology: Taxonomy, Anatomy and Physiology**. USA: Syrawood publishing House, 2019. 219 p.

WWF. Relatório Planeta Vivo - 2018: Uma ambição maior. Suíça: WWF, 2018. **E-book**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/relatorio_planeta_vivo_2018/.

WYNS, A.; BEAGLEY, J. COP26 and beyond: long-term climate strategies are key to safeguard health and equity. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, n. 11, p. e752-e754, 2021. doi: 10.1016/s2542-5196(21)00294-1. Disponível em: [https://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00294-1](https://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00294-1).

YI, Z.; JINCHAO, F.; DAYUAN, X.; WEIGUO, S.; AXMACHER, J. C. A Comparison of Terrestrial Arthropod Sampling Methods. v. 3, n. 2, p. 174-182, 2012. doi: 10.5814/j.issn.1674-764x.2012.02.010. Disponível em: <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2012.02.010>.

ZHU, L.; FULCHER, A.; HOSSAIN, T.; DAVIDSON, C.; BEIER, J. C.; XUE, R.-D. Body size, blood feeding activity, and fecundity of *Psorophora howardii*, *Psorophora ciliata*, and *Psorophora ferox* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 51, n. 2, p. 382-386, 2014. doi: 10.1603/ME13175. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/ME13175>.

CAPÍTULO I

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) COM ÊNFASE NA TRIBO MANSONIINI E A INTERAÇÃO COM FATORES CLIMÁTICOS NA AMAZÔNIA

(Manuscrito)

Resumo

Objetivou-se avaliar a distribuição temporal de mosquitos em diferentes períodos sazonais e a relação dos fatores climáticos com abundância das espécies, com ênfase na tribo Mansoniini, em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil. As capturas foram realizadas durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019, no período das 18:00 às 20:00hs, durante três dias alternados. As amostragens dos mosquitos foram realizadas com auxílio de armadilhas luminosas do tipo CDC's automáticas e de Shannon. Análise de Correspondência Canônica (CCA) aliada a permutações de Monte Carlo foram utilizadas para avaliar a relação entre as variáveis climáticas e a distribuição das espécies e um escalonamento multidimensional Não-métrico (NMDS) foi empregado para verificar a similaridade das comunidades amostradas nas diferentes amostragens. Analisando a fauna total de mosquitos em todos os pontos amostrais foram identificados 46.564 espécimes e foi constatado que *Mansonia dyari* apresentou a maior abundância relativa no ano de 2018, com 35,9%. Em contraposição no ano de 2019, foi observado que a maior abundância relativa foi apresentada por *Mansonia titillans*, correspondendo a 25,34%, seguida de *Mansonia iguassuensis* 24,26%. A CCA evidenciou que a variável temperatura máxima (p-valor=0.0406) foi significativa e apresentou real influência na distribuição das populações dos mosquitos na área de estudo, enquanto o NMDS demonstrou que as campanhas realizadas na estação chuvosa e na estação seca formavam dois grupos distintos. Destaco ainda que, na relação entre a riqueza de espécies em cada amostragem, com a precipitação acumulada 15 dias antes do início da captura foi observado regressão geométrica, representando os dados com um coeficiente de ajustamento R^2 de 58,39% e um p-valor significativo de 0.0272 indicando que existe uma correlação positiva entre a quantidade de chuva acumulada nos dias que precederam as capturas e o número de espécies encontradas. Em síntese os resultados indicam que a temperatura e a precipitação concentrada nas duas semanas que antecederam as amostragens foram determinantes sobre as

populações de mosquitos e afetou o padrão da composição da fauna. A partir dos resultados encontrados é possível sugerir que a maior precipitação tem influência direta na estrutura das comunidades, possivelmente devido às variações na oferta de habitat para as formas imaturas.

Palavras chaves. Culicidae, Floresta tropical, Abundância, Temperatura

Abstract

The aim of this study was to evaluate the temporal distribution in different seasonal periods and the interaction with climatic factors in the abundance of mosquitoes, with emphasis on the Mansoniini tribe in the area surrounding the Jirau Hydroelectric Facility, Rondônia state, Brazil. The captures were carried out during the months of May, July, October and December 2018 and in the months of April, July, September and November 2019, from 6:00 pm to 8:00 pm, during 3 alternate days. Mosquito samples were carried out using automatic CDC and Shannon light traps. Canonical Correspondence Analysis (CCA) combined with Monte Carlo permutations was used to assess the relationship between climatic variables and species distribution and a Non-Metric Multidimensional Schooling (NMDS) was used to verify the similarity of the communities sampled in the different sampling. Analyzing the total mosquito fauna at all sampling points, 46,564 specimens were identified and it was found that *Mansonia dyari* had the highest relative abundance in 2018, with 35.91%. In contrast, in 2019, it was observed that the highest relative abundance was presented by *Mansonia titillans*, corresponding to 25.34%, followed by *Mansonia iguassuensis*. The CCA showed that the maximum temperature variable (p-value=0.0406) was significant and had a real influence and acted on the distribution of mosquito populations in the study area, while the NMDS showed that the wet season and dry season sampling formed two distinct groups. It should also be noted that the relationship between the species richness in each sample with the accumulated rainfall 15 days before the start of the capture and with this data set, a geometric regression was observed, representing the data with an adjustment coefficient R² of 58.39% and a significant p-value of 0.0272 indicating that there is a positive correlation between the amount of rain accumulated in the days preceding the captures and the number of species found. In summary, the results indicate that the temperature and precipitation concentrated in the two weeks preceding the samplings were determinant on mosquito populations and affected the pattern of faunal composition. From the results found, it is possible to suggest that the greater precipitation has a direct influence on the structure of communities, possibly due to variations in the offer of habitat for immature forms.

Keywords: Culicidae, Tropical forest, Abundance, Temperature

INTRODUÇÃO

O estudo bionômico de culicídeos é de fundamental importância em áreas onde se pretende realizar grandes empreendimentos e modificações antrópicas. As populações de mosquitos apresentam um comportamento dinâmico, sempre mudando ao longo do tempo, de acordo com fatores que regulam o crescimento das mesmas.

O entendimento da dinâmica das populações relaciona-se com esses processos responsáveis pelo seu desenvolvimento, podendo esclarecer a estrutura da comunidade e a função ecossistêmica, nos permitindo responder questões sobre os efeitos de fatores ambientais e interações interespecíficas, como por exemplo, se a população persistirá em certo habitat (TOWNSEND *et al.*, 2010).

As variações sazonais contribuem para que os ecossistemas não sejam estáticos, mas dinâmicos e versáteis e o clima na região amazônica é altamente sazonal, com duas estações bem definidas: uma chuvosa no inverno amazônico e uma de seca no verão amazônico (SOUZA *et al.*, 2009).

A presença de mosquitos da tribo Mansoniini caracterizam ambientes com alto grau de antropização e a sua proximidade com a população humana somada a notável resiliência a novos cenários ambientais, favorecem condições ideais para se tornarem um problema de saúde pública devido ao seu comportamento antropofílico (HARBACH, 2021)

A alta presença de populações da tribo Mansoniini tem dificultado a vida humana e a pecuária em algumas regiões, ocasionando incômodo pela atividade de realizar o repasto sanguíneo e devido ao impacto na transmissão de infecções tanto ao homem quanto em animais domésticos de contrair doenças (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994)

Portanto, estudos intensificados e continuados sobre as configurações bioecológicas e morfológicas da fauna de mosquitos da tribo são necessários, a fim de compreender como possíveis mudanças no ambiente pode favorecer a abundância e coexistência das espécies de mosquitos em ambiente natural. Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a distribuição temporal de mosquitos em diferentes períodos sazonais e a relação dos fatores climáticos com abundância das espécies, com ênfase na tribo Mansoniini, em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área que se encontra sob a influência direta da UHE Jirau está constituída pelo bioma de cobertura vegetal amazônica, entretanto sua zona está definida por paisagens distintas, de acordo com particularidades geográficas locais. Desta forma, as fitofisionomias observadas na região são: Campinarana Arborizada florestada, Campinarana arbustiva, Floresta ombrófila das terras baixas com palmeiras, Floresta ombrófila aberta, Floresta de Várzea e Floresta de Igapó (KECK, 1998). O estado de Rondônia apresenta o clima do tipo Aw - clima tropical com inverno seco (baixo índice pluviométrico nos meses correspondentes ao inverno) (KOEPPEN, 1948), A temperatura média anual varia em torno de 25,6°C. O período seco é bem definido e ocorre durante a estação do inverno, havendo no estado um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50mm/mês (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2017). O estudo foi desenvolvido em áreas próximas a Usina Hidrelétrica Jirau, localizada à 120 km do município de Porto Velho, no estado de Rondônia, Brasil.

Foram selecionados 6 pontos amostrais (Ponto 1: Jaci Paraná - 9°15'13.9"S 64°24'44.7"O; Ponto 2: Agrícola ZAMO - 9°14'50.3"S 64°28'06.5"O; Ponto 3: Agrícola Zamo 2 - 9°12'04.6"S 64°33'37.8"O; Ponto 4: Nova Mutum Paraná - 9°17'42.5"S 64°32'52.5"O; Ponto 5: Poligonal direito - 9°16'42.1"S 64°35'49.1"O; Ponto 6: Fazenda BR364 KM828 - 9°19'55.6"S 64°37'52.3"O) com distâncias entre 3 e 25 km da Usina Hidrelétrica (Figura I.1).

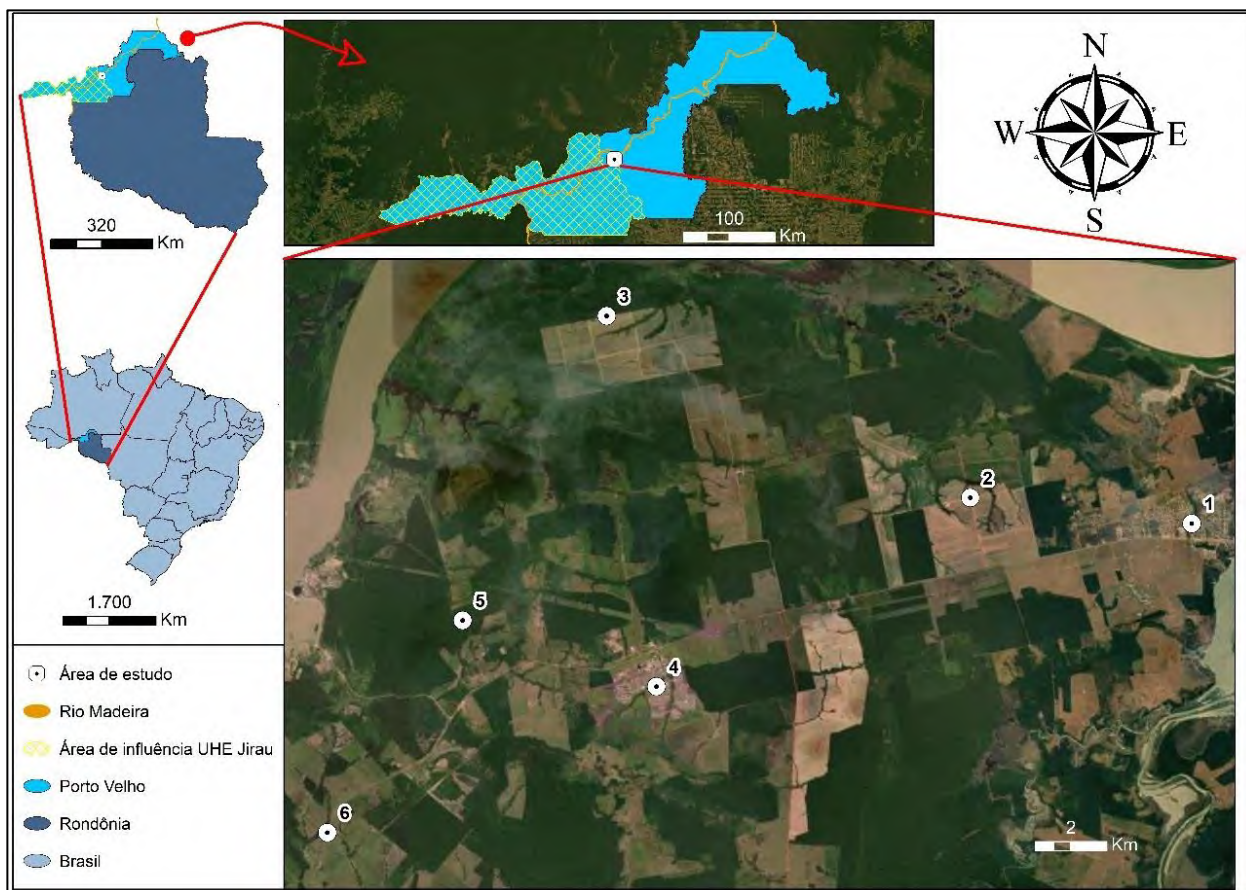


Figura I. 1. Pontos de captura Jaci Paraná (1); Agrícola ZAMO (2); Agrícola ZAMO 2 (3); Nova Mutum Paraná (4); Poligonal direito (5); Fazenda BR364 KM828 (6) situados em áreas de influência da UHE Jirau, próximo às margens do Rio Madeira sob o domínio do Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil. Fonte: ArcGis

As amostragens foram realizadas durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019.

As capturas foram realizadas com auxílio de armadilha luminosa do tipo CDC em período de 24 horas durante seis dias consecutivos, somando 48 amostragens com esforço amostral de 720 horas. Também utilizamos armadilha luminosa de Shannon no período das 18:00 às 20:00hs, durante três dias alternados, somando um total de 24 amostragens com esforço amostral de 48 horas.

A identificação das espécies foi realizada a partir da observação direta dos caracteres morfológicos evidenciáveis ao microscópio estereomicroscópio e consulta às descrições/diagnoses respectivas das spp., utilizando chaves dicotômicas elaboradas por LANE (1953), (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994), (FORATTINI, 2002), (BARBOSA, 2007) e ASSUMPCÃO (2009). A abreviação dos gêneros e subgêneros seguiu as normas estabelecidas para o grupo (REINERT,

2009b), em seguida os espécimes capturados foram depositados na Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz, sob título de “Coleção Amazônia, UHE-JIRAU”.

Análise estatística

As correlações entre a distribuição das espécies de mosquitos e as variáveis climáticas foram investigadas por meio da Análise de Correspondência Canônica (CCA), com uso do programa CANNOCO (1998) versão 4.56, sendo a significância das variáveis abióticas testada através de 5000 permutações de Monte Carlo (MCCUNE & GRACE, 2002).

As estruturas das comunidades nas diferentes campanhas foram comparadas entre si por meio de um Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseado no índice de similaridade de Morisita no software Past 4.0. Com o objetivo de investigar a relação entre a riqueza de espécies e a precipitação acumulada nos 15 dias que antecederam o início de cada período de amostragem, foi realizado um ajustamento de curvas utilizando o programa Bioestat 5.3 o qual indicou a regressão geométrica como o melhor modelo explicativo para o conjunto de dados.

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste Lilliefors e como os dados eram normais foi utilizado o Coeficiente de correlação de Pearson. Assim sendo, a relação existente entre a diversidade das espécies do gênero *Mansonia* vs. diversidade total de táxons de Culicidae e diversidade da tribo Mansoniini vs. diversidade total de táxons de Culicidae e espécies do gênero *Coquillettidia* vs. diversidade total de táxons foram estabelecidas pelo Coeficiente de correlação de Pearson, com intervalo de confiança de 95%.

Para comparar a diversidade das espécies na área de amostragem foram utilizados os índices Shannon-Wiener e Simpson. O primeiro índice é mais sensível a alterações nas espécies raras da amostra e o segundo índice é mais sensível a espécies mais abundantes.

As medições das médias de umidade relativa do ar, de temperatura (máxima, mínima e média compensada, precipitações pluviométricas) foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - (ANA, 2021).

RESULTADOS

A fauna de mosquitos encontrada na área de estudo foi representada pelas duas subfamílias (subfamília Anophelinae e subfamília Culicinae) em todos os pontos amostrais, sendo assim, capturamos um total de 46.564 mosquitos adultos representados por 32 espécies (Tabela I.1; I.2).

Tabela I. 1. Abundância absoluta e relativa de adultos de Culicidae capturados em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019.

Espécies/Autor	Campanhas e períodos						AA	AR**	Campanhas e períodos						AA	AR**
	2018				2019											
	Mai	Jul	Out	Dez	Abr	Jul			Set	Nov						
	Seco	Seco	Transição	Chuvoso	N	%p			Transição	Seco	Seco	Chuvoso	N	%p		
<i>Aedeomyia squamipennis</i> (Lynch Arribáizaga, 1878)	68	1	18	9	96	0,46			36	2	3	25	66	0,26		
<i>Aedes fulvithorax</i> (Lutz, 1904)	1	0	0	0	1	0,00			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Aedes scapularis</i> (Rondani, 1848)	0	0	0	4	4	0,02			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Anopheles argyritarsis</i> Robineau-Desvoidy, 1827	0	0	0	0	0	0,00			0	0	1	0	1	0,00		
<i>Anopheles evansae</i> (Brèthes, 1926)	0	0	0	0	0	0,00			1	0	0	0	1	0,00		
<i>Anopheles triannulatus</i> (Neiva & Pinto, 1922)	109	0	1	3	113	0,54			0	0	2	2	4	0,02		
<i>Coquillettidia albicosta</i> (Chagas, 1908) (em Peryassú, 1908)	1	0	0	1	2	0,01			0	0	0	1	1	0,00		
<i>Coquillettidia albifera</i> (Prado, 1931)	0	0	0	1	1	0,00			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Coquillettidia chrysonotum</i> (Peryassú, 1922)	1	13	2	14	30	0,14			0	1	0	1	2	0,01		
<i>Coquillettidia fasciolata</i> (Lynch Arribáizaga, 1891)	4	0	1	18	23	0,11			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Coquillettidia juxtamansonia</i> (Chagas, 1907)	1	7	4	5	17	0,08			0	0	1	2	3	0,01		
<i>Coquillettidia lynchi</i> (Shannon, 1931)	4	1	0	1	6	0,03			0	0	1	1	2	0,01		
<i>Coquillettidia nigricans</i> (Coquillett, 1904)	0	5	0	0	5	0,02			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Coquillettidia venezuelensis</i> (Theobald, 1912) (em Surcouf, 1912)	1	3	0	4	8	0,04			0	0	1	0	1	0,00		
<i>Culex bastagarius</i> Dyar e Knab, 1906	46	3	5	41	95	0,46			3	0	0	96	99	0,38		
<i>Culex melanonconion</i>	0	0	0	0	0	0,00			1	1	1	255	258	1,00		
<i>Culex mollis</i> Dyar e Knab, 1906	55	2	6	96	159	0,77			30	11	0	19	60	0,23		
<i>Mansonia amazonensis</i> (Theobald, 1901)	42	737	611	96	1486	7,16			495	671	1113	1405	3684	14,27		
<i>Mansonia dyari</i> Belkin, Heinemann & Page, 1970	6193	1189	33	35	7450	35,91			24	6	96	0	126	0,49		
<i>Mansonia flaveola</i> (Coquillett, 1906)	1	5	206	132	344	1,66			35	0	1	160	196	0,76		
<i>Mansonia fonsecai</i> (Pinto, 1932)	1	59	281	73	414	2,00			44	174	14	73	305	1,18		
<i>Mansonia humeralis</i> Dyar & Knab, 1916	284	757	107	263	1411	6,80			555	1893	161	2096	4705	18,22		
<i>Mansonia iguassuensis</i> Barbosa, da Silva & Sallum, 2007	37	509	1063	493	2102	10,13			622	1933	2252	1456	6263	24,26		
<i>Mansonia indubitans</i> Dyar & Shannon, 1925	99	448	91	232	870	4,19			159	75	50	90	374	1,45		
<i>Mansonia pessoai</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	1	4	0	1	6	0,03			2	0	0	35	37	0,14		
<i>Mansonia pseudotitillans</i> (Theobald, 1901)	2	18	4	35	59	0,28			61	143	157	441	802	3,11		
<i>Mansonia titillans</i> (Walker, 1848)	211	1781	1051	417	3460	16,68			1195	1147	1752	2448	6542	25,34		
<i>Mansonia wilsoni</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	1106	896	446	80	2528	12,19			246	475	694	868	2283	8,84		
<i>Psorophora albipes</i> (Theobald, 1907)	0	0	0	9	9	0,04			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Psorophora cingulata</i> (Fabricius, 1805)	8	0	0	2	10	0,05			0	0	0	1	1	0,00		
<i>Psorophora dimidiata</i> Cerqueira de 1943	3	0	0	0	3	0,01			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Psorophora ferox</i> (von Humboldt, 1819)	0	0	0	1	1	0,00			0	0	0	0	0	0,00		
<i>Uranotaenia pulcherrima</i> Lynch Arribáizaga, 1891	33	0	0	0	33	0,16			0	0	0	2	2	0,01		
TOTAL	8312	6438	3930	2066	20746	100			3509	6532	6300	9477	25818	100		

*Abundância absoluta; **Abundância relativa

Nos meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 contabilizamos um total de 20.746 espécimes de Culicidae sendo 20.130 (97,03%) espécimes do gênero *Mansonia* e 92 (0,43%) espécimes do gênero *Coquillettidia*. Já no período de abril, julho, setembro e novembro de 2019 apuramos o total de 25.818 espécimes de Culicidae, sendo 25.317 (98,06%) espécimes do gênero *Mansonia* e nove (0,03%) espécimes do gênero *Coquillettidia*.

Analisando os meses com maior número de indivíduos capturados observamos que o mês de novembro de 2019 apresentou um total de 9.477 espécimes de Culicidae, sendo que 9.072 (95,7%) espécimes eram de *Mansonia* spp. e o mês de maio de 2018 apresentou um total de 8.312 espécimes, sendo que 7.977 (96%) pertenciam ao gênero *Mansonia* spp. (Tabela I.1).

De maneira geral considerando a família Culicidae o mês que apresentou o maior número de espécies de Culicídeos capturados foi dezembro de 2018 com 26 espécies, sendo 18 espécies pertencentes a tribo Mansoniini (11 *Mansonia* spp.; 7 *Coquillettidia* spp.). Em contrapartida o mês com o menor número de espécies encontradas foi julho de 2019 com 13 espécies, sendo 10 espécies pertencentes a tribo Mansoniini (9 *Mansonia* spp.; 1 *Coquillettidia* spp.) (Tabela I.1). Observamos que no ano de 2018 *Mansonia dyari* Belkin, Heinemann & Page, 1970 apresentou a maior abundância relativa, com 35,91% (Tabela I.1).

Já no ano de 2019, a maior abundância relativa foi apresentada por *Mansonia titillans* (Walker, 1848), correspondendo a 25,34%, seguida de *Mansonia iguassuensis* Barbosa, da Silva & Sallum, 2007 com 24,26% (Tabela I.1). Observamos que em armadilha luminosa de Shannon foi capturado um total de 37.905 espécimes de *Mansonia* spp., e 49 espécimes de *Coquillettidia* spp. Nas armadilhas do tipo CDC capturamos 7.542 espécimes *Mansonia* spp., e 52 espécimes de *Coquillettidia* spp. (Tabela I.2).

Tabela I. 2. Abundância de adultos de *Mansonia* spp.; *Coquillettidia* spp.; e outros espécimes spp. capturados em armadilhas luminosas de CDC e SH em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 e 2019.

	Campanhas	Estação	N de <i>Cq.</i> spp. capturados			N de <i>Ma.</i> spp. capturados			Outros spp.			N total de todos os indivíduos capturados (spp.)		
			CDC	SH	Total	CDC	SH	Total	CDC	SH	Total	CDC	SH	Total
2018	Maio	Seca	6	6	12	102	7875	7977	245	78	323	353	7.959	8.312
	Julho	Seca	2	27	29	422	5981	6403	5	1	6	429	6.009	6.438
	Outubro	Transição	4	3	7	328	3565	3893	30	0	30	362	3.568	3.930
	Dezembro	Chuvosa	36	8	44	1463	394	1857	61	104	165	1.560	506	2.066
	TOTAL		48	44	92	2.315	17.815	20.130	341	183	524	2.704	18.042	20.746
2019	Abril	Transição	0	0	0	542	2896	3438	69	2	71	611	2.898	3.509
	Julho	Seca	0	1	1	1375	5142	6517	14	0	14	1.389	5.143	6.532
	Setembro	Seca	0	3	3	263	6027	6290	5	2	7	268	6.032	6.300
	Novembro	Chuvosa	4	1	5	3047	6025	9072	352	48	400	3.403	6.074	9.477
	TOTAL		4	5	9	5.227	20.090	25.317	440	52	492	5.671	20.147	25.818

Das 33 espécies de mosquitos identificadas, 28 ocorreram em armadilha de Shannon e 29 em armadilha de CDC. Sendo que quatro espécies só ocorreram na armadilha de Shannon e 5 somente em armadilha de CDC, portanto 24 espécies eram comuns nas duas armadilhas.

Comparando separadamente a tribo *Mansoniini*, os meses de capturas com os menores números de indivíduos foram dezembro de 2018, com 1.901 espécimes, abril de 2019 com 3.438 espécimes e outubro de 2018 com 3.900 espécimes, sendo responsáveis, respectivamente, por 4%, 8% e 9% do total de indivíduos da tribo coletados nos oito períodos de amostragens (45.548 espécimes) (Tabela I.3).

Tabela I. 3. Abundância da tribo Mansoniini capturadas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019.

Espécies/Autor	Amostragens e períodos				AA*	AR%	Amostragens e períodos				AA*	AR%				
	2018						2019									
	Mai	Jul	Out	Dez			Abr	Jul	Set	Nov						
	Seco	Seco	Transição	Chuvoso			N	% p	Transição	Seco			Seco	Chuvoso	N	% p
<i>Coquillettidia albicosta</i> (Peryassú, 1908)	1	0	0	1	2	0,01	0	0	0	1	1	0,00				
<i>Coquillettidia albifera</i> (Prado, 1931)	0	0	0	1	1	0,00	0	0	0	0	0	0,00				
<i>Coquillettidia chrysonotum</i> (Peryassú, 1922)	1	13	2	14	30	0,15	0	1	0	1	2	0,01				
<i>Coquillettidia fasciolata</i> (Lynch Arribáizaga, 1891)	4	0	1	18	23	0,11	0	0	0	0	0	0,00				
<i>Coquillettidia juxtamansonia</i> (Chagas, 1907)	1	7	4	5	17	0,08	0	0	1	2	3	0,01				
<i>Coquillettidia lynchi</i> (Shannon, 1931)	4	1	0	1	6	0,03	0	0	1	1	2	0,01				
<i>Coquillettidia nigricans</i> (Coquillett, 1904)	0	5	0	0	5	0,02	0	0	0	0	0	0,00				
<i>Coquillettidia venezuelensis</i> (Theobald, 1912)	1	3	0	4	8	0,04	0	0	1	0	1	0,00				
<i>Mansonia amazonensis</i> (Theobald, 1901)	42	737	611	96	1486	7,35	495	671	1113	1405	3684	14,55				
<i>Mansonia dyari</i> Belkin, Heinemann & Page, 1970	6193	1189	33	35	7450	36,84	24	6	96	0	126	0,50				
<i>Mansonia flaveola</i> (Coquillett, 1906)	1	5	206	132	344	1,70	35	0	1	160	196	0,77				
<i>Mansonia fonsecai</i> (Pinto, 1932)	1	59	281	73	414	2,05	44	174	14	73	305	1,20				
<i>Mansonia humeralis</i> Dyar & Knab, 1916	284	757	107	263	1411	6,98	555	1893	161	2096	4705	18,58				
<i>Mansonia iguassuensis</i> Barbosa, da Silva & Sallum, 2007	37	509	1063	493	2102	10,39	622	1933	2252	1456	6263	24,73				
<i>Mansonia indubitans</i> Dyar & Shannon, 1925	99	448	91	232	870	4,30	159	75	50	90	374	1,48				
<i>Mansonia pessoai</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	1	4	0	1	6	0,03	2	0	0	35	37	0,15				
<i>Mansonia pseudotitillans</i> (Theobald, 1901)	2	18	4	35	59	0,29	61	143	157	441	802	3,17				
<i>Mansonia titillans</i> (Walker, 1848)	211	1781	1051	417	3460	17,11	1195	1147	1752	2448	6542	25,83				
<i>Mansonia wilsoni</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	1106	896	446	80	2528	12,50	246	475	694	868	2283	9,01				
TOTAL	7989	6432	3900	1901	20222	100	3438	6518	6293	9077	25326	100				

*Abundância absoluta; **Abundância relativa

A Análise de Correspondências Canônica, utilizada para analisar as correlações entre as variáveis abióticas (pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar) e as distribuições das espécies de mosquitos na área amostral revelou que somente a temperatura máxima (p-valor=0.0406) foi significativa. Assim sendo, todas as espécies que estão no eixo 1 do gráfico são influenciadas positivamente pela temperatura máxima e todos os táxons no eixo 2 são influenciadas negativamente (Figura I.2).

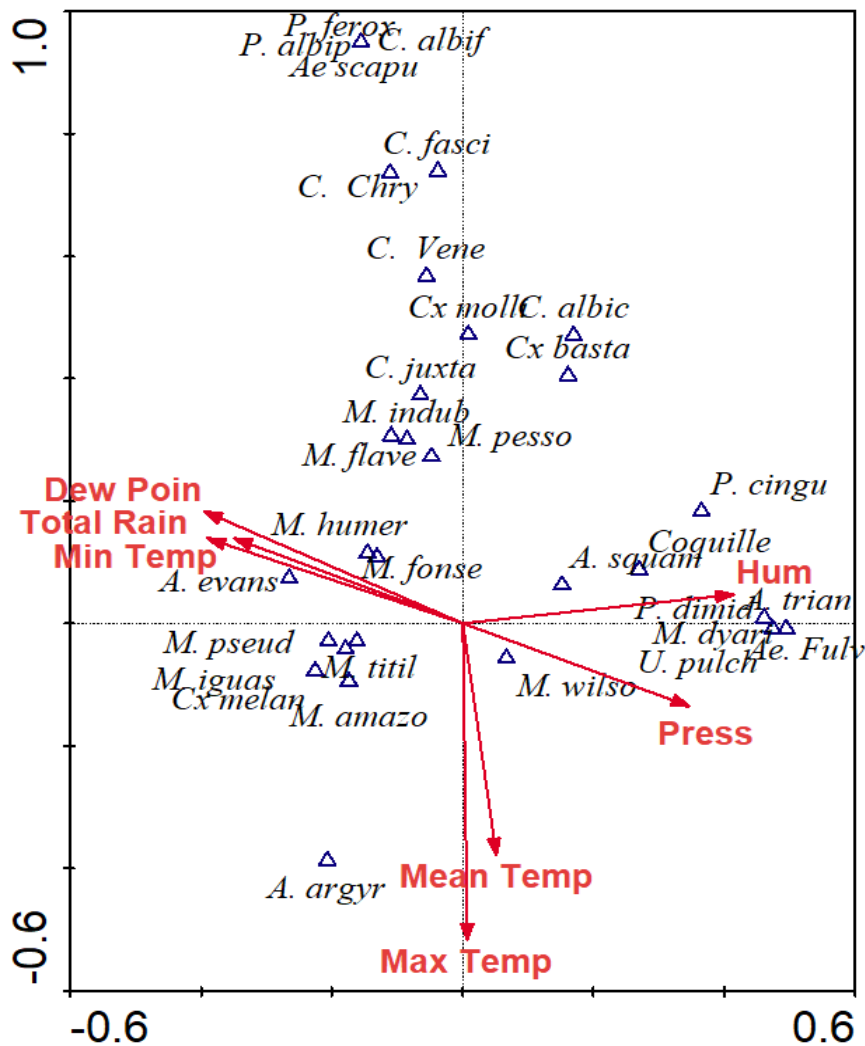


Figura I. 2. Diagrama de ordenação CCA com todas as espécies de mosquitos e as variáveis climáticas realizadas durante os meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019, na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil.

O modelo de regressão que apresentou o melhor ajuste foi a regressão geométrica com R^2 de 58,4% e um p-valor significativo de 0.0272, indicando que existe uma correlação positiva entre a quantidade de chuva acumulada nos dias que precederam as amostragens e o número de espécies encontradas, ou seja, uma maior intensidade de chuvas pode influenciar diretamente na abundância das populações de mosquitos (Figura I.3).

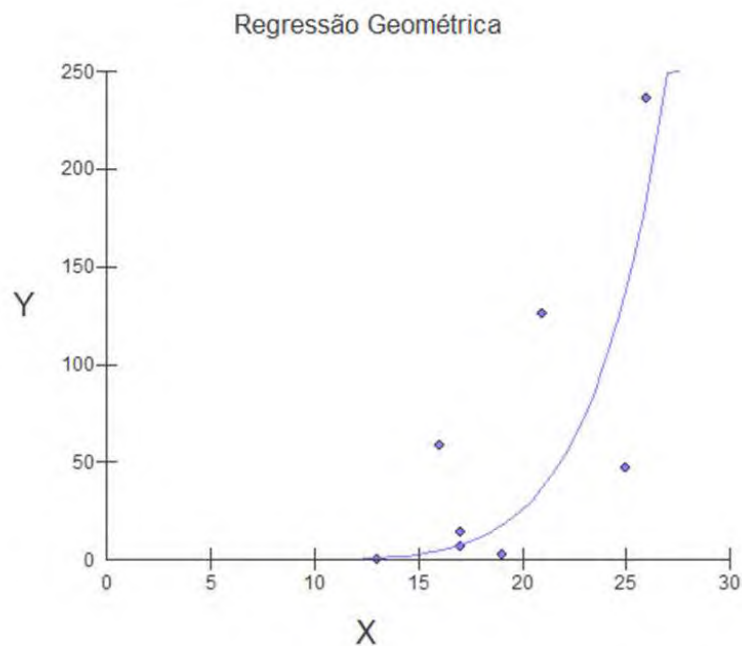


Figura I. 3. Curva de regressão em função da relação entre a riqueza de espécies em cada coleta e a precipitação.

O Coeficiente de correlação de Pearson, explica que a diversidade de *Mansonia* e a diversidade total de Culicidae foram altamente significativas ($p=0.0058$, r de Pearson=0.8668), positiva e forte, sendo mais significativa do que a relação da tribo com a diversidade total (que também foi significativa - $p\text{-valor}=0.0129$ e r de Pearson=0.8194), no entanto, *Coquillettidia* vs. diversidade total de táxons não foi significativa.

O NMDS revelou que as amostragens realizadas na estação chuvosa tiveram maior similaridade entre si, formando um conjunto, enquanto as coletas da estação seca

foram menos similares entre si, mas formaram um segundo grupo, ao passo que a coleta realizada na estação de transição apresentou maior similaridade com as amostragens da estação chuvosa (Figura I.4).

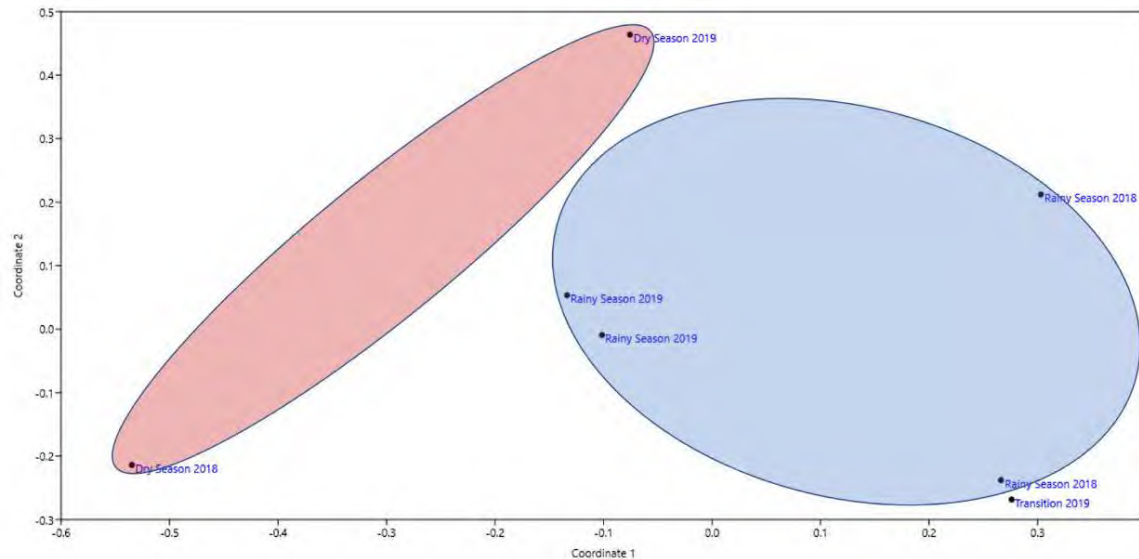


Figura I. 4. Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS) indicando dois grupos distintos formados pelas coletas da estação úmida e da estação seca (Stress=0.1071).

Utilizamos o Índice de Shannon para avaliar a diversidade de espécies encontradas nas armadilhas CDC e Shannon, durante os oito períodos de amostragens, realizados nos meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018, e abril, julho, setembro e novembro de 2019.

As armadilhas apresentaram índices de diversidade muito similares, no entanto a armadilha do tipo CDC demonstrou uma diversidade maior (2.189), que a armadilha de Shannon (2.003), embora a armadilha de Shannon tenha tido um número total de indivíduos coletados, ou abundância, (38.189) maior que a CDC (8.375), (Tabela I.4).

Tabela I. 4. Abundância e Índice de Diversidade de Shannon de adultos de Culicidae capturados nas armadilhas do tipo CDC e Shannon instaladas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil no período de 2018 e 2019.

Espécies/Autor	Armadilhas					
	CDC		Shannon		Total	
	AA*	AR**	AA*	AR**	AA*	AR% **
	N	%p	N	%p	N	%p
<i>Aedeomyia squamipennis</i> (Lynch Arribáizaga, 1878)	155	1,9	7	0,0	162	0,3
<i>Aedes fulvithorax</i> (Lutz, 1904)	1	0,0	0	0,0	1	0,0
<i>Aedes scapularis</i> (Rondani, 1848)	1	0,0	3	0,0	4	0,0
<i>Anopheles argyritarsis</i> Robineau-Desvoidy, 1827	1	0,0	0	0,0	1	0,0
<i>Anopheles evansae</i> (Brèthes, 1926)	0	0,0	1	0,0	1	0,0
<i>Anopheles triannulatus</i> (Neiva & Pinto, 1922)	52	0,6	65	0,2	117	0,3
<i>Coquillettidia albicosta</i> (Peryassú, 1908)	2	0,0	1	0,0	3	0,0
<i>Coquillettidia albifera</i> (Prado, 1931)	1	0,0	0	0,0	1	0,0
<i>Coquillettidia chrysonotum</i> (Peryassú, 1922)	18	0,2	14	0,0	32	0,1
<i>Coquillettidia fasciolata</i> (Lynch Arribáizaga, 1891)	17	0,2	6	0,0	23	0,0
<i>Coquillettidia juxtamansonia</i> (Chagas, 1907)	8	0,1	12	0,0	20	0,0
<i>Coquillettidia lynchi</i> (Shannon, 1931)	1	0,0	7	0,0	8	0,0
<i>Coquillettidia nigricans</i> (Coquillett, 1904)	0	0,0	5	0,0	5	0,0
<i>Coquillettidia venezuelensis</i> (Theobald, 1912)	5	0,1	4	0,0	9	0,0
<i>Culex bastagarius</i> Dyar & Knab, 1906	159	1,9	35	0,1	194	0,4
<i>Culex melanonconion</i>	226	2,7	32	0,1	258	0,6
<i>Culex mollis</i> Dyar & Knab, 1906	141	1,7	78	0,2	219	0,5
<i>Mansonia amazonensis</i> (Theobald, 1901)	1.083	12,9	4.087	10,7	5.170	11,1
<i>Mansonia dyari</i> Belkin, Heinemann & Page, 1970	169	2,0	7.407	19,4	7.576	16,3
<i>Mansonia flaveola</i> (Coquillett, 1906)	309	3,7	231	0,6	540	1,2
<i>Mansonia fonsecai</i> (Pinto, 1932)	136	1,6	583	1,5	719	1,5
<i>Mansonia humeralis</i> Dyar & Knab, 1916	2.570	30,7	3.546	9,3	6.116	13,1
<i>Mansonia iguassuensis</i> Barbosa, da Silva & Sallum, 2007	1.229	14,7	7.136	18,7	8.365	18,0
<i>Mansonia indubitans</i> Dyar & Shannon, 1925	301	3,6	943	2,5	1.244	2,7
<i>Mansonia pessoai</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	8	0,1	35	0,1	43	0,1
<i>Mansonia pseudotitillans</i> (Theobald, 1901)	107	1,3	754	2,0	861	1,8
<i>Mansonia titillans</i> (Walker, 1848)	1.348	16,1	8.654	22,7	10.002	21,5
<i>Mansonia wilsoni</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	282	3,4	4.529	11,9	4.811	10,3
<i>Psorophora albipes</i> (Theobald, 1907)	9	0,1	0	0,0	9	0,0
<i>Psorophora cingulata</i> (Fabricius, 1805)	0	0,0	11	0,0	11	0,0
<i>Psorophora dimidiata</i> Cerqueira de 1943	1	0,0	2	0,0	3	0,0
<i>Psorophora ferox</i> (Humboldt, 1819)	0	0,0	1	0,0	1	0,0
<i>Uranotaenia pulcherrima</i> Lynch Arribáizaga, 1891	35	0,4	0	0,0	35	0,1
TOTAL	8.375	100,0	38.189	100,0	46.564	100,0
ÍNDICE DE SHANNON	2.189	-	2.003	-	-	-

*Abundância absoluta; **Abundância relativa

Quando o índice de Shannon é realizado separadamente para a tribo Mansoniini, a armadilha do tipo Shannon demonstra uma diversidade maior (1.967), que a armadilha luminosa de CDC (1.895). (Tabela I.5).

Tabela I. 5. Abundância e Índice de Diversidade de Shannon da tribo Mansoniini capturada nas armadilhas do tipo CDC e Shannon instaladas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil no período de 2018 e 2019.

Espécies/Autor	Armadilhas					
	CDC		Shannon		TOTAL	
	AA*	AR**	AA*	AR**	AA*	AR**
	N	%p	N	%p	N	%p
<i>Coquillettidia albicosta</i> (Peryassú, 1908)	2	0,0	1	0,0	3	0,0
<i>Coquillettidia albifera</i> (Prado, 1931)	1	0,0	0	0,0	1	0,0
<i>Coquillettidia chrysonotum</i> (Peryassú, 1922)	18	0,2	14	0,0	32	0,1
<i>Coquillettidia fasciolata</i> (Lynch Arribáizaga, 1891)	17	0,2	6	0,0	23	0,1
<i>Coquillettidia juxtamansonia</i> (Chagas, 1907)	8	0,1	12	0,0	20	0,0
<i>Coquillettidia lynchi</i> (Shannon, 1931)	1	0,0	7	0,0	8	0,0
<i>Coquillettidia nigricans</i> (Coquillett, 1904)	0	0,0	5	0,0	5	0,0
<i>Coquillettidia venezuelensis</i> (Theobald, 1912)	5	0,1	4	0,0	9	0,0
<i>Mansonia amazonensis</i> (Theobald, 1901)	1083	14,3	4087	10,8	5170	11,4
<i>Mansonia dyari</i> Belkin, Heinemann & Page, 1970	169	2,2	7407	19,5	7576	16,6
<i>Mansonia flaveola</i> (Coquillett, 1906)	309	4,1	231	0,6	540	1,2
<i>Mansonia fonsecai</i> (Pinto, 1932)	136	1,8	583	1,5	719	1,6
<i>Mansonia humeralis</i> Dyar & Knab, 1916	2570	33,8	3546	9,3	6116	13,4
<i>Mansonia iguassuensis</i> Barbosa, da Silva & Sallum, 2007	1229	16,2	7136	18,8	8365	18,4
<i>Mansonia indubitans</i> Dyar & Shannon, 1925	301	4,0	943	2,5	1244	2,7
<i>Mansonia pessoai</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	8	0,1	35	0,1	43	0,1
<i>Mansonia pseudotitillans</i> (Theobald, 1901)	107	1,4	754	2,0	861	1,9
<i>Mansonia titillans</i> (Walker, 1848)	1348	17,8	8654	22,8	10002	22,0
<i>Mansonia wilsoni</i> (Barreto & Coutinho, 1944)	282	3,7	4529	11,9	4811	10,6
TOTAL	7594	100	37954	100	45548	100
ÍNDICE DE SHANNON	1.895	-	1.967	-	-	-

*Abundância absoluta; **Abundância relativa

Em destaque, todas as espécies da tribo Mansoniini foram encontradas em ambas as armadilhas, com exceção de *Coquillettidia albifera* encontrada apenas na armadilha

luminosa CDC e *Coquillettidia nigricans* (Coquillett, 1904) encontrada somente na armadilha de Shannon.

O maior índice de Diversidade de Shannon para tribo Mansoniini foi observado no mês de dezembro de 2018 (1,990) considerado período chuvoso em Rondônia. O mês que apresentou a menor diversidade foi maio de 2018 (0,816) considerado período seco. Os meses de julho de 2018 (seco), novembro de 2019 (chuvoso), outubro de 2018 (seco) e abril de 2019 (transição), respectivamente, também apresentaram Índices de Diversidade mais altos que os demais (Tabela I.6).

Tabela I. 6. Índice de Diversidade de Shannon e Índice de Simpson de adultos de Culicidae capturadas em áreas de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 e 2019.

Ano	Campanhas	Período	Índice de Shannon		Índice de Simpson		
			Outros Culicidae	Tribo Mansoniini	Outros Culicidae	Tribo Mansoniini	
2018	1	Maio	Seco	0,19070	0,81680	0,21863	0,62225
	2	Julho	Seco	0,00745	1,92783	0,38889	0,16844
	3	Outubro	Transição	0,04516	1,83132	0,42889	0,19389
	4	Dezembro	Chuvoso	0,29976	1,99001	0,40731	0,16086
2019	5	Abril	Transição	0,09839	1,77767	0,43781	0,20823
	6	Julho	Seco	0,01458	1,68841	0,64286	0,22050
	7	Setembro	Seco	0,00898	1,57986	0,30612	0,25059
	8	Novembro	Chuvoso	0,13207	1,79041	0,00084	0,17222

Os menores índices foram observados nos meses de maio 2018, setembro 2019 e julho de 2019, meses dentro do período de seco. Foi observado que o mês que apresentou o maior índice de Simpson e por conseguinte a menor diversidade foi o mês de maio 2018 (0,622). O mês que apresentou o menor índice de Simpson e consequentemente a maior diversidade foi dezembro de 2018 (0,160). Esses achados estão em concordância com os achados encontrados pelo índice de Shannon (Tabela I.6).

DISCUSSÃO

Doenças infecciosas cujos agentes são transmitidos por vetores, como por exemplo, as leishmanioses, tendo flebotomíneos como vetores da leishmania, as arboviroses (dengue, encefalites, febre amarela, febre do Nilo Ocidental) e a filariose bancroftiana, com mosquitos atuando na transmissão de seus agentes, são sensíveis a mudanças de temperatura e exposição a condições extremas (GALATI *et al.*, 2015).

Pela análise CCA constatamos que a variável temperatura máxima foi significativa e influenciou na abundância das populações dos mosquitos na área de estudo, enquanto o NMDS demonstrou que as amostragens realizadas na estação chuvosa e na estação seca, gerava dois grupos diferenciados. MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA (2017) discorrem que em algumas regiões brasileiras ocorrem alternâncias entre as particularidades de clima tropical e temperado. GUIMARÃES & ARLÉ (1984) relatam que as mudanças de temperatura e umidade relativa do ar são determinantes na abundância de mosquitos e que esses podem chegar a dissipar, completamente durante o período seco do ano. GUIMARÃES & ARLÉ (1984) e BATES (1949) afirmam que determinadas espécies de mosquitos aumentam proporcionalmente com o regime regional de chuvas.

Foi constatado no período de estudo que há relação entre a riqueza de espécies durante cada amostragem, com a precipitação acumulada do início da captura e conjunto de dados, foi observado que a regressão geométrica indicou que existe uma correlação positiva entre a quantidade de chuva acumulada nos dias que precederam as capturas e o número de espécies encontradas. GUIMARÃES *et al.* (2000c) relataram que, de forma holística, as variáveis climáticas influenciaram diretamente na abundância de *Cq. chrysonotum* e *Cq. venezuelensis* e os meses mais quentes, úmidos e de maiores precipitações favoreceram a ocorrência dos culicídeos sob as condições observadas no Parque Estadual da Serra do Mar.

Sob o mesmo ponto de vista, as alterações ambientais além das climáticas podem ter como consequência a modificação do comportamento de insetos vetores e subsequentemente o mecanismo de transmissão de parasitoses, tendendo à formação de novos ciclos de transmissão de doenças no peri e intradomicílio. O entendimento da relação entre o homem e o ambiente torna-se cada vez mais importante, levando-se em conta que alterações climáticas que acarretam mudança na distribuição epidemiológica

de doenças, como a dengue por exemplo, principalmente em áreas indenes, assim como o aumento desta enfermidade em áreas onde é endêmica (BARCELLOS *et al.*, 2009).

Observamos no presente estudo que a influência da ação exercida pelo período chuvoso ou pela estrutura holística do meio como um todo, favoreceram diretamente na abundância e diversidade da tribo *Mansoniini*. O regime de chuvas influencia diretamente o desenvolvimento de imaturos, justificando a maior ocorrência nos períodos mais quentes, úmidos e de maior pluviosidade (TEODORO *et al.*, 1994; CASANOVA & DO PRADO, 2002). Segundo RICHARDSON (1999), ecossistemas estáveis, como florestas, contêm uma grande diversidade de espécies. A diversidade tende a ser reduzida em comunidades bióticas que sofrem estresse.

Os estudos laboratoriais sobre a dinâmica populacional de insetos são de grande importância, de certo modo permitem uma simulação de aspectos ambientais de maneira controlada. No entanto, estudos em áreas naturais igualmente apresentam relevância por permitirem uma análise direta de como aspectos ambientais influenciam na escolha de criadouros por fêmeas para realização de oviposição, o comportamento hematofágico, ou a distribuição de espécies ao longo de um gradiente de vegetação (GUIMARÃES *et al.*, 2000a; GUIMARÃES *et al.*, 2000b; GUIMARÃES *et al.*, 2000c).

Observamos que ao longo do período experimental do presente estudo a utilização da armadilha luminosa de Shannon revelou um método eficiente para capturas das espécies de mosquitos da tribo *Mansoniini*. ALENCAR *et al.* (2012) relataram que usando armadilhas luminosas de CDC e Shannon como métodos de amostragem, padrão de riqueza de espécies para mosquitos de diferentes pontos de captura foi fortemente influenciado pela predominância de *Coquillettidia fasciolata* (Lynch Arribáizaga, 1891). Em contraste com os resultados de ALENCAR *et al.* (2012), onde a maior densidade populacional de mosquitos foi capturada com as armadilhas de CDC, observamos que no presente estudo, apesar da utilização de um grande número de armadilha de CDC, essas, não demonstraram eficiência na captura dos espécimes da tribo *Mansoniini*. No entanto, (ALENCAR *et al.*, 2020) realizaram um estudo sobre a diversidade faunística em um remanescente de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro e observaram maior abundância de *Coquillettidia chrysonotum* (Peryassú, 1922) e *Cq. venezuelensis* coletadas com o auxílio de armadilhas luminosas de Shannon, enquanto que a captura de *Ma. titillans* com armadilhas CDC e Shannon foram muito semelhantes.

Os resultados do presente estudo revelaram uma alta similaridade faunística ao longo do ano, indicando que, apesar da abundância populacional flutuar em resposta à variação da precipitação, a composição faunística apresentou alta similaridade temporal e ocorreu uma menor variabilidade da fauna na estação seca, quando comparada aos demais períodos do ano. Portanto, os dados analisados mostraram que, apesar de a sazonalidade ambiental não ter afetado de forma generalizada a variação temporal da composição faunística, foi possível detectar o seu efeito parcial sobre a fauna.

GUIMARÃES *et al.* (2001) relatam que os picos de incidência de mosquitos nos meses mais quentes, úmidos e chuvosos, e a permanência entre os limites de tolerância na maior parte do ano indicam a sensibilidade de algumas espécies ao clima local.

Em síntese de uma maneira geral, a forte abundância e diversidade de espécies de mosquitos da tribo *Mansoniini* na presente área experimental foi influenciada devido à manutenção favorável de criadouros, incluindo certas coleções de água apresentando vegetação emergente que é constante ao longo do ano, e a estação chuvosa bem definida na região foram determinantes na representatividade de espécimes. Adicionalmente, os representantes da tribo *Mansoniini*, onde a proliferação é favorecida pela presença de criadouros com a presença das macrófitas, tornam-se numerosos, sobrepondo-se às demais espécies (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994).

Além do conhecimento sobre os aspectos ecológicos e biológicos das populações de mosquitos, pesquisas realizadas em áreas silvestres também proporcionam informações sobre a relação entre a diversidade de espécies e a área as quais são encontradas considerando que insetos silvestres podem vir a se tornar potenciais vetores de doenças, e fornecem subsídios para a compreensão de relevantes aspectos epidemiológicos. Esses estudos facilitam a identificação, o acompanhamento e o controle desses mosquitos em relação às alterações ambientais causadas pela ação direta humana, que poderão ou não culminar em grandes epidemias (GUIMARÃES *et al.*, 2000c).

É possível afirmar que existe uma heterogeneidade entre a fauna de tribo *Mansoniini* e os meses com a maior precipitação tem influência direta na estrutura das comunidades e contribuem para o aumento da diversidade e abundância, possivelmente devido às variações na oferta de habitat para os imaturos.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J.; DE MELLO, C. F.; RODRÍGUEZ-PLANES, L.; DOS SANTOS SILVA, J.; GIL-SANTANA, H. R.; BASTOS, A. Q.; ALBUQUERQUE, H. G.; RODRIGUES, W. C.; GUIMARÃES, A. É. Ecosystem diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a remnant of Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, Brazil. **Austral Entomology**, v. 60, n. 1, p. 244-256, 2020. doi: 10.1111/aen.12508. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aen.12508>.

ALENCAR, J.; DE MELLO, V. S.; SERRA-FREIRE, N. M.; SILVA JDOS, S.; MORONE, F.; GUIMARAES, A. E. Evaluation of mosquito (Diptera: Culicidae) species richness using two sampling methods in the hydroelectric reservoir of Simplicio, Minas Gerais, Brazil. **Zoological Science**, v. 29, n. 4, p. 218-222, 2012. doi: 10.2108/zsj.29.218. Disponível em: <https://doi.org/10.2108/zsj.29.218>.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Séries Históricas de Estações**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ASSUMPÇÃO, I. C. **Chave de identificação pictórica para o subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) da região neotropical**. 2009. 41 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/31613>.

BARBOSA, A. A. **Revisão do subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) e estudo filogenético de *Mansoniini***. 2007. 158 p. Doutorado (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/12718>.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BATES, M. **The natural history of mosquitoes**. New York: The Macmillan Company, 1949. 378 p.

CANNOCO. **Software for multivariate data analysis and visualization**. Versão 4.56. SI Web of Knowledge - Petr & Majka Smilauer, 1998.

CASANOVA, C.; DO PRADO, A. P. Key-factor analysis of immature stages of *Aedes scapularis* (Diptera: Culicidae) populations in southeastern Brazil. **Bulletin of**

Entomological Research, v. 92, n. 4, p. 271-277, 2002. doi: 10.1079/BER2002178. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/BER2002178>.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 228 p.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia**. São Paulo: EDUSP, 2002. 860 p.

GALATI, E. A. B.; TAMARA, N. d. L.; NATAL, D.; CHIARAVALLLOTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. **Revista USP**, v. n. 107, p. 79-90, 2015. doi: 10.11606/issn.2316-9036.v0i107p79-90. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i107p79-90>.

GUIMARÃES, A. É.; ARLÉ, M. Mosquitos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, estado do Rio de Janeiro, Brasil: I-distribuição estacional. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 79, p. 309-323, 1984. doi: 10.1590/S0074-02761984000300004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761984000300004>.

GUIMARÃES, A. É.; GENTILE, C.; CATARINA M, L.; SANT'ANNA, A. Ecologia de mosquitos em áreas do Parque Nacional da Serra da Bocaina: II--Frequência mensal e fatores climáticos. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, n. 4, p. 392-399, 2001. doi: 10.1590/S0034-89102001000400010 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102001000400010>.

GUIMARÃES, A. É.; GENTILE, C.; LOPES, C. M.; MELLO, R. P. d. Ecology of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in areas of Serra do Mar State Park, State of São Paulo, Brazil. III-daily biting rhythms and lunar cycle influence. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 6, p. 753-760, 2000a. doi: 10.1590/S0074-02762000000600002 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762000000600002>.

GUIMARÃES, A. É.; GENTILE, C.; LOPES, C. M.; SANT'ANNA, A.; JOVITA, A. M. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em áreas do Parque Nacional da Serra da Bocaina, Brasil. I-Distribuição por habitat. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 3, p. 243-250, 2000b. doi: 10.1590/S0034-89102000000300006 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102000000300006>.

GUIMARÃES, A. É.; MELLO, R. P. d.; LOPES, C. M.; GENTILE, C. Ecology of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in areas of Serra do Mar State Park, State of São Paulo, Brazil. I-monthly frequency and climatic factors. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 1, p. 01-16, 2000c. doi: 10.1590/S0074-02762000000100001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762000000100001>.

HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2020

KECK, M. E. Planaflores in Rondônia: the limits of leverage. *In*: FOX, J. A.; BROWN, L. D., *et al* (Ed.). **The struggle for accountability: the World Bank, NGOs, and grassroots movements**. : MIT Press, 1998. p. 181-218.

KOEPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. del Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

MCCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities MjM software**. USA: MjM Software Design, 2002. 300 p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Brasil: Oficina de Textos, 2017. 208 p.

REINERT, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). **European Mosquito Bulletin**, v. 27, p. 68-76, 2009.

RICHARDSON, B. A. The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a Neotropical forest. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 321-336, 1999. doi: 10.1111/j.1744-7429.1999.tb00144.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00144.x>.

SOUZA, E. B. d.; LOPES, M. N. G.; DA ROCHA, E. J. P.; SOUZA, J. R. S.; CUNHA, A. C. d.; SILVA, R. R. d.; FERREIRA, D.; SANTOS, D. M.; CARMO, A.; SOUSA, J. R. A. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: Observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009. doi: 10.1590/S0102-77862009000200001 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000200001>.

TEODORO, U.; GUILHERME, A. L. F.; LOZOVEI, A. L.; LA SALVIA FILHO, V.; SAMPAIO, A. A.; SPINOSA, R. P.; FERREIRA, M. E. M. C.; BARBOSA, O. C.; LIMA, E. M. d. Mosquitos de ambientes peri e extradomiciliares na região sul do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, n. 2, p. 107-115, 1994. doi: 10.1590/S0034-

89101994000200003 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101994000200003>.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Brasil: Artmed, 2010. 575 p.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA INFESTAÇÃO DE *MANSONIA* SPP. (DIPTERA: CULICIDAE) EM PLANTAS AQUÁTICAS NOS AMBIENTES LÊNTICOS E LÓTICOS DA BACIA DO RIO MADEIRA, EM PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

(Artigo publicado no Journal of the American Mosquito Control Association)

Resumo

As fêmeas de *Mansonia* são hematófagas vorazes. As larvas e pupas possuem o aparato espiracular adaptado para perfurar a vegetação aquática submersa, de cujos parênquimas aeríferos retiram o oxigênio necessário para respiração. A proliferação de plantas aquáticas, em alguns casos ligadas a modificações antrópicas, ocorre devido a redução do fluxo de água e/ou aumento de matéria orgânica, e podem, portanto, contribuir para a propagação desses mosquitos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a presença de imaturos de espécies de *Mansonia* em diferentes plantas aquáticas da bacia do rio Madeira em 10 ambientes lênticos e lóticos e correlacionar os fatores abióticos, como pH da água, O₂ dissolvido, condutividade e temperatura com a densidade populacional desses mosquitos. O período de amostragem foi de 29 meses - fevereiro de 2016 a junho 2018, durante o qual foram coletados 31.287 espécimes pertencentes ao gênero *Mansonia*. Das 12 espécies de macrófitas inspecionadas, *Eichhornia crassipes* representou 70,1% das amostras. Os ambientes lênticos representaram 58,9% das amostras e os ambientes lóticos 41,1%. Os imaturos foram mais comumente encontrados em *Eichhornia crassipes*, esta planta respondeu por uma média de 96,2% de todos os espécimes, com um percentual que varia entre 58,2% e 77,1% nos diferentes criadouros. Na Foz do Igarapé Jirau observamos uma distribuição diversa, comparando as diferentes espécies de plantas: 83,3% das larvas foram encontradas em *Eichhornia crassipes*, 9,2% em *Ceratopteris pteridoides*, 3,6% em *E. azurea*, 2,0% em *Salvinia* sp. E 1,9% em *Pistia* sp. A maior riqueza foi encontrada no Iguapé do Raul. Em relação à larva/planta, embora menos frequente, *E. azurea* apresentou maior densidade larval. É importante enfatizar que este achado pode indicar uma possível seleção para esta planta. A oviposição por *Mansonia* spp. foi mais abundante em áreas amostrais com *Eichhornia crassipes* e *Pistia* sp. O número de espécimes coletados foi positivamente correlacionado com temperatura, pH e condutividade. Essas correlações mostraram um aumento acentuado na estação chuvosa.

Portanto, fomos capazes de estabelecer parâmetros preliminares de como as mudanças ambientais influenciam a ecologia deste importante gênero de mosquitos, cujas espécies são vetores críticos de doenças.

Palavras-chave: Fatores abióticos, macrófitas, rio Madeira, *Mansonia*, mosquitos

Abstract

The females of *Mansonia* are voraciously hematophagous. The spiracular apparatus of the immature, larval, and pupal forms is adapted to perforate submerged aquatic vegetation, from whose aeriferous aerenchyma they obtain the oxygen necessary for breathing. The proliferation of aquatic plants, in some cases linked to anthropic modifications that reduce water flow and/or increase organic matter content, may therefore contribute to the spread of these mosquitoes. This study aims to assess the presence of immature individuals of *Mansonia* in different aquatic plants of the Madeira River basin in 10 lentic and lotic environments and correlate their population density with abiotic factors such as water pH, dissolved O₂, conductivity, and temperature. The sampling lasted from February 2016 to June 2018, a 29-month period during which 31,287 specimens belonging to the genus *Mansonia* were captured. Of the 12 species of macrophytes inspected, *Eichhornia crassipes* made up 70.1% of the samples. Lentic environments accounted for 58.9% of the samples and lotic environments for 41.1%. Immature individuals were most commonly found on *Eichhornia crassipes*, with this plant accounting for an average of 96.2% of all individuals, with a percentage ranging between 58.2% and 77.1% in different breeding areas. Only at the Foz do Igarapé Jirau site was a different distribution observed, with the number of aquatic plants more nearly equal: 83.3% of the larvae were found in *Eichhornia crassipes*, 9.2% in *Ceratopteris pteridoides*, 3.6% in *E. azurea*, 2.0% in *Salvinia* sp., and 1.9% in *Pistia* sp. The greatest richness was found in Iguapé do Raul. Concerning the larval/plant relationship, although less frequent, *E. azurea* had a higher larval density of *Mansonia* spp. It is important to emphasize that this finding may indicate a possible selection for this plant. Egg deposition by *Mansonia* spp. was more abundant in sample areas with *Eichhornia crassipes* and *Pistia* sp. The number of specimens collected was positively correlated with temperature, pH, and conductivity. These correlations showed a marked increase in the rainy season. Therefore, we were able to establish preliminary parameters of how environmental changes influence the ecology of this important genus of mosquitoes, the species of which are critical disease vectors.

Key words: Abiotic factors, macrophytes, Madeira River, *Mansonia*, mosquitoes

INTRODUÇÃO

Mansonia Blanchard compreende dois subgêneros: *Mansonioides* Theobald, que possui 10 espécies distribuídas na Ásia e duas na África (Ronderos e Bachmann 1963), e o subgênero nominotípico (*Mansonia*), que inclui 15 espécies principalmente com distribuição neotropical (GUIMARÃES, 1997; FORATTINI, 2002; BARBOSA, 2007; HARBACH, 2021), sendo, 12 delas com ocorrência registrada no Brasil.

As fêmeas de *Mansonia* spp. são hematófagas vorazes. As formas imaturas ativas possuem o aparato espiracular adaptado para perfurar a vegetação submersa e obter oxigênio a partir desses tecidos, fixando-se em plantas aquáticas, de cujos parênquimas aeríferos retiram o oxigênio necessário para respiração (HARBACH, 2021). VAN DEN ASSEM (1958) levantaram a hipótese de que esse comportamento entre os estágios imaturos de *Mansonia* spp. de perfurar tecidos vegetais submersos, especialmente o tecido da raiz de plantas flutuantes (*Eichhornia*, *Pistia*, *Salvinia*, *Typha* e gramíneas), surgiu como uma estratégia de sobrevivência evolutiva contra ataques de peixes, insetos aquáticos e outros animais aquáticos.

A proliferação de plantas aquáticas, às vezes está ligada à redução do fluxo de água e / ou aumento do conteúdo de matéria orgânica (eutrofização), muitas vezes devido às atividades humanas que podem contribuir para a disseminação desses mosquitos, que embora, sejam essencialmente espécies florestais, podem se instalar nos arredores e centros habitados, desde que existam condições favoráveis representadas por adequados locais de criação (FORATTINI, 2002).

Os habitats de reprodução são tipicamente ricos em nutrientes e consistem em coleções líquidas de porte médio ou grande de água parada ou pouco movimentada. Isso inclui remansos de rios e lagos em que a superfície da água está parcial ou totalmente coberta por plantas (FORATTINI, 2002). Esses processos fornecem informações sobre a dinâmica populacional, estrutura da comunidade e função do ecossistema, permitindo-nos explorar os efeitos de fatores ambientais e interações interespecíficas, tornando possível determinar, por exemplo, se a população persistirá em um determinado habitat (TIBÉRIO, 2021).

Este estudo teve como objetivo avaliar as infestações de larvas de *Mansonia* spp. em plantas aquáticas nos ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Madeira próximo à Usina Hidrelétrica Jirau (UHE Jirau), em Rondônia, Brasil. Também buscou estabelecer

parâmetros para a análise das mudanças ambientais que influenciam a ecologia desse importante grupo de insetos vetores, que inclui numerosos táxons que utilizam ambientes lênticos (aqui o reservatório da barragem) como habitats de desenvolvimento.

As espécies de *Mansonia* não são reconhecidas como vetoras de patógenos endêmicos no Brasil. No entanto, são verdadeiras pragas, que dificultam a vida humana e pecuária em certas regiões. Algumas espécies tem sido encontradas naturalmente infectadas com diferentes vírus, por exemplo, *Ma. pseudotitillans* (Theobald) foi encontrado infectada com o vírus da encefalite de Saint Louis (Segura e Castro 2007), e *Ma. titillans* (Walker) com vírus da encefalite venezuelana e arbovírus de doenças febris (HERVÉ *et al.*, 1986; CONSOLI & OLIVEIRA, 1994).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em um trecho de 105,7 km do rio Madeira (79 km em linha reta), no estado de Rondônia, área sob a influência do reservatório da UHE Jirau, com oito pontos de amostragem a montante da barragem e dois a jusante. A vegetação predominante na área de amostra é classificada como floresta ombrófila dividida em terras baixas, submontana, e sendo ainda categorizada como floresta de terra firme (IBGE, 2012). O clima da região é classificado como tropical úmido hipertérmico (COCHRANE & COCHRANE, 2010), com temperaturas médias anuais mínimas variando entre 20°C e 22°C e temperaturas máximas entre 31°C e 33°C, umidade relativa do ar entre 85% e 90%, e precipitação média entre 2.000 mm e 2.200 mm (SOMBROEK, 2001). O relevo da região é plano, com altitudes que variam de 100 m a 300 m acima do nível do mar.

Os rios amazônicos são comumente divididos em águas claras, brancas e escuras, dependendo do tipo de sedimento e / ou matéria orgânica que carregam. Os rios de águas brancas drenam regiões geologicamente jovens (por exemplo, os Andes) e são ricos em sedimentos. Rios de águas claras originam-se em regiões geológicas mais antigas (Brasil central e Guianas). Os rios de águas pretas são originados em regiões planas, antigas e com solos arenosos, cobertos por vegetação do tipo campina (SIOLI & KLINGE, 1965).

Pontos de amostragem

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018, com base em um levantamento de criadouros potenciais para *Mansonia* spp. na área do reservatório da UHE Jirau. Foram selecionados 10 pontos, conforme segue: ponto 1: Foz do Rio Jaci ($9^{\circ}12'49.9''\text{S}$ $64^{\circ}24'06.0''\text{O}$); ponto 2: Igarapé Flórída ($9^{\circ}07'55.9''\text{S}$ $64^{\circ}31'46.5''\text{O}$); ponto 3: Igarapé do Raul, ($9^{\circ}15'14.4''\text{S}$ $64^{\circ}42'16.1''\text{O}$); ponto 4: Casa da Colina ($9^{\circ}15'55.3''\text{S}$ $64^{\circ}40'16.6''\text{O}$); ponto 5: Base da Barragem, ($9^{\circ}16'58.1''\text{S}$ $64^{\circ}38'09.4''\text{O}$); ponto 6: Foz do Igarapé Jirau ($9^{\circ}22'47.2''\text{S}$ $64^{\circ}45'30.0''\text{O}$); ponto 7: Caiçara / Primavera ($9^{\circ}24'11.8''\text{S}$ $64^{\circ}49'14.6''\text{O}$); ponto 8: Igarapé Caiçara ($9^{\circ}32'52.4''\text{S}$ $64^{\circ}50'25.8''\text{O}$); ponto 9: Bolsão Mutum ($9^{\circ}35'51.5''\text{S}$ $64^{\circ}55'55.1''\text{O}$); e ponto 10: Igarapé São Lourenço ($9^{\circ}33'52.5''\text{S}$ $65^{\circ}01'23.1''\text{O}$) (Figura II.1).

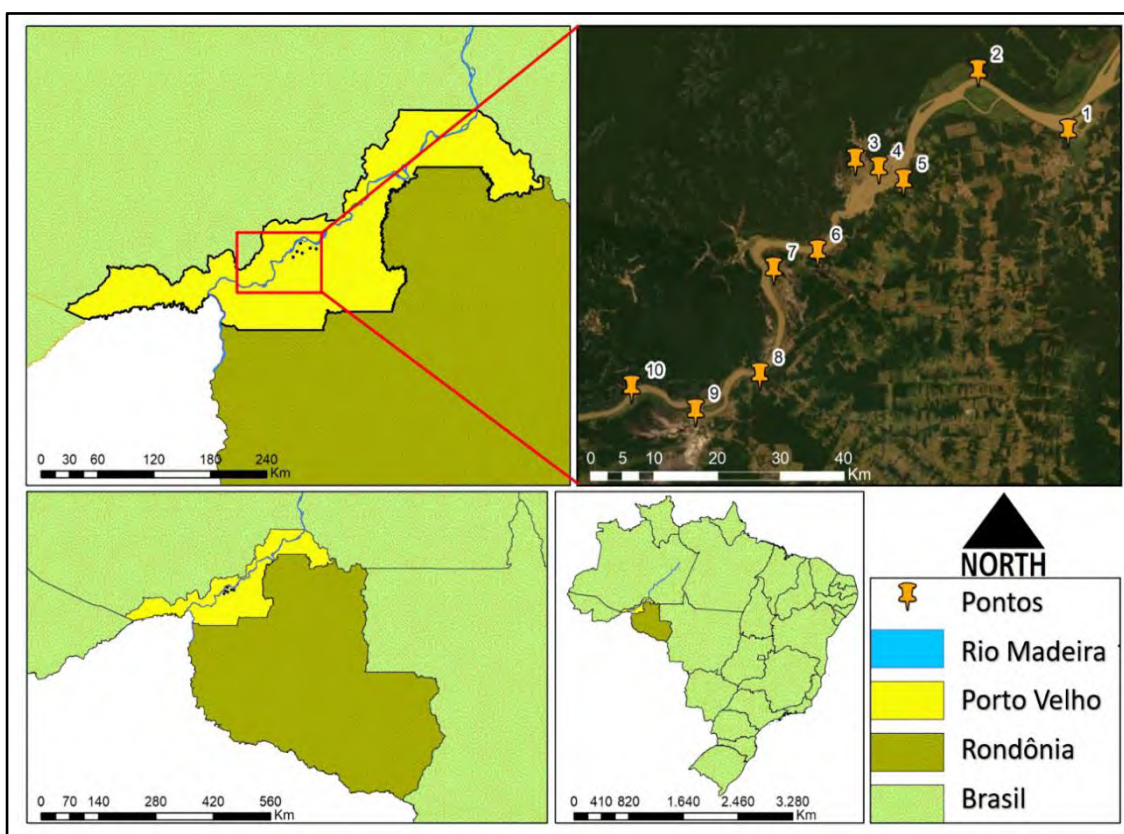


Figura II. 1. Pontos amostrais localizados em áreas de influência da Usina Hidrelétrica Jirau, próximos às margens do Rio Madeira sob a influência do Bioma Amazônia, estado de Rondônia, Brasil. Foz do Rio Jaci, ponto 1; Igarapé Flórída, ponto 2; Igarapé do Raul, ponto 3; Casa da Colina, ponto 4; Base da Barragem, ponto 5; Foz do Igarapé Jirau, ponto 6; Caiçara / Primavera, ponto 7; Igarapé Caiçara, ponto 8; Bolsão Mutum, ponto 9; Igarapé São Lourenço, ponto 10.

Em cada ponto havia uma alta concentração de vegetação aquática pertencente às seguintes espécies de plantas: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, 1983, *E. azurea* (Sw.) Kunth, 1788, *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron, 1905 *Pistia* sp., *Salvinia* sp. e *Paspalum* sp.

A amostragem foi realizada entre 9:00h e 17:00h e o esforço amostral foi de 29 coletas. Cada área amostral apresentava sete pontos de lavagem das macrófitas, sendo padronizados quinze minutos de esforço amostral em cada ponto de coleta, totalizando cento e cinco minutos (1:45hs) por cada área amostral. Essa metodologia foi seguida em todos os 10 locais de amostragem, consumindo um esforço amostral de dezessete horas e trinta minutos para cada coleta, totalizando quinhentos e sete horas e trinta minutos. As coletas de larvas foram realizadas de acordo com a metodologia de FERREIRA (1999), os locais foram selecionados aleatoriamente, as plantas foram retiradas manualmente, quantificadas e separadas de acordo com a espécie, as quais foram colocadas em um recipiente branco de 25 litros (54 cm x 33,5 cm x 19 cm) para serem lavadas com água. Posteriormente, a água foi filtrada com uma rede em forma de cone (BioQuip) para coletar as larvas destacadas das raízes. As amostras foram então levadas ao laboratório para posterior identificação. As coletas de mosquitos foram autorizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), nº. 26805-2.

A identificação dos espécimes ao nível de gênero foi realizada a partir da observação direta dos caracteres morfológicos observados ao estereomicroscópio (Zeiss) e consulta das respectivas descrições/diagnoses do gênero por meio de chaves dicotômicas elaboradas por (LANE, 1953; CONSOLI & OLIVEIRA, 1994; FORATTINI, 2002; BARBOSA, 2007). Posteriormente, os espécimes foram incorporados à Coleção Entomológica da Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

Análise estatística

O teste de Kruskal-Wallis, com um nível de significância de 5%, foi usado para testar as diferenças significativas entre as larvas de mosquito capturadas e as diferentes espécies de macrófitas nos 10 locais de coleta. Em seguida foi utilizado o pós-teste de comparações múltiplas de Dunn. Ambas as análises foram realizadas usando o software SPSS Statistics (IBM, 2015) Version 23 e Past (HAMMER *et al.*, 2001) versão 4.5.

O teste X^2 (qui-quadrado) foi utilizado para verificar se havia associação entre larvas de *Mansonia* e espécies de plantas. Além disso, foi calculado o erro padrão da relação de associação.

Os gráficos das curvas da população de mosquitos foram estabelecidos usando as médias de Williams (médias geométricas) (WILLIAMS, 1937; HADDOW, 1960) sendo seus intervalos de confiança de 95%. Observamos a frequência mensal dos imaturos em cada uma das localidades analisadas e comparamos períodos de menor abundância populacional. Para verificar possíveis diferenças nas métricas de qualidade da água, foi utilizado o teste t. A influência dos fatores climáticos (pH da água, O₂ dissolvido, condutividade e temperatura) na densidade populacional de mosquitos foi analisada com o coeficiente de correlação de Spearman, com um nível de confiança de 95% e 99%, usando SPSS Statistics (IBM, 2015) Versão 23.

RESULTADOS

Durante o período de amostragem, 31.013 larvas de *Mansonia* spp. foram coletadas em 10 locais de amostragem, quatro dos quais estavam em ambientes lóticos e seis em ambientes lênticos. Embora em menor número, os ambientes lóticos apresentaram 58,9% dos imaturos coletados, com a maior abundância de larvas encontrada no sítio Igarapé Flórida (28,3%) e a menor na Casa da Colina (1,3%). O teste X^2 não mostrou igualdade de proporções com base em determinadas probabilidades, como segue: $X^2 = 144,450$, $df = 5$, $P < 2,2 \times 10^{-16}$.

As larvas de *Mansonia* apresentaram a maior abundância durante os meses de março, abril e maio de 2016 e janeiro, fevereiro e dezembro de 2017, indicando uma maior abundância durante a estação chuvosa. Em contrapartida, o número de indivíduos registrados caiu drasticamente durante o período seco, com queda especialmente acentuada em junho de 2016 e os níveis mais baixos em setembro de 2016, também observamos menor densidade nos meses secos dos anos de 2017 e 2018 (Figura II.2).

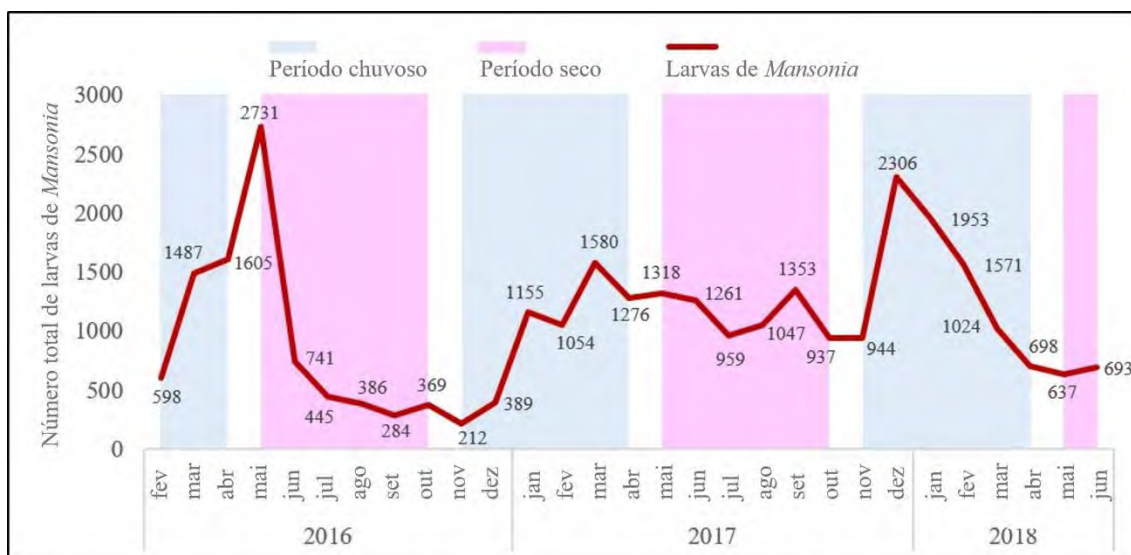


Figura II. 2. Número total de imaturos de *Mansonia* spp. coletados em um trecho do rio Madeira, sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, entre fevereiro de 2016 e junho de 2018.

Das 12 espécies de macrófitas coletadas, 70,1% de todas as plantas pertenciam a *Eichhornia crassipes*, que continha, em média, 96,2% de todas as larvas de *Mansonia* spp. coletadas em cada local, aumentando para 100% em certos locais e nunca abaixo de 83,3% de todas as larvas. *Ceratopteris pteridoides* apresentou o segundo maior número de larvas, com 2,3% do total. As outras 11 espécies de macrófitas representaram os 29,9% restantes das plantas coletadas e apenas 3,8% das larvas (Tabela II.1).

Tabela II. 1. Valores absolutos das plantas aquáticas (PA) e dos respectivos imaturos de *Mansonia* sp. (larvas) coletados em cada uma das dez localidades analisadas: Igarapé Flórida (IF), Caiçara/ Primavera (C/P), Igarapé Caiçara (IC), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Foz do rio Jaci (FRJ), Base da Barragem (BB), Casa da Colina (CC), Igarapé do Raul (IR), São Lourenço (SL) e Bolsão Mutum (BM), em um trecho do rio Madeira, sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018

Espécies	FRJ		IF		IR		CC		BB		FIJ		CP		IC		BM		SL		Total		
	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	%Larvas
<i>Eichhornia crassipes</i>	2,038	4,964	1,926	8,784	1,257	1,435	1,26	401	1,507	663	827	2,32	1,284	2,993	1,523	2,955	1,171	1,13	1,13	4,202	13,923	29,847	96,2%
<i>Eichhornia azurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	9	101	0	0	0	0	0	0	0	0	18	102	0,3%
<i>ludwigia helmitoriza</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,0%
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	1	0	0	0	5	0	89	0	0	0	165	257	1	0	168	41	14	4	126	396	569	698	2,3%
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	45	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0,0%
<i>Pistia</i> sp.	254	9	249	0	229	30	195	8	140	3	159	52	315	199	136	0	82	0	118	2	1,877	303	0,0%
<i>Salvinia</i> sp.	237	1	500	1	238	0	258	0	242	0	133	56	231	0	193	2	146	0	114	0	2,292	60	0,0%
<i>Phyllanthus fluitans</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,0%
<i>Oxycaryum cubensis</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0,0%
<i>Paspalum</i> sp.	98	1	117	0	145	0	126	0	122	0	129	0	75	0	113	0	106	2	84	0	1,115	3	0,0%
Total	2,680	4,975	2,806	8,785	1,878	1,465	1,928	409	2,02	667	1,422	2,786	1,906	3,192	2,133	2,998	1,519	1,136	1,572	4,600	19,864	31,013	100,0%
%larvas		16,04		28,33		4,72		1,32		2,15		8,98		10,29		9,67		3,66		14,83		100,00	

A maior densidade de larvas de *Mansonia* foi encontrada em *E. azurea*, embora a última espécie fosse uma das menos comuns (Figura II.3).

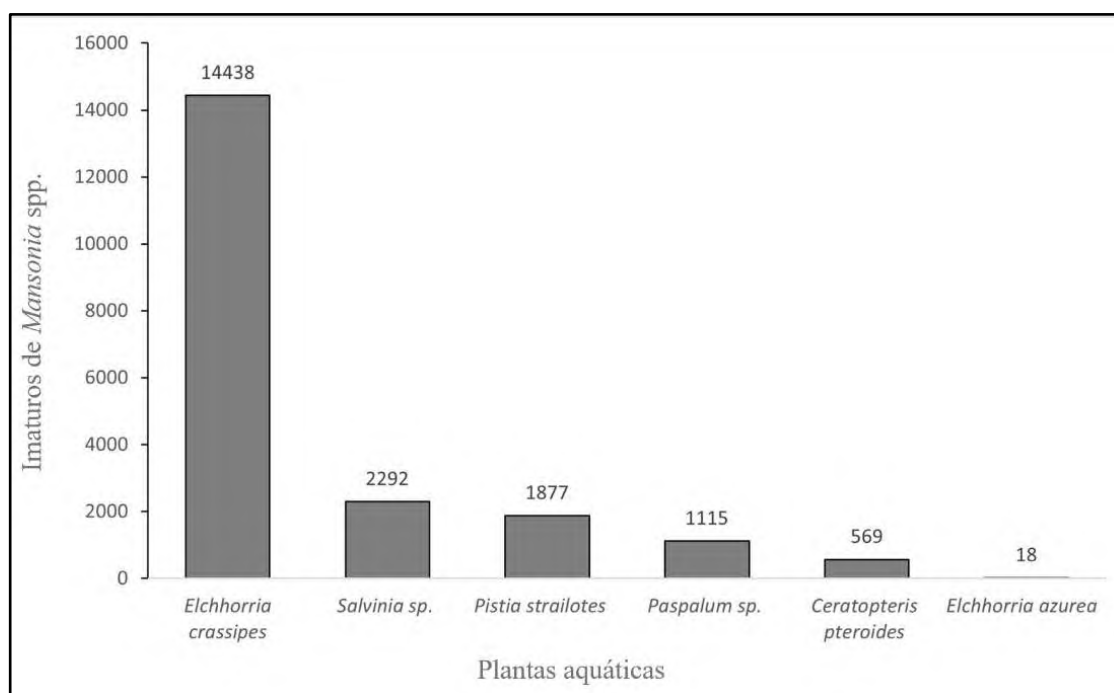


Figura II. 3. Gráfico matricial da razão de imaturos de *Mansonia* spp. por espécie de planta aquática para os locais analisados: Igarapé Flórida, Caiçara / Primavera, Igarapé Caiçara, Foz do Igarapé Jirau, Foz do rio Jaci, Base da Barragem, Casa da Colina, Igarapé do Raul, São Lourenço, Bolsa do Mutum, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018.

Esse padrão pode indicar um possível elemento de seleção para esta espécie de planta. As larvas de *Mansonia* spp. não foram encontradas em qualquer uma das outras espécies de plantas aquáticas presentes, incluindo *Hymenachne* sp., *Oxicarium cubensis* (Poeypp. e Kunth) Lye, *Ludwigia helminthoriza* (Mart.) H. Hara, *Phyllanthus fluitans* Benth. Ex Mull. Arg., *Eleocharis* sp. e gramíneas (Tabela II.1).

O sítio foz do igarapé Jirau foi o único em que as larvas se distribuíram mais uniformemente entre as espécies de macrófitas, com 83,3% das larvas encontradas em *E. crassipes*, 9,2% em *C. pteridoides*, 3,6% em *E. azurea*, 2,0% em *Salvinia* sp. e 1,9% em *Pistia* sp. (Tabelas II.1 e II.2; Figura II.4).

Tabela II. 2. Valores percentuais de larvas de *Mansonia* spp. e as principais plantas aquáticas (PA) coletadas em cada um dos 10 locais analisados - Foz do Rio Jaci (FRJ), Igarapé Flórida (IF), Igarapé do Raul (IR), Casa da Colina (CC), Base da Barragem (BB), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Caiçara / Primavera (C / P), Igarapé Caiçara (IC), Bolsa do Mutum (BM) e São Lourenço (SL) - em um trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 à junho de 2018.

Espécies	FRJ		IF		IR		CC		BB		FIJ		CP		IC		BM		SL	
	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas	PA	Larvas
<i>Eichhornia crassipes</i>	76	99,8	68,6	100	66,9	98	65,4	98	74,6	99,4	58,2	83,3	67,4	93,8	71,4	98,6	77,1	99	71,9	91,3
<i>Eichhornia azurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,1	0,6	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	0	0	0	0	0,3	0	4,6	0	0	0	11,6	9,2	0,1	0	7,9	1,4	0,9	0,4	8	8,6
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	1,7	0	0,4	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pistia</i> sp.	9,5	0,2	8,9	0	12,2	2	10,1	2	6,9	0,4	11,2	1,9	16,5	6,2	6,4	0	5,4	0	7,5	0
<i>Salvinia</i> sp.	8,8	0	17,8	0	12,7	0	13,4	0	12	0	9,4	2	12,1	0	9	0,1	9,6	0	7,3	0
<i>Phyllanthus fluitans</i>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paspalum</i> sp.	3,7	0	4,2	0	7,7	0	6,5	0	6	0	9,1	0	3,9	0	5,3	0	7	0,2	5,3	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

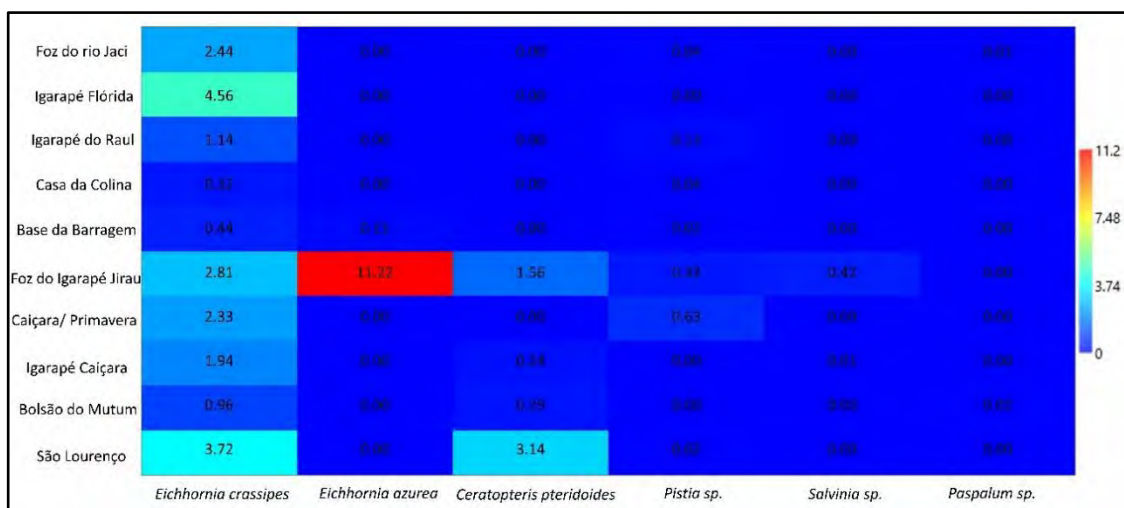


Figura II. 4. Abundância de imaturos de *Mansonia* spp. por planta aquática em um trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018.

A hipótese nula do teste de Kruskal-Wallis foi rejeitada ($H = 33,767$, $df = 5$, $P = 0,000$), e a análise indicou diferenças significativas entre o número de larvas capturadas e as diferentes espécies de macrófitas nos 10 locais de coleta; independentemente do local, todas as espécies de plantas aquáticas que não apresentaram larvas não foram incluídas nas análises. O teste foi realizado para larvas encontradas em *E. crassipes*, *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Pistia* sp., *Salvinia* sp. e *Paspalum* sp.

O pós-teste de comparações múltiplas de Dunn indicou as espécies que apresentaram diferenças. O número de larvas capturadas em *E. crassipes* foi significativamente diferente do número de larvas encontradas em *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Salvinia* sp. e *Paspalum* sp. ($P < 0,001$). Enquanto isso, as populações de larvas não diferiram em *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Pistia* sp., *Salvinia* sp. e *Paspalum* sp. ($P > 0,001$).

Houve algumas diferenças entre os locais em termos de número de larvas de *Mansonia* spp. coletadas a cada mês. O número total de larvas desses mosquitos tendeu a aumentar entre agosto e dezembro no sítio igarapé flórida. Já no sítio caiçara / Primavera, no mês de janeiro e o período entre os meses de julho e setembro tiveram os principais acréscimos. Em igarapé caiçara, os meses de março e maio foram os mais favoráveis. No entanto, nas áreas de amostragem de foz do igarapé Jirau, casa da colina, igarapé Raul e São Lourenço, o maior número total de larvas foi observado de janeiro a maio. O local na

foz do rio Jaci apresentou o maior número de larvas durante os meses de dezembro, janeiro e abril, enquanto abril e junho apresentaram os maiores números de larvas no local da Base da Barragem (Figura III.5).

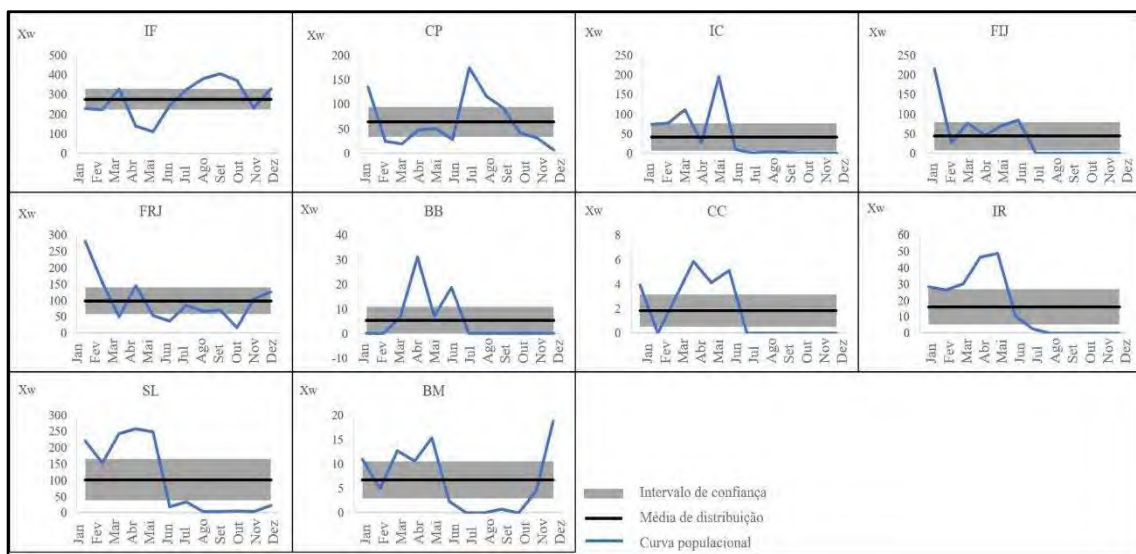


Figura II. 5. Frequência sazonal de imaturos de *Mansonia* spp., segundo Média de Williams, (médias geométricas) coletados em um trecho do rio Madeira sob influência da Usina Hidrelétrica de Jirau, estado da Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018.

A análise de correlação de Spearman indicou uma correlação positivamente significativa entre o número de larvas coletadas e o pH nos locais de coleta do Igarapé Flórída e Casa da Colina. O número de larvas coletadas em *E. crassipes* foi significativamente e positivamente correlacionado com a condutividade em Caiçara / Primavera, Base da Barragem, Igarapé Raul e Bolsão Mutum. Além disso, o número de larvas coletadas foi negativamente correlacionado com a temperatura em Caiçara / Primavera e Foz do Rio Jaci, explicando que houve uma diminuição na densidade populacional dessas larvas com o aumento da temperatura. Porém, no sítio Foz do Igarapé Jirau, houve correlação positiva entre o número de larvas encontradas em *C. pteridoides* e a temperatura (Tabela II.3).

Tabela II. 3. Análise de correlação de Spearman (r) entre os fatores abióticos e populações de *Mansonia* sp. coletadas em cada um dos 10 locais analisados - Foz do Rio Jaci, Igarapé Flórída, Igarapé do Raul, Casa da Colina, Base da Barragem, Foz do Igarapé Jirau, Caiçara / Primavera, Igarapé Caiçara, Bolsa do Mutum e São Lourenço - em um

trecho do rio Madeira sob influência da usina hidrelétrica de Jirau, estado de Rondônia, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a junho de 2018.

	pH		O ₂ dissolvido		condutividade		temperatura	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Igarapé Flórída								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	0,395*	0,034	0,307	0,105	0,143	0,46	0,358	0,056
Larvas em <i>Salvinia</i> sp.	0,316	0,095	-0,090	0,641	0,136	0,483	-0,147	0,447
Caçara Primavera								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	0,319	0,092	0,014	0,942	0,530**	0,003	-0,422*	0,023
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	0,277	0,145	0,960	0,619	0,197	0,306	-0,217	0,258
Igarapé Caçara								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	0,320	0,091	-0,114	0,556	-0,271	0,154	0,144	0,455
Larvas em <i>Ceratopteris pteridoides</i>	0,065	0,738	0,038	0,844	-0,323	0,087	0,292	0,124
Larvas em <i>Salvinia</i> sp.	-0,011	0,954	-0,023	0,907	-0,271	0,155	0,249	0,194
Foz do Igarapé Jirau								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	-0,124	0,522	-0,126	0,514	-0,138	0,474	0,301	0,113
Larvas em <i>Eichhornia azurea</i>	-0,090	0,641	-0,158	0,412	0,068	0,727	0,294	0,121
Larvas em <i>Ceratopteris pteridoides</i>	-0,146	0,449	-0,296	0,119	0,098	0,614	0,536**	0,003
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	0,009	0,965	-0,339	0,072	-0,018	0,928	0,257	0,178
Larvas em <i>Salvinia</i> sp.	-0,130	0,501	-0,136	0,482	-0,112	0,562	0,112	0,563
Foz do Rio Jaci								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	-0,135	0,485	0,269	0,158	0,129	0,506	-0,583**	0,001
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	0,079	0,683	-0,079	0,683	-0,237	0,215	-0,260	0,173
Larvas em <i>Salvinia</i> sp.	0,204	0,289	0,090	0,641	-0,090	0,641	0,023	0,907
Larvas em <i>Paspalum</i> sp.	0,271	0,154	-0,113	0,56	-0,136	0,483	0,079	0,683
Base da Barragem								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	-0,327	0,084	-0,164	0,396	-0,551**	0,002	-0,068	0,725
Larvas em <i>Eichhornia azurea</i>	0,090	0,641	-0,045	0,816	0,045	0,816	-0,271	0,155
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	-0,237	0,215	0,000	1,000	-0,056	0,771	-0,192	0,318
Casa da Colina								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	-0,435*	0,018	-0,069	0,723	-0,278	0,144	-0,079	0,682
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	-0,133	0,490	-0,152	0,430	-0,083	0,669	-0,077	0,690
Igarapé do Raul								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	-0,246	0,199	-0,208	0,280	-0,684**	0,000	-0,166	0,390
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	-0,224	0,243	-0,257	0,178	-0,283	0,137	-0,415*	0,025
São Lourenço								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	0,252	0,187	-0,103	0,595	0,053	0,786	0,047	0,809
Larvas em <i>Ceratopteris pteridoides</i>	-0,022	0,912	-0,109	0,575	-0,224	0,244	0,161	0,405
Larvas em <i>Pistia</i> sp.	-0,136	0,483	0,215	0,264	-0,011	0,954	0,260	0,173
Bolsão Mutum								
Larvas em <i>Eichhornia crassipes</i>	0,212	0,269	-0,302	0,111	0,445*	0,016	0,039	0,839
Larvas em <i>Ceratopteris pteridoides</i>	-0,192	0,318	0,011	0,954	-0,237	0,215	0,283	0,138

** A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).

* A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).

DISCUSSÃO

A formação de grandes reservatórios hidrelétricos altera completamente a paisagem, eliminando a planície de inundação e transformando o sistema lótico em um sistema lêntico, o que tende a favorecer as espécies flutuantes de macrófitas aquáticas (RESENDE *et al.*, 2019). Como resultado, as macrófitas aquáticas formam um microclima muito mais rico em oxigênio (RAVEN, 1977), e se torna um excelente local para o desenvolvimento de várias espécies de mosquitos.

No presente estudo, observou-se que apesar dos ambientes lóticos serem representados por um menor número de pontos de amostragem (quatro nos ambientes lóticos e seis nos ambientes lênticos), corresponderam a 58,9% das larvas coletadas, e assim, nesta região a maior abundância foi demonstrada no período chuvoso.

As macrófitas aquáticas contribuem com alimentos de qualidade para os animais do habitat aquático (GADELHA *et al.*, 1990), uma vez que armazenam vários nutrientes em sua biomassa (MOORE *et al.*, 1994). No entanto, as altas taxas de infestação por plantas aquáticas nos reservatórios das hidrelétricas levam à necessidade urgente de medidas de controle devido à alta capacidade de propagação e produção de biomassa das plantas (MARTINS *et al.*, 2003).

Em estudo realizado por FERREIRA (1999) na Ilha da Marchantaria, município de Iranduba, Amazonas, o número de larvas e pupas encontradas em *E. crassipes* foi maior do que em *P. stratiotes*. Da mesma forma FERREIRA *et al.* (2003) demonstraram em seus estudos realizados no Lago Camaleão, Amazonas uma forte associação entre larvas de *Mansonia* e as macrófitas *E. crassipes* e *Ceratopteris* sp. Essas observações corroboram com o presente estudo onde foi encontrado resultado similar, nos quais *E. crassipes* teve maior associação com larvas do que as outras macrófitas, seguido por *Pistia* sp. FERREIRA *et al.* (2003) desenvolveram hipóteses para explicar esses padrões, incluindo o fato de que o tamanho do aerênquima em *E. crassipes* é maior do que em *Ceratopteris* sp. Dessa forma, *Eichhornia* pode manter níveis mais elevados de oxigênio e conseqüentemente um maior número de larvas, enquanto os tecidos radiculares de *Ceratopteris* sp. são mais rígidos, o que dificulta a perfuração do tecido da planta pelas larvas, fatores relacionados a substâncias tóxicas secundárias também desempenham um papel (TOKARNIA *et al.*, 1979), uma vez que *Ceratopteris* sp. pode conter substâncias secundárias nocivas ou repelentes às larvas de *Mansonia*.

Neste estudo, observamos que duas áreas amostrais apresentaram correlação positiva entre as populações de *Mansonia* spp. e a temperatura. FERREIRA *et al.* (2003) relataram que a temperatura da água em habitat de *Mansonia* spp. na área do seu estudo era alta (29°C a 32°C) e discorrem sobre a possibilidade de que a temperatura esteja relacionada à ausência de fungos Tricomycetos em larvas de *Mansonia* spp.

MARTINS *et al.* (2003) avaliaram a composição química de quatro importantes espécies de plantas aquáticas encontradas no reservatório da usina hidrelétrica Salto Grande, em Americana, São Paulo, Brasil e descobriram que *E. crassipes* e *P. stratiotes* tinham os maiores níveis médios de potássio, cálcio e magnésio. De acordo com os resultados encontrados por MARTINS *et al.* (2003) sobre a constituição química de macrófitas, a densidade populacional de *Mansonia* spp. na área de estudo pode ser influenciada pelo conteúdo de potássio, cálcio e magnésio dos macrófitos.

Neste estudo, as populações de *Mansonia* spp. não apresentaram um padrão sazonal definido ao longo do ano. Em contraste, FERREIRA (1999) observaram que o maior número de imaturos de *Mansonia* spp. foram encontrados em agosto-outubro, com um pico em agosto, que não foi significativamente correlacionado com fatores abióticos.

Em conclusão, foi observado que nas áreas amostrais as posturas de *Mansonia* spp. foram mais abundantes em *Eichornia crassipes* e *Pistia* sp. O número de espécimes coletados foi positivamente correlacionado com a temperatura, pH e condutividade. Essas correlações mostraram um aumento acentuado na estação chuvosa. Paralelamente aos achados de MARTINS *et al.* (2003), também é possível considerar que a presença de fungos *Trichomycetes* pode influenciar na densidade larval de *Mansonia* spp. na área experimental.

Os achados do presente estudo são de grande relevância, pois contribuem para a orientação da vigilância entomológica e para a condução da aplicação de medidas de controle do mosquito na região.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. A. **Revisão do subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) e estudo filogenético de *Mansoniini***. 2007. 158 p. Doutorado (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/12718>.
- COCHRANE, T. T.; COCHRANE, T. A. **Amazon forest and Savanna lands: A guide to the climates, vegetation, landscapes and soils of central tropical South America**. USA: CreateSpace, 2010. 188 p.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 228 p.
- FERREIRA, R. L. M. Densidade de oviposição, e quantificação de Larvas e Pupas de *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera: Culicidae), em *Eichhornia crassipes* Solms. e *Pistia stratiotes* Linn. Na ilha da Marchantaria, Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 1, p. 123-123, 1999. doi: 10.1590/1809-43921999291134. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1809-43921999291134>.
- FERREIRA, R. L. M.; PEREIRA, E. S.; HAR, N. T. F.; HAMADA, N. *Mansonia* spp.(Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. **Entomotropica**, v. 18, n. 1, p. 21-25, 2003.
- FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia**. São Paulo: EDUSP, 2002. 860 p.
- GADELHA, C. L. M.; WATANABE, T.; PASSERAT-DE-SILANS, A. M. Liberação de nutrientes inorgânicos durante o processo de decomposição de *Ludwigia natans* (Sll)(Dicotyledoneae: Onagraceae) e de *Salvinia auriculata* (Aubl.)(Pteridophyta: Salviniaceae). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 633-652, 1990.
- GUIMARÃES, J. H. **Systematic database of Diptera of the Americas South of the United States: family Culicidae**. Brasil: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997. 286 p.
- HADDOW, A. J. Studies on the biting habits and medical importance of East African mosquitos in the genus *Aedes*. I.—Subgenera *Aëdimorphus*, *Banksinella* and *Dunnus*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 50, n. 4, p. 759-779, 1960. doi: 10.1017/S000748530005478X. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S000748530005478X>.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

HERVÉ, J. P.; DÉGALLIER, N.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A.; TINHEIRO, F. P.; SÁ FILHO, G. C. Aspectos ecológicos. *In*: Fundação Serviços de Saúde Pública (Ed.). **Instituto Evandro Chagas: 50 anos de contribuição às ciências biológicas e à medicina tropical** Belém: Ministério da Saúde / Fundação Serviços de Saúde Pública, 1986. p. 409–437.

IBGE - **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/environmental-information/vegetation/19470-brazilian-vegetation.html?=&t=downloads>. Acesso em: 12 dez 2020.

IBM. **IBM SPSS Estatísticas para Windows**. Versão 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.: 2015.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; MARCHI, S. R.; VELINI, E. D. Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). **Planta Daninha**, v. 21, p. 21-25, 2003. doi: 10.1590/s0100-83582003000400004. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582003000400004>.

MOORE, B. C.; LAFER, J. E.; FUNK, W. H. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus and sediment porewater chemistry in a freshwater wetland. **Aquatic Botany**, v. 49, n. 2, p. 137-148, 1994. doi: 10.1016/0304-3770(94)90034-5. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(94\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0304-3770(94)90034-5).

RAVEN, J. A. The evolution of vascular land plants in relation to supracellular transport processes. *In*: CALLOW, J. A. (Ed.). **Advances in botanical research**. Países Baixos: Elsevier, 1977. p. 153-219.

RESENDE, A. F. d.; SCHÖNGART, J.; STREHER, A. S.; FERREIRA-FERREIRA, J.; PIEDADE, M. T. F.; SILVA, T. S. F. Massive tree mortality from flood pulse disturbances in Amazonian floodplain forests: The collateral effects of hydropower production. **Science of the Total Environment**, v. 659, p. 587-598, 2019. doi:

10.1016/j.scitotenv.2018.12.208. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.208>.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Sobre águas e solo da Amazônia brasileira. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 185, p. 195-205, 1965.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 30, n. 7, p. 388-396, 2001. doi: 10.1579/0044-7447-30.7.388. Disponível em: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.7.388>.

TIBÉRIO - TiberioGeo. **Geografia levada a sério**, 2021. Disponível em:
<http://www.tiberioge.com.br/>. Acesso em: 12 dez. 2020.

TOKARNIA, C. H.; DOBEREINER, J.; SILVA, M. F. D. **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus, Brasil: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1979. 95 p.

VAN DEN ASSEM, J. Some experimental evidence for the survival value of the rootpiercing habits of *Mansonia* larvae (Culicidae) to predators. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 1, n. 2, p. 125-129, 1958. doi: 10.1111/j.1570-7458.1958.tb00015.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1958.tb00015.x>.

WILLIAMS, C. B. The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. **Annals of Applied Biology**, v. 24, n. 2, p. 404-414, 1937. doi: 10.1111/j.1744-7348.1937.tb05042.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1937.tb05042.x>.

CAPÍTULO III

PADRÃO DE DISPERSÃO DE *MANSONIA* NO ENTORNO DA USINA HIDRELÉTRICA JIRAU NA AMAZÔNIA

(Artigo publicado na Scientific Reports)

Resumo

Mansonia spp. são mosquitos hematófagos vorazes cujas formas imaturas geralmente se reproduzem em coleções de água doce contendo vegetação aquática. A redução do fluxo de água leva à proliferação das plantas aquáticas, aumentando suas populações. Além disso, algumas espécies são vetores potenciais de patógenos, como arbovírus e microfilárias. Avaliamos o grau de dispersão ativa de fêmeas de *Mansonia* spp. no entorno da usina hidrelétrica Jirau, na Amazônia, Rondônia, Brasil, usando técnicas de marcação-soltura-recaptura. O comportamento de voo dos espécimes recapturados foi resumido com um conjunto de distâncias médias e máximas percorridas. Os resultados demonstraram que o movimento de dispersão de *Mansonia* spp. é realizado predominantemente por voos aleatórios, baixos e curtos, com tendência a permanecer próximo aos criadouros em certos fragmentos de vegetação. No entanto, *Mansonia amazonensis* durante o ano de 2018 e *Mansonia humeralis* durante o ano de 2019 percorreram distâncias máximas de 2.000 m do ponto de soltura.

Palavras-chave: *Mansonia* spp., Dispersão, Usina hidrelétrica, Amazônia, Ecologia

Abstract

Mansonia spp. are voracious hematophagous mosquitoes whose mature stages usually breed in freshwater bodies containing aquatic vegetation. The reduction in water flow leads to a proliferation in aquatic plants, increasing their populations. Besides, some species are potential vectors of pathogens such as arboviruses and microfilariae. We evaluated the degree of active dispersion of females of *Mansonia* spp. in the surrounding area of the Jirau hydroelectric power plant in the Amazon, Rondônia, Brazil, using mark-release-recapture techniques. The flight behavior of the recaptured specimens was summarized with a set of average and maximum distances traveled. We show that the dispersal movement of *Mansonia* spp. is predominantly performed by random, low, and short flights, with a tendency to remain near the breeding sites in certain vegetation fragments. However, the maximum distances traveled were 2,000 m from the release point for *Mansonia amazonensis* during 2018 and *Mansonia humeralis* during 2019.

Keywords: *Mansonia* spp., Dispersion, Hydroelectric power plant, Amazon, Ecology

INTRODUÇÃO

O gênero *Mansonia* Blanchard, 1901 possui 27 espécies distribuídas em dois subgêneros: *Mansonioides* e *Mansonia* (Theobald, 1907). As doze espécies de *Mansonioides* são encontradas nas regiões tropicais da África e Ásia.

Uma revisão recente do subgênero *Mansonia*, com a redescrição de machos, fêmeas e larvas de quarto instar, computou 15 espécies válidas (SERVICE, 2008), das quais doze foram encontradas no Brasil (KLEIN *et al.*, 1992; GAMA *et al.*, 2012).

As fêmeas de *Mansonia* são mosquitos hematófagos agressivos e vorazes, com atividade preferencialmente noturna. Embora esses mosquitos vivam principalmente em florestas, eles podem se estabelecer nas periferias das cidades e centros habitados desde que existam condições favoráveis representadas por adequados locais de criação (SILVER, 2007; SERVICE, 2008; HARBACH, 2021).

As formas imaturas ativas de *Mansonia* possuem um aparato espiracular adaptado para perfurar a vegetação submersa, agarrar-se a plantas aquáticas e extrair oxigênio de seu parênquima arejado (SILVER, 2007). A alta abundância de plantas aquáticas, associada à redução do fluxo de água e/ou aumento de matéria orgânica, pode, portanto, facilitar a proliferação desses mosquitos.

As espécies de *Mansonia* são verdadeiras pragas que dificultam a vida humana e a pecuária em certas regiões (HARBACH, 2021), tornando alguns locais inadequados para a habitação ou a criação de gado devido ao seu comportamento hematófago agressivo.

Mansonia indubitans Dyar & Shannon, 1925 e *Mansonia titillans* (Walker, 1848) já foram encontradas naturalmente infectadas com arbovírus, inclusive causadores de encefalites, e podem ser transmissoras potenciais desses agentes (WHITE & FAUST, 2014).

O estudo da fauna de culicídeos é essencial em áreas onde a intervenção humana provoca alterações ambientais. Os impactos ambientais podem fazer com que a densidade populacional de algumas espécies aumente, colocando em risco a saúde humana. Espécies de mosquitos com hábitos tipicamente selvagens frequentemente se adaptam para viver em áreas urbanas (TADEI *et al.*, 1983; GUIMARÃES, 1997).

A marcação-soltura-recaptura é um método que permite estimar a densidade, sobrevivência e dispersão das populações de animais. Este método tem sido aplicado em

populações de vetores biológicos de agentes infecciosos para avaliar a capacidade vetorial e estimar o raio de voo das populações de mosquitos (LAPOINTE, 2008; WEBB & RUSSELL, 2019).

A dispersão de insetos vetores é particularmente importante para a epidemiologia, uma vez que a dispersão é um fator chave na progressão de surtos de doenças e na dinâmica populacional de artrópodes vetores e pragas (JEGGER *et al.*, 2009). O presente estudo teve como objetivo analisar os padrões de movimentação de *Mansonia* spp. no entorno da Usina Hidrelétrica (UHE) Jirau, no estado de Rondônia, na Amazônia brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Considerações éticas

A licença permanente nº 58855, para coleta, captura e transporte de material biológico foi concedida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

Área de estudo

O planejamento da amostragem considerou explorar o local e seu entorno, escolher os pontos de captura mais representativos e os equipamentos mais eficientes, bem como selecionar os métodos de preservação das amostras.

O estudo foi desenvolvido no entorno da Usina Hidrelétrica Jirau, situada no Bioma Amazônia no estado de Rondônia, Brasil

A UHE Jirau (9°16'16,8"S; 64°38'25,9"O) está localizada à 120 km do município de Porto Velho. A área de amostragem próxima aos pontos de soltura e recaptura possuía habitat larval com alta concentração de vegetação aquática das seguintes espécies de plantas: *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, *Eichornia azurea* (Sw.) Kunth, *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron, *Pistia* sp., *Salvinia* sp., *Paspalum* sp., *Hymenachne* sp., *Oxicarium cubensis*, *Ludwigia helminthoriza*, *Phyllanthus fluitans*, *Eleocharis* sp. e gramíneas (SOARES GIL *et al.*, 2021). Os respectivos habitats larvais foram caracterizados por uma equipe especializada em macrófitas e outra em entomologia. Posteriormente, foram confirmados por observação in situ de acordo com

as descrições de (SIOLI, 1984). De acordo com a classificação (KÖEPPEN, 1948), o clima da região é tropical (tipo Aw), com uma nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco) e uma estação chuvosa no verão de novembro a abril. A temperatura média anual é de 25,6°C, sendo a média do mês mais frio inferior a 19°C e a do mês mais quente superior a 34°C. A precipitação é superior a 2.000 mm por ano (INMET, 2021).

Os pontos de captura, soltura e recaptura localizavam-se em Jaci-Paraná, distrito de Porto Velho, capital de Rondônia. Os espécimes foram capturados em fragmentos de floresta fechada (9°13'02,1"S 64°30'06,6"O) soltos e recapturados em campo aberto (9°14'50,3"S 64°28'06,5"O). Uma imagem aérea foi usada para delinear a área experimental da marcação-soltura-recaptura (MSR). Esta imagem foi georreferenciada com um GPS Garmin® (Figura III. 1).

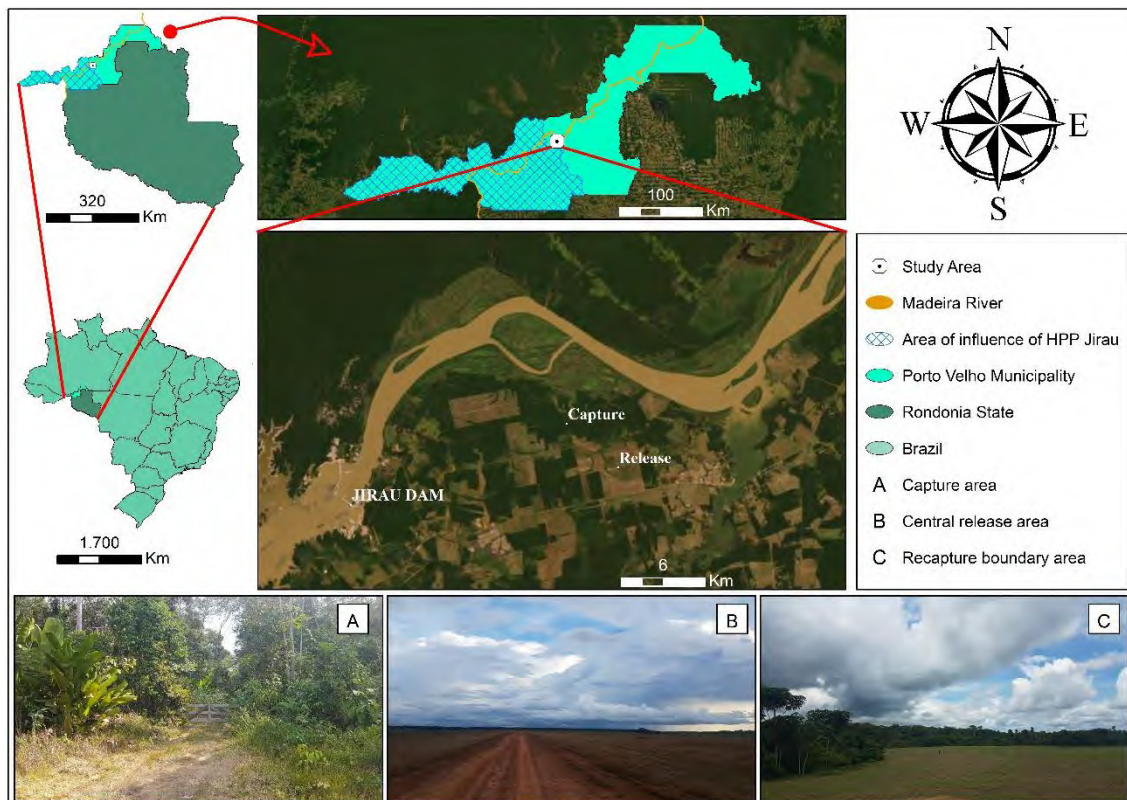


Figura III. 1. Localização da área de estudo e locais de amostragem no entorno da usina hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia, distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho, estado de Rondônia, Brasil. Fonte: Google Earth®, imagem de satélite Maxar Technologies® / junho de 2019.

Método de captura dos espécimes

A amostragem foi realizada nos meses de maio, julho, outubro e dezembro de 2018 e nos meses de abril, julho, setembro e novembro de 2019. As capturas foram realizadas no período das 18:00hs às 20:00hs em três dias alternados, sendo efetuadas com auxílio de armadilha luminosa de Shannon e aspiradores elétricos, usados de forma semelhante ao tubo de sucção manual, com funcionamento acionado por uma bateria de 12 volts recarregável. O uso de aspiradores elétricos torna a captura de mosquitos mais eficientes em áreas com alta densidade de adultos, aspirando tanto espécimes inativos na armadilha de Shannon quanto ativos em pleno voo.

Além disso, utilizou-se o capturador de Castro para a captura de uma parte das amostras, este foi utilizado por cinco minutos em intervalos de 30 minutos, totalizando 20 minutos. O objetivo foi correlacionar as espécies capturadas no aspirador elétrico com as espécies confinada no capturador de Castro durante o mesmo período amostral. O capturador de Castro garante maior preservação das características morfológicas e anatômicas dos espécimes, levando conseqüentemente a uma maior confiabilidade na identificação e, portanto, esses espécimes foram confinados em gaiolas, não foram marcados e nem soltos, logo, foram sacrificados e colocados em tubos cônicos até a identificação, garantindo uma representação das espécies capturadas e soltas durante a etapa da amostragem.

Enquanto isso, as *Mansonia* spp. capturadas com aspirador elétrico eram mantidas no tubo de PVC com 100 mm de diâmetro e 30 cm de comprimento, este era trocado a cada cinco minutos de aspiração, objetivando manter os espécimes vivos até o momento de marcação e liberação. Esses tubos foram fechados com uma tampa de plástico em uma das extremidades e mantidos em câmara úmida. Todos os espécimes foram contabilizados durante as capturas. O esforço amostral com capturador de Castro e aspirador elétrico foram os seguintes: Amostragem 1 - (5,6%; 94,4%), Amostragem 2 - (7,2%; 92,8%), Amostragem 3 - (8,4%; 91,6%), Amostragem 4 - (17,5%; 82,5%), Amostragem 5 - (3,4%; 96,6%), Amostragem 6 - (5,6%; 92,8%), Amostragem 7 - (5,6%; 93,6%), Amostragem 8 - (5,6%; 94,4%), respectivamente.

Marcação dos espécimes e método de soltura

As amostras foram marcadas com pó fluorescente (BioQuip®) cerca de uma hora antes do momento de liberação e, em seguida, liberadas aproximadamente duas horas

após a captura na mesma noite na área de estudo. O pó fluorescente foi pulverizado sobre os espécimes usando uma pequena bomba manual para marcá-los

Método de recaptura dos espécimes

As recapturas foram realizadas com armadilhas luminosas CDC e MF 60®. Inicialmente, estacas de madeira de ≈ 1 m foram cravadas no solo para suspender as armadilhas luminosas. Em seguida, 28 armadilhas do tipo CDC e 28 armadilhas MF60 foram instaladas em distâncias entre 30 m e 2.000 m ao norte, sul, leste e oeste do local de lançamento. Os pontos de captura e recaptura permaneceram no mesmo local durante todo período de amostragem; as armadilhas foram monitoradas e substituídas a cada 24 horas (Figura III.2). As recapturas na área de amostragem se estenderam por seis dias subsequentes.

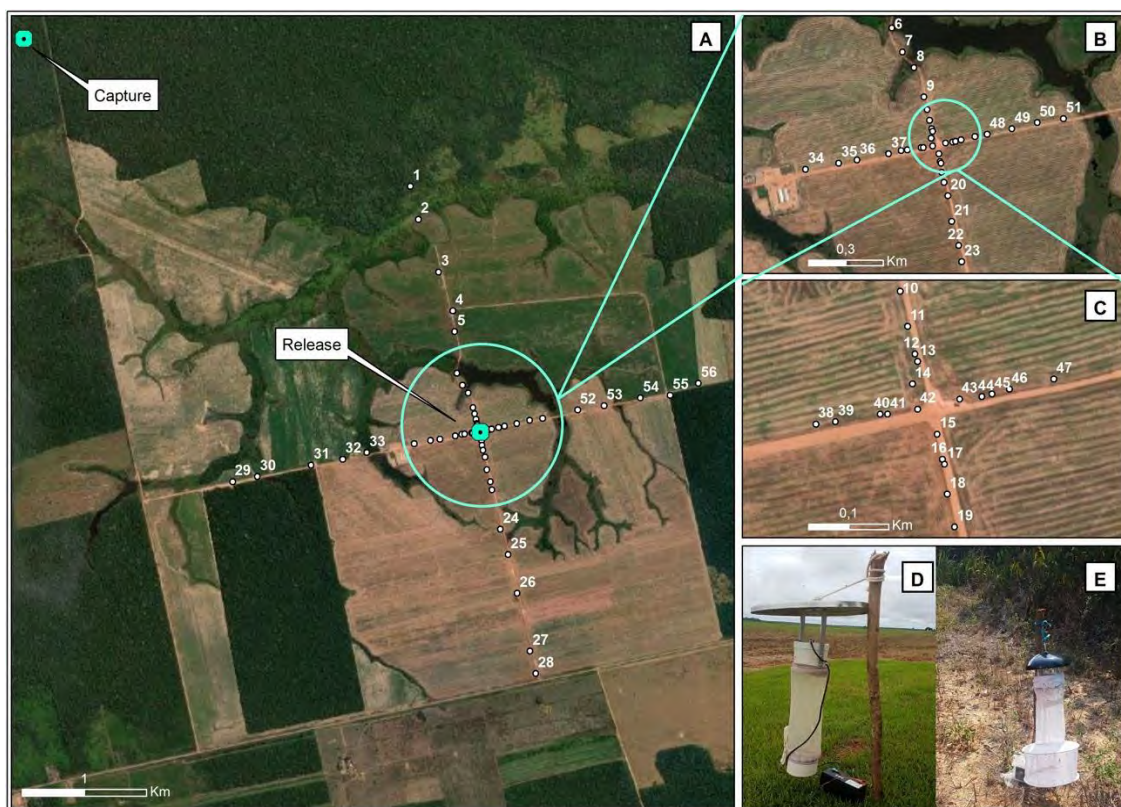


Figura III. 2. Desenho amostral dos locais de soltura e recaptura, no entorno da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau), distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho, estado de Rondônia, Brasil. A- 1, 29 (Mf-60), 28, 56 (CDC) =2000m; 2, 30 (CDC), 27, 55 (Mf-60) =1800m; 3, 31 (Mf-60), 26, 54 (CDC) =1300m; 4, 32 (CDC), 25, 53 (Mf-60) =1000m; 5, 33 (Mf-60), 24, 52 (CDC) =800m; B- 6, 34 (CDC), 23, 51 (Mf-60) =500m; 7, 35 (Mf-60), 22, 50 (CDC) =400m; 8, 36 (CDC), 21, 49 (Mf-60) =300m; 9, 37 (Mf-60), 20, 48 (CDC) =200m; C- 10, 38 (CDC), 19, 47 (Mf-60) =150m; 11, 39 (Mf-60), 18, 46 (CDC) =100m; 12, 40 (CDC), 17, 45 (Mf-60) =70m; 13, 41 (Mf-60), 16, 44 (CDC) =60m; 14, 42 (CDC), 15, 43 (Mf-60) =30m; D- Armadilha CDC; E- Armadilha MF-60 com CO₂. Fonte: Google Earth®, imagem de satélite Maxar Technologies® / junho de 2019.

Identificação

As espécies de *Mansonia* foram identificadas a partir da observação direta de caracteres morfológicos evidenciáveis em estereomicroscópio (Zeiss®) e em microscópio óptico com luz ultravioleta (Nikon®). Usamos chaves dicotômicas elaboradas por LANE (1953), para consultar as descrições das espécies associando características biológicas e comportamental. Com o objetivo de garantir a identificação específica das fêmeas de *Mansonia* spp., foi comparado o padrão de arranjo dos espinhos no último tergito abdominal. Todos os espécimes de cada período de amostragem tiveram seu oitavo segmento abdominal seccionado. As estruturas foram lavadas em água destilada e detergente neutro para soltar todas as escamas da estrutura. Em seguida, as estruturas foram desidratadas com séries alcoólicas de 70% a 95% e em álcool absoluto. O oitavo segmento abdominal foi montado dorsalmente com bálsamo canadense, entre a lâmina e a lamínula. Os espécimes foram posteriormente depositados na Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz, sob o título “Coleção Amazônica, UHE-JIRAU”.

As abreviaturas dos gêneros e subgêneros seguiram as normas sugeridas por (REINERT, 2009b), modificadas de acordo com a proposta de nomenclatura para mosquitos.

O comportamento de voo dos Culicídeos recapturados foi resumido por um conjunto e medidas de dispersão composto pela distância média (DMP) e máxima (MAX) percorrida (LILLIE *et al.*, 1981; MORRIS *et al.*, 1991).

RESULTADOS

Um total de 38.113 fêmeas de *Mansonia* spp. foram capturados, dos quais 26.677 (70%) foram marcadas e soltas, 11.436 (30%) foram preservadas para posterior identificação específica das espécies. Isso permitiu uma representação aproximada das espécies capturadas, marcadas e soltas em cada experimento.

Durante os períodos de seca, chuva e transição entre esses dois períodos, nos anos de 2018 e 2019, foram registrados um total de 169 espécimes recapturados ao longo das oito campanhas de amostragem (Tabela III.1).

Tabela III. 1. Distribuição do número de espécimes estimados capturados, marcados, soltos e recapturados no entorno da usina hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia, estado de Rondônia, Brasil, no período de 2018 a 2019.

Year	Amostragem	Estação	Capturados	Marcados e soltos	Distância de migração (M)	Espécimes encontrados marcados	TOTAL
2018	1	Transição	8,175	5,722	1000	1	3
					100	2	
	2	Seca	5,981	4,187	200	10	24
					30	5	
					60	7	
					70	2	
	3	Chuvosa	3,565	2,495	150	6	17
					200	1	
					300	7	
					400	2	
					500	1	
	4	Chuvosa	394	276	2,000	1	1
	5	Chuvosa	2,805	1,963	1,300	6	6
	6	Seca	5,142	3,599	800	11	32
2019					1,300	15	
					1,800	6	
	7	Transição	6,026	4,218	100	3	29
					300	2	
					500	2	
					1000	18	
					2,000	4	
	8	Chuvosa	6,025	4,217	300	20	57
					500	18	
					1000	2	
					2,000	17	
	TOTAL		38,113	26,677		169	169

As recapturas estão representadas ao todo por oito espécies do gênero *Mansonia*, onde, o número de espécimes recapturados em cada período sazonal, apresentaram

tendências distintas na abundância e dispersão das espécies a partir do ponto de liberação (Tabela III.2).

Tabela III. 2. Distâncias de voo percorrida por *Mansonia* spp. no entorno da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE-Jirau) na Amazônia. (Amostras: 1 a 8).

Espécies	2018		2019	
	DMP (m)	MAX (m)	DMP (m)	MAX (m)
<i>Mansonia amazonensis</i>	390	2000	1000	1800
<i>Mansonia flaveola</i>	168,57	400	-	-
<i>Mansonia humeralis</i>	253	2000	1158,8	2000
<i>Mansonia iguassuensis</i>	-	-	750	1300
<i>Mansonia indubitans</i>	194,17	300	-	-
<i>Mansonia pseudotitillans</i>	300	300	625	800
<i>Mansonia titillans</i>	383,33	1000	1133,3	1300
<i>Mansonia wilsoni</i>	150	150	1300	1300

DMP: distância média percorrida

MAX: distância máxima percorrida

Duas espécies foram recapturadas na distância máxima de 2.000 m do local de soltura: *Ma. amazonensis* (Theobald, 1901), e *Ma. humeralis* Dyar & Knab, (Tabela III.2).

O maior número de indivíduos recapturados pertencia a *Ma. humeralis* (47 eventos), *Ma. titillans* (45 eventos) e *Ma. amazonensis* (42 eventos). Um número menor de recapturas foi registrado para *Ma. pseudotitillans* (Theobald, 1901) (cinco eventos) e *Ma. wilsoni* (Barreto & Coutinho, 1944) (três eventos).

Dos 12.680 espécimes estimados marcados e soltos em 2018, 45 indivíduos (0,4%) foram recapturados. Posteriormente, foram identificados como *Ma. indubitans* (27%), *Ma. humeralis* (24%), *Ma. flaveola* (16%), *Ma. amazonensis* (16%), *Ma. titillans* (13%), *Ma. wilsoni* (2%) e *Ma. pseudotitillans* (2%).

Dos 13.997 espécimes estimados marcados e soltos em 2019, 124 indivíduos (0,9%) foram recapturados, estes foram identificados como *Ma. titillans* (31%), *Ma. humeralis* (29%), *Ma. amazonensis* (28%), *Ma. iguassuensis* (6%), *Ma. pseudotitillans* (3%) e *Ma. wilsoni* (2%).

O maior número de recapturas de *Mansonia* spp. ocorreu a uma distância de 300 m (N = 29) do local de lançamento. A distância máxima de dispersão de 2.000 m foi observada durante os períodos de amostragem 4, 7 e 8 para todos os táxons. O período de amostragem 8, realizado no período chuvoso, apresentou o maior número de espécimes recapturados (N = 57) (Tabela III.1).

Em todo o período de estudo foram observadas por 25 vezes armadilhas contendo espécimes marcados com pó fluorescente. Os períodos de amostragem 3 e 7 tiveram armadilhas com mosquitos marcados em cinco diferentes distâncias de dispersão (Tabela 1). Mosquitos marcados foram encontrados em armadilhas a distâncias de 300, 500, 1.000 e 2.000 m em três períodos de amostragem (Tabela III.1).

DISCUSSÃO

O movimento de espécies de *Mansonia* observado no entorno da UHE Jirau foi consistente com os padrões de dispersão observados em estudo anterior (GASS *et al.*, 1982). Os autores analisaram o comportamento de dispersão de três espécies de mosquitos em dois habitats, onde detectaram um raio de afastamento de 70% das populações em dois habitats analisados: *Ma. annulata* Leicester, 1908 (0 a 250m), *Ma. uniformis* (Theobald, 1901) (150 a 700m), *Ma. indiana* Edwards, 1930 (150 a 720m), sendo comprovado um alcance máximo de voo de 1.700 metros para *Ma. uniformis* na área experimental

Observou-se que as armadilhas luminosas são eficazes na recaptura de espécimes. Uma alta densidade de *Mansonia* spp. foi observada durante o período de estudo, com distâncias de dispersão do ponto de soltura variando entre 30 m a 2.000 m.

IVANOVA-KAZAS (1960) relatou que os mosquitos se deslocam dos locais de reprodução em busca de fonte sanguínea para alimentação e, em seguida, retornam aos seus habitats larvais para oviposição. Movimentos de deslocamento de habitats larvais para habitações humanas também foram observados para *Anopheles maculipennis*

Meigen, 1818. Esses movimentos parecem ser influenciados pela topografia e ventos predominantes que carregam odores atraentes. *Mansonia perturbans* (Walker) também mostra deslocamentos do dossel da floresta ascendentes ao entardecer e descendentes ao amanhecer (SNOW & PICKARD, 1957).

O tipo de vegetação que compõe a paisagem de fundo da área de estudo, com a formação de mosaicos florestais na Amazônia, favorece o deslocamento de adultos para fora da mata. A ocorrência de fragmentos florestais no entorno da área experimental inibe o movimento dos espécimes nessa direção. Além disso, a alta disponibilidade de fontes de alimentos além dos limites da área experimental altera as taxas de retorno dos indivíduos. Assim, os exemplares de *Mansonia* spp. podem se dispersar por mais de 2 km do ponto de emergência do adulto, com uma ligeira tendência a permanecer na mancha de vegetação em condições estáveis, ou seja, em ambientes preservados com fontes de alimento contígua.

GORAYEB & RIBEIRO (2001) estudaram a fauna de Tabanidae da Amazônia oriental para definir a autonomia de deslocamento de suas espécies. Os autores descobriram que a disparidade no número de espécies capturadas foi influenciada pela sazonalidade. Além disso, eles apontam para mecanismos intrínsecos das espécies de tabanídeos em termos de encontrar e atacar hospedeiros, que são claramente diferentes entre pequenas e grandes distâncias. Também enfatizam que é improvável que o vento desempenhe um papel no comportamento de deslocamento dos tabanídeos na busca por cavalos para repasto sanguíneo.

Poucos estudos exploraram os intervalos de voo em espécies de *Mansonia*. WHARTON (1962) relatou que *Ma. bonneae* Edwards, 1930 e *Ma. dives* (Schiner, 1868) podem dispersar distâncias consideráveis de 1,6 a 3,2 km no ambiente florestal na busca de hospedeiros como fontes de alimentação sanguínea. Nesse sentido, o esgotamento das fontes alimentares pode alterar a dinâmica populacional de *Mansonia* spp. ampliando a faixa de dispersão dos táxons por meio da busca por alimentos em outros nichos ecológicos.

O número de espécimes recapturados neste estudo, está em conformidade com outros trabalhos semelhantes, com outras espécies de mosquitos (THOMSON *et al.*, 1995; QUINONES *et al.*, 1997). Os resultados das oito amostras de recaptura, está de acordo com o esperado pelo delineamento utilizado.

Observações semelhantes foram feitas em um estudo de *Ma. uniformis*, indicando a espécie como indivíduo com baixo deslocamento (GASS *et al.*, 1982). Isso também foi confirmado por BAILEY & GOULD (1975) usando armadilhas luminosas de CDC, demonstrando que os indivíduos marcados não voaram mais do que 375 m do ponto de soltura.

O comportamento de dispersão dos espécimes imaturos e adultos é uma característica intrínseca de todas as espécies. Os táxons se dispersam espontaneamente, estimulados por diversos fatores, e os movimentos ocorrem devido à habilidade natural de subsistência relacionada às necessidades fisiológicas de cada espécie (SOUTHWOOD, 1978).

Concluimos que o movimento de dispersão de *Mansonia* spp. é realizado predominantemente por voos aleatórios, baixos ($\cong 1$ m de altura) e curtos, mantendo uma área de vida dentro de um raio de aproximadamente 30 a 100 m do ponto de emergência dos adultos, mostrando uma tendência a permanecer próximo aos habitats larvais em certos fragmentos de vegetação. Mesmo assim, nossas observações confirmam que espécimes de *Mansonia* spp. são capazes de cobrir distâncias superiores a 2 km do ponto de emergência dos adultos, apesar de sua tendência geral de permanecer na mesma mancha de vegetação em condições estáveis de fontes alimentares e de preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

BAILEY, C. L.; GOULD, D. J. Flight and dispersal of Japanese encephalitis vectors in northern Thailand. **Mosquito News**, v. 35, n. 2, p. 172-178, 1975.

GAMA, R. A.; SILVA, I. M. D.; MONTEIRO, H. A. D. O.; EIRAS, Á. E. Fauna of Culicidae in rural areas of Porto Velho and the first record of *Mansonia* (*Mansonia*) *flaveola* (Coquillett, 1906), for the state of Rondônia, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 1, p. 125-127, 2012. doi: 10.1590/s0037-86822012000100025. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/s0037-86822012000100025>.

GASS, R. F.; DEESIN, T.; SURATHIN, K.; VUTIKES, S.; SUCHARIT, S. Observations on the feeding habits of four species of *Mansonia* (*Mansonioides*) mosquitoes in Southern Thailand. **The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health**, v. 13, n. 2, p. 211-215, 1982.

GORAYEB, I. D. S.; RIBEIRO, J. M. F. Tabanidae (Diptera) da Amazônia XVII. Deslocamentos a hospedeiros determinados por marcação e recaptura. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Zool**, Pará, v. n. p. 2001.

GUIMARÃES, J. H. **Systematic database of Diptera of the Americas South of the United States: family Culicidae**. Brasil: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997. 286 p.

HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

IVANOVA-KAZAS, O. M. Embryologische Entwicklung von *Angitia vestigialis* Ratz. (Hymenoptera, Ichneumonidae)—des Endoparasiten von *Pontania capreae* L. (Hymenoptera, Tenthredinidae). **Entomologicheskoe Obozrenie**, v. 39, p. 284-295, 1960.

JEGER, M. J.; MADDEN, L. V.; VAN DEN BOSCH, F. The effect of transmission route on plant virus epidemic development and disease control. **Journal of theoretical biology**, v. 258, n. 2, p. 198-207, 2009. doi: 10.1016/j.jtbi.2009.01.012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2009.01.012>.

KLEIN, T. A.; LIMA, J. B.; TANG, A. T. Seasonal distribution and diel biting patterns of culicine mosquitoes in Costa Marques, Rondonia, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, n. 1, p. 141-148, 1992. doi: 10.1590/s0074-02761992000100021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761992000100021>.

KÖEPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

LAPORTE, D. A. Dispersal of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in a Hawaiian rain forest. **Journal of Medical Entomology**, v. 45, n. 4, p. 600-609, 2008. doi: 10.1093/jmedent/45.4.600. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/45.4.600>.

LILLIE, T. H.; MARQUARDT, W. C.; JONES, R. H. The flight range of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). **The Canadian Entomologist**, v. 113, n. 5, p. 419-426, 1981. doi: 10.4039/Ent113419-5. Disponível em: <https://doi.org/10.4039/Ent113419-5>.

MORRIS, C. D.; LARSON, V. L.; LOUNIBOS, L. P. Measuring mosquito dispersal for control programs. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 7, n. 4, p. 608-615, 1991.

QUINONES, M. L.; LINES, J. D.; THOMSON, M. C.; JAWARA, M.; MORRIS, J.; GREENWOOD, B. M. *Anopheles gambiae* gonotrophic cycle duration, biting and exiting behaviour unaffected by permethrin-impregnated bednets in the Gambia. **Medical and veterinary entomology**, v. 11, n. 1, p. 71-78, 1997. doi: 10.1111/j.1365-2915.1997.tb00292.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1997.tb00292.x>.

REINERT, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). **European Mosquito Bulletin**, v. 27, p. 68-76, 2009.

SERVICE, M. **Medical Entomology for Students**. UK: Cambridge University Press, 2008. 303 p.

SILVER, J. B. **Mosquito ecology: field sampling methods**. Países Baixos: Springer Netherlands, 2007. 1477 p.

SIOLI, H. **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Países Baixos: W. Junk, 1984. 763 p.

SNOW, W. E.; PICKARD, E. Correlation of vertical and horizontal flight activity of *Mansonia perturbans* with reference to marked changes in light intensity (Diptera, Culicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 50, n. 3, p. 306-311, 1957. doi: 10.1093/aesa/50.3.306. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aesa/50.3.306>.

SOARES GIL, L. H.; MELLO, C. F.; SILVA, J. D. S.; OLIVEIRA, J. D. S.; FREITAS SILVA, S. O.; RODRÍGUEZ-PLANES, L.; DA COSTA, F. M.; ALENCAR, J. Evaluation of *Mansonia* spp. Infestation on Aquatic Plants in Lentic and Lotic Environments of the Madeira River Basin in Porto Velho, Rondônia, Brazil. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 37, n. 3, p. 143-151, 2021. doi: 10.2987/21-7007.1. Disponível em: <https://doi.org/10.2987/21-7007.1>.

SOUTHWOOD, T. R. E. The construction, description and analysis of age-specific life-tables. In: CHAPMAN e HALL (Ed.). **Ecological methods**. UK: Springer, 1978. p. 356-387.

TADEI, W. P.; MASCARENHAS, B. M.; PODESTÁ, M. G. Biologia de anofelinos amazônicos. VIII. Conhecimentos sobre a distribuição de espécies de *Anopheles* na região de Tucuruí-Marabá (Pará). **Acta Amazonica**, v. 13, n. 1, p. 103-140, 1983. doi: 10.1590/1809-43921983131103 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921983131103>.

THOMSON, M. C.; CONNOR, S. J.; QUINONES, M. L.; JAWARA, M.; TODD, J.; GREENWOOD, B. M. Movement of *Anopheles gambiae* sl malaria vectors between villages in The Gambia. **Medical and veterinary entomology**, v. 9, n. 4, p. 413-419, 1995. doi: 10.1111/j.1365-2915.1995.tb00015.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1995.tb00015.x>.

WEBB, C. E.; RUSSELL, R. C. Dispersal of the mosquito *Aedes vigilax* (Diptera: Culicidae) from urban estuarine wetlands in Sydney, Australia. **Journal of medical entomology**, v. 56, n. 5, p. 1290-1295, 2019. doi: 10.1093/jme/tjz054. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jme/tjz054>.

WHARTON, R. H. T. The biology of *Mansonia* mosquitoes in relation to the transmission of filariasis in Malaya. **Bulletin - Institute for Medical Research, Kuala Lumpur**, n. 11, p. 1-114, 1962.

WHITE, G. B.; FAUST, C. Medical acarology and entomology. In: LALLOO, D.; FARRAR, J., *et al* (Ed.). **Manson's Tropical Infectious Diseases**. UK: Elsevier health sciences, 2014. p. 1258–1272.

CAPÍTULO IV

INFLUENCIA DA SAZONALIDADE NA VARIABILIDADE MORFOLÓGICA DAS ASAS EM POPULAÇÕES DE *MANSONIA AMAZONENSIS* (THEOBALD) (DIPTERA: CULICIDAE)

(Artigo publicado na revista Zootaxa)

Resumo

Mansonia amazonensis é uma das 15 espécies do subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901. É uma espécie essencialmente neotropical, relatada na Bolívia, Peru e Brasil. Na região amazônica, altamente sazonal, *Mansonia* spp. encontram fatores ambientais ideais para reprodução, desenvolvimento e permanência. Considerando que os fatores de regime climático influenciam significativamente no tamanho e no comportamento dos mosquitos e insetos em geral, analisamos a influência da sazonalidade na variabilidade morfológica das asas em populações de *Mansonia amazonensis*. As capturas foram realizadas próximo às margens do rio Madeira, no estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição entre as estações durante os anos de 2018 e 2019. Um total de 181 asas foram analisadas por meio de métodos morfológicos e caracteres morfométricos. Nossos resultados mostram que o tamanho da asa de *Ma. amazonensis* aumenta seguindo uma tendência relativamente gradual, sendo menores durante o período seco e maiores no chuvoso. Este é o primeiro estudo de *Ma. amazonensis* que evidencia variabilidade fenotípica, tanto na conformação como no tamanho da asa, associada a sazonalidade, se fazendo uso da morfometria geométrica.

Palavras-chave: Mosquito, *Mansoniini*, Amazônia, período seco, período chuvoso, taxonomia

Abstract

Mansonia amazonensis is one of 15 species of the subgenus *Mansonia* Blanchard, 1901. It is essentially a neotropical species, reported in Bolivia, Peru, and Brazil. In the highly seasonal Amazon region, *Mansonia* spp. find ideal environmental factors for reproduction, development, and settling. Considering that climate regime factors significantly influence the size and behavior of mosquitoes and insects in general, we analyzed the influence of seasonality on wing morphological variability in populations of *Mansonia amazonensis*. Captures were carried out near the banks of the Madeira River in Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy, and transition periods between seasons during 2018 and 2019. We analyzed morphometric characters of 181 wings using morphological methods. Our results show that the wing size of *Ma. amazonensis* increases following a relatively gradual trend, from smaller wings during the dry period to larger ones in the rainy season. This study is the first evidence, detected using geometric morphometry, of seasonal associated phenotypic variability in the wing conformation of *Ma. amazonensis*.

Keywords: Mosquito, Mansoniini, Amazon, dry period, rainy period, taxonomy

INTRODUÇÃO

Mansonia amazonensis (Theobald) está entre as 15 espécies do subgênero *Mansonia* Blanchard, (HARBACH, 2021). É uma espécie essencialmente neotropical, e sua ocorrência é relatada na Bolívia, Peru e Brasil (LANE, 1953; KLEIN *et al.*, 1992; PECOR *et al.*, 2000; ASSUMPÇÃO, 2009). Esses mosquitos depositam seus ovos de forma agregada nas folhas das plantas aquáticas. Quando os ovos eclodem, as larvas cruzam a coluna d'água e se instalam nas raízes dessas plantas (FERREIRA & NUNES DE MELLO, 1999; DA SILVA FERREIRA *et al.*, 2020). A espécie compartilha as características bioecológicas gerais de *Mansonia*, com imaturos dispondo de aparato espiracular adaptado para perfurar o aerênquima de certas macrófitas aquáticas permitindo a troca gasosa sem a necessidade de deslocamento para a coluna d'água (FERREIRA *et al.*, 2003; SERVICE, 2008). As fêmeas adultas são ecléticas nas escolhas de fontes de sangue, realizando repasto sanguíneo até mesmo em répteis (VIANA *et al.*, 2010).

As *Mansonia* spp. são vorazes durante a hematofagia e são capazes de causar problemas médicos e sociais quando em alta densidade (REHENA & MATDOAN, 2020; PEDRO *et al.*, 2021). Essas espécies têm hábitos noturnos, mas podem ser encontradas abundantemente durante o dia, picando a qualquer hora, nas matas próximas aos seus habitats larvais (LIMA, 1929; CONSOLI & OLIVEIRA, 1994). Apresentam comportamento exofílico e silvestre e podem ser encontrados em ambientes alterados, reproduzindo-se de forma desordenada e ampliando sua área de ocorrência, atingindo proximidades de ambientes urbanos (LIMA, 1929; NAVARRO-SILVA *et al.*, 2004). *Mansonia amazonensis* não é considerada vetor de agentes etiológicos. No entanto, vírus e helmintos foram detectados em muitas outras espécies de *Mansonia*, sugerindo sua participação em ciclos selvagens (BURTON, 1967; TURELL *et al.*, 2000; LUTOMIAH *et al.*, 2011; BERANEK *et al.*, 2018).

Na Amazônia, *Mansonia* spp. encontram habitats larvais ideais para reprodução, desenvolvimento e permanência, sendo o gênero de mosquitos hematófagos mais frequente em várzeas (FERREIRA, 1999). As variações sazonais contribuem para ecossistemas dinâmicos e variáveis, e a região amazônica é altamente sazonal, com duas estações bem definidas. De um lado, está o inverno amazônico, nome regional para a estação das chuvas, visto que é verão nesta época do ano na maior parte do hemisfério

sul. Por outro lado, há o verão amazônico, nome popular usado pelos habitantes locais para identificar o período de clima mais quente e seco (BRANDO *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2013; CALDAS, 2016; MARENGO *et al.*, 2016; RENTE NETO & FURTADO, 2016; COUTINHO *et al.*, 2018). Fatores climáticos podem explicar a variação do tamanho das asas de várias espécies de mosquitos (MATHANIA *et al.*, 2020). Considerando a falta de estudos biológicos e ecológicos sobre *Ma. amazonensis* e a importância epidemiológica do grupo taxonômico a que pertence, objetivamos analisar a influência da sazonalidade na variabilidade morfológica das asas em populações de *Ma. amazonensis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes de *Ma. amazonensis* foram capturados próximo às margens do rio Madeira, localizado no estado de Rondônia, Brasil: 9 ° 13'53,7 "S 64°28'20,6"O (Figura IV.1).

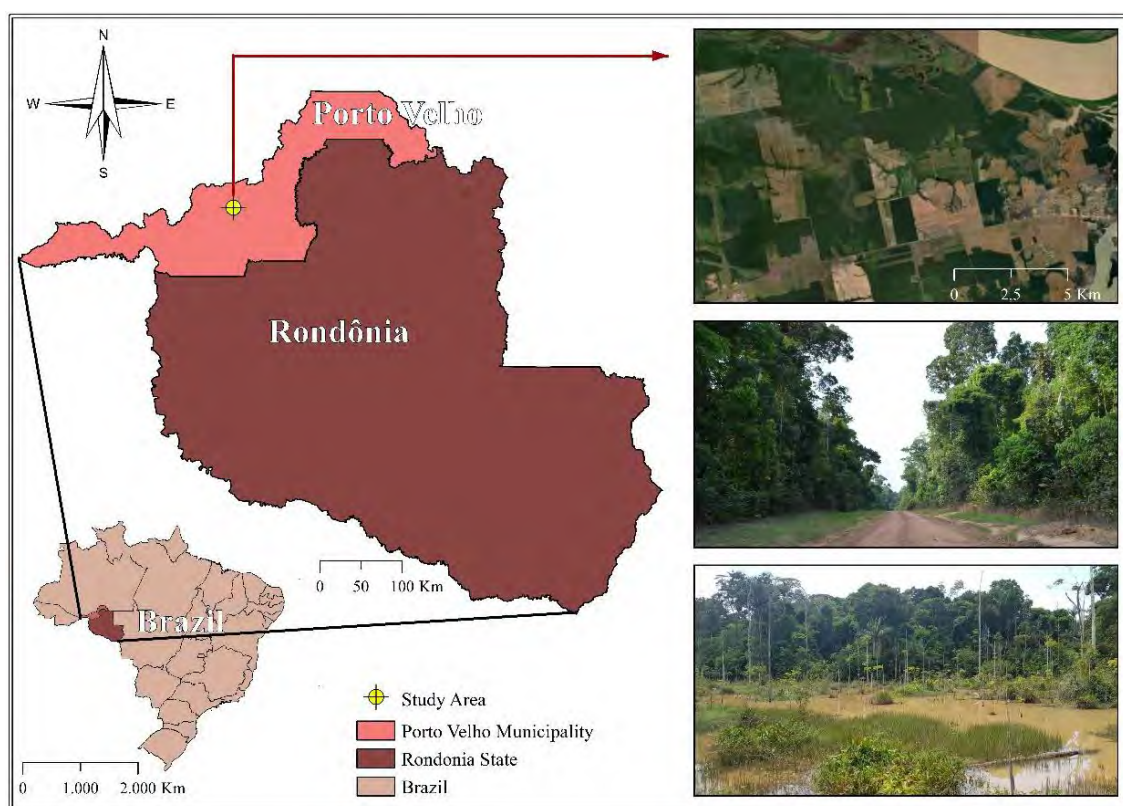


Figura IV. 1. Localização da área de captura das populações de *Mansonia amazonensis* na área do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.

As capturas foram realizadas durante três períodos: julho de 2018 e 2019 (estação seca), outubro e dezembro de 2018 e abril e novembro de 2019 (estação chuvosa) e setembro de 2018 e 2019 (período de transição entre as estações) (FISCH *et al.*, 1998).

Segundo KÖEPPEN (1948), o clima da região pode ser classificado como do tipo Aw, tropical com inverno seco. Nos últimos 10 anos, a temperatura média anual em Rondônia ficou em torno de 25°C, com a média mensal mais fria abaixo de 16°C e a média mensal mais quente acima de 34°C. A precipitação variou entre 1.300 mm e 2.600 mm / ano para o mesmo período de 10 anos (INMET, 2021). As análises morfométricas geométricas foram realizadas em 181 espécimes (Tabela IV.1).

Tabela IV. 1. Número de asas direitas de fêmeas de *Mansonia amazonensis* capturadas na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.

Ano de coleta	Mês	Estação	N
2018	Julho	Seca	25
	Outubro	Chuvosa	24
	Dezembro	Chuvosa	6
2019	Abril	Chuvosa	25
	Julho	Seca	55
	Setembro	Transição	6
	Novembro	Chuvosa	40
Total	7	3	181

Analizamos as asas direitas de fêmeas, essas foram cuidadosamente retiradas do tórax dos espécimes com pinça entomológica. Em seguida, as asas foram montadas entre lâmina e lamínula adesivadas nos quatro ângulos. Um pedaço de papel milimetrado (26 x 76 mm) adicionado abaixo das asas serviu como uma escala para registros fotográficos. As asas foram fotografadas usando estereomicroscópio Leica EZ4 com ampliação de 35X com uma câmera HD 3 MP acoplada. As imagens foram digitalizadas com o software Leica LAS EZ 1.6v 2013. Foram escolhidos treze pontos anatômicos do tipo I (BOOKSTEIN, 1997), caracterizados por conexões e interseções nas asas (Tabela VI.2 e

Figura VI.2). Esses marcos foram digitalizados usando o programa gratuito tpsDig32 versão 2.31 (<http://www.sbmorphometrics.org/soft-dataacq.html>).

Tabela IV. 2. Descrição dos 13 marcos anatômicos das asas de *Mansonia amazonensis* capturados na área da unidade de desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.

Marco anatômico	Abreviação	Localização de marcos anatômicos nas veias
1	1A	incisão axilar
2	CuA	cubital anterior
3	M ₃₊₄	média 2 + 4
4	M ₂	média 2
5	M ₁	média 1
6	R ₄₊₅	radial 4 + 5
7	R ₃	radial 3
8	R ₂	radial 2
9	R ₁	radial 1
10	Sc	subcostal
11	-	Intersecção entre as veias R ₂ e R ₃
12	-	Intersecção entre as veias M ₂ e M ₁
13	-	Intersecção entre as veias CuA e M ₃₊₄



Figura IV. 2. Vista dorsal das asas direitas de fêmeas de *Mansonia amazonensis* capturadas na área da Unidade de Desenvolvimento Hidrelétrico da Amazônia de Jirau (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil. Os números representam a posição dos marcos. Escala = 1 mm.

Estimativa de variação de tamanho

O estimador isométrico do tamanho do centroide (TC), derivado de dados de coordenadas cartesianas, foi usado para comparar o tamanho das asas. O tamanho do centróide é definido pela raiz quadrada da soma das distâncias quadradas entre o centro dos pontos de referência e cada marco individual (BOOKSTEIN, 1997).

Estimativa de variação de conformação

Variáveis de conformação definem as mudanças posicionais em cada marco em relação à conformação de consenso. Essas variáveis foram obtidas usando o algoritmo de superposição de Análise Generalizada Procrustes (AGP) (ROHLF, 1998; 1999). O método estima o critério dos mínimos quadrados nas sobreposições de um grupo de amostras individuais, eliminando os efeitos de escala, orientação e posição dos objetos. Avaliamos as diferenças significativas entre os grupos e os indivíduos reclassificados usando análise de funções discriminantes e coordenadas de Procrustes.

Estimativa de alometria

A alometria é responsável por mudanças na conformação resultantes da variação de tamanho (SHINGLETON *et al.*, 2007). Avaliamos a alometria estimando a relação entre CS e discriminação de conformação entre grupos usando análise de regressão multivariada entre as coordenadas de Procrustes (variáveis dependentes) e TC (variável independente).

Análise Estatística

O tamanho isométrico entre os grupos foi comparado pelo teste de Kruskal-Wallis. As variáveis de conformação foram comparadas por meio de análise multivariada seguindo a metodologia proposta por DUJARDIN (2008). Também caracterizamos a variação relacionada à conformação aplicando a análise de componentes principais (ACP) na matriz de covariância no formato da asa. Uma análise de variáveis canônicas (AVC) foi realizada para investigar a variação da conformação e detectar diferenças de formato de asa de *Ma. amazonensis* entre as estações.

As distâncias de Mahalanobis com seus respectivos valores de significância estatística (p) foram calculadas após um teste de permutação (10.000 corridas). A relação entre CS e discriminação de forma entre populações (alometria) foi estimada por meio de

regressão multivariada entre variáveis de conformação (variáveis dependentes) e CS (variável independente). O tamanho do centróide, as variáveis de conformação e as análises de alometria foram conduzidas usando o programa gratuito MorphoJ (KLINGENBERG, 2011). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e as análises de reclassificação cruzada foram realizados usando o programa gratuito Infostat (DI RIENZO, 2020).

RESULTADOS

Nossos resultados mostram uma tendência relativamente gradual de aumento do tamanho das asas em indivíduos de *Ma. amazonensis* coletados durante os períodos seco, de transição e chuvoso de 2018 e 2019. Essa tendência vai de tamanhos menores de asas durante o período seco para tamanhos maiores no período chuvoso (Tabela VI.3).

Tabela IV. 3. Comparações do tamanho médio do centroide das asas das fêmeas de *Mansonia amazonensis* capturadas na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.

Período	Julho/18 (S) ⁺	Outubro/18 (C) ⁺	Dezembro/18 (C) ⁺	Abril/19 (C) ⁺	Julho/19 (C) ⁺	Setembro/19 (T) ⁺	Dezembro/19 (C) ⁺	Média
Julho/18 (S)	-	0,18	0,05	0,0001*	0,0900	0,200	0,480	2,94
Outubro/18 (C)	-	-	0,28	0,0001*	0,0001*	0,030*	0,420	3,07
Dezembro/18 (C)	-	-	-	0,0001*	0,0001*	0,010*	0,110	3,01
Abril/19 (C)	-	-	-	-	0,0001*	0,060	0,001*	2,66
Julho/19 (C)	-	-	-	-	-	0,670	0,001*	2,87
Setembro/19 (T)	-	-	-	-	-	-	0,080	2,83
Dezembro/19 (C)	-	-	-	-	-	-	-	2,99

S = Seco, C = Chuvoso, T = Transição.

+ Valores P. * Diferenças medianas estatisticamente significativas entre os períodos, $p \leq 0,05$.

Apesar do aumento do tamanho das asas detectado no período chuvoso de ambos os anos de coleta, esses tamanhos foram significativamente maiores nos indivíduos coletados em 2018 do que nos coletados em 2019 (teste de Kruskal-Wallis, $gl = 6$, $p < 0,001$) (Tabela VI.3).

A Análise de Componentes Principais (ACP) baseada na matriz de covariância das variáveis de conformação apresentou uma variabilidade de 43,69% para o primeiro componente (CP1), 18,19% para o segundo (CP2) e 9,67% para o terceiro (CP3). Assim, aproximadamente 72% da variação acumulada concentrou-se nesses três primeiros componentes. Para localizar a magnitude da mudança na conformação, extraímos a conformação de consenso para os diferentes grupos coletados em diferentes períodos. Desta forma, e com base na vista dorsal das asas, o diagrama com a tendência de variação da forma das asas de populações de *Mansonia amazonensis* para o Componente Principal 1 difere do consenso principalmente na localização dos marcos 1 (incisão axilar), 10 (veia subcostal) e 13 (intersecção entre as veias CuA e M 3 + 4) (Tabela VI.2, Figura VI.3).

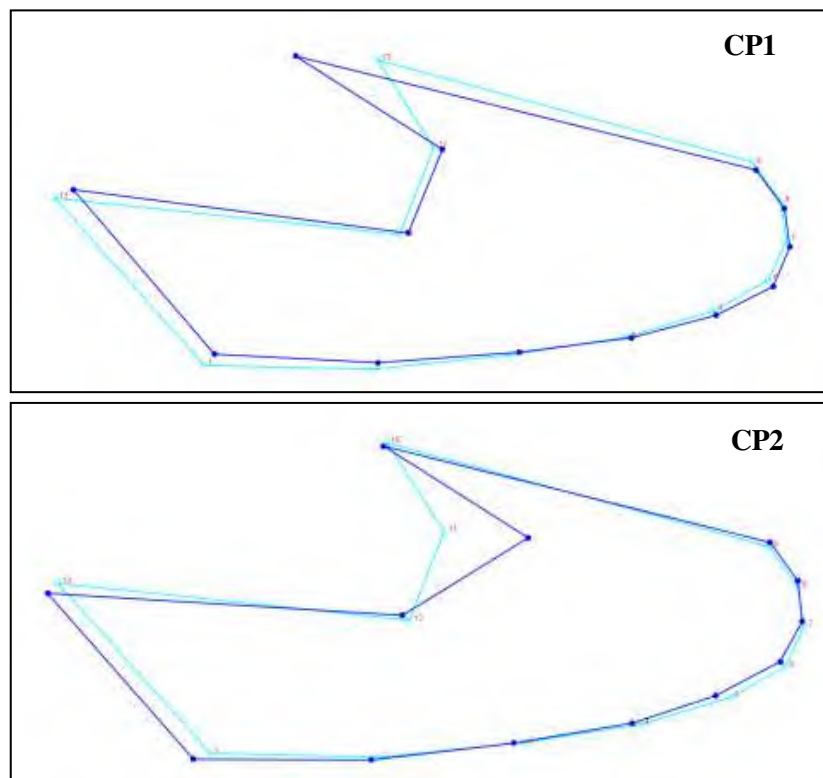


Figura IV. 3. Diagramas de variação de conformação entre pontos de referência para o Componente Principal 1 (PC1) e 2 (PC2). Azul claro as linhas representam conformações de consenso e as linhas azuis escuras correspondem às tendências de conformação

A análise de variáveis canônicas (AVC) mostrou uma ligeira separação entre os grupos correspondentes aos períodos de coleta, principalmente para os espécimes coletados nos dois períodos da estação chuvosa de 2018 (Figura VI.4).

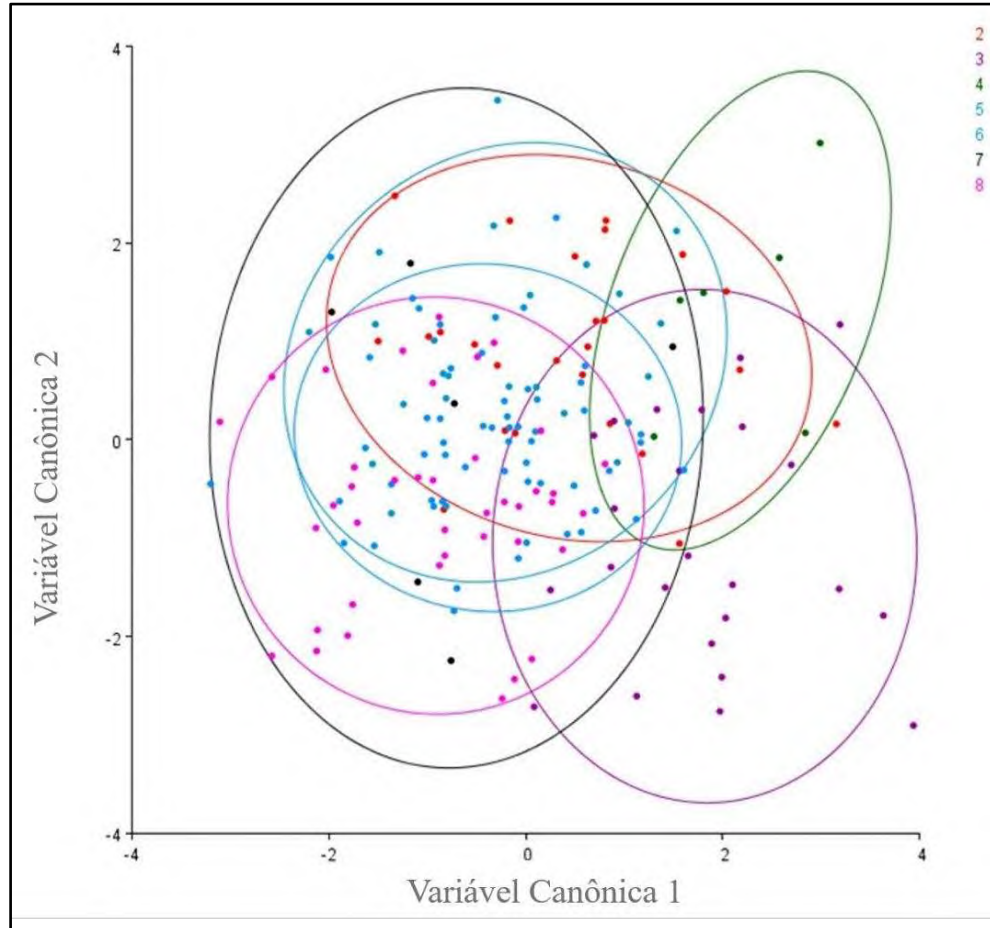


Figura IV. 4. Análise canônica das variáveis de forma de 181 exemplares de *Mansonia amazonensis* de acordo com os períodos de seca, chuva e transição de 2018 e 2019 na área da Unidade de Desenvolvimento Hidrelétrico da Amazônia de Jirau (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil. Cada ponto indica um indivíduo e as elipses indicam o intervalo de confiança (90%). Os números identificam grupos de amostras coletadas em diferentes períodos: (2) julho/18, período seco; (3) outubro/18, período chuvoso; (4) dezembro/18, período chuvoso; (5) abril/19, período chuvoso; (6) julho/19, período seco; (7) setembro/19, período de transição; (8) dezembro/19, período chuvoso.

Os resultados obtidos para as distâncias de Mahalanobis indicam que há diferenças significativas entre os grupos (teste de permutação, $p < 0,01$) (Tabela VI.4).

Tabela IV. 4. Distâncias de Mahalanobis entre grupos de *Mansonia amazonensis* capturados na área de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (UHE-Jirau), estado de Rondônia, Brasil, durante os períodos seco, chuvoso e de transição de 2018 e 2019.

Distâncias de Mahalanobis entre grupos e valores de p para as distâncias de Mahalanobis entre grupos obtidos por teste de permutação (10.000 corridas)						
Período/Ano	Seco/18	Chuvoso/18	Chuvoso/18	Chuvoso/19	Seco/19	Transition/19
Chuvoso/18	2,6197 ($<0,001^*$)					
Chuvoso/18	3,8244 (0005)	3,7091 (0,0046)				
Chuvoso/19	1,6633 (0,0350)	2,8342 ($<0,0001^*$)	3,579 (0,0003*)			
Seco/19	1,8117 ($<0,0001^*$)	2,5661 ($<0,0001^*$)	3,9182 ($<0,0001^*$)	1,4245 (0168)		
Transição/19	2,6446 (0,0948)	3,2383 (0132)	4,2842 (0029)	1,8731 (0,7269)	1,8915 (0,5079)	
Chuvoso/19	2,4321 ($<0,0001^*$)	2,8844 ($<0,0001^*$)	4,3018 ($<0,0001^*$)	1,8581 ($<0,0001^*$)	1,4605 ($<0,0001^*$)	2,0733 (0,2312)

* Análise de regressão entre variáveis de conformação e CS para cada grupo, com base no teste de permutação (10.000 execuções de iteração), não foi estatisticamente significativo ($p \geq 0,3814$). O valor da influência da alometria foi relativamente baixo (0,4%)

Com base nas distâncias de Mahalanobis, observou-se que a maior diferença ocorreu entre as populações coletadas durante os períodos chuvosos de 2018 (4) e 2019 (8). Em contrapartida, a maior proximidade morfológica ocorreu entre as populações dos períodos chuvoso e seco de 2019 (5 e 6). As porcentagens de indivíduos corretamente atribuídos foram razoavelmente boas para todos os grupos, com uma média de 58,6%. As populações dos períodos de julho/18 (seco), outubro/18 (chuvoso), setembro/19 (transição) e dezembro/19 (chuvoso) produziram os melhores escores de indivíduos corretamente atribuídos, atingindo 64%, 79%, 66 % e 70%, respectivamente. Os escores foram menores para as populações coletadas em dezembro/18 (chuvoso), abril/19 (chuvoso), julho/19 (seco), para as quais as reclassificações corretas foram 50%, 44% e 35%, respectivamente.

A análise de regressão entre as variáveis de conformação e TC para cada grupo, com base no teste de permutação (10.000 execuções de iteração), não foi estatisticamente significativa ($P \geq 0,3814$). O valor da influência da alometria foi relativamente baixo (0,4%).

DISCUSSÃO

Nosso estudo mostra a influência da sazonalidade no tamanho e conformação das asas de fêmeas de *Ma. Amazonensis*, capturadas na área do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia. Os resultados mostram que o tamanho das asas dos indivíduos durante os períodos de seca, de transição e chuvoso de 2018 e 2019 aumentam gradativamente, sendo menores durante o período seco e maiores durante o período chuvoso.

O tamanho da asa pode ser consideravelmente influenciado por fatores ambientais como temperatura, umidade relativa, habitat, dieta e densidade larval, embora alguns autores argumentem que é uma característica potencialmente hereditária (DUJARDIN *et al.*, 1997; DUJARDIN *et al.*, 1999; SCOTT *et al.*, 2000; TSUDA & TAKAGI, 2001; SMITH & MULLENS, 2003; JIRAKANJANAKIT *et al.*, 2007; MORALES VARGAS *et al.*, 2010; GURGEL-GONÇALVES *et al.*, 2011). Em outras espécies, como *Aedes aegypti*, a variação do tamanho da asa entre as populações está associada a diferentes capacidades do vetor (JIRAKANJANAKIT *et al.*, 2007).

A morfometria geométrica permite o uso de um estimador robusto do tamanho da asa para descrever os efeitos ambientais. Um estudo recente sobre adultos de *Ae. aegypti* mostrou que o tamanho da asa é maior à medida que a densidade larval aumenta (CLEMENTS, 1963; SILVA *et al.*, 2020a). CLEMENTS (1963) observou que larvas de mosquito criadas em condições de ambiente ótimo e alimentadas de forma ideal apresentam o tamanho do corpo adulto diretamente relacionado com a elevação das temperaturas.

A forma de asa dos espécimes de *Ma. amazonensis* analisada neste estudo indica uma variação significativa, com considerável heterogeneidade nas populações estudadas, principalmente durante o período chuvoso de 2018. Resultados semelhantes de variabilidade intrapopulacional foram obtidos na diversidade de conformação da asa de *Culex coronator* entre sete populações do Sul e Sudeste Brasil (DEMARI-SILVA *et al.*, 2014). Da mesma forma, as populações de *Ae. scapularis* capturados em áreas de parques urbanos de São Paulo mostraram altos níveis de variação na forma das asas (DEMARI-SILVA *et al.*, 2014). Os resultados da análise de alometria mostram uma influência não significativa de tamanho na conformação da asa, com um valor de alometria relativamente baixo indicando que o tamanho não influenciaria a conformação.

As populações analisadas de *Ma. amazonensis* vêm de áreas com extensa cobertura florestal em evidente declínio, facilmente visualizado em imagens de satélite (PRATES & BACHA, 2011). Assim, é possível hipotetizar que novas barreiras geográficas produzidas pela ausência de cobertura vegetal podem impedir a migração por voo, influenciando diretamente no fluxo gênico e causando instabilidade genotípica, acelerando cada vez mais as diferenças e reduzindo as semelhanças entre os organismos de *Ma. amazonensis* da área estudada (SLATKIN, 1987). MULTINI *et al.* (2019) apontam a urbanização como fator determinante na variação da conformação das asas de *Anopheles cruzii* Dyar & Knab. Da mesma forma, análises morfométricas na raiz de *Anopheles darlingi* Root sugeriram que as variações na conformação das asas podem estar relacionadas às diferentes pressões seletivas presentes no Cerrado e nas regiões interior e costeira da Mata Atlântica (MOTOKI *et al.*, 2012).

Em resumo, apresentamos o primeiro estudo usando morfometria geométrica em *Ma. amazonensis* mostrando variabilidade fenotípica associada à sazonalidade na conformação e tamanho de asa. Nossa hipótese é que a variabilidade pode estar relacionada às fortes pressões seletivas que ocorrem na região amazônica. Embora não seja possível inferir claramente que a variabilidade encontrada nas asas esteja associada com pressões seletivas específicas do ambiente devastado, pesquisas adicionais com populações de *Ma. amazonensis* capturadas em mata nativa na margem esquerda do Rio Madeira, estado de Rondônia, estão sendo processadas para dar continuidade a nossa hipótese de estudo.

REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, I. C. **Chave de identificação pictórica para o subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) da região neotropical**. 2009. 41 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/31613>.
- BERANEK, M. D.; GALLARDO, R.; ALMIRON, W. R.; CONTIGIANI, M. S. First detection of *Mansonia titillans* (Diptera: Culicidae) infected with St. Louis encephalitis virus (Flaviviridae: Flavivirus) and *Bunyamwera serogroup* (Peribunyaviridae: Orthobunyavirus) in Argentina. **Journal of Vector Ecology**, Argentina, v. 43, n. 2, p. 340-343, 2018. doi: 10.1111/jvec.12320. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jvec.12320>.
- BOOKSTEIN, F. L. **Morphometric tools for landmark data: geometry and biology**. UK: Cambridge University Press, 1997. 435 p.
- BRANDO, P. M.; GOETZ, S. J.; BACCINI, A.; NEPSTAD, D. C.; BECK, P. S.; CHRISTMAN, M. C. Seasonal and interannual variability of climate and vegetation indices across the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 33, p. 14685-14690, 2010. doi: 10.1073/pnas.0908741107. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0908741107>.
- BURTON, G. J. Observations on the habits and control of *Culex pipiens fatigans* in Guyana. **Bulletin World Health Organization**, v. 37, n. 2, p. 317-322, 1967.
- CALDAS, R. C. Verão e Inverno Amazônico: Conceito científico de clima e a concepção popular de clima nas localidades ribeirinhas do município de Cametá-Pará. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. “A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia”, 2016, Universidade Federal do Maranhão (UFMA). **Anais [...]**. Maranhão: Institucional da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – MA (IFMA), 2016. Disponível em: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1467328339_ARQUIVO_TRABALHOCOMPLETO-ENG.pdf. Acesso em: 03 nov. 2020.
- CLEMENTS, A. N. **The Physiology of Mosquitoes: International Series of Monographs on Pure and Applied Biology**. Oxford : Pergamon Press, 1963. 404 p.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 228 p.
- COSTA, A. C. L.; JUNIOR, J. d. A. S.; CUNHA, A. C.; FEITOSA, J. R. P.; PORTELA, B. T. T.; GUIMARÃES, G. C.; COSTA, R. F. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia**

Física, v. 6, n. 3, p. 478-487., 2013. doi: 10.26848/rbgf.v6.3.p478-487. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v6.3.p478-487>.

COUTINHO, E. D. C.; ROCHA, E. J. P. D.; LIMA, A. M. M.; RIBEIRO, H. M. C.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S.; PAES, G. K. A. A.; BISPO, C. J. C.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. p. 2018. doi: 10.5380/abclima.v22i0.46074. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.46074>.

DA SILVA FERREIRA, F. A.; SIMÕES, R. d. C.; FERREIRA-KEPPLER, R. L.; ALENCAR, J.; SCARPASSA, V. M.; TADEI, W. P. Scanning Electron Microscopy and Geometric Contour Morphometry for Identifying Eggs of Three Amazonian Species of *Mansonia* (Diptera: Culicidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 3, p. 745-754, 2020. doi: 10.1093/jme/tjz240. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jme/tjz240>.

DEMARI-SILVA, B.; SUESDEK, L.; SALLUM, M. A. M.; MARRELLI, M. T. Wing geometry of *Culex coronator* (Diptera: Culicidae) from south and southeast Brazil. **Parasites & Vectors**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2014. doi: 10.1186 / 1756-3305-7-174. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-174>.

DI RIENZO, J. A. **InfoStat** Versão 2016. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: 2020.

DUJARDIN, J.-P. Morphometrics applied to medical entomology. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 8, n. 6, p. 875-890, 2008. doi: 10.1016 / j.meegid.2008.07.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2008.07.011>.

DUJARDIN, J.; BERMUDEZ, H.; CASINI, C.; SCHOFIELD, C.; TIBAYRENC, M. Metric differences between silvatic and domestic *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae) in Bolivia. **Journal of Medical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 544-551, 1997. doi: 10.1093 / jmedent / 34.5.544. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/34.5.544>.

DUJARDIN, J. P.; STEINDEL, M.; CHAVEZ, T.; MACHANE, M.; SCHOFIELD, C. J. Changes in the sexual dimorphism of Triatominae in the transition from natural to artificial habitats. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 94, n. 4, p. 565-569, 1999. doi: 10.1590 / s0074-02761999000400024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761999000400024>.

FERREIRA, R. L. M. Densidade de oviposição, e quantificação de Larvas e Pupas de *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera: Culicidae), em *Eichhornia crassipes* Solms. e *Pistia stratiotes* Linn. Na ilha da Marchantaria, Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 1, p. 123-123, 1999. doi: 10.1590/1809-43921999291134. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1809-43921999291134>.

FERREIRA, R. L. M.; NUNES DE MELLO, J. A. S. Aspectos biológicos de três espécies de *Mansonia* (*Mansonia*) Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) em laboratório. **Revista brasileira de entomologia**, v. 43, n. 1-2, p. 29-34, 1999.

FERREIRA, R. L. M.; PEREIRA, E. S.; HAR, N. T. F.; HAMADA, N. *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. **Entomotropica**, v. 18, n. 1, p. 21-25, 2003.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998. doi: 10.1590/1809-43921998282126. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.

GURGEL-GONÇALVES, R.; MAEDA, M. H.; FERREIRA, J. B.; ROSA, A. d. F.; CUBA, C. A. Morphometric changes of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera: Reduviidae): in the transition from sylvatic to laboratory conditions. **Zoologia** v. 28, n. 5, p. 680 – 682, 2011. doi: 10.1590/S1984-46702011000500017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000500017>.

HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

JIRAKANJANAKIT, N.; LEEMINGSAWAT, S.; THONGRUNGKIAT, S.; APIWATHNASORN, C.; SINGHANIYOM, S.; BELLEC, C.; DUJARDIN, J. P. Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti*. **Tropical Medicine & International Health**, v. 12, n. 11, p. 1354-1360, 2007. doi: 10.1111 / j.1365-3156.2007.01919.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2007.01919.x>.

KLEIN, T. A.; LIMA, J. B.; TANG, A. T. Seasonal distribution and diel biting patterns of culicine mosquitoes in Costa Marques, Rondonia, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, n. 1, p. 141-148, 1992. doi: 10.1590/s0074-02761992000100021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761992000100021>.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. **Molecular Ecology Resources**, v. 11, n. 2, p. 353-357, 2011. doi: 10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>.

KÖEPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

LIMA, A. Sobre algumas espécies de *Mansonia* encontradas no Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 22, n. p. 297-300, 1929. doi: 10.1590/S0074-02761929000900004 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761929000900004>.

LUTOMIAH, J. L.; KOKA, H.; MUTISYA, J.; YALWALA, S.; MUTHONI, M.; MAKIO, A.; LIMBASO, S.; MUSILA, L.; CLARK, J. W.; TURELL, M. J. Ability of selected Kenyan mosquito (Diptera: Culicidae) species to transmit West Nile virus under laboratory conditions. **Journal of medical entomology**, v. 48, n. 6, p. 1197-1201, 2011. doi: 10.1603 / me11062. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/ME11062>.

MARENGO, J.; WILLIAMS, E.; ALVES, L.; SOARES, W.; RODRIGUEZ, D. Extreme Seasonal Climate Variations in the Amazon Basin: Droughts and Floods. *In*: FORSBERG, B. R.; NAGY, L., *et al* (Ed.). **Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Alemanha: Springer, 2016. p. 55-76.

MATHANIA, M. M.; MUNISI, D. Z.; SILAYO, R. S. Spatial and temporal distribution of *Anopheles* mosquito's larvae and its determinants in two urban sites in Tanzania with different malaria transmission levels. **Parasite Epidemiology Control**, v. 11, p. e00179, 2020. doi: 10.1016/j.parepi.2020.e00179. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2020.e00179>.

MORALES VARGAS, R. E.; YA-UMPHAN, P.; PHUMALA-MORALES, N.; KOMALAMISRA, N.; DUJARDIN, J. P. Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. **Infection Genetics Evolution**, v. 10, n. 4, p. 580-585, 2010. doi: 10.1016/j.meegid.2010.01.004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2010.01.004>.

MOTOKI, M. T.; SUESDEK, L.; BERGO, E. S.; SALLUM, M. A. M. Wing geometry of *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) in five major Brazilian ecoregions. **Infection, genetics and evolution**, v. 12, n. 6, p. 1246-1252, 2012. doi: 10.1016/j.meegid.2012.04.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2012.04.002>.

MULTINI, L. C.; WILKE, A. B. B.; MARRELLI, M. T. Urbanization as a driver for temporal wing-shape variation in *Anopheles cruzii* (Diptera: Culicidae). **Acta tropica**, v. 190, p. 30-36, 2019. doi: 10.1016 / j.actatropica.2018.10.009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.10.009>.

NAVARRO-SILVA, M. A.; BARBOSA, A. A.; CALADO, D. Atividade de *Mansonia* spp.(Mansoniini, Culicidae) em fragmento florestal na área urbana de Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 243-247, 2004. doi: 10.1590/S0101-81752004000200012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000200012>.

PECOR, J. E.; JONES, J.; TURELL, M. J.; FERNANDEZ, R.; CARBAJAL, F.; O'GUINN, M.; SARDALIS, M.; WATTS, D.; ZYZAK, M.; CALAMPA, C.; KLEIN, T. A. Annotated checklist of the mosquito species encountered during arboviral studies in Iquitos, Peru (Diptera: Culicidae). **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 16, n. 3, p. 210-218, 2000.

PEDRO, P. M.; RODRIGUES DE SÁ, I. L.; ROJAS, M. V. R.; AMORIM, J. A.; RIBEIRO GALARDO, A. K.; SANTOS NETO, N. F.; FURTADO, N. V. R.; PIRES DE CARVALHO, D.; NABAS RIBEIRO, K. A.; DE PAIVA, M. Efficient Monitoring of Adult and Immature Mosquitoes Through Metabarcoding of Bulk Samples: A Case Study for Non-Model Culicids With Unique Ecologies. **Journal of medical entomology**, v. 58, n. 3, p. 1210-1218, 2021. doi: 10.1093 / jme / tjaa267. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa267>.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Economia e Sociedade**, v. 20, n. p. 601-636, 2011. doi: 10.1590/S0104-06182011000300006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-06182011000300006>.

REHENA, J. F.; MATDOAN, M. N. Mosquito Behavior of *Mansonia* and *Anopheles* and Its Relationship With the Filariasis Disease in Taniwel Timur District and Taniwel, Seram barat regency. **Edu Sciences Journal**, v. 1, n. 2, p. 90-100, 2020. doi: 10.30598/edusciencevol1iss2pp90-100. Disponível em: <https://doi.org/10.30598/edusciencevol1iss2pp90-100>.

RENTE NETO, F.; FURTADO, L. G. A ribeiridade amazônica: algumas reflexões. **Cadernos de Campo (São Paulo, 1991)**, v. 24, n. 24, p. 158, 2016. doi: 10.11606/issn.2316-9133.v24i24p158-182. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9133.v24i24p158-182>.

ROHLF, F. J. On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. **Systematic Biology**, v. 47, n. 1, p. 147-158, 1998. doi: 10.1080/106351598261094. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/106351598261094>.

ROHLF, F. J. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. **Journal of classification**, v. 16, n. 2, p. 197-223, 1999. doi: 10.1007/s003579900054. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s003579900054>.

SCOTT, T. W.; AMERASINGHE, P. H.; MORRISON, A. C.; LORENZ, L. H.; CLARK, G. G.; STRICKMAN, D.; KITTAYAPONG, P.; EDMAN, J. D. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. **Journal of Medical Entomology**, v. 37, n. 1, p. 89-101, 2000. doi: 10.1603/0022-2585-37.1.89. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.1.89>.

SERVICE, M. **Medical Entomology for Students**. UK: Cambridge University Press, 2008. 303 p.

SHINGLETON, A. W.; FRANKINO, W. A.; FLATT, T.; NIJHOUT, H. F.; EMLLEN, D. J. Size and shape: the developmental regulation of static allometry in insects. **Bioessays**, v. 29, n. 6, p. 536-548, 2007. doi: 10.1002/bies.20584. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bies.20584>.

SILVA, R. B. C.; VITORINO, M. I.; SOUSA, A. M. L.; SANTOS, J. T. S.; FERREIRA, G. R. B.; GONÇALVES, F. L. T.; SANTOS, M. R. D. S. Influência da variabilidade climática na densidade de mosquitos vetores no leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 801-816, 2020. doi: 10.5380/abclima.v26i0.71732. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71732>.

SLATKIN, M. Gene flow and the geographic structure of natural populations. **Science**, v. 236, n. 4803, p. 787-792, 1987. doi: 10.1126/science.3576198. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.3576198>.

SMITH, H.; MULLENS, B. A. Seasonal activity, size, and parity of *Culicoides occidentalis* (Diptera: Ceratopogonidae) in a coastal southern California salt marsh. **Journal of medical entomology**, UK, v. 40, n. 3, p. 352-355, 2003. doi: 10.1603/0022-2585-40.3.352. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-40.3.352>.

TSUDA, Y.; TAKAGI, M. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. **Environmental Entomology**, v. 30, n. 5, p. 855-860, 2001. doi: 10.1603/0046-225X-30.5.855. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.5.855>.

TURELL, M. J.; JONES, J. W.; SARDELIS, M. R.; DOHM, D. J.; COLEMAN, R. E.; WATTS, D. M.; FERNANDEZ, R.; CALAMPA, C.; KLEIN, T. A. Vector competence of Peruvian mosquitoes (Diptera: Culicidae) for epizootic and enzootic strains of Venezuelan equine encephalomyelitis virus. **Journal medical Entomology**, v. 37, n. 6, p. 835-839, 2000. doi: 10.1603/0022-2585-37.6.835. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.6.835>.

VIANA, L. A.; SOARES, P.; PAIVA, F.; LOURENCO-DE-OLIVEIRA, R. Caiman-biting mosquitoes and the natural vectors of *Hepatozoon caimani* in Brazil. **Journal medical Entomology**, v. 47, n. 4, p. 670-676, 2010. doi: 10.1093/jmedent/47.4.670. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/47.4.670>.

CAPÍTULO V

ULTRAESTRUTURA DE OVOS DE *COQUILLETIDIA VENEZUELENSIS* (THEOBALD) (DIPTERA: CULICIDAE)

(Artigo publicado na Revista Zootaxa)

Resumo

Este estudo examinou as características ultraestruturais do ovo de *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae) com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura. Os ovos são elípticos e enegrecidos, medindo em média $525,3 \pm 12,8$ μm de comprimento e $94,9 \pm 5,14$ μm de largura, com relação comprimento / largura de $5,54 \pm 0,18$. A região anterior do ovo é tubuliforme, com um colar micropilar bem desenvolvido medindo aproximadamente $2,54 \pm 0,33$ μm de espessura, o lado interno é uniforme e profundamente escavado, com uma depressão ao redor da margem externa do disco micropilar, que tem um diâmetro de $29,4 \pm 1,7$ μm , uma área de $234,4 \mu\text{m}^2 \pm 401,3 \mu\text{m}^2$ e uma região central ligeiramente elevada medindo $1,7 \pm 0,5$ μm de diâmetro que contém a micrópila central.

Palavras-chave: Mosquito, microscopia eletrônica de varredura, taxonomia, *Mansoniini*

Abstract

This study examined the ultrastructural characteristics of the egg of *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae) with the aid of scanning electron microscopy. The eggs are elliptical and blackish, measuring on average $525.3 \pm 12.8 \mu\text{m}$ in length and $94.9 \pm 5.14 \mu\text{m}$ in width, with a length to width ratio of 5.54 ± 0.18 . The anterior region of the egg is tubuliform, with a well-developed micropylar collar measuring approximately $2.54 \pm 0.33 \mu\text{m}$ in thickness, the inner side of which is uniformly and deeply excavated, with a depression around the outer margin of the micropylar disc, which has a diameter of $29.4 \pm 1.7 \mu\text{m}$, an area of $234.4 \mu\text{m}^2 \pm 401.3 \mu\text{m}^2$ and a slightly elevated central region measuring $1.7 \pm 0.5 \mu\text{m}$ in diameter that bears the central micropyle.

Key words: Mosquito, scanning electron microscopy, taxonomy, Mansoniini

INTRODUÇÃO

As espécies de *Coquillettidia* Dyar são agrupadas em três subgêneros, *Austromansonia* Belkin (1 espécie), *Coquillettidia* (44 espécies) e *Rhynchotaenia* Brèthes (13 espécies). Apenas espécies do subgênero *Rhynchotaenia* ocorrem no Brasil, sendo a mais comum a *Cq. venezuelensis* (Theobald) e *Cq. chrysonotum* (Peryassú) (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994; HARBACH, 2021).

Coquillettidia venezuelensis tem ampla distribuição geográfica e foi registrada na Argentina, Brasil, Bolívia, Colômbia, El Salvador, Guatemala, Guiana, Honduras, México, Trinidad e Tobago e Venezuela (BEIKIN *et al.*, 1970). É um vetor potencial de arboviroses, tendo sido encontrado naturalmente infectado com arbovírus, incluindo os vírus Bussuquara, Catu, Cotia, Guama, Mayaro, Murutucu e Oropouche (HERVÉ *et al.*, 1986; WHITE & FAUST, 2014).

Os estágios imaturos comumente se desenvolvem em associação com plantas aquáticas, e seus habitats se sobrepõem aos das espécies de *Mansonia* Blanchard (FORATTINI, 2002). No entanto, embora as larvas tendam a perfurar as raízes das macrófitas aquáticas, isso não impede a sua presença em locais aquáticos transitórios que carecem de vegetação submersa ou flutuante (ALENCAR *et al.*, 2011). As fêmeas de *Cq. venezuelensis* tem sido capturadas em armadilhas luminosas em um ambiente de floresta durante o crepúsculo, contudo estão presentes perto de áreas habitadas e são consideradas um incômodo devido a mordidas agressivas infligidas a humanos e animais domésticos (CLARK-GIL & DARSIE, 1983; CONSOLI & OLIVEIRA, 1994). Estudos morfológicos de ovos de mosquito podem revelar informações de valor taxonômico e filogenético, fornecendo lampejos que podem ajudar a identificar as espécies, bem como características que podem lançar luz sobre suas origens e evolução (LOUNIBOS *et al.*, 1997; REINERT *et al.*, 2004). Este estudo teve como objetivo descrever a morfologia externa do ovo de *Cq. venezuelensis* com base em fotomicrografias de microscópio eletrônico de varredura (MEV).

MATERIAL E MÉTODOS

Os ovos utilizados neste estudo são provenientes de fêmeas capturadas durante a estação chuvosa de novembro de 2019 na floresta amazônica no estado de Rondônia, Brasil, em locais próximos ao rio Madeira, um dos principais afluentes do rio Amazonas (9°13'54,02"S, 64°28'21,51"O); aproximadamente 95 m de altitude acima do nível do mar. Três fêmeas

ingurgitadas de *Cq. venezuelensis* foram capturadas com armadilhas luminosas do tipo CDC. As mesmas foram imediatamente transportadas ao laboratório sendo mantidas em frascos plásticos de 50 ml contendo algodão e papel filtro úmido até postura de ovos que ocorreu no período de quatro dias após a captura (BATES & ROCA-GARCIA, 1945).

Foram obtidas jangadas contendo de nove a 17 ovos, ao todo somaram-se 59 ovos, dos quais 27 foram utilizados para análises morfométricas. A observação direta foi realizada para identificar as espécies por meio de caracteres morfológicos visíveis sob um estereomicroscópio e as chaves dicotômicas, descrições e diagnósticos de LANE (1953) e FORATTINI (2002). Imediatamente após a oviposição, os ovos foram retirados do papel filtro com auxílio de um pincel, fixados em glutaraldeído 2,5% e pós-fixados em tetróxido de ósmio 1%, ambos em tampão cacodilato de sódio 0,1 M pH 7,2. Depois de lavados no mesmo tampão, os ovos foram desidratados em séries crescentes de etanol (70%, 80%, 90% e 100%) por 10 minutos em cada concentração. Foram desidratados em etanol 100% por três períodos de 10 minutos e submetidos ao método de secagem de ponto crítico com CO₂ super seco em aparelho Balzers (Tousimis Research Corporation Rockville, Maryland, EUA). Os ovos foram montados em suportes de metal usando fita dupla-face, banhados a ouro e observados em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM 6390LV (JEOL Ltd, Akishima, Tóquio, Japão) em ampliações de 200–5.000 x. As superfícies dorsal e ventral dos ovos foram fotografadas, o exocório e a micrópila foram examinados.

Nossa análise incluiu as seguintes medidas lineares: comprimento - distância entre a micrópila e a extremidade oposta (posterior) do ovo; largura - o maior diâmetro perpendicular ao comprimento; índice do ovo - a relação entre o comprimento e a largura; diâmetros do colar micropilar, colar do disco micropilar e micrópila; circunferência e diâmetro das células coriônicas externas; o tamanho dos tubérculos coriônicos externos. Essas medidas foram obtidas para analisar a tendência central (média) e as medidas de dispersão (desvio padrão, valores máximo e mínimo). Essas análises foram realizadas com o software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA). O ovo é descrito usando a terminologia de (HARBACH, 2020). As abreviaturas para o gênero e subgênero são as propostas por (REINERT, 2009b).

RESULTADOS

A aparência geral do ovo de *Cq. venezuelensis* é mostrado na Figura V.1.

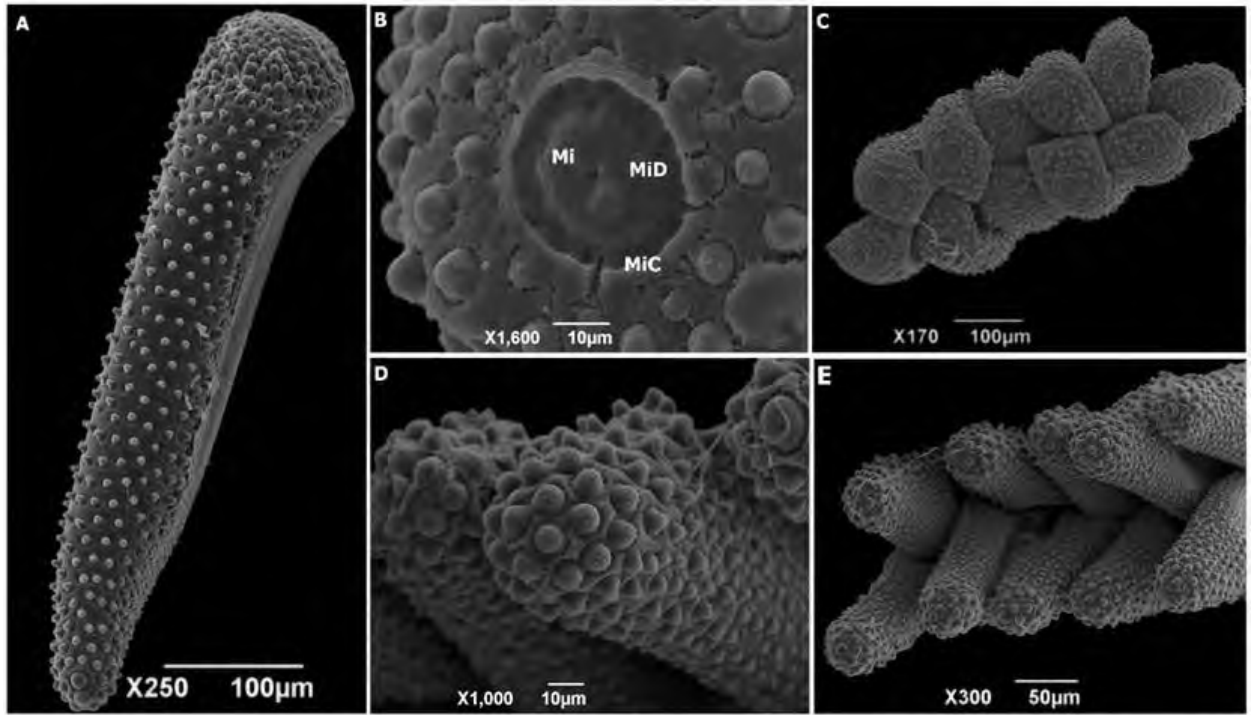


Figura V. 1. Ovo de *Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis* (Theobald, 1912) - A - Ovo inteiro, extremidade anterior (EA) e extremidade posterior (EP); B - Região anterior do ovo mostrando o detalhe do aparelho micropilar formado por um colar (MiC), um disco (MiD) e um orifício micropilar (Mi); C - Extremidade anterior, detalhe da jangada formada por 11 ovos; D - Extremidade posterior, vista dos tubérculos no ápice E - Extremidade posterior, detalhe da jangada formada por 10 ovos.

Os ovos são elípticos e enegrecidos. Tem em média $525,3 \pm 12,8 \mu\text{m}$ de comprimento e $94,9 \pm 5,14 \mu\text{m}$ de largura, com índice de ovo de $5,54 \pm 0,18$. Essas medidas são distintas das medidas dos ovos de outras espécies de *Coquillettidia* (Tabela V. 1).

Tabela V. 1. Dimensões dos ovos de quatro espécies de *Coquillettidia*.

Espécies	Comprimento (µm)		Largura(µm)		Índice do ovo (C/)	
	Média	Extensão	Média	Extensão	Média	Extensão
<i>Cq. venezuelensis</i>	525.3 ± 12.8	512.3–538	94.9 ± 5.14	89–99	5.54 ± 0.18	5.4–5.8
<i>Cq. juxtamansonia</i>	573 ± 6.44	–	156 ± 2.5	–	3.66 ± 0.08	–
<i>Cq. albifera</i>	661 ± 2.59	–	183 ± 2.59	–	3.61 ± 0.08	–
<i>Cq. shannoni</i>	534.4 ± 28.9	496–571	154.8 ± 10.2	142–171	3.5 ± 0.3	2.9–3.7

Os ovos de *Cq. venezuelensis* são colocados como um agregado e aderem ao substrato. A região anterior de cada ovo é tubuliforme, com um colar micropilar bem desenvolvido medindo $2,54 \pm 0,33$ µm de espessura, a margem interna do qual é uniforme e profundamente escavada, com uma depressão ao redor da margem externa do disco micropilar, que possui um diâmetro de $29,4 \pm 1,7$ µm, uma área de $234,4 \mu\text{m}^2 \pm 401,3 \mu\text{m}^2$ e uma região central ligeiramente elevada medindo $1,7 \pm 0,5$ µm que contém a micrópila na parte central (Figura V.1). A extremidade posterior do ovo é arredondada com um tubérculo central rodeado por seis tubérculos semelhantes, lembrando uma flor. Os tubérculos que recobrem as superfícies dorsal e ventral do ovo são hemisféricos, embora alguns tenham formato cônico, principalmente na região central do ovo, medem $3,62 \pm 3,90$ µm de diâmetro e apresentam superfície rugosa (Tabela V.1).

DISCUSSÃO

As informações sobre a morfologia externa dos ovos de mosquitos são importantes para identificar espécies em habitats aquáticos e aumentar o conhecimento da biologia e sistemática dos mosquitos. No entanto, descrições e ilustrações de ovos foram publicadas apenas para algumas espécies de *Coquillettidia* (33,3% das espécies conhecidas) (SANTOS-MALLET *et al.*, 2009; REINERT, 2010).

Dados morfológicos para ovos de mosquitos são raramente usados em análises filogenéticas porque a morfologia dos ovos só foi descrita para um pequeno número de taxa. Por exemplo, MOTTA *et al.* (2007) não incluiu caracteres de ovo entre os 134 caracteres em seu estudo

de *Sabethini*, e (REINERT, 2009b) incluiu apenas quatro caracteres de ovo entre os 336 analisados em seu estudo de *Aedini*.

Alguns estudos taxonômicos importantes de *Cq. venezuelensis* contribuíram para uma maior compreensão da classificação desta espécie (LANE, 1953; COVA GARCÍA *et al.*, 1966; BEIKIN *et al.*, 1970; MATTINGLY, 1971). No entanto, dada a falta de estudos que examinem a morfologia dos ovos de *Cq. venezuelensis* com MEV, mais estudos são necessários para determinar se esta abordagem pode ser aplicada à diferenciação morfológica das espécies que compõem o gênero *Coquillettidia*. Portanto, este estudo amplia a literatura sobre aspectos morfológicos do gênero ao fornecer uma descrição morfológica do ovo de *Cq. venezuelensis* usando MEV. Estudos anteriores usaram microscopia de luz para descrever os ovos de 17 espécies deste gênero (REINERT, 2010), enquanto técnicas de MEV foram usadas para descrever os ovos de apenas três espécies em detalhes, a saber, *Cq. juxtamansonia* (Chagas), *Cq. Shannoni* (Lane & Antunes) e *Cq. albifera* (Prado) (MELLO *et al.*, 2014; WESTPHAL-FERREIRA *et al.*, 2018; ALENCAR *et al.*, 2019), respectivamente.

O comprimento, largura e índice dos ovos de *Cq. de venezuelensis* são distintos dos de *Cq. juxtamansonia*, *Cq. albifera* e *Cq. Shannoni*. Além disso, os ovos de *Cq. venezuelensis* são os menores ($525,3 \pm 12,8 \mu\text{m}$). Os tubérculos coriônicos externos têm aspecto arredondado e, na extremidade posterior do ovo, um tubérculo central rodeado por seis tubérculos que lembram as pétalas modificadas de uma flor. O ovo de *Cq. shannoni* é mais semelhante em tamanho ($534 \pm 28,9 \mu\text{m}$) ao ovo de *Cq. venezuelensis*; entretanto, seus tubérculos coriônicos externos são arredondados e circundados por um colar liso sob o retículo coriônico externo.

A largura basal dos tubérculos coriônicos externos dos ovos de *Cq. venezuelensis* é mais semelhante à largura basal dos ovos de *Cq. juxtamansonia* (Tabela V.2) do que a largura basal dos tubérculos coriônicos de qualquer outra espécie de *Coquillettidia* para a qual o ovo foi descrito. No entanto, a região central do disco micropilar mede $1,7 \pm 0,5 \mu\text{m}$ em *Cq. venezuelensis*, que contrasta com as medidas de ovo de *Cq. juxtamansonia* feito por MELLO *et al.* (2014), cuja micrópila média $3,5 \pm 0,26 \mu\text{m}$, com uma região central elevada circundada por um disco micropilar liso.

Tabela V. 2. Dimensões das estruturas da região micropilar de quatro espécies de *Coquillettidia*.

Espécies	Micrópila (diâmetro μm)		Disco (diâmetro μm)		Colar (espessura μm)	
	Média	Extensão	Média	Extensão	Média	Extensão
<i>Cq. venezuelensis</i>	$1,7 \pm 0,5$	0,9- 2,7	$29,4 \pm 1,7$	27,1 - 32,7	$2,54 \pm 0,33$	1,92 - 2,98
<i>Cq. juxtamansonia</i>	$3,5 \pm 0,26$	–	$10,6 \pm 1.8$	–	$3,5 \pm 0,5$	–
<i>Cq. albifera</i>	–	–	$18,91 \pm 0.65$	–	$4,4 \pm 0,3$	–
<i>Cq. shannoni</i>	–	–		–	$4,3 \pm 0,4$	–

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J.; FERREIRA, Z. M.; LOPES, C. M.; SERRA-FREIRE, N. M.; DE MELLO, R. P.; SILVA JDOS, S.; GUIMARAES, A. E. Biodiversity and times of activity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the biome of the Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Journal Medical Entomology**, v. 48, n. 2, p. 223-231, 2011. doi: 10.1603/me09214. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/ME09214>.
- ALENCAR, J.; GIL-SANTANA, H. R.; MELLO, C. F.; MARCONDES, C. B.; SANTOS-MALLET, J. R. D. Ultrastructure and morphometry of the egg of *Coquillettidia albifera* (Prado) with illustrations of male genitalia (Diptera: Culicidae). **Zootaxa**, v. 4565, n. 1, p. 145-150, 2019. doi: 10.11646/zootaxa.4565.1.13. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4565.1.13>.
- BATES, M.; ROCA-GARCIA, M. Laboratory Studies of the Saimiri-Haemagog'us Cycle of Jungle Yellow Fever. **American Journal of Tropical Medicine**, v. 25, n. 3, p. 203-216, 1945. doi: 10.4269/ajtmh.1945.s1-25.203. Disponível em: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1945.s1-25.203>.
- BEIKIN, J. N.; HEINEMANN, S. J.; PAGE, W. A. **The Culicidae of Jamaica (Insecta, Diptera) [(Mosquito Studies, XXI)]**. Kingston: Institute of Jamaica, 1970. 458 p.
- CLARK-GIL, S.; DARSIE, R. F. The mosquitoes of Guatemala. **Mosquito Systems**, v. 15, n. 3, p. 151-294, 1983.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 228 p.
- COVA GARCÍA, P.; SUTIL, E.; J.A., R. **Mosquitos (Culicinos) de Venezuela**. Caracas: Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, 1966. p.
- FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia**. São Paulo: EDUSP, 2002. 860 p.
- HARBACH, R. E. - MTI. **Mosquito taxonomic inventory**, 2021. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- HERVÉ, J. P.; DÉGALLIER, N.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A.; TINHEIRO, F. P.; SÁ FILHO, G. C. Aspectos ecológicos. *In*: Fundação Serviços de Saúde Pública (Ed.). **Instituto**

Evandro Chagas: 50 anos de contribuição às ciências biológicas e à medicina tropical
Belém: Ministério da Saúde / Fundação Serviços de Saúde Pública, 1986. p. 409–437.

LANE, J. **Neotropical Culicidae**. São Paulo: University of São Paulo, 1953. 1112 p.

LOUNIBOS, L. P.; DUZAK, D.; LINLEY, J. R. Comparative egg morphology of six species of the *Albimanus* section of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 34, n. 2, p. 136-155, 1997. doi: 10.1093/jmedent/34.2.136. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmedent/34.2.136>.

MATTINGLY, P. F. Mosquito eggs XVIII (Subgenera *Rhynchotaenia* Brethes and *Mansonia* Blanchard) with a Further Note on Genus *Ficalbia* Theobald). **Mosquito systematics**, London, v. 4, n. 2, p. 45-48, 1971.

MELLO, C. F. D.; SANTOS-MALLET, J. R. D.; MORONE, F.; GUIMARÃES, A. É.; MARCONDES, C. B.; ALENCAR, J. Ultrastructure of the egg of *Coquillettidia juxtamansonia* (Chagas, 1907) (Diptera: Culicidae). **Journal of Vector Ecology**, v. 39, n. 1, p. 219-221, 2014. doi: 10.1111/j.1948-7134.2014.12090.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2014.12090.x>.

MOTTA, M. A.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; SALLUM, M. A. M. Phylogeny of genus *Wyeomyia* (Diptera: Culicidae) inferred from morphological and allozyme data. **The Canadian Entomologist**, v. 139, n. 5, p. 591-627, 2007. doi: 10.4039/n06-088. Disponível em: <https://doi.org/10.4039/n06-088>.

REINERT, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). **European Mosquito Bulletin**, v. 27, n. p. 68-76, 2009.

REINERT, J. F. List of species in tribe Mansoniini with published illustrations and/or descriptions of eggs (Diptera: Culicidae). **European Mosquito Bulletin**, v. 28, p. 143-147, 2010.

REINERT, J. F.; HARBACH, R. E.; KITCHING, I. J. Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 142, n. 3, p. 289-368, 2004. doi: 10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x>.

SANTOS-MALLET, J. R. D.; GLEISER, R. M.; ALENCAR, J.; DE ALMEIDA MARQUES, W.; SARMENTO, J. S.; MÜLLER, G. A.; MARCONDES, C. B. Scanning electron microscopy of the egg of *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, UK, v. 46, n. 5, p. 980-985, 2009. doi: 10.1603/033.046.0502. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/033.046.0502>.

WESTPHAL-FERREIRA, B.; VIEIRA, T. B.; DA SILVA, A. M.; NAVARRO-SILVA, M. A. Scanning electron microscopy of the eggs of *Coquillettidia shannoni* (Lane & Antunes, 1937) and *Phoniomyia quasilongirostris* (Theobald, 1907)(Diptera: Culicidae). **Journal of Vector Ecology**, v. 43, n. 1, p. 193-197, 2018. doi: 10.1111/jvec.12300. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jvec.12300>.

WHITE, G. B.; FAUST, C. Medical acarology and entomology. *In*: LALLOO, D.; FARRAR, J., *et al* (Ed.). **Manson's Tropical Infectious Diseases**. UK: Elsevier health sciences, 2014. p. 1258–1272.

CONCLUSÕES GERAIS

Os temas e métodos apresentados nos capítulos dessa tese são abordagens da bioecologia e morfologia dos culicídeos com ênfase na tribo Mansoniini em áreas do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia, estado de Rondônia – Brasil.

Capítulo I

É possível afirmar que existe uma heterogeneidade entre a fauna de tribo Mansoniini e os meses com a maior precipitação tem influência direta na estrutura das comunidades e contribuem para o aumento da diversidade e abundância, possivelmente devido às variações na oferta de habitat para os imaturos.

Capítulo II

Foi observado que nas áreas amostrais as posturas de *Mansonia* spp. foram mais abundantes em *Eichornia crassipes* e *Pistia* sp. O número de espécimes coletados foi positivamente correlacionado com a temperatura, pH e condutividade. Essas correlações mostraram um aumento acentuado na estação chuvosa.

Capítulo III

Nossas observações confirmam que espécimes de *Mansonia* spp. são capazes de cobrir distâncias superiores a 2 km do ponto de emergência dos adultos, apesar de sua tendência geral de permanecer na mesma mancha de vegetação em condições estáveis de fontes alimentares e de preservação ambiental.

Capítulo IV

Apresentamos o primeiro estudo usando morfometria geométrica em *Ma. amazonensis* mostrando variabilidade fenotípica associada à sazonalidade na conformação e tamanho de asa. Nossa hipótese é que a variabilidade pode estar relacionada às fortes pressões seletivas que ocorrem na região amazônica. Embora não seja possível inferir claramente que a variabilidade encontrada nas asas esteja associada com pressões seletivas específicas do ambiente devastado, pesquisas adicionais com populações de *Ma. amazonensis* capturadas em mata nativa na margem

esquerda do Rio Madeira, estado de Rondônia, estão sendo processadas para dar continuidade a nossa hipótese de estudo.

Capítulo V

Descrevemos pela primeira vez os ovos de *Cq. venezuelensis* com o uso de microscopia eletrônica de varredura complementada pela análise morfométrica das principais estruturas observadas.

Os estudos taxonômicos de caracteres dos ovos de *Cq. venezuelensis* são de importante relevância por fornecerem subsídios para o melhor entendimento da classificação dessa espécie.

ANEXOS

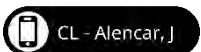
Endereço para acessar CL e ORCID de Cecilia Ferreira de Mello:

<http://lattes.cnpq.br/8749101360026636> / <https://orcid.org/0000-0002-9916-515X>



Endereço para acessar CL e ORCID de Jeronimo Augusto Fonseca Alencar:

<http://lattes.cnpq.br/6783152813274111> / <https://orcid.org/0000-0001-7863-2698>



EVALUATION OF *MANSONIA* SPP. INFESTATION ON AQUATIC PLANTS IN LENTIC AND LOTIC ENVIRONMENTS OF THE MADEIRA RIVER BASIN IN PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRAZIL

LUIZ H. SOARES GIL,¹ CECILIA F. MELLO,² JÚLIA DOS S. SILVA,² JULIANA DA S. OLIVEIRA,³ SHAYENNE OLSSON FREITAS SILVA,² LUCÍA RODRÍGUEZ-PLANES,⁴ FÁBIO MEDEIROS DA COSTA⁵ AND JERONIMO ALENCAR^{2,6}

ABSTRACT. The females of *Mansonia* are voraciously hematophagous. The spiracular apparatus of the immature, larval, and pupal forms is adapted to perforate submerged aquatic vegetation, from whose aeriferous aerenchyma they obtain the oxygen necessary for breathing. The proliferation of aquatic plants, in some cases linked to anthropic modifications that reduce water flow and/or increase organic matter content, may therefore contribute to the spread of these mosquitoes. This study aims to assess the presence of immature individuals of *Mansonia* in different aquatic plants of the Madeira River basin in 10 lentic and lotic environments and correlate their population density with abiotic factors such as water pH, dissolved O₂, conductivity, and temperature. The sampling lasted from February 2016 to June 2018, a 29-month period during which 31,287 specimens belonging to the genus *Mansonia* were captured. Of the 12 species of macrophytes inspected, *Eichhornia crassipes* made up 70.1% of the samples. Lentic environments accounted for 58.9% of the samples and lotic environments for 41.1%. Immature individuals were most commonly found on *Eichhornia crassipes*, with this plant accounting for an average of 96.2% of all individuals, with a percentage ranging between 58.2% and 77.1% in different breeding areas. Only at the Foz do Igarapé Jirau site was a different distribution observed, with the number of aquatic plants more nearly equal: 83.3% of the larvae were found in *Eichhornia crassipes*, 9.2% in *Ceratopteris pteridoides*, 3.6% in *E. azurea*, 2.0% in *Salvinia* sp., and 1.9% in *Pistia* sp. The greatest richness was found in Iguapé do Raul. Concerning the larval/plant relationship, although less frequent, *E. azurea* had a higher larval density of *Mansonia* spp. It is important to emphasize that this finding may indicate a possible selection for this plant. Egg deposition by *Mansonia* spp. was more abundant in sample areas with *Eichhornia crassipes* and *Pistia* sp. The number of specimens collected was positively correlated with temperature, pH, and conductivity. These correlations showed a marked increase in the rainy season. Therefore, we were able to establish preliminary parameters of how environmental changes influence the ecology of this important genus of mosquitoes, the species of which are critical disease vectors.

KEY WORDS Abiotic factors, macrophytes, Madeira River, *Mansonia*, mosquitoes

INTRODUCTION

Mansonia Blanchard comprises 2 subgenera: *Mansonioides* Theobald, which has 10 species distributed in Asia and 2 in Africa (Ronderos and Bachmann 1963), and the nominotypical subgenus (*Mansonia*), which includes 15 species with primarily Neotropical distribution (Guimarães 1997, For-

attini 2002, Barbosa 2007, Harbach 2020), with 12 species recorded in Brazil.

Females of *Mansonia* spp. are voraciously hematophagous. The spiracular apparatus of the active immature forms is adapted to perforate submerged vegetation to obtain oxygen from plant tissue (Harbach 2020). Immature individuals attach themselves to aquatic plants, from whose aeriferous aerenchyma they get the oxygen necessary for breathing. Van den Assem (1958) and Wharton (1959) hypothesized that this behavior among immature stages of *Mansonia* spp. of piercing submerged plant tissues, especially the root tissue of floating plants (*Eichhornia*, *Pistia*, *Salvinia*, *Typha*, and grasses), emerged as an evolutionary survival strategy against attacks by fish, aquatic insects, and other aquatic animals.

The proliferation of aquatic plants is sometimes linked to a reduction in water flow and/or increase in organic matter content (eutrophication), often due to human activities, which may contribute to the spread of these mosquitoes (Forattini 2002). Although they are essentially forest species, they can become established on the outskirts of towns and inhabited centers, as long as favorable conditions exist in the form of suitable breeding sites (Forattini 2002).

¹ Instituto de Pesquisa em Patologias Tropicais (IPEPATRO), Rua da Beira, 7671, 76812-245, Porto Velho, Rondônia, Brazil.

² Laboratório de Díptera, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, Avenida Brasil, 4365, 21040-360, Rio de Janeiro, Brazil.

³ Energia Sustentável do Brasil (ESBR), Rodovia BR-364, KM 824 S/N°, 76840-000, Distrito de Jaci Paraná, Porto Velho, Rondônia, Brazil.

⁴ CONICET, Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Fuegia Basket 251, CP 9410, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

⁵ Oikos Consultoria e Projetos, Rua Marechal Deodoro, 2712, Areal, 76804-338, Porto Velho, Rondônia, Brazil.

⁶ To whom correspondence should be addressed.

Breeding habitats are typically rich in nutrients and consist of medium or large accumulations of either still or slow-moving water. These include river and lake backwaters in which the water surface is partially or totally covered with plants (Forattini 2002). These processes provide insight into population dynamics, community structure, and ecosystem function, allowing us to explore the effects of environmental factors and interspecific interactions, making it possible to determine, for example, whether the population will persist in a certain habitat (Tibério 2021).

This study aims to evaluate the infestations of aquatic plants by *Mansonia* spp. lentic environments of the Madeira River basin near the Jirau Hydroelectric Power Plant (Jirau HPP), in Rondônia, Brazil. It also seeks to establish parameters for the analysis of environmental changes that influence the ecology of this important group of insects, which includes numerous taxa that use lentic environments (here the dam reservoir) as developmental habitats and that transmit pathogens.

Mansonia species are not known to be vectors of endemic pathogens in Brazil. However, some species have been found to be naturally infected with different viruses, and they are real plagues, making human life and livestock difficult in certain regions. For example, *Ma. pseudotitillans* (Theobald) was found to be infected with the Saint Louis encephalitis virus (Segura and Castro 2007), and *Ma. titillans* (Walker) with Venezuelan encephalitis virus and febrile disease arbovirus (Hervé et al. 1986, Consoli and Oliveira 1994).

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was conducted on a 105.7 km stretch of the Madeira River (79 km as the crow flies) in the state of Rondônia that is affected by the reservoir of the Jirau HPP, with 8 sampling points upstream of the dam and 2 downstream. The predominant vegetation in the sample area is classified as lowland and submontane open rainforest and is also categorized as *terra firme* forest (IBGE 2012). The region's climate is classified as tropical humid hyperthermal (Cochrane and Cochrane 2010), with minimum annual average temperatures ranging between 20°C and 22°C and maximum temperatures between 31°C and 33°C, RH between 85% and 90%, and average rainfall between 2,000 mm and 2,200 mm (Sombroek 2001). The relief of the region is flat, with altitudes ranging from 100 m to 300 m above sea level.

Amazonian rivers are commonly divided into clear, white, and dark waters, depending on the type of sediment and/or organic matter they carry. Whitewater rivers drain geologically young regions (e.g., the Andes) and are rich in sediment. Clearwater rivers originate in older geological regions (central Brazil and the Guyanas).

Sampling points

Sampling was conducted monthly from February 2016 to June 2018, based on a survey of potential breeding sites for *Mansonia* spp. in the Jirau HPP reservoir. Sample points for aquatic macrophytes and *Mansonia* mosquitoes located in reservoir of the Jirau HPP, in 10 sampling sites were selected, as follows: Foz do Rio Jaci, site 1 (9°12'49.9"S, 64°24'06.0"W); Igarapé Flórida, site 2 (9°07'55.9"S, 64°31'46.5"W); Igarapé do Raul, site 3 (9°15'14.4"S, 64°42'16.1"W); Casa da Colina, site 4 (9°15'55.3"S, 64°40'16.6"W); Base da Barragem, site 5 (9°16'58.1"S, 64°38'09.4"W); Foz do Igarapé Jirau, site 6 (9°22'47.2"S, 64°45'30.0"W); Caiçara/Primavera, site 7 (9°24'11.8"S, 64°49'14.6"W); Igarapé Caiçara, site 8 (9°32'52.4"S, 64°50'25.8"W); Bolsão Mutum, site 9 (9°35'51.5"S, 64°55'55.1"W); and Igarapé São Lourenço, site 10 (9°33'52.50"S, 65°1'23.10"W) (Fig. 1).

Each site had a high concentration of aquatic vegetation belonging to the following plant species: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, *E. azurea* (Sw.) Kunth, *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron, *Pistia* sp., *Salvinia* sp., and *Paspalum* sp.

Sampling was performed between 9:00 a.m. and 5:00 p.m. with a total of 29 collections per site. There were 7 washing points for macrophytes, with 15 min spent on sampling per point, for a total of 105 min (1.45 h) per site. The same methodology was followed at all 10 sampling sites during a 14.5-h effort for each collection, totaling 420.5 h. Larval collections were carried out according to the methodology used by Ferreira (1999), where the locations were selected at random, following which they were removed manually and quantified, separated according to the species of the plant, and placed in a 25-liter white polypropylene tray (54 cm × 33.5 cm × 19 cm) to be washed with water. Subsequently, the water was filtered using a BioQuip® cone-shaped net to collect larvae detached from the roots. The specimens were then taken to the laboratory for further identification. Mosquito collections were authorized by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), no. 26805-2.

The identification of the specimens to the genus level was performed from the direct observation of the morphological characters observed under the stereomicroscope (Zeiss®) and consultation of the respective descriptions/diagnoses of the genus using dichotomous keys prepared by Lane (1953), Consoli and Lourenço-de-Oliveira (1994), Forattini (2002), and Barbosa (2007). Later the specimens were incorporated into the Entomological Collection of the Federal University of Rondônia (UNIR).

Statistical analyses

The Kruskal-Wallis test, with a 5% significance level, was used to test for significant differences between the mosquito larvae captured and the

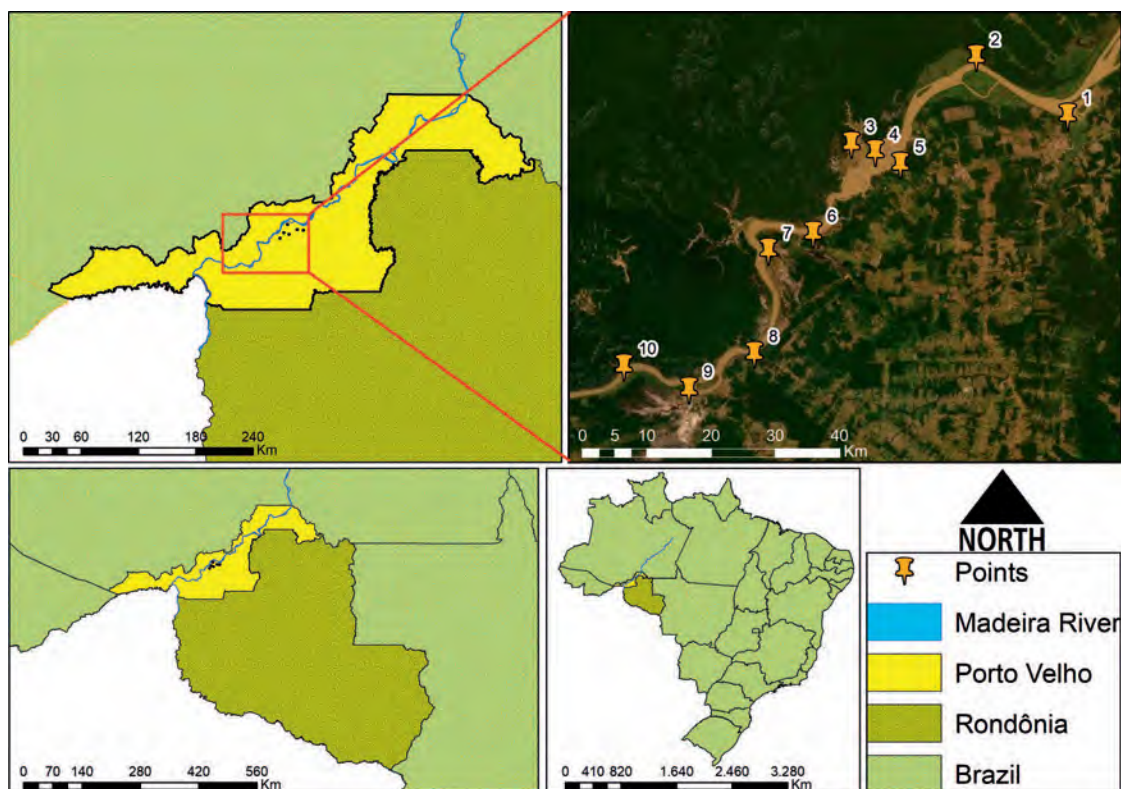


Fig. 1. Sample points located in areas of influence of the Jirau Hydroelectric Power Plant, near the margins of the Madeira River under the influence of the Amazon Biome, Rondônia state, Brazil. Foz do Rio Jaci, site 1; Igarapé Flórida, site 2; Igarapé do Raul, site 3; Casa da Colina, site 4; Base da Barragem, site 5; Foz do Igarapé Jirau, site 6; Caiçara/Primavera, site 7; Igarapé Caiçara, site 8; Bolsão Mutum, site 9; Igarapé São Lourenço, site 10.

different macrophyte species at the 10 capture sites. Dunn's post hoc Multiple Comparisons Test was then used. Both analyses were performed using SPSS® statistics software (IBM 2015) Version 23 and Past (Hammer et al. 2001) Version 4.5.

The χ^2 (chi-square) test was used to verify if there was an association between *Mansonia* larvae and plant species. In addition, the standard error of the association relationship was calculated.

The graphs of the mosquito population curves were established using Williams (geometric means) means (Williams 1937, Haddow 1960) and their 95% confidence intervals. We were able to observe the monthly frequency of immature individuals in each of the analyzed locations and compare periods of lower population abundances. To check for possible differences in water quality metrics, the *t*-test was used. The influence of climatic factors (water pH, dissolved O_2 , conductivity, and temperature) on the population density of mosquitoes was analyzed with the Spearman's rank correlation coefficient, with a 95% and 99% confidence level, using SPSS (IBM 2015) Version 23.

RESULTS

During the sampling period, 31,013 larvae of *Mansonia* spp. were collected at 10 sample sites, 4 of which were in lotic and 6 in lentic environments. Though fewer in number, the lotic environments accounted for 58.9% of collected individuals, with the highest abundance of larvae found at the Igarapé Flórida site (28.33%) and the lowest at Casa da Colina (1.32%). The χ^2 test showed no equality of proportions based on given probabilities, as follows: $\chi^2 = 144,450$, $df = 5$, $P < 2.2 \times 10^{-16}$.

Mansonia larvae showed the highest abundance during March, April, and May 2016 and January, February, and December 2017, indicating a greater abundance during the rainy season. In contrast, the number of individuals recorded dropped sharply during the dry season, with an especially sharp drop in June 2016 and the lowest levels in September 2016; we also observed lower density in the dry months of the years 2017 and 2018 (Fig. 2).

Of the 12 species of macrophytes collected, 70.1% of all plants belonged to *Eichhornia crassipes*, which contained, on average, 96.2% of all *Mansonia* spp. larvae collected at each site, increasing to 100% at

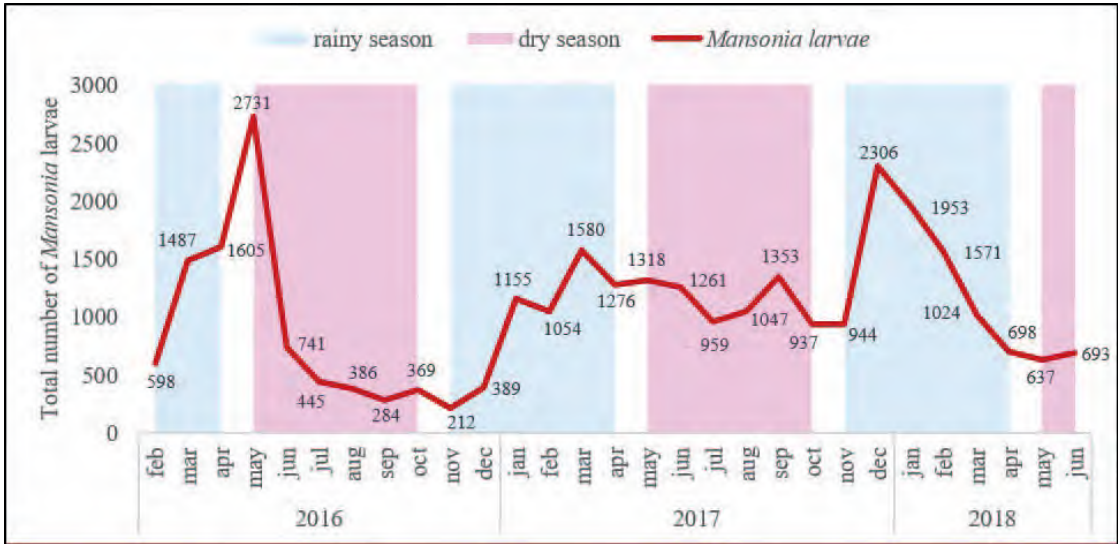


Fig. 2. Total number of *Mansonia* spp. immatures collected in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

certain sites and never lower than 83.3% of all larvae. *Ceratopteris pteridoides* had the second-highest number of larvae, with 2.3% of the total larvae. The other 11 species of macrophytes accounted for the remaining 29.9% of the plants collected and just

3.8% of the larvae (Table 1). The highest density of *Mansonia* larvae was found on *E. azurea*, though the latter species was one of the least common (Fig. 3). This pattern could indicate a possible element of selection for this plant species. No *Mansonia* spp.

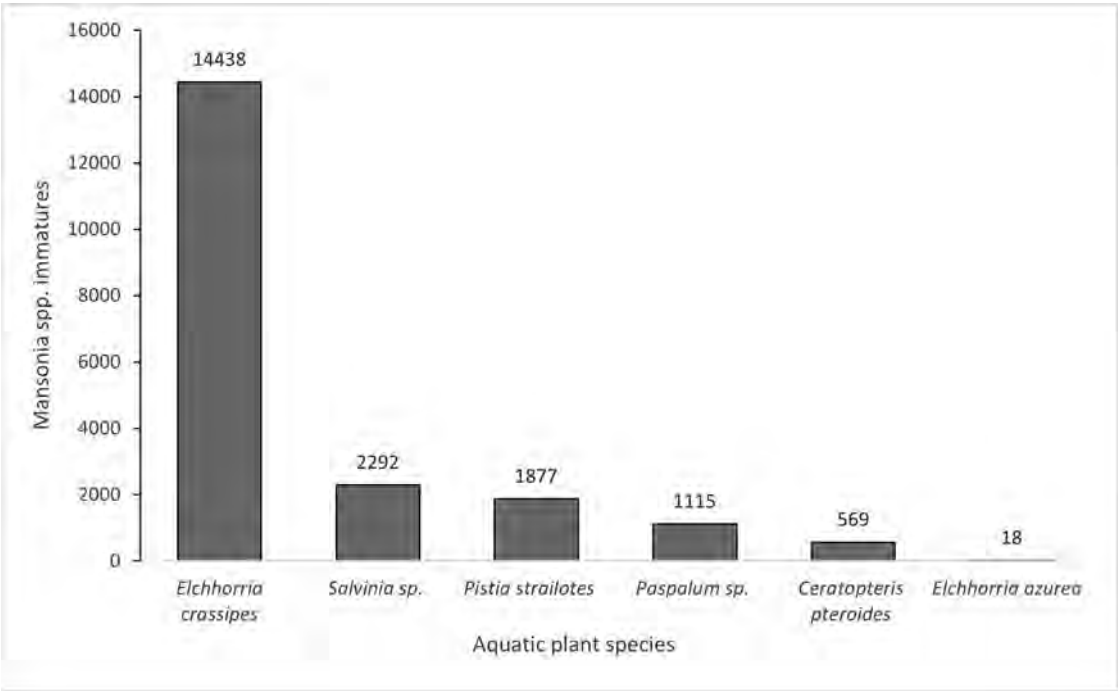


Fig. 3. Matrix plot of the ratio of *Mansonia* spp. immatures per species of aquatic plant for the locations analyzed: Igarapé Florida, Caiçara/Primavera, Igarapé Caiçara, Foz do Igarapé Jirau, Foz do rio Jaci, Base da Barragem, Casa da Colina, Igarapé do Raul, São Lourenço, Bolsão do Mutum, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

Table 1. Absolute values of aquatic plants (AP) and the respective *Mansonia* spp. larvae collected at each of the 10 locations analyzed—Foz do Rio Jaci (FRJ), Igarapé Flórida (IF), Igarapé do Raul (IR), Casa da Colina (CC), Base da Barragem (BB), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Caçara/Primavera (C/P), Igarapé Caiçara (IC), Bolsão do Mutum (BM), and São Lourenço (SL)—in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

Species	FRJ		IF		IR		CC		BB		FIJ		CP		IC		BM		SL		Total	
	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae
<i>Eichthornia crassipes</i>	2,038	4,964	1,926	8,784	1,257	1,435	1,260	401	1,507	663	827	2,320	1,284	2,993	1,523	2,955	1,171	1,130	1,130	4,202	13,923	29,847
<i>Eichthornia azurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	9	101	0	0	0	0	0	0	0	0	18	102
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	1	0	0	0	5	0	89	0	0	0	165	257	1	0	168	41	14	4	126	396	569	698
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	45	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0
<i>Pistia</i> sp.	254	9	249	0	229	30	195	8	140	3	159	52	315	199	136	0	82	0	118	2	1,877	303
<i>Salvinia</i> sp.	237	1	500	1	238	0	258	0	242	0	133	56	231	0	193	2	146	0	114	0	2,292	60
<i>Phyllanthus fluitans</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Oxycarum cubensis</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<i>Paspalum</i> sp.	98	1	117	0	145	0	126	0	122	0	129	0	75	0	113	0	106	2	84	0	1,115	3
Total	2,680	4,975	2,806	8,785	1,878	1,465	1,928	409	2,020	667	1,422	2,786	1,906	3,192	2,133	2,998	1,519	1,136	1,572	4,600	19,864	31,013
% larvae	16.04		28.33		4.72		1.32		2.15		8.98		10.29		9.67		3.66		14.83		100.00	

Table 2. Percentage values of *Mansonia* spp. larvae and the main aquatic plants (AP) collected at each of the 10 locations analyzed—Foz do Rio Jaci (FRJ), Igarapé do Raul (IR), Casa da Colina (CC), Base da Barragem (BB), Foz do Igarapé Jirau (FIJ), Caiçara/Primavera (C/P), Igarapé Caiçara (IC), Bolsão do Mutum (BM), and São Lourenço (SL)—in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

Species	FRJ		IF		IR		CC		BB		FIJ		CP		IC		BM		SL	
	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae	AP	Larvae
<i>Eichhornia crassipes</i>	76.0	99.8	68.6	100.0	66.9	98.0	65.4	98.0	74.6	99.4	58.2	83.3	67.4	93.8	71.4	98.6	77.1	99.	71.9	91.3
<i>Eichhornia azurea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	11.6	9.2	0.1	0.0	7.9	1.4	0.9	0.4	8.0	8.6
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	1.7	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Pistia</i> sp.	9.5	0.2	8.9	0.0	12.2	2.0	10.1	2.0	6.9	0.4	11.2	1.9	16.5	6.2	6.4	0.0	5.4	0.0	7.5	0.0
<i>Salvinia</i> sp.	8.8	0.0	17.8	0.0	12.7	0.0	13.4	0.0	12.0	0.0	9.4	2.0	12.1	0.0	9.0	0.1	9.6	0.0	7.3	0.0
<i>Phyllanthus fluitans</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Paspalum</i> sp.	3.7	0.0	4.2	0.0	7.7	0.0	6.5	0.0	6.0	0.0	9.1	0.0	3.9	0.0	5.3	0.0	7.0	0.2	5.3	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

larvae were found in any of the other aquatic plant species present, including *Hymenachne* sp., *Oxycarium cubensis* (Poepp. and Kunth) Lye, *Ludwigia helminthoriza* (Mart.) H. Hara, *Phyllanthus fluitans* Benth. Ex Mull. Arg., *Eleocharis* sp., and grasses (Table 1).

The Foz do Igarapé Jirau site was the only one in which larvae were more evenly distributed between macrophyte species, with 83.3% of larvae found in *E. crassipes*, 9.2% in *C. pteridoides*, 3.6% in *E. azurea*, 2.0% in *Salvinia* sp., and 1.9% in *Pistia* sp. (Tables 1 and 2; Fig. 4).

The null hypothesis of the Kruskal-Wallis test was rejected ($H = 33.767$, $df = 5$, $P = 0.000$), and the analysis indicated significant differences between the number of larvae caught and the different macrophyte species across the 10 sites; aquatic plant species with zero larvae for all locations were not included. The test was performed for larvae found in *E. crassipes*, *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Pistia* sp., *Salvinia* sp., and *Paspalum* sp.

Dunn's post hoc Multiple Comparisons Test indicated which species showed differences. The number of larvae caught in *E. crassipes* was significantly different from the number of *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Salvinia* sp., and *Paspalum* sp. ($P < 0.001$). Meanwhile, larval populations did not differ in *E. azurea*, *C. pteridoides*, *Pistia* sp., *Salvinia* sp., and *Paspalum* sp. ($P > 0.001$).

There were some differences between sites in terms of the number of *Mansonia* spp. larvae collected each month. The total number of larvae of these mosquitoes tended to increase between August and December at the Igarapé Florida site. Meanwhile, at the Caiçara/Primavera site, January and the period between July and September had the main increases. In Igarapé Caiçara, the months of March and May were the most favorable. However, in the sample areas of Foz do Igarapé Jirau, Casa da Colina, Igarapé Raul, and São Lourenço, the highest total number of larvae was observed from January to May. The site at the Jaci River's mouth saw the highest numbers of larvae during December, January and April, while April and June saw the highest figures of larvae at the Dam Base site (Fig. 5).

The Spearman's correlation analysis indicated a significant positive correlation between the number of larvae collected in and pH at the Igarapé Florida and Casa da Colina sites. The number of larvae collected in *E. crassipes* was significantly and positively correlated with conductivity at Caiçara/Primavera, Dam Base, Igarapé Raul, and Bolsão Mutum. In addition, the number of larvae collected was negatively correlated with temperature at Caiçara/Primavera and Foz do Rio Jaci, meaning that there was a decrease in the population density of these larvae when temperature increased. However, at the Foz do Igarapé Jirau site, there was a positive correlation between the number of larvae found in *C. pteridoides* and temperature (Table 3).

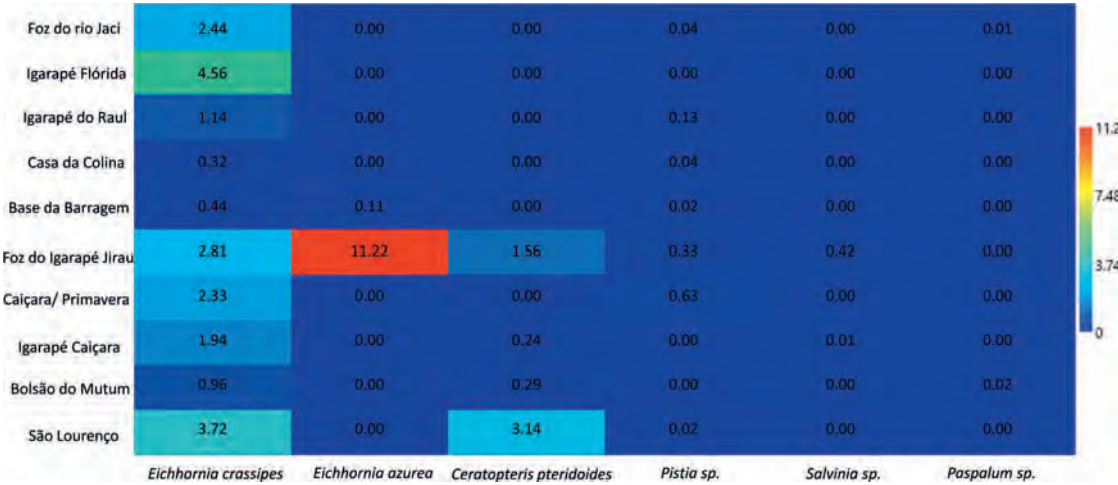


Fig. 4. Abundance of *Mansonia* spp. immatures per aquatic plant in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

DISCUSSION

The formation of large hydroelectric reservoirs completely alters the landscape, eliminating the floodplain and transforming the lotic system into a lentic system, which tends to favor the floating species of aquatic macrophytes (Resende et al. 2019). As a result, aquatic macrophytes form a microclimate that is much richer in oxygen (Raven 1977), and it becomes an excellent place for the development of several species of mosquitoes.

In the present study, it was observed that despite the lotic environments being represented by a lower number of sampling points, 4 and 6 in lentic environments, the collection points located in the

lotic environment corresponded to 58.9% of the collected larvae; thus the rainy period in this region demonstrated the greatest abundance.

The aquatic macrophytes contribute with quality food to animals within the aquatic habitat (Gadelha et al. 1990) since they store various nutrients in their biomass (Moore et al. 1994). However, the high rates of infestation by aquatic plants in the reservoirs of hydroelectric power plants lead to the urgent need for control measures due to the plants' high capacity of propagation and biomass production (Martins et al. 2003).

In a study carried out by Ferreira (1999) on Marchantaria Island, in the municipality of Iranduba, Amazonas, the number of larvae and pupae found in

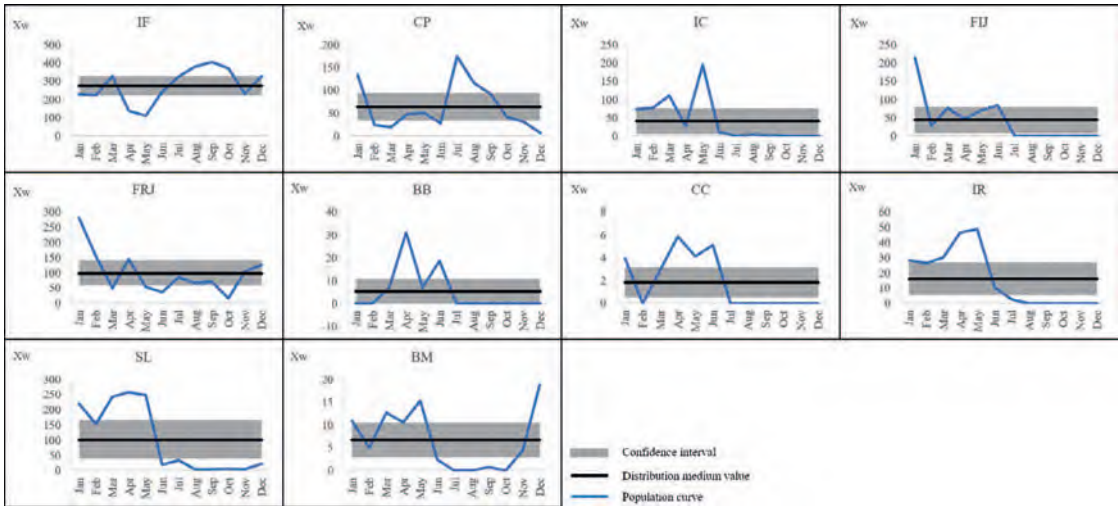


Fig. 5. Seasonal frequency of of *Mansonia* spp. immatures, according of Williams means (geometric means) collected in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

Table 3. Spearman’s correlation analysis (r) between the abiotic factors and *Mansonia* sp. populations collected at each of the 10 locations analyzed—Foz do Rio Jaci, Igarapé Flórida, Igarapé do Raul, Casa da Colina, Base da Barragem, Foz do Igarapé Jirau, Caiçara/Primavera, Igarapé Caiçara, Bolsão do Mutum, and São Lourenço—in a stretch of the Madeira River affected by the Jirau Hydroelectric Power Plant, Rondônia state, Brazil, between February 2016 and June 2018.

Location and species	pH		Dissolved O ₂		Conductivity		Temperature	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Foz do Rio Jaci								
<i>Eichhornia crassipes</i>	−0.135	0.485	0.269	0.158	0.129	0.506	−0.583**	0.001
<i>Pistia</i> sp.	0.079	0.683	−0.079	0.683	−0.237	0.215	−0.260	0.173
<i>Salvinia</i> sp.	0.204	0.289	0.090	0.641	−0.090	0.641	0.023	0.907
<i>Paspalum</i> sp.	0.271	0.154	−0.113	0.56	−0.136	0.483	0.079	0.683
Igarapé Flórida								
<i>E. crassipes</i>	0.395*	0.034	0.307	0.105	0.143	0.46	0.358	0.056
<i>Salvinia</i> sp.	0.316	0.095	−0.090	0.641	0.136	0.483	−0.147	0.447
Igarapé do Raul								
<i>E. crassipes</i>	−0.246	0.199	−0.208	0.280	−0.684**	0.000	−0.166	0.390
<i>Pistia</i> sp.	−0.224	0.243	−0.257	0.178	−0.283	0.137	−0.415*	0.025
Casa da Colina								
<i>E. crassipes</i>	−0.435*	0.018	−0.069	0.723	−0.278	0.144	−0.079	0.682
<i>Pistia</i> sp.	−0.133	0.490	−0.152	0.430	−0.083	0.669	−0.077	0.690
Base da Barragem								
<i>E. crassipes</i>	−0.327	0.084	−0.164	0.396	−0.551**	0.002	−0.068	0.725
<i>E. azurea</i>	0.090	0.641	−0.045	0.816	0.045	0.816	−0.271	0.155
<i>Pistia</i> sp.	−0.237	0.215	0.000	1.000	−0.056	0.771	−0.192	0.318
Foz do Igarapé Jirau								
<i>E. crassipes</i>	−0.124	0.522	−0.126	0.514	−0.138	0.474	0.301	0.113
<i>E. azurea</i>	−0.090	0.641	−0.158	0.412	0.068	0.727	0.294	0.121
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	−0.146	0.449	−0.296	0.119	0.098	0.614	0.536**	0.003
<i>Pistia</i> sp.	0.009	0.965	−0.339	0.072	−0.018	0.928	0.257	0.178
<i>Salvinia</i> sp.	−0.130	0.501	−0.136	0.482	−0.112	0.562	0.112	0.563
Caiçara/Primavera								
<i>E. crassipes</i>	0.319	0.092	0.014	0.942	0.530**	0.003	−0.422*	0.023
<i>Pistia</i> sp.	0.277	0.145	0.960	0.619	0.197	0.306	−0.217	0.258
Igarapé Caiçara								
<i>E. crassipes</i>	0.320	0.091	−0.114	0.556	−0.271	0.154	0.144	0.455
<i>C. pteridoides</i>	0.065	0.738	0.038	0.844	−0.323	0.087	0.292	0.124
<i>Salvinia</i> sp.	−0.011	0.954	−0.023	0.907	−0.271	0.155	0.249	0.194
Bolsão do Mutum								
<i>E. crassipes</i>	0.212	0.269	−0.302	0.111	0.445*	0.016	0.039	0.839
<i>C. pteridoides</i>	−0.192	0.318	0.011	0.954	−0.237	0.215	0.283	0.138
São Lourenço								
<i>E. crassipes</i>	0.252	0.187	−0.103	0.595	0.053	0.786	0.047	0.809
<i>C. pteridoides</i>	−0.022	0.912	−0.109	0.575	−0.224	0.244	0.161	0.405
<i>Pistia</i> sp.	−0.136	0.483	0.215	0.264	−0.011	0.954	0.260	0.173

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

E. crassipes was higher than in *P. stratiotes*. Ferreira et al. (2003) similarly demonstrated a strong association between *Mansonia* larvae and the macrophytes *E. crassipes* and *Ceratopteris* sp. in a study carried out in Lago Camaleão, Amazonas. These observations are consistent with the present findings, in which *E. crassipes* had a greater association with larvae than other macrophytes, followed by *Pistia* sp. Ferreira et al. (2003) developed hypotheses to explain these patterns, including the fact that the size of the aerenchyma in *E. crassipes* is larger than in *Ceratopteris* sp. Thus, *Eichhornia* can maintain higher levels of oxygen and consequently a larger number of larvae, while the root tissues of *Ceratopteris* sp. are more rigid, which makes it difficult for larvae to perforate the plant tissue; factors related

to toxic secondary substances also play a role (Tokarnia et al. 1979) since *Ceratopteris* sp. may contain secondary substances that are harmful or repellent to *Mansonia* larvae.

In this study, we observed that two sample areas showed a positive correlation between the populations of *Mansonia* spp. and temperature. Ferreira et al. (2003) reported high water temperatures in *Mansonia* spp. habitat in their study area (29°C to 32°C) and discussed the possibility that temperature is related to the absence of *Trichomycetes* fungi in *Mansonia* spp. larvae.

Martins et al. (2003) evaluated the chemical composition of 4 important species of aquatic plants found in the reservoir of the Salto Grande hydroelectric power plant in Americana, São Paulo, Brazil.

They found that *E. crassipes* and *P. stratiotes* had the highest average potassium, calcium, and magnesium levels. According to the results found by Martins et al. (2003) on the chemical constitution of macrophytes, the population density of *Mansonia* spp. in the study area may be influenced by the potassium, calcium, and magnesium content of the macrophytes.

In this study, the populations of *Mansonia* spp. did not show a defined seasonal pattern throughout the year. In contrast, Ferreira et al. (1999) observed that the largest number of immatures of *Mansonia* spp. were found in August–October, with a peak in August, which was not significantly correlated with abiotic factors.

In conclusion, the larvae of *Mansonia* spp. were more abundant in sample areas with *E. crassipes* and *Pistia* sp. The number of specimens collected was positively correlated with temperature, pH, and conductivity. These correlations showed a marked increase in the rainy season. In parallel with the findings of Martins et al. (2003), it is also possible to consider that the presence of *Trichomyces* fungi may influence the larval density of *Mansonia* spp. in the experimental area.

The findings of the present study are of great relevance since they contribute to the orientation of entomological surveillance and to the conduction of the application of mosquito control measures in the region.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was funded by Energia Sustentável do Brasil (ESBR) as an action of the Public Health Program (Convênio Jirau no. 141/2013).

REFERENCES CITED

- Barbosa AA. 2007. “Revisão do subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) e estudo filogenético de *Mansoniini*” [PhD thesis]. Curitiba, Brazil: Universidade Federal do Paraná.
- Cochrane TT, Cochrane TA. 2010. *Amazon forest and savanna lands: a guide to the climates, vegetation, landscapes and soils of central tropical South America*. Scotts Valley: CreateSpace.
- Consoli RAGB, Lourenço-de-Oliveira R. 1994. *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Rio de Janeiro, Brazil: Fiocruz.
- Ferreira RLM. 1999. Densidade de oviposição, e quantificação de larvas e pupas de *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera: Culicidae), em *Eichhornia crassipes* Solms. e *Pistia stratiotes* Linn. na Ilha da Marchantaria, Amazônia Central. *Acta Amazon* 29:123–123.
- Ferreira RLM, Pereira ES, Har NTF, Hamada N. 2003. *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. *Entomotropica* 18:21–25.
- Forattini OP. 2002. *Culicidologia médica*. São Paulo, Brazil: Edusp.
- Gadelha C, Watanabe T, Passerat-De-Silans A. 1990. Liberação de nutrientes inorgânicos durante o processo de decomposição de *Ludwigia natans* (SII) (Dicotyledo-
neae: Onagraceae) e de *Salvinia auriculata* (Aubl.) (Pteridophyta: Salviniaceae). *Acta Limnol Bras* 3:633–652.
- Guimarães JH. 1997. *Systematic database of Diptera of the Americas south of the United States: family Culicidae*. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Sociedade Brasileira de Entomologia.
- Haddow A. 1960. Studies on the biting habits and medical importance of East African mosquitos in the genus *Aedes*. I.—Subgenera *Aedimorphus*, *Banksinella* and *Dunnius*. *Bull Entomol Res* 50:759–779.
- Hammer ØH, David AT, Paul D. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4:1–9.
- Harbach RE. 2020. Mosquito taxonomic inventory 2020 [Internet]. [accessed Dec 12, 2020]. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/simple-taxonomy/term/6219>.
- Hervé JP, Dégallier N, Travassos da Rosa A, Pinheiro FdP, Sá Filho GC. 1986. Arboviroses—aspectos ecológicos. Instituto Evandro Chagas: 50 anos de contribuição. *Ciências Biol Med Trop* 1:409–437.
- IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. 2012. *Brazilian vegetation* [Internet]. Rio de Janeiro, Brazil [accessed Dec 12, 2020]. <https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/environmental-information/vegetation/19470-brazilian-vegetation.html?=&t=downloads>
- IBM. 2015. SPSS® Statistics, version 23 Armonk, NY: IBM.
- Lane J. 1953. *Neotropical Culicidae*. São Paulo, Brazil: Univ. of São Paulo. p 553–1112.
- Martins D, Costa N, Terra M, Marchi S, Velini E. 2003. Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). *Planta Daninha* 21(SPE):21–25.
- Moore BC, Lafer JE, Funk WH. 1994. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus and sediment porewater chemistry in a freshwater wetland. *Aquat Bot* 49:137–148.
- Raven JA. 1977. The evolution of vascular land plants in relation to supracellular transport processes. In: *Advances in botanical research*. Volume 5. London, United Kingdom: Elsevier. p 153–219.
- Resende AF, Schöngart J, Streher AS, Ferreira-Ferreira J, Piedade MTF, Silva TSF. 2019. Massive tree mortality from flood pulse disturbances in Amazonian floodplain forests: the collateral effects of hydropower production. *Sci Total Environ* 659:587–598.
- Ronderos RA, Bachmann AO. 1963. Neotropical *Mansoniini*. I. (Diptera-Culicidae). *Rev Soc Entomol Arg* 26:1–4.
- Sombroek W. 2001. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall. *AMBIO: Am J Hum Environ* 30:388–396.
- Tibério MA. 2021. Geografia levada a sério [Internet]. Campina Grande, Brazil: Tiberiogeoe [accessed Dec 20, 2020]. Available from: <http://www.tiberiogeoe.com.br/>.
- Tokarnia CH, Dobereiner J, Silva MF. 1979. *Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros*. Manaus, Brazil: National Amazon Research Institute.
- Van den Assem J. 1958. Some experimental evidence for the survival value of the rootpiercing habits of *Mansonia* larvae (Culicidae) to predators. *Entomol Exp Appl* 1:125–129.
- Wharton R. 1959. Freshwater planarians (flat-worms) as predators of mosquito larvae. *Mosq News* 19:102.
- Williams C. 1937. The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. *Ann Appl Biol* 24:404–414.



OPEN

Dispersion pattern of *Mansonia* in the surroundings of the Amazon Jirau Hydroelectric Power Plant

Cecilia Ferreira de Mello^{1,2} & Jeronimo Alencar¹✉

Mansonia spp. are voracious hematophagous mosquitoes whose mature stages usually breed in freshwater bodies containing aquatic vegetation. The reduction in water flow leads to a proliferation in aquatic plants, increasing their populations. Besides, some species are potential vectors of pathogens such as arboviruses and microfilariae. We evaluated the degree of active dispersion of females of *Mansonia* spp. in the surrounding area of the Jirau hydroelectric power plant in the Amazon, Rondônia, Brazil, using mark-release-recapture techniques. The flight behavior of the recaptured specimens was summarized with a set of average and maximum distances traveled. We show that the dispersal movement of *Mansonia* spp. is predominantly performed by random, low, and short flights, with a tendency to remain near the breeding sites in certain vegetation fragments. However, the maximum distances traveled were 2000 m from the release point for *Mansonia amazonensis* during 2018 and *Mansonia humeralis* during 2019.

Mansonia Blanchard, 1901 has 25 species in two subgenera: *Mansonioides* and *Mansonia* (Theobald, 1907). The 10 species of *Mansonioides* are found in the tropical regions of Africa and Asia. A recent review of subgenus *Mansonia*, which redescribed the males, females, and fourth instar larvae of the genus, counted 15 valid species, 12 of which were found in Brazil^{1–4}.

Mansonia females are aggressive and voracious hematophagous mosquitoes, with preferential nocturnal activity. Although these mosquitoes mainly live in forests, they can settle in the outskirts of cities and inhabited centers when favorable conditions are present in the form of suitable breeding sites^{1,3,5}.

Active immature forms of *Mansonia* have a spiracular apparatus adapted to piercing submerged vegetation, latching on to aquatic plants, and extracting oxygen from their airy parenchyma⁵. The high abundance of aquatic plants, linked to a reduction in the flow of water with or without an increase of organic matter, can therefore facilitate the proliferation of these mosquitoes.

Mansonia species are pests that represent a danger to human life and livestock in certain regions³, rendering some places unsuitable for living or livestock farming due to their aggressive hematophagous behavior.

Mansonia indubitans Dyar & Shannon, 1925 and *Ma. titillans* (Walker, 1848) have already been found to be infected with arboviruses, including ones that cause encephalitis, making them potential vectors for these viruses⁶.

Studying the Culicidae fauna is essential in areas where human intervention causes environmental change. Environmental impacts can cause the population density of some species to increase, posing a risk to human health. Mosquito species with typically wild habits often adapt to live in urban areas^{7,8}.

The mark-release-recapture is a surveying method that allows researchers to estimate the density, survival, and dispersion of animal populations. This method has been applied to populations of biological vectors of infectious agents for assessing vectorial capacity and estimating the flight radius of mosquito populations^{9–11}.

The dispersal of insect vectors is particularly important for epidemiology since dispersal is a key factor in the progression of plant disease outbreaks and the population dynamics of vector and pest arthropods¹². The present study aims to analyze the movement patterns of *Mansonia* spp. in the surrounding area of the Jirau hydroelectric power plant (HPP) in Rondônia state, in the Brazilian Amazon.

¹Diptera Laboratory, Oswaldo Cruz Institute (Fiocruz), Avenida Brasil 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ 21040-360, Brazil. ²Postgraduate Program in Animal Biology, Institute of Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, BR 465 Rd, Km 7, Seropédica, RJ 23897-000, Brazil. ✉email: jalencar@ioc.fiocruz.br

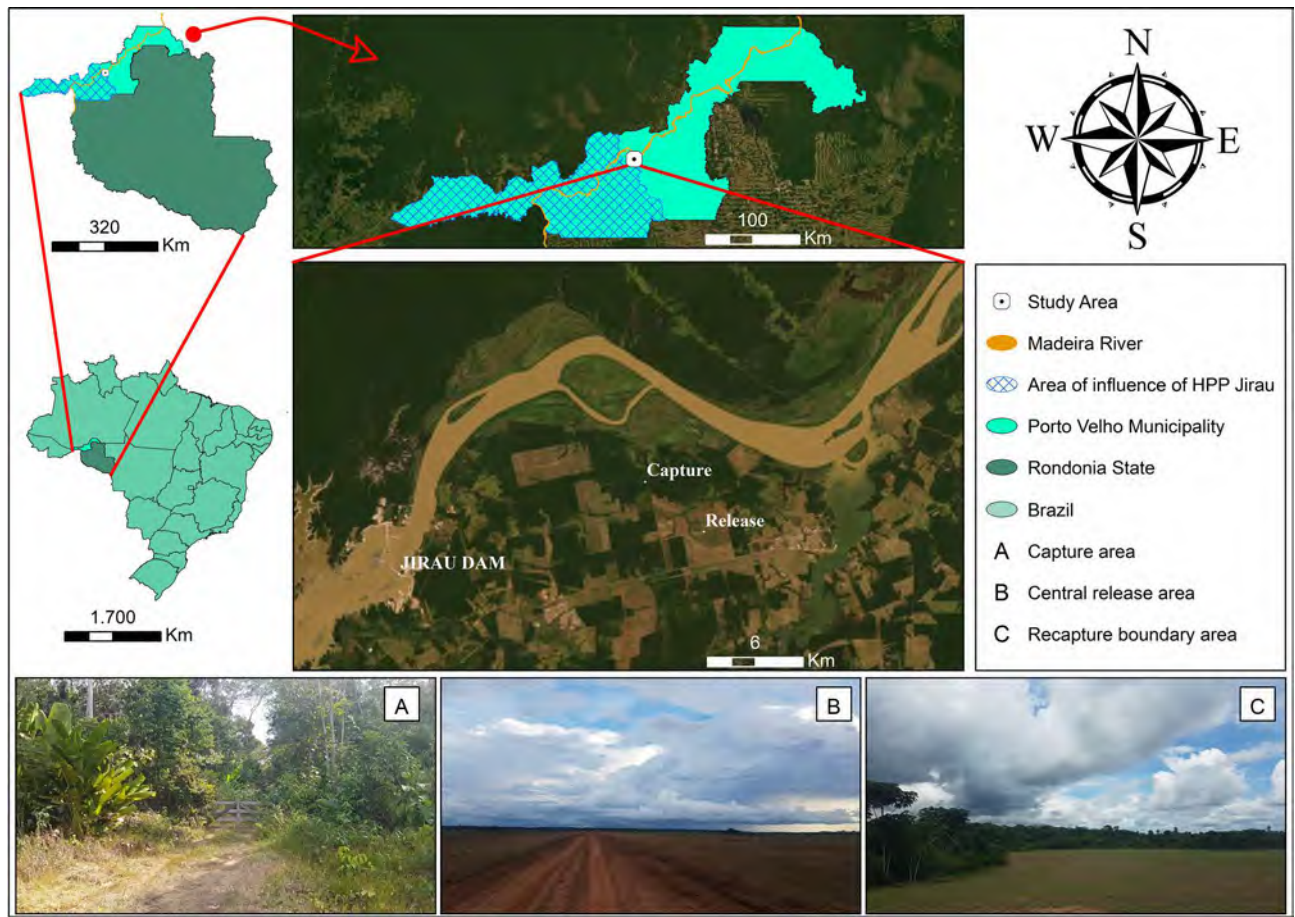


Figure 1. Location of the study area and sampling and release sites in the surrounding area of the Amazon Jirau Hydroelectric Power Plant (HPP-Jirau), Jaci-Paraná district, Porto Velho, Rondônia state, Brazil. *Source:* Google Earth®, Maxar Technologies® satellite image/Pass date: June 2019.

Material and methods

Ethical considerations. The permanent license number 58855 for collecting, capturing, and transporting biological material was granted by the Authorization and Information System in Biodiversity (SISBIO)—Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation.

Study area. The sampling planning considered exploring the site and its surroundings, choosing the most representative capture points and the most efficient equipment, as well as selecting the methods of sample preservation.

The study was carried out in the surrounding area of the Jirau HPP, located in the Amazon Forest biome. The Jirau HPP (9° 16' 16.8" S; 64° 38' 25.9" W) is located near the city of Porto Velho. The sampling area near the release and recapture points had larval habitat with a high concentration of aquatic vegetation of the following plant species: *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, *Eichornia azurea* (Sw.) Kunth, *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron, *Pistia* sp., *Salvinia* sp., *Paspalum* sp., *Hymenachne* sp., *Oxycarium cubensis*, *Ludwigia helminthoriza*, *Phyllanthus fluitans*, *Eleocharis* sp., and grasses. The respective larval habitats were characterized by a team specializing in macrophytes and another in entomology. Subsequently, they were confirmed by in-situ observation according to the descriptions of Sioli¹³. The region's Köppen climate classification is tropical (type Aw), with a distinguishable dry season in winter from May to October (July is the driest month) and a rainy season in the summer from November to April. The average annual temperature is 25.6 °C, with monthly averages as low as 16 °C in the coldest month and over 34 °C in the warmest ones. Precipitation is over 2000 mm per year¹⁴.

The capture, release, and recapture points were located in Jaci-Paraná, a district of Porto Velho, the capital of Rondônia. The specimens were captured in fragments of the closed forest (9° 13' 02.1" S 64° 30' 06.6" W) and released and recaptured in an open field (9° 14' 50.3" S 64° 28' 06.5" W). An aerial image was used to delineate the mark-release-recapture (MRR) experiment area. This image was georeferenced using a Garmin® GPS unit (Fig. 1).

Specimen capture method. Sampling was carried out in May, July, October, and December 2018, and in April, July, September, and November 2019. The captures were conducted between 6:00 p.m. and 8:00 p.m. on three alternate days using Shannon light traps and electric aspirators used similarly to a manual suction tube to optimize the sampling effort. A 12-V rechargeable battery operated the electric aspirator. The simultaneous use

of two devices makes them more efficient at capturing mosquitoes in areas with a high density of adults, aspirating inactive specimens in the Shannon trap and active ones in flight.

Additionally, we used the Castro catcher to capture samples, which was used for five minutes at intervals of 30 min, totaling 20 min. The purpose was to relate the species captured in the electric aspirator occurring during the sampling since this collector ensures greater preservation of morphological and anatomical characteristics of the specimens, leading consequently to greater reliability in identification. These specimens were confined in cages and not tagged or released and therefore sacrificed and placed in conical tubes until identification. Meanwhile, the specimens captured with the electric aspirator were kept in a polyvinyl chloride tube measuring 100 mm in diameter and 30 cm in length, which was changed every 5 min to keep the specimens alive until they were released. These tubes were closed with a plastic cap at one end and kept in a moist chamber until their release. Finally, all specimens were counted. The sampling effort with Castro catcher and electric aspirator were as follows: Sampling 1—(5.6%; 94.4%), Sampling 2—(7.2%; 92.8%), Sampling 3—(8.4%; 91.6%), Sampling 4—(17.5%; 82.5%), Sampling 5—(3.4%; 96.6%), Sampling 6—(5.6%; 92.8%), Sampling 7—(5.6%; 93.6%), Sampling 8—(5.6%; 94.4%), respectively.

Specimen mark and release method. Specimens were marked with fluorescent powder (BioQuip®) about an hour before the time of release and then released approximately two hours after capture on the same night in the study area. The fluorescent powder was sprayed onto the specimens using a small hand pump to mark them.

Specimen recapture method. Recaptures were carried out with CDC and MF 60° light traps. Initially, wooden stakes of ≈ 1 m were driven into the ground so as to suspend the light traps. Then, 28 CDC-type traps and 28 MF60 traps were installed at distances between 30 m and 2000 m to the north, south, east, or west of the release site. The capture and recapture points remained in the same place throughout the sampling season; traps were monitored and changed every 24 h (Fig. 2). The recaptures in the sample area extended over six subsequent days.

Identification. Species of *Mansonia* were identified by direct observation of morphological characters under a stereomicroscope (Zeiss®) and an optical microscope with ultraviolet light (Nikon®). We used dichotomous keys¹⁵, to consult the species descriptions and associated biological characteristics and behaviors. Aiming to ensure the specific identification of *Mansonia* females, the arrangement pattern of the spines on the last abdominal tergite was compared. All specimens from each sample period had their eighth abdominal segment sectioned. The structures were washed in distilled water and neutral detergent to loosen all scales from the structure. Then, the structures were dehydrated with 70% to 95% alcoholic series in absolute alcohol. The eighth abdominal segment was mounted dorsally with Canada balsam, between slide and coverslip. The specimens were subsequently deposited in the Entomological Collection of the Instituto Oswaldo Cruz, under the title “Amazon Collection, UHE-JIRAU”.

The abbreviations of genera and subgenera followed the norms suggested by Reinert¹⁶, modified according to the proposed nomenclature for mosquitoes.

A set of dispersion measures composed of the mean (MDT) and maximum (MAX) distance traveled were used to summarize the flight behavior of the recaptured culicids^{17,18}.

Results

A total of 38,113 females of *Mansonia* spp. were captured, of which 26,677 (70%) were marked and released, and 11,436 (30%) were preserved for species identification. This allowed for an approximate representation of the species captured, marked, and released in each experiment.

During the dry, rainy, and transition periods of 2018 and 2019, a total of 169 recaptured specimens were recorded over the eight sampling campaigns (Table 1). Recaptures are represented by eight species of the genus *Mansonia*, with a different number of specimens recaptured in each seasonal period, showing distinct trends in species abundance and dispersion from the release point (Table 2).

Two species were recaptured at the maximum distance of 2000 m from the release site: *Ma. Amazonensis* (Theobald, 1901) and *Ma. humeralis* Dyar & Knab (Table 2).

The largest number of recaptured individuals belonged to *Ma. humeralis* (47 events), *Ma. titillans* (45 events), and *Ma. amazonensis* (42 events). A smaller number of recaptures were recorded for *Ma. pseudotitillans* (Theobald, 1901) (five events) and *Ma. wilsoni* (Barreto & Coutinho, 1944) (three events).

Of the 12,680 estimated specimens marked and released in 2018, 45 individuals (0.35%) were recaptured. These were subsequently identified as *Ma. indubitans* (27%), *Ma. humeralis* (24%), *Ma. flaveola* (16%), *Ma. amazonensis* (16%), *Ma. titillans* (13%), *Ma. wilsoni* (2%), and *Ma. pseudotitillans* (2%).

In 2019, 124 individuals (0.88%) of the 13,997 specimens marked and released were recaptured; these were identified as *Ma. titillans* (31%), *Ma. humeralis* (29%), *Ma. amazonensis* (28%), *Ma. iguassuensis* (6%), *Ma. pseudotitillans* (3%), and *Ma. wilsoni* (2%).

The highest number of recaptures of *Mansonia* spp. occurred at a distance of 300 m ($N = 29$) from the release site. The maximum dispersal distance of 2000 m was observed during sampling periods 4, 7, and 8 for all taxa. Sampling period 8, performed in the rainy season, had the highest number of recaptured specimens ($N = 57$) (Table 1).

Throughout the study period, specimens tagged with fluorescent powder were found in traps 25 times. Sampling periods 3 and 7 had traps with tagged mosquitoes at five different dispersion distances (Table 1). Tagged mosquitoes were found in traps at distances of 300, 500, 1000, and 2000 m in three sampling periods (Table 1).

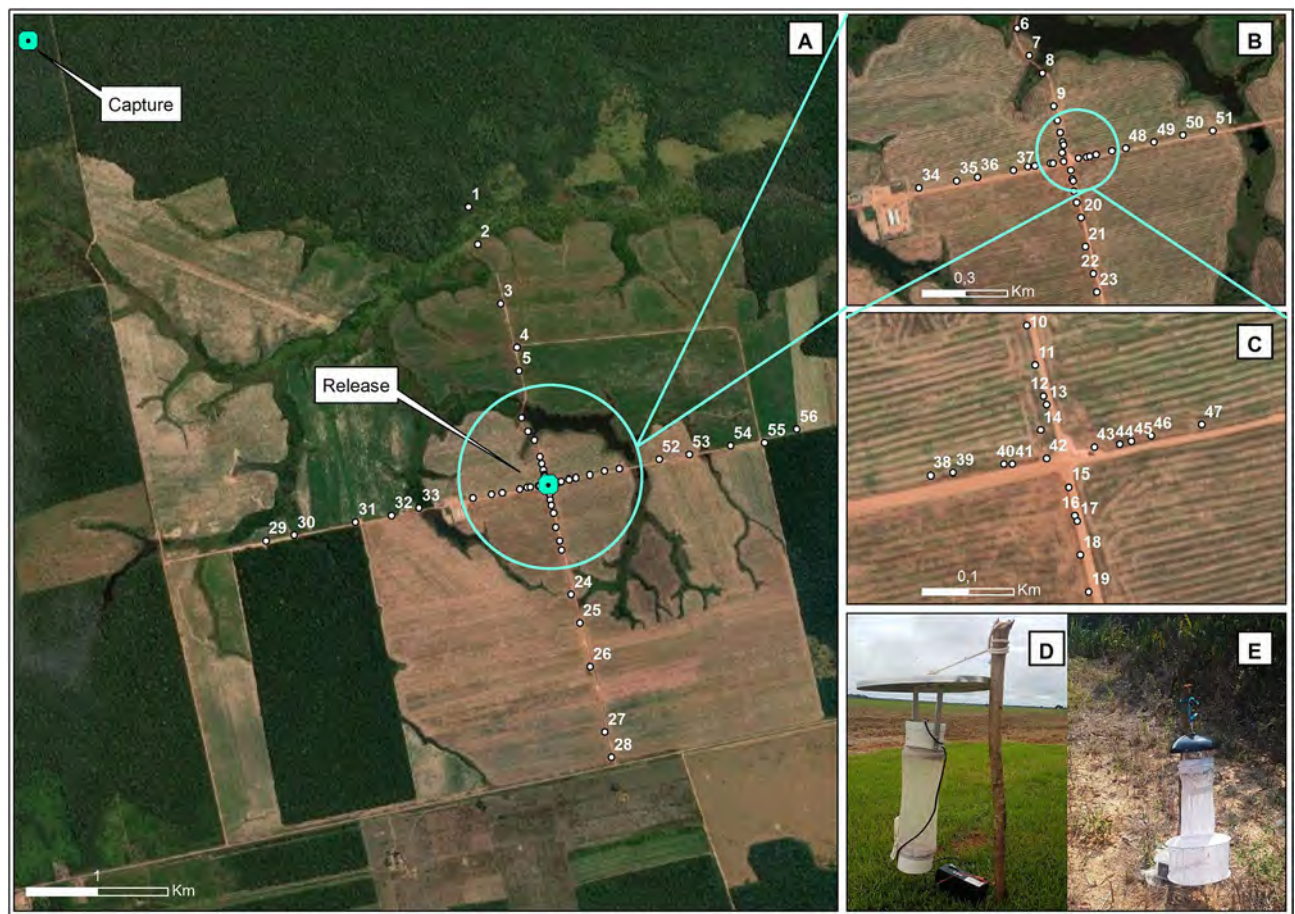


Figure 2. Sample design of the launch sites in the surrounding area of the Amazon Jirau Hydroelectric Power Plant (UHE-Jirau), Jaci-Paraná district, Porto Velho, Rondônia state, Brazil. (A) 1, 29 (Mf-60), 28, 56 (CDC) = 2000 m; 2, 30 (CDC), 27, 55 (Mf-60) = 1800 m; 3, 31 (Mf-60), 26, 54 (CDC) = 1300 m; 4, 32 (CDC), 25, 53 (Mf-60) = 1000 m; 5, 33 (Mf-60), 24, 52 (CDC) = 800 m; (B) 6, 34 (CDC), 23, 51 (Mf-60) = 500 m; 7, 35 (Mf-60), 22, 50 (CDC) = 400 m; 8, 36 (CDC), 21, 49 (Mf-60) = 300 m; 9, 37 (Mf-60), 20, 48 (CDC) = 200 m; (C) 10, 38 (CDC), 19, 47 (Mf-60) = 150 m; 11, 39 (Mf-60), 18, 46 (CDC) = 100 m; 12, 40 (CDC), 17, 45 (Mf-60) = 70 m; 13, 41 (Mf-60), 16, 44 (CDC) = 60 m; 14, 42 (CDC), 15, 43 (Mf-60) = 30 m; (D) CDC-type traps; (E) MF-60 light trap with CO₂. Source: Google Earth®, Maxar Technologies® satellite image/Pass date: June 2019.

Discussion

The movement of *Mansonia* species observed in the surrounding area of the Jirau HPP was consistent with dispersion patterns observed by a previous study¹⁹. The authors analyzed the dispersal behavior of three mosquito species in two habitats. They found that 70% of the population of *Ma. annulata* Leicester, 1908 dispersed within 0 m in one site and 250 m in the second. These figures were 150 and 700 m for *Ma. uniformis* (Theobald, 1901) and 150 and 720 m for *Ma. indiana* Edwards, 1930. A maximum flight range of 1700 m was found for *Ma. uniformis*.

Light traps were observed to be effective in specimen recapture. A high density of *Mansonia* spp. was observed over the study period, with dispersion distances from the release point ranging between 30 and 2000 m.

Ivanova-Kazas²⁰ reported that mosquitoes move from their breeding sites when searching for a blood-feeding source and then return to their breeding sites for oviposition. Displacement movements from breeding sites to human dwellings were also observed for *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818. These movements seem to be influenced by the topography and prevailing winds that carry attractive odors. *Mansonia perturbans* (Walker) also shows upward and downward displacements from the forest canopy at dusk and dawn²¹.

The vegetation type that makes up the background landscape of the study area, with the formation of forest mosaics in the Amazon, favors the outward movement of adults. The occurrence of forests in the vicinity of the experimental area inhibits the movement of specimens in this direction. In addition, the high availability of food sources beyond the boundary of the experimental area changes the return rates of individuals. Thus, the specimens of *Mansonia* spp. may disperse more than 2 km from the adult's point of emergence, with a slight tendency to remain in the vegetation patch under stable conditions, i.e., in preserved environments with nearby food sources.

Gorayeb and Ribeiro²² studied the Tabanidae fauna from the eastern Amazon to define its species displacement autonomy. They found that the disparity in the number of species captured was influenced by seasonality. In addition, they point to intrinsic mechanisms of tabanid species in terms of finding and attacking hosts, which

Year	Sampling	Season	Captured	Marked and released	Migration distance (M)	Marked specimens found	Total
2018	1	Transition	8175	5722	1000	1	3
					100	2	
	2	Dry	5981	4187	200	10	24
					30	5	
					60	7	
					70	2	
	3	Rainy	3565	2495	150	6	17
					200	1	
					300	7	
					400	2	
					500	1	
	4	Rainy	394	276	2000	1	1
2019	5	Rainy	2805	1963	1300	6	6
	6	Dry	5142	3599	800	11	32
					1300	15	
					1800	6	
	7	Transition	6026	4218	100	3	29
					300	2	
					500	2	
					1000	18	
					2000	4	
	8	Rainy	6025	4217	300	20	57
					500	18	
					1000	2	
					2000	17	
Total			38,113	26,677		169	169

Table 1. Distribution of the number of estimated specimens captured, marked, released, and recaptured in the surrounding area of the Amazon Jirau (HPP-Jirau) hydroelectric power plant, Rondônia state, Brazil, from 2018 to 2019.

Species	2018		2019	
	ADT (m)	MAX (m)	ADT (m)	MAX (m)
<i>Mansonia amazonensis</i>	390	2000	1000	1800
<i>Mansonia flaveola</i>	168.57	400	–	–
<i>Mansonia humeralis</i>	253	2000	1158.8	2000
<i>Mansonia iguassuensis</i>	–	–	750	1300
<i>Mansonia indubitans</i>	194.17	300	–	–
<i>Mansonia pseudotitillans</i>	300	300	625	800
<i>Mansonia titillans</i>	383.33	1000	1133.3	1300
<i>Mansonia wilsoni</i>	150	150	1300	1300

Table 2. Flight distance traveled by marked, released and recaptured *Mansonia* spp. in the surrounding area of the Amazon Jirau (HPP-Jirau) hydroelectric power plant. (Samplings: 1 to 8). ADT Average distance traveled, MAX Maximum distance traveled.

are clearly different over small and large distances. They also emphasize that wind is unlikely to play a role in local tabanid displacement behavior in searching for horses as blood-feeding sources.

Few studies have explored the flight intervals in *Mansonia* species. Wharton²³ reported that *Ma. bonneae* Edwards, 1930 and *Ma. dives* (Schiner, 1868) can disperse the considerable distances of 1.6 to 3.2 km in the forest environment when searching for hosts as blood-feeding sources. In this sense, the depletion of food sources can change the population dynamics of *Mansonia* spp. by widening the dispersion range of the taxa through the search for food in other ecological niches.

The number of recaptured specimens that we recorded is consistent with other similar studies on mosquitoes^{24–27}. The results from our eight recapture reference samples therefore within the expected ranges for our experimental design.

Similar observations were made in a study of *Ma. uniformis*, a species with low displacement¹⁹. This was also confirmed by Bailey and Gould²⁸ using CDC light traps, demonstrating that the marked individuals did not fly more than 375 m from the release point.

The dispersal behavior of immature and adult specimens is an intrinsic characteristic of all species. Taxa disperse spontaneously, stimulated by several factors, and the movements occur due to the natural ability of subsistence related to the physiological needs of each species²⁹.

We conclude that the dispersal movement of *Mansonia* spp. is predominantly performed by random, low ($\cong 1$ m high), and short flights maintaining a home range within a radius of approximately 30 to 100 m from the adults' point of emergence, showing a tendency to remain near the breeding sites in certain fragments of vegetation. Even so, our observations confirm that specimens of *Mansonia* spp. are capable of covering distances greater than 2 km from the adults' emergence point, despite their general tendency to remain in the same vegetation patch under stable conditions of food sources and environmental preservation.

Received: 4 August 2021; Accepted: 3 December 2021

Published online: 20 December 2021

References

- Service, M. *Medical Entomology for Students*. (Cambridge University Press, 2008). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811012>.
- Gama, R. A., da Silva, I. M., Monteiro, H. A. D. O. & Eiras, A. E. Fauna of Culicidae in rural areas of Porto Velho and the first record of *Mansonia (Mansonia) flaveola* (Coquillett, 1906), for the state of Rondônia. *Brazil. Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **45**, 125–127 (2012).
- Harbach, R. Mosquito Taxonomic Inventory. (2021).
- Klein, T. A., Lima, J. B. P. & Tang, A. T. Seasonal distribution and diel biting patterns of culicine mosquitoes in Costa Marques, Rondônia, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **87**, 141–148 (1992).
- Silver, J. B. *Mosquito Ecology* (Springer Netherlands, 2008). <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6666-5>.
- White, G. B. & Faust, C. Medical acarology and entomology. In *Manson's Tropical Infectious Diseases* (eds Farrar, J. et al.) 1258–1272 (Saunders Ltd., 2013).
- Tadei, W. P., Mascarenhas, B. M. & Podestá, M. G. Biologia de anofelinos amazônicos. VIII. Conhecimentos sobre a distribuição de espécies de *Anopheles* na região de Tucuui-Marabá (Pará). *Acta Amaz* **13**, 103–140 (1983).
- Guimarães, J. H. *Systematic database of Diptera of the Americas south of the United States. Family Culicidae*. (Ed. Plêiade/ Fapesp: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997).
- Webb, C. E. & Russell, R. C. Dispersal of the mosquito *Aedes vigilax* (Diptera: Culicidae) from urban Estuarine wetlands in Sydney, Australia. *J. Med. Entomol.* **56**, 1290–1295 (2019).
- Reisen, W. K. et al. Mark—release—recapture studies with *Culex* mosquitoes (Diptera: Culicidae) in southern California. *J. Med. Entomol.* **28**, 357–371 (1991).
- Lapointe, D. A. Dispersal of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in a Hawaiian Rain Forest. *J. Med. Entomol.* **45**, 600–609 (2008).
- Jeger, M. J., Madden, L. V. & Bosch, F. V. D. The effect of transmission route on plant virus epidemic development and disease control. *J. Theor. Biol.* **258**, 198–207 (2009).
- Sioli, H. *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and Its Basin* (Springer, Amsterdam, 1984).
- Instituto Nacional de Meteorologia. Available at: <https://portal.inmet.gov.br/>. Accessed 9 July 2021.
- Lane, J. *Neotropical Culicidae* (Editora Univ, 1953).
- Reinert, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). *Eur. Mosq. Bull.* **2**(27), 68–76 (2009).
- Lillie, T. H., Marquardt, W. C. & Jones, R. H. The flight range of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Can. Entomol.* **113**, 419–426 (1981).
- Morris, C. D., Larson, V. L. & Lounibos, L. P. Measuring mosquito dispersal for control programs. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* **7**, 608–615 (1991).
- Gass, R. F., Deesin, T., Surathin, K., Vutikes, S. & Sucharit, S. Observations on the feeding habits of four species of *Mansonia* (Mansonioides) mosquitoes in Southern Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* **13**, 211–215 (1982).
- Ivanova-Kasas, O. M. Embryologische Entwicklung von *Angitia vestigialis* Ratz. (Hymenoptera, Ichneumonidae)—des Endoparasiten von *Pontania capreae* L. (Hymenoptera, Tenthredinidae). *Entomol. Obozr.* **39**, 284–295 (1960).
- Snow, W. E. & Pickard, E. Correlation of vertical and horizontal flight activity of *Mansonia perturbans* with reference to marked changes in light i (Diptera: Culicidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* **50**, 306–311 (1957).
- Gorayeb, I. D. S. & Ribeiro, J. M. F. Tabanidae (Diptera) da Amazônia XVII. Deslocamentos a hospedeiros determinados por marcação e recaptura. *Bol. do Mus. Para. Emilio Goeldi* **17**, 69–100 (2001).
- Wharton, R. H. The biology of *Mansonia* mosquitoes in relation to the transmission of filariasis in Malaya. *Bull. Inst. Med. Res. Kuala Lumpur* **11**, 1–114 (1962).
- Quiñones, M. L. et al. *Anopheles gambiae* gonotrophic cycle duration, biting and exiting behaviour unaffected by permethrin-impregnated bednets in The Gambia. *Med. Vet. Entomol.* **11**, 71–78 (1997).
- Reisen, W. K., Mahmood, F. & Parveen, T. *Anopheles subpictus* Grassi: Observations on survivorship and population size using mark-release-recapture and dissection methods. *Res. Popul. Ecol. (Kyoto)* **21**, 12–29 (1979).
- dos Santos, R. L. C. & Forattini, O. P. Marcação-soltura-recaptura para determinar o tamanho da população natural de *Anopheles albittarsis* Ls. (Diptera: Culicidae). *Rev. Saude Publica* **33**, 309–313 (1999).
- Thomson, M. C. et al. Movement of *Anopheles gambiae* s.l. malaria vectors between villages in The Gambia. *Med. Vet. Entomol.* **9**, 413–419 (1995).
- Bailey, C. L. & Gould, D. J. Flight and dispersal of Japanese encephalitis vectors in northern Thailand. *Mosq. News* **35**, 172–178 (1975).
- Southwood, T. R. E. *Ecological Methods* (Springer Netherlands, 1988). <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1225-0>.

Acknowledgements

We appreciate the financial support from the ANEEL R&D Project, entitled “Development of a monitoring methodology of the behavior dynamics of *Mansonia* spp. and their relevance in hydroelectric development in the Amazon region” (PD-06631-0005/2017), regulated by Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) and developed within the scope of the National Scientific and Technological Development Council of R&D, Energia Sustentável do Brasil S.A. (Grant Number 301707/2017-0) regulated by Agência Nacional de Energia Elétrica

(ANEEL). We are also grateful to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Grant Number 88882.426018/2019-01) for providing financial support.

Author contributions

C.F.M collected the mosquito samples in the field, constructed the map representing the collection sites of the study, and wrote the manuscript. J.A. collected the mosquito samples in the field, conceived and coordinated the study, and supervised manuscript writing.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Additional information

Correspondence and requests for materials should be addressed to J.A.

Reprints and permissions information is available at www.nature.com/reprints.

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2021

Influence of seasonality on wing morphological variability in populations of *Mansonia amazonensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae)

CECILIA FERREIRA DE MELLO^{1,2}, ANA LAURA CARBAJAL-DE-LA-FUENTE^{3,4},
VÂNIA DA COSTA FERREIRA⁵ & JERONIMO ALENCAR^{1*}

¹Diptera Laboratory, Oswaldo Cruz Institute (Fiocruz), Avenida Brasil 4365, Mangueiras, 21040-360, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

²Postgraduate Program in Animal Biology, Institute of Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, BR 465 Rd, Km 7, 23897-000, Seropédica, RJ, Brazil.  ceciliafmello@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-9916-515X>

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

⁴Centro Nacional de Diagnóstico e Investigación en Endemo-Epidemias (CeNDIE)—Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud “Dr. Carlos Malbrán” (ANLIS), Av. Paseo Colón 568, Buenos Aires, Argentina.

 analaura.carbajal@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0003-0809-3507>

⁵Energia Sustentável do Brasil (ESBR), Rodovia BR-364, KM 824 S/N8, 76840-000, Distrito de Jaci Paraná Porto Velho, Rondônia, Brazil.  ania@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-8784-6409>

*Corresponding author.  jalencar@ioc.fiocruz.br;  <https://orcid.org/0000-0001-7863-2698>

Abstract

Mansonia amazonensis (Theobald, 1901) is one of 15 species of the subgenus *Mansonia* Blanchard, 1901. It is essentially a Neotropical species, recorded in Bolivia, Peru and Brazil. In the highly seasonal Amazon region, *Mansonia* species find ideal environmental conditions for reproduction, development and establishment. Considering that climate significantly influences the size and behavior of mosquitoes, and insects in general, we analyzed the influence of seasonality on wing morphological variability in populations of *Ma. amazonensis*. Captures were carried out near the banks of the Madeira River in Rondônia State, Brazil during the dry, rainy and transition periods between seasons during 2018 and 2019. Morphometric characters of 181 wings were analyzed using morphological methods. The results show that wing size of *Ma. amazonensis* increases following a relatively gradual trend, from smaller wings during the dry period to larger ones in the rainy season. This study provides the first evidence, detected using geometric morphometry, of seasonally associated phenotypic variability in the wing conformation of *Ma. amazonensis*.

Key words: Amazon, dry season, rainy season, Mansoniini, mosquito, taxonomy

Introduction

Mansonia amazonensis (Theobald, 1901) is among 15 species of the subgenus *Mansonia* Blanchard, 1901 (Harbach 2022). It is essentially a Neotropical species, recorded in Bolivia, Peru and Brazil (Lane 1953; Klein *et al.* 1992; Pecor *et al.* 2000; Assumpção 2009). Females of these mosquitoes deposit their eggs in an aggregate on the leaves of aquatic plants. When the eggs hatch, the larvae cross the water column and settle on the roots of the plants (Ferreira & Nunes de Mello 1999; da Silva Ferreira *et al.* 2020). The immature stages have the spiracular apparatus adapted to perforate the aerenchyma of certain aquatic macrophytes, allowing gas exchange without shifting to the surface of the water (Ferreira *et al.* 2003; Service 2008). Adult females feed on a wide range of blood sources, feeding even on reptiles (Viana *et al.* 2010).

Mansonia species are voracious during blood feeding, capable of causing medical and social problems when in high densities (Rehena & Matdoan 2020; Pedro *et al.* 2021). These species have nocturnal habits but can be found abundantly during the day, biting at any time in forests near their larval habitats (Lima 1929; Consoli & Oliveira 1994). They are exophilic and can be found in altered environments, expanding their area of occurrence to the vicinity of urban environments (Lima 1929; Navarro-Silva *et al.* 2004). In the Amazon, *Mansonia* species find ideal larval habitats for reproduction, development and establishment, becoming the more frequent genus of hematophagous mosquitoes in floodplains (Ferreira 1999). *Mansonia amazonensis* is not considered a vector of etiological agents.

However, viruses and helminths have been detected in many other *Mansonia* species, suggesting their participation in sylvatic transmission cycles (Burton 1967; Turell *et al.* 2000; Lutomiah *et al.* 2011; Beranek *et al.* 2018).

Seasonal variation contributes to dynamic and variable ecosystems, and the Amazon region is highly seasonal, with two well-defined seasons: the Amazon winter, a regional name for the rainy season despite it being summer at this time of the year in most of the Southern Hemisphere, and the Amazon summer, a popular name used by locals to identify the dry season, a period of warmer weather (Brando *et al.* 2010; Costa *et al.* 2013; Caldas 2016; Marengo *et al.* 2016; Rente Neto & Furtado 2015; Coutinho *et al.* 2018). Climatic factors can explain variation in the wing size of several mosquito species (Da Silva *et al.* 2020; Mathania *et al.* 2020). Considering the lack of biological and ecological studies on *Ma. amazonensis*, and the epidemiological importance of the taxonomic group to which it belongs, we aimed to analyze the influence of seasonality on the variation of wing morphology in populations of this species.

Material and methods

Females of *Ma. amazonensis* were captured near the banks of the Madeira River, located in Rondônia State, Brazil: 9° 13' 53.7" S; 64° 28' 20.6" W (Fig. 1). The captures were carried out during three periods: July 2018 and 2019 (dry season), October and December 2018 and April and November 2019 (rainy season), and September 2018 and 2019 (intermediate transition period) (Fisch *et al.* 1998). The captures were conducted between 18:00 and 20:00 on three alternate days using Shannon light traps. Mosquitoes were also captured with a manual suction tube when they were occasionally attracted to team members, landed on the trap or on the surrounding vegetation. According to Koeppen (1948), the region's climate can be classified as type Aw, tropical with dry winter. In the last 10 years, the average annual temperature in Rondônia State was around 25°C, with the coldest monthly average less than 16°C and the warmest monthly average above 34°C. Precipitation ranged between 1,300 and 2,600 mm/year for the same 10-year period (INMET 2021).

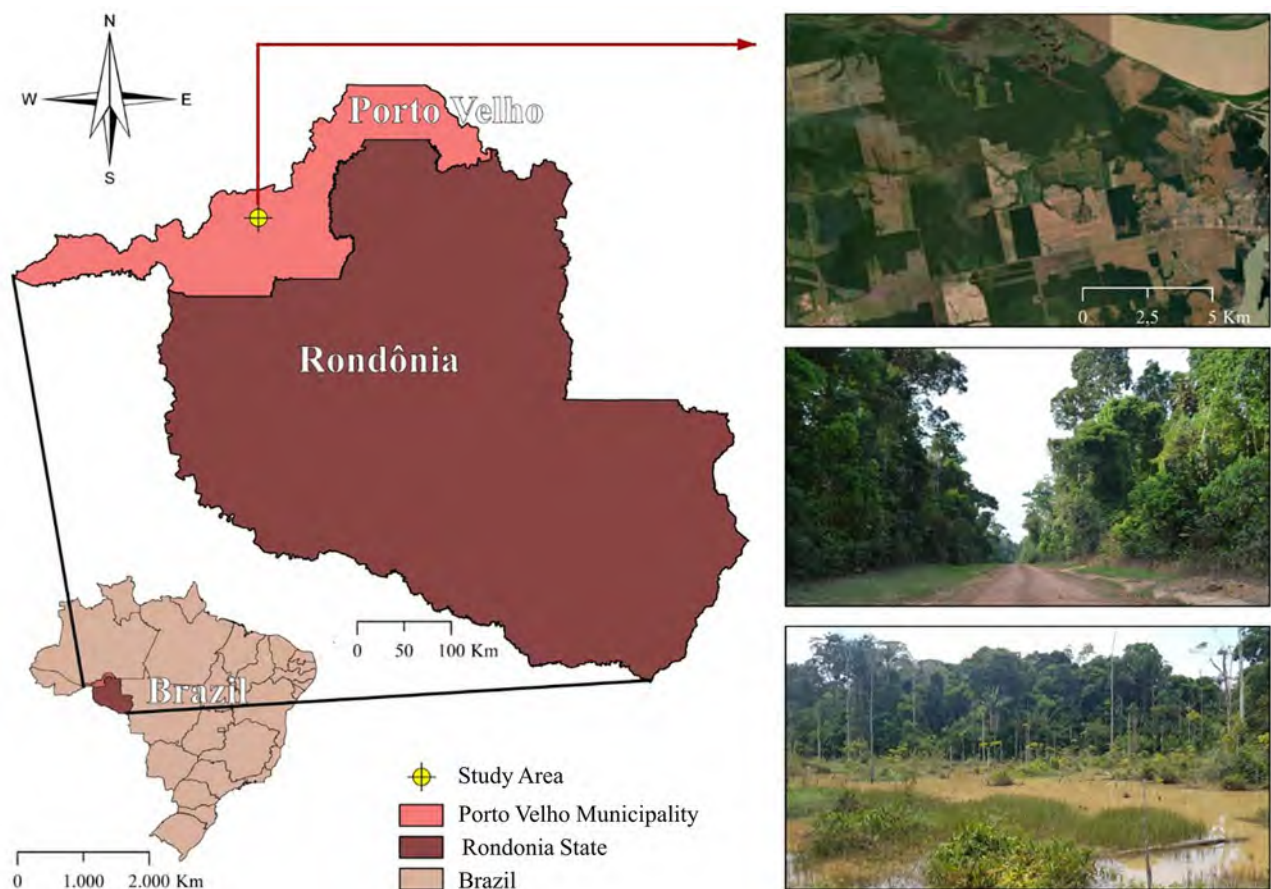


FIGURE 1. Sampling point for populations of *Mansonia amazonensis* in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019.

Geometric morphometric analyses were carried out on 181 specimens (Table 1). We analyzed right wings of females that were carefully removed from the thorax using entomological forceps. The wings were mounted between a slide and a four-corner adhesive coverslip. A piece of paper marked in millimeters (26 x 76 mm) added below the wings served as a scale for photographic records. The wings were photographed using a Leica EZ4 stereo microscope with 35x magnification and an HD 3 MP camera attached. The images were digitalized using Leica LAS EZ 1.6v 2013 software. Thirteen anatomical type I landmarks were chosen (Bookstein 1997), characterized by vein connections and intersections (Fig. 2, Table 2). These landmarks were digitized using the free program tpsDig32 version 2.31 (<http://www.sbmorphometrics.org/soft-dataacq.html>).

TABLE 1. Number of right wings from females of *Mansonia amazonensis* captured in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019.

Collection year	Month	Season	N
2018	July	Dry	25
	October	Rainy	24
	December	Rainy	6
2019	April	Rainy	25
	July	Dry	55
	September	Transition	6
	November	Rainy	40
Total	7	3	181

TABLE 2. Description of the 13 anatomical landmarks of the wings of *Mansonia amazonensis* captured in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019.

Anatomical landmark	Abbreviation	Location of anatomical landmarks
1	1A	axillary incision
2	CuA	cubitus anterior
3	M ₃₊₄	media-three-plus-four
4	M ₂	media-two and cell
5	M ₁	media-one and cell
6	R ₄₊₅	radius-four-plus-five
7	R ₃	radius-three
8	R ₂	radius-two
9	R ₁	radius-one
10	Sc	subcostal
11	-	Intersection between veins R ₂ and R ₃
12	-	Intersection between M ₂ and M ₁ veins
13	-	Intersection between CuA and M ₃₊₄ veins

Size variation estimation. Isometric estimator centroid size (CS), derived from Cartesian coordinate data, was used to compare the size of the wings. Centroid size is defined by the square root of the sum of the squared distances between the center of the waypoint configuration and each landmark (Bookstein 1997).

Conformation variation estimation. Conformation variables define the positional changes in each landmark regarding consensus conformation. These variables were obtained using the Generalized Procrustes Analysis (GPA) superposition algorithm (Rohlf 1998, 1999). The method estimates the least-squares criterion on superimpositions of a group of individual samples, eliminating the effects of scale, orientation and position of objects. We assessed the between groups significant differences and reclassified individuals using discriminant functions analysis and Procrustes coordinates (Rohlf 1999).

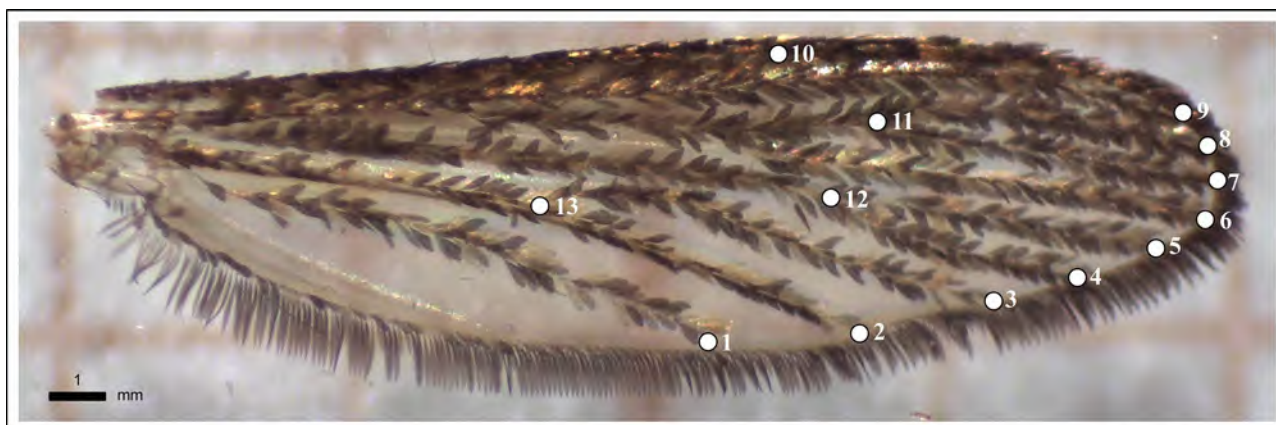


FIGURE 2. Dorsal view of the right wing of a female of *Mansonia amazonensis* captured in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil. The numbers represent the position of the landmarks. Scale = 1 mm.

Allometry estimation. Allometry is responsible for changes in conformation resulting from size variation (Shingleton *et al.* 2007). We assessed allometry by estimating the relationship between CS and conformation discrimination between groups using multivariate regression analysis between the Procrustes coordinates (dependent variables) and the CS (independent variable) (Debat *et al.* 2003).

Statistical analysis. The Kruskal-Wallis test was used to test the statistical difference between *Ma. amazonensis* populations. A significance level of 5% was adopted for rejection of the null hypothesis ($p < 0.05$). The isometric size between the groups was compared using the Kruskal-Wallis test (Kruskal & Wallis 1952). The conformation variables were compared using multivariate analysis following the methodology proposed by Dujardin (2008). We also characterized the conformation-related variation by applying principal component analysis (PCA) on the wing-shape covariance matrix. A canonical variable analysis (CVA) was performed to analyze the conformational variation and detect differences in wing shape between seasons. Mahalanobis distances with their respective statistical significance values (p) were calculated after a permutation test (10,000 runs). The relationship between CS and shape discrimination between populations (allometry) was estimated using multivariate regression between conformation variables (dependent variables) and CS (independent variable).

Centroid size, conformation variables and allometric analyzes were conducted using the free MorphoJ program (Klingenberg 2011). The Kruskal-Wallis non-parametric test and cross-reclassification analyzes were performed using the free Infostat program (Di Rienzo 2020).

Results

The results show a relatively gradual trend of increasing wing size in individuals of *Ma. amazonensis* collected during the dry, transition and rainy seasons of 2018 and 2019. This trend is from smaller wing sizes during the dry period to larger sizes in the rainy season (Table 3). Despite the increased wing size detected in the rainy season of both collection years, these sizes were significantly larger in individuals collected in 2018 than in individuals collected in 2019 (Kruskal-Wallis test, $gl = 6$, $p < 0.001$) (Table 3).

Principal component analysis (PCA) on the covariance matrix of conformation variables reveal variabilities of 43.69% for the first component (CP1), 18.19% for the second (CP2) and 9.67% for the third (CP3). Thus, approximately 72% of the accumulated variation was concentrated in these first three components. To locate the magnitude of the change in the conformation, we extracted the consensus conformation for the different groups collected in different periods. By this means, and based on the dorsal view of the wings, the diagram with the trend of wing-shape variation of populations of *Ma. amazonensis* for Major Component 1 differs from the consensus mainly in the location of landmarks 1 (axillary incision), 10 (subcostal vein) and 13 (intersection between veins CuA and M_{3+4}) (Fig. 3, Table 2). The magnitude of the consensus conformation changes for Major Component 2 for the groups collected during different periods show that the diagram with the trend of populations of *Ma. amazonensis* differs from

the consensus mainly in the location of landmarks 1 (anal vein), 11 (intersection between veins R_2 and R_3) and 13 (intersection between veins CuA and M_{3+4}) (Fig. 3).

TABLE 3. Comparisons of the median centroid size of wings of females of *Mansonia amazonensis* captured in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019.

Period	Jul/18 (D) ⁺	Oct/18 (R) ⁺	Dec/18 (R) ⁺	Apr/19 (R) ⁺	Jul/19 (R) ⁺	Sep/19 (T) ⁺	Dec/19 (R) ⁺	Median
July/18 (D)	-	0.18	0.05	0.0001*	0.0900	0.200	0.480	2.94
October/18 (R)	-	-	0.28	0.0001*	0.0001*	0.030*	0.420	3.07
December/18 (R)	-	-	-	0.0001*	0.0001*	0.010*	0.110	3.1
April/19 (R)	-	-	-	-	0.0001*	0.060	0.001*	2.66
July/19 (R)	-	-	-	-	-	0.670	0.001*	2.87
September/19 (T)	-	-	-	-	-	-	0.080	2.83
December/19 (R)	-	-	-	-	-	-	-	2.99

D = dry, R = rainy, T = transition.

⁺P values. *Statistically significant median differences between periods, $p \leq 0.05$.

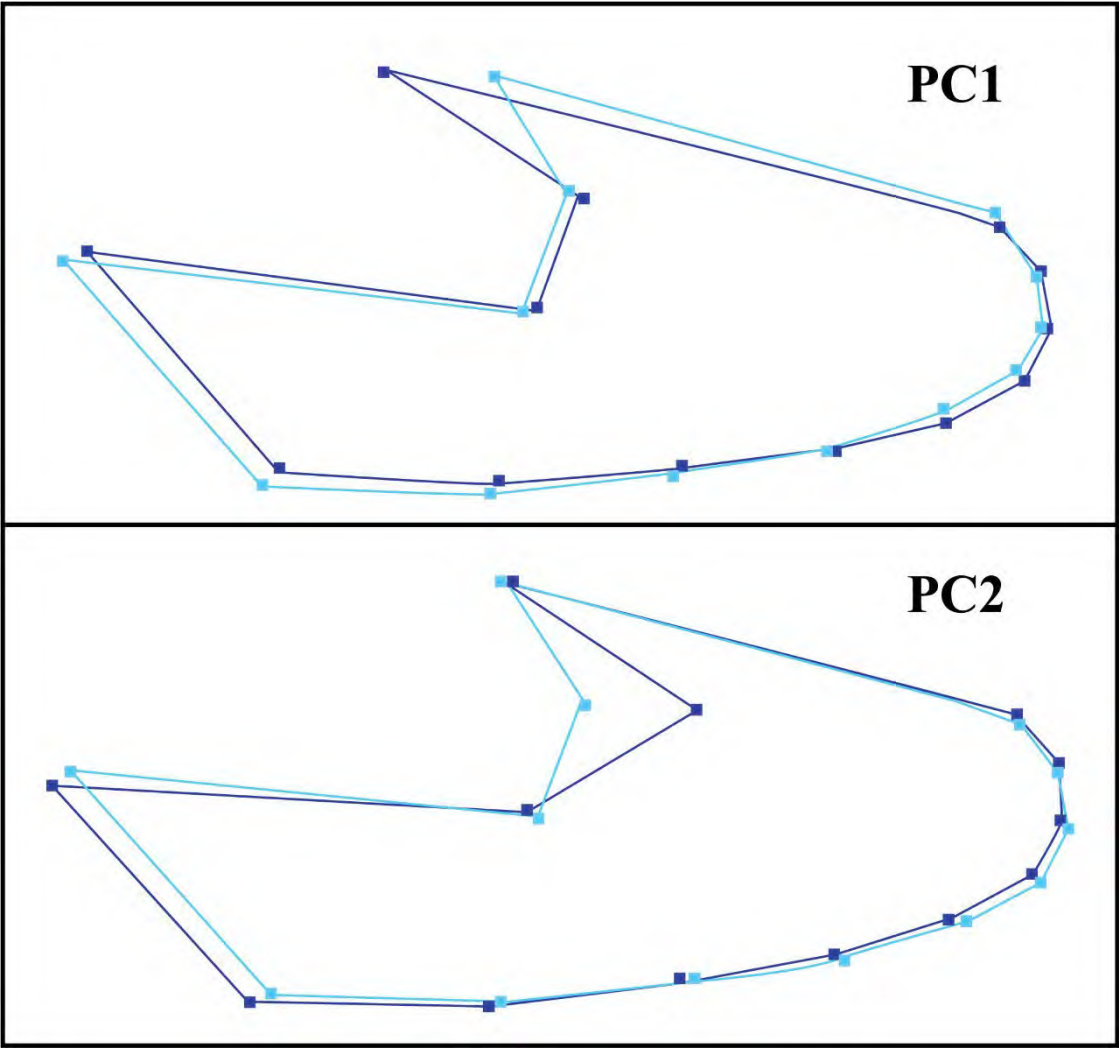


FIGURE 3. Diagrams of conformation variation between landmarks for Principal Component 1 (PC1) and 2 (PC2). Light blue lines represent consensus conformations and dark blue lines correspond to the conformation trends.

Canonical variable analysis (CVA) showed a slight separation between the groups corresponding to the collection periods, mainly for specimens collected during the two periods of the rainy season of 2018 (Fig. 4). The results obtained for the Mahalanobis distances indicate that there are significant differences between the groups (permutation test, $p < 0.01$) (Table 4). Based on the Mahalanobis distances, the biggest difference occurred between the populations sampled during the rainy seasons of 2018 (4) and 2019 (8). In contrast, the biggest morphological proximity occurred between populations from the 2019 rainy and dry seasons (5 and 6). The percentages of correctly assigned individuals were reasonably good for all groups, with an average of 58.6%. The populations of the periods July/18 (Dry), October/18 (Rainy), September/19 (Transition) and December/19 (Rainy) produced the best scores of correctly assigned individuals, reaching 64%, 79%, 66% and 70%, respectively. The scores were lower for populations sampled in December/18 (Rainy), April/19 (Rainy) and July/19 (Dry), for which the correct reclassifications were 50%, 44% and 35%, respectively.

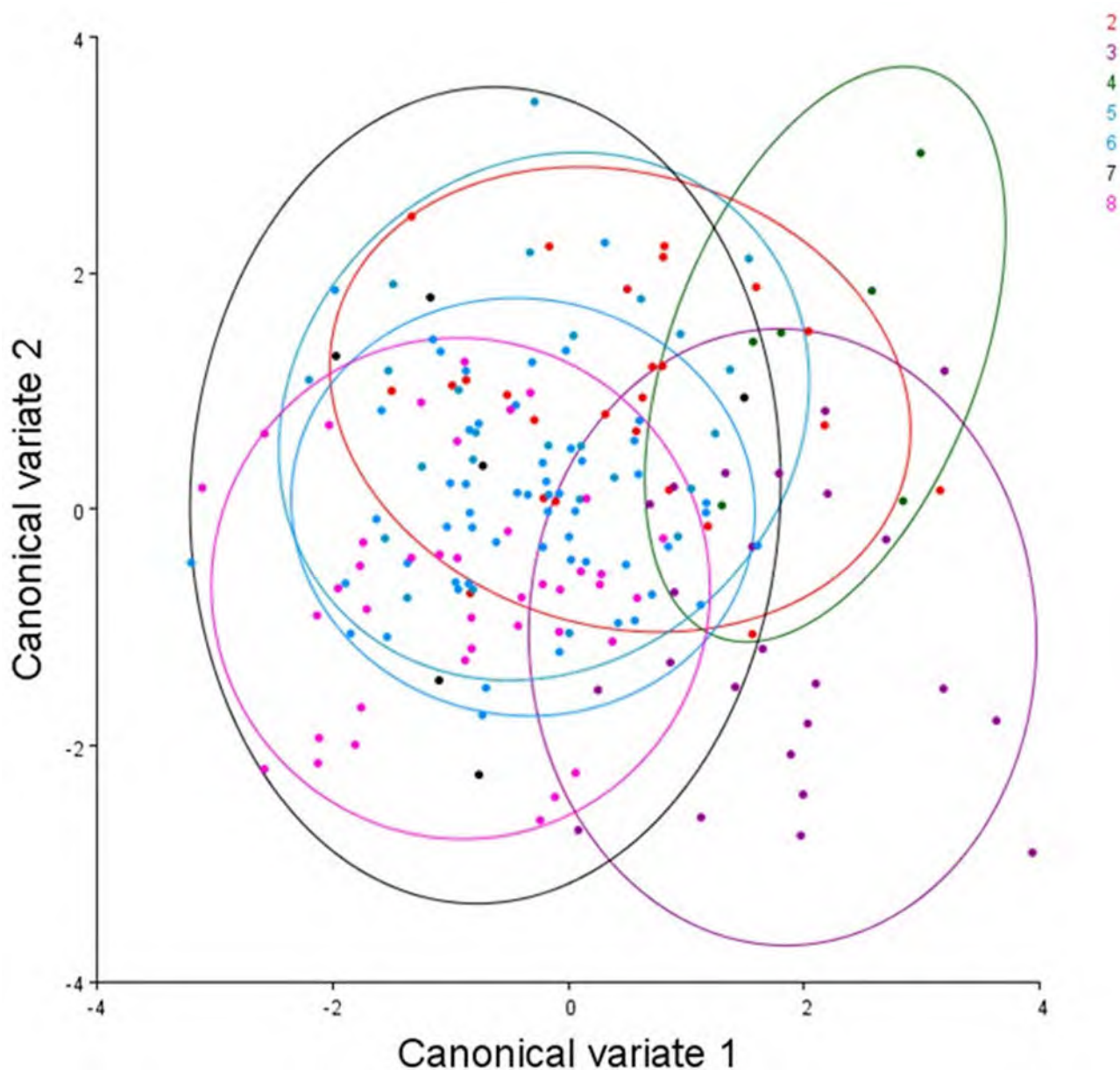


FIGURE 4. Canonical analysis of shape variables of 181 specimens of *Mansonia amazonensis* according to dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019 in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil. Each point indicates an individual, and the ellipses indicate the confidence interval (90%). Numbers identify groups of specimens collected during different periods: (2) July/18, dry season; (3) October/18, rainy season; (4) December/18, rainy season; (5) April/19, rainy season; (6) July/19, dry season; (7) September/19, transition period; (8) December/19, rainy season.

TABLE 4. Mahalanobis distances between groups of *Mansonia amazonensis* captured in the area of the Amazon Hydroelectric Development Unit of Jirau (UHE-Jirau), Rondônia State, Brazil, during the dry, rainy and transition periods of 2018 and 2019. The p values were obtained by permutation test (10,000 runs). Significant values are indicated by an asterisk (*).

Period/Year	Dry/18	Rainy/18	Rainy/18	Rainy/19	Dry/19	Transition/19
Rainy/18	2.6197 ($< 0.001^*$)					
Rainy/18	3.8244 (0005)	3.7091 (0.0046)				
Rainy/19	1.6633 (0.0350)	2.8342 ($< 0.0001^*$)	3.579 (0.0003*)			
Dry/19	1.8117 ($< 0.0001^*$)	2.5661 ($< 0.0001^*$)	3.9182 ($< 0.0001^*$)	1.4245 (0168)		
Transition/19	2.6446 (0.0948)	3.2383 (0.132)	4.2842 (0.029)	1.8731 (0.7269)	1.8915 (0.5079)	
Rainy/19	2.4321 ($< 0.0001^*$)	2.8844 ($< 0.0001^*$)	4.3018 ($< 0.0001^*$)	1.8581 ($< 0.0001^*$)	1.4605 ($< 0.0001^*$)	2.0733 (0.2312)

Regression analysis between conformation variables and CS for each group, based on the permutation test (10,000 iteration runs), was not statistically significant ($p \geq 0.3814$). The value of the influence of allometry was relatively low (0.4%).

Discussion

This study shows the influence of seasonality on the size and conformation of the wings of females of *Ma. amazonensis* captured in the Amazon Hydroelectric Development area of Rondônia State of Brazil. The results show that the wing size of individuals captured during the dry, transition and rainy seasons of 2018 and 2019 increases gradually from smaller during the dry period to larger in the rainy season.

Wing size can be considerably influenced by environmental factors, such as temperature, relative humidity, habitat, diet and larval density, although some researchers argue that it is a potentially heritable trait (Dujardin *et al.* 1997, 1999; Scott *et al.* 2000; Tsuda & Takagi 2001; Smith & Mullens 2003; Jirakanjanakit *et al.* 2007; Morales-Vargas *et al.* 2010; Gurgel-Gonçalves *et al.* 2011). In other species, such as *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), wing size variation between populations is associated with different vector capacities (Jirakanjanakit *et al.* 2007). Geometric morphometry allows the use of a robust wing size estimator to describe the effects of environmental factors. A recent study on *Ae. aegypti* adults showed that wing size grows as larval density increases (Clements 1963; Silva *et al.* 2020). Clements (1963) reported that temperature influences the body size of adult mosquitoes raised from larvae bred under ideal environmental and feeding conditions.

The wing shape of the specimens of *Ma. amazonensis* analyzed in this study indicates a significant variation, with considerable heterogeneity in the populations studied, mainly during the rainy season of 2018. Similar results of intra-population variability were obtained on the diversity of wing conformation of *Culex coronator* Dyar & Knab, 1906 among seven populations of southern and southeastern Brazil (Demari-Silva *et al.* 2014). Likewise, populations of *Aedes scapularis* (Rondani, 1848) captured in urban park areas of São Paulo showed high levels of variation in wing shape (Demari-Silva *et al.* 2014). The results of allometric analysis show a non-significant influence of size on wing conformation, with a relatively low value of allometry indicating that size would not influence the conformation.

The populations of *Ma. amazonensis* analyzed came from areas with extensive forest cover under evident decline, as easily visualized in satellite images (Prates & Bacha 2011). Hence, it is possible to hypothesize that new geographic barriers produced by the absence of cover of vegetation may prevent migration through flight, directly influencing gene flow and causing genotypic instability, increasingly accelerating the differences and reducing the similarities between the populations of *Ma. amazonensis* from the study area (Slatkin 1987). Multini *et al.* (2019) pointed to urbanization as a determining factor in the variation of wing conformation of *Anopheles cruzii* Dyar &

Knab, 1908. Similarly, morphometric analyzes of *Anopheles darlingi* Root, 1926 suggested that variation of wing conformation could be related to the different selective pressures present in the Cerrado and the inland and coastal regions of the Atlantic Forest.

In summary, we conducted the first geometric morphometric study of *Ma. amazonensis* that shows phenotypic variability associated with seasonality for the conformation and size of the wings. We hypothesize that variability could be related to the strong selective pressures occurring in the Amazon region. Although it was not possible from the present study to infer an association between detected wing polymorphisms and selective pressures resulting from the devastation of environment, further research on populations of *Ma. amazonensis* in the native forest on the left bank of the Madeira River in Rondônia State is being conducted to further explore this hypothesis.

Acknowledgments

We appreciate the financial support received from the ANEEL R&D Project, entitled “Development of a monitoring methodology of the behavior dynamics of *Mansonia* spp. and their relevance in hydroelectric development in the Amazon region” (PD-06631-0005/2017), regulated by Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) and developed within the scope of the National Scientific and Technological Development Council of R&D, Energia Sustentável do Brasil S.A. (grant number 301707/2017-0) regulated by Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). We are also grateful to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (grant number 88882.426018/2019-01) for providing financial support.

References

- Assumpção, I.C.D. (2009) Chave de identificação pictórica para o subgênero *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) da região neotropical. In: *Setor de Ciências Biológicas. Vol. 41*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 34 pp.
- Beranek, M.D., Gallardo, R., Almirón, W.R. & Contigiani, M.S. (2018) First detection of *Mansonia titillans* (Diptera: Culicidae) infected with St. Louis encephalitis virus (Flaviviridae: Flavivirus) and Bunyamwera serogroup (Peribunyaviridae: Orthobunyavirus) in Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 43 (2), 340–343.
<https://doi.org/10.1111/jvec.12320>
- Blanchard, R. (1901) Observations sur quelques moustiques. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 53, 1045–1046.
- Bookstein, F.L. (1997) *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press, Cambridge, 456 pp.
- Brando, P.M., Goetz, S.J., Baccini, A., Nepstad, D.C., Beck, P.S.A. & Christman, M.C. (2010) Seasonal and interannual variability of climate and vegetation indices across the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (33), 14685–14690.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0908741107>.
- Burton, G.J. (1967) Observations on the habits and control of *Culex pipiens fatigans* in Guyana. *Bulletin of the World Health Organization*, 37 (2), 317–322.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5300072>
- Caldas, R.C. (2016) Verão E Inverno Amazônico: Conceito Científico De Clima E A Concepção Popular De Clima Nas Localidades Ribeirinhas Do Município De Cametá-Pará. *XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. São Luiz-MA*, 2016, 1–11 pp.
- Clements, A.N. (1963) *The physiology of mosquitoes*. Pergamon Press, Oxford, ix + 393 pp.
- Consoli, R.A.G.B. & Oliveira, R.L. de (1994) *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, 228 pp.
- Costa, A.C.L.d., Junior, J.d.A.S., Cunha, A.C.d., Feitosa, J.R.P., Portela, B.T.T., Silva, G.G.C.d. & Costa, R.F.d. (2013) Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6 (3), 478–487.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v6.3.p478-487>
- Coutinho, E.d.C., Rocha, E.J.P.d., Lima, A.M.M., Ribeiro, H.M.C., Gutierrez, L., Barbosa, A.J.S., Paes, G., Bispo, C.J.C.c. & Tavares, P.A. (2018) Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22, 476–500.
<https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.46074>
- da Silva Ferreira, F.A., Simões, R.d.C., Ferreira-Keppler, R.L., Alencar, J., Scarpassa, V.M. & Tadei, W.P. (2020) Scanning electron microscopy and geometric contour morphometry for identifying eggs of three Amazonian species of *Mansonia* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 57 (3), 745–754.

<https://doi.org/10.1093/jme/tjz240>

- Da Silva, R.B.C., Vitorino, M.I., Sousa, A.M.L., Santos, J.T.S., Ferreira, G.R.B., Gonçalves, F.L.T. & da Silva Santos, M.R. (2020) Influência da variabilidade climática na densidade de mosquitos vetores no leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26. [published online]
<https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71732>
- Debat, V., Bégin, M., Legout, H. & David, J.R. (2003) Allometric and nonallometric components of *Drosophila* wing shape respond differently to developmental temperature. *Evolution*, 57 (12), 2773–2784.
<https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb01519.x>
- Demari-Silva, B., Suesdek, L., Sallum, M.A.M. & Marrelli, M.T. (2014) Wing geometry of *Culex coronator* (Diptera: Culicidae) from south and southeast Brazil. *Parasites & Vectors*, 7, 174.
<https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-174>
- Di Rienzo, J. (2020) InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available from: <http://www.infostat.com.ar> (accessed 15 August 2021)
- Dujardin, J.P. (2008) Morphometrics applied to medical entomology. *Infection, Genetics and Evolution*, 8 (6), 875–890.
<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2008.07.011>
- Dujardin, J., Bermudez, H., Casini, C., Schofield, C. & Tibayrenc, M. (1997) Metric differences between silvatic and domestic *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae) in Bolivia. *Journal of Medical Entomology*, 34 (5), 544–551.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/34.5.544>
- Dujardin, J.P., Steindel, M., Chavez, T., Machane, M. & Schofield, C. (1999) Changes in the sexual dimorphism of Triatominae in the transition from natural to artificial habitats. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94 (4), 565–569.
<https://doi.org/10.1590/S0074-02761999000400024>
- Dyar, H.G. & Knab, F. (1906) The larvae of Culicidae classified as independent organisms. *Journal of the New York Entomological Society*, 14 (4), 169–230, 13 pls.
- Dyar, H.G. & Knab, F. (1908) Descriptions of some new mosquitoes from tropical America. *Proceedings of the United States National Museum*, 35 (1632), 53–70.
- Ferreira, R.L.M. (1999) Densidade de oviposição, e quantificação de Larvas e Pupas de *Mansonia* Blanchard, 1901 (Diptera: Culicidae), em *Eichhornia crassipes* Solms. e *Pistia stratiotes* Linn. Na ilha da Marchantaria, Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 29 (1), 123–123.
<https://doi.org/10.1590/1809-43921999291134>
- Ferreira, R.L.M. & Nunes de Mello, J.A.S. (1999) Aspectos biológicos de três espécies de *Mansonia* (*Mansonia*) Blanchard, 1901 (Diptera, Culicidae) em laboratório. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43 (1/2), 29–34.
- Ferreira, R.L.M., Pereira, E.S., Har, N.T.F. & Hamada, N. (2003) *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. *Entomotropica*, 18 (1), 21–25.
- Fisch, G., Marengo, J.A. & Nobre, C.A. (1998) Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, 28 (2), 101–101.
<https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>
- Gurgel-Gonçalves, R., Maeda, M.H., Ferreira, J.B., Rosa, A. da F. & Cuba, C.A. (2011) Morphometric changes of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera: Reduviidae): in the transition from sylvatic to laboratory conditions. *Zoologia, Curitiba*, 28, 680–682.
<https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000500017>
- Harbach, R.E. (2022) Mosquito taxonomic inventory. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory> (accessed 10 January 2022)
- INMET (2021) Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil—Normais Climatológicas (1981/2010). Available from: <https://portal.inmet.gov.br/normais> (accessed 7 November 2021)
- Jirakanjanakit, N., Leemingsawat, S., Thongrunkiat, S., Apiwathnasorn, C., Singhaniyom, S., Bellec, C. & Dujardin, J.P. (2007) Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti*. *Tropical Medicine & International Health*, 12 (11), 1354–1360.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2007.01919.x>
- Klein, T.A., Lima, J.B.P. & Tang, A.T. (1992) Seasonal distribution and diel biting patterns of culicine mosquitoes in Costa Marques, Rondônia, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87 (1), 141–148.
<https://doi.org/10.1590/s0074-02761992000100021>
- Klingenberg, C. (2011) MorphoJ: um pacote de software integrado para morfometria geométrica. Available from: https://morphometrics.uk/MorphoJ_page.html (accessed 19 July 2021)
- Koeppen, W.P. (1948) *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Economica, Mexico City, 478 pp.
- Kruskal, W.H. & Wallis, W.A. (1952) Use of ranks in on-criterion variance analyses. *Journal of the American Statistical Association*, 47 (260), 583–621.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Lane, J. (1953) *Neotropical Culicidae. Vols. I & II*. University of São Paulo, São Paulo, 1112 pp.
- Lima, A. (1929) Sobre algumas espécies de *Mansonia* encontradas no Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 22 (Supplement 12), 297–300.

<https://doi.org/10.1590/S0074-02761929000900004>

- Linnaeus, C. (1762) Zweyter Theil, enthält Beschreibungen verschiedener wichtiger Naturalien. In: Hasselquist, D.F. *Reise nach Palästina in den Jahren von 1749 bis 1752. Auf Befehl Ihro Majestat der Königin von Schweden*. Johann Christian Koppe, Rostock, pp. 267–606.
- Lutemiah, J.L., Koka, H., Mutisya, J., Yalwala, S., Muthoni, M., Makio, A., Limbaso, S., Musila, L., Clark, J.W., Turell, M.J., Kioko, E., Schnabel, D. & Sang, R.C. (2011) Ability of selected Kenyan mosquito (Diptera: Culicidae) species to transmit West Nile virus under laboratory conditions. *Journal of Medical Entomology*, 48 (1), 1197–1201.
<https://doi.org/10.1603/me11062>
- Marengo, J.A., Williams, E.R., Alves, L.M., Soares, W.R. & Rodriguez, D.A. (2016) Extreme seasonal climate variations in the Amazon Basin: droughts and floods. In: Nagy, L., Forsberg, B.R. & Artaxo, P. (Eds.), *Interactions between biosphere, atmosphere and human land use in the Amazon Basin*. Springer, Berlin and Heidelberg, pp. 55–76.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-49902-3_4
- Mathania, M.M., Munisi, D.Z. & Silayo, R.S. (2020) Spatial and temporal distribution of *Anopheles* mosquito's larvae and its determinants in two urban sites in Tanzania with different malaria transmission levels. *Parasite Epidemiology and Control*, 11, e00179.
<https://doi.org/10.1016/j.parepi.2020.e00179>
- Morales-Vargas, R.E., Ya-Umphun, P., Phumala-Morales, N., Komalamisra, N. & Dujardin, J.-P. (2010) Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. *Infection, Genetics and Evolution*, 10 (4), 580–585.
<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2010.01.004>
- Multini, L.C., Wilke, A.B.B. & Marrelli, M.T. (2019) Urbanization as a driver for temporal wing-shape variation in *Anopheles cruzii* (Diptera: Culicidae). *Acta Tropica*, 190, 30–36.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.10.009>
- Navarro-Silva, M.A.N., Barbosa, A.A. & Calado, D.C. (2004) Atividade de *Mansonia* spp. (Mansoniini, Culicidae) em fragmento florestal na área urbana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21 (2), 243–24.
<https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000200012>
- Pecor, J.E., Jones, J., Turell, M.J., Fernandez, R., Carbajal, F., O'Guinn, M., Sardalis, M., Watts, D., Zyzak, M., Calampa, C. & Klein, T.A. (2000) Annotated checklist of the mosquito species encountered during arboviral studies in Iquitos, Peru (Diptera: Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16 (3), 210–218.
<http://europepmc.org/abstract/MED/11081648>
- Pedro, P.M., Rodrigues De Sá, I.L., Rojas, M.V.R., Amorim, J.A., Ribeiro Galardo, A.K., Santos Neto, N.F., Furtado, N.V.R., Pires De Carvalho, D., Nabas Ribeiro, K.A., De Paiva, M., Pepe Razzolini, M.T. & Sallum, M.A.M. (2021) Efficient monitoring of adult and immature mosquitoes through metabarcoding of bulk samples: a case study for non-model culicids with unique ecologies. *Journal of Medical Entomology*, 58 (3), 1210–1218.
<https://doi.org/10.1093/jme/tjaa267>
- Prates, R.C. & Bacha, C.J.C. (2011) Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. *Economia e Sociedade*, 20 (3), 601–636.
- Rehena, J.F. & Matdoan, M.N. (2020) Mosquito behavior of *Mansonia* and *Anopheles* and its relationship with the filariasis disease in Taniwel Timur District and Taniwel, Seram Barat Regency. *Edu Sciences Journal*, 1 (2), 90–100.
<https://doi.org/10.30598/edusciencevolliss2pp90-100>
- Rente Neto, F. & Furtado, L.G. (2015) A ribeiridade amazônica: algumas reflexões. *Cadernos de Campo (São Paulo, 1991)*, 24 (24), 158.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9133.v24i24p158-182>
- Rohlf, F.J. (1998) On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology*, 47 (1), 147–158.
<https://doi.org/10.1080/106351598261094>
- Rohlf, F.J. (1999) Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification*, 16, 197–223.
<https://doi.org/10.1007/s003579900054>
- Rondani, C. (1848) Esme di varie specie d'insetti ditteri brasiliani. *Studi entomologici, Torino*, 1, 63–112, 3 pls.
- Root, F.M. (1926) Studies on Brazilian mosquitoes. I. The anophelines of the *Nyssorhynchus* group. *American Journal of Hygiene*, 6 (5), 684–717, 9 pls.
- Scott, T.W., Amerasinghe, P.H., Morrison, A.C., Lorenz, L.H., Clark, G.G., Strickman, D., Kittayapong, P. & Edman, J.D. (2000) Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *Journal of Medical Entomology*, 37 (1), 89–101.
<https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.1.89>
- Service, M. (2008) *Medical entomology for students*. Cambridge University Press, Cambridge, 289 pp.
- Shingleton, A.W., Frankino, W.A., Flatt, T., Nijhout, H.F. & Emlen, D.J. (2007) Size and shape: the developmental regulation of static allometry in insects. *BioEssays*, 29 (6), 536–548.
<https://doi.org/10.1002/bies.20584>
- Silva, E.R., Santos, L.V., Caiado, M.S., Hastenreiter, L.S., Fonseca, S.R., Carbajal-de-la-Fuente, A.L., Carvalho, M.G. & Pontes, E.G. (2020) The influence of larval density on triacylglycerol content in *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae).

Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 106 (2), e21757.

<https://doi.org/10.1002/arch.21757>

Slatkin, M. (1987) Gene flow and the geographic structure of natural populations. *Science*, 236 (4803), 787–792.

<https://doi.org/10.1126/science.3576198>

Smith, H. & Mullens, B.A. (2003) Seasonal activity, size, and parity of *Culicoides occidentalis* (Diptera: Ceratopogonidae) in a coastal southern California salt marsh. *Journal of Medical Entomology*, 40 (3), 352–355.

<https://doi.org/10.1603/0022-2585-40.3.352>

Theobald, F.V. (1901) *A monograph of the Culicidae or mosquitoes. Vol. 2*. British Museum (Natural History), London, viii + 391 pp.

Tsuda, Y. & Takagi, M. (2001) Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. *Environmental Entomology*, 30 (5), 855–860.

<https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.5.855>

Turell, M.J., Jones, J.W., Sardelis, M.R., Dohm, D.J., Coleman, R.E., Watts, D.M., Fernandez, R., Calampa, C. & Klein, T.A. (2000) Vector competence of Peruvian mosquitoes (Diptera: Culicidae) for epizootic and enzootic strains of Venezuelan equine encephalomyelitis virus. *Journal of Medical Entomology*, 37 (6), 835–839.

<https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.6.835>

Viana, L.A., Soares, P., Paiva, F. & Lourenço-de-Oliveira, R. (2010) Caiman-biting mosquitoes and the natural vectors of *Hepatozoon caimani* in Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 47 (4), 670–676.

<https://doi.org/10.1603/me0926>

Ultrastructure of the egg of *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae)

CECILIA FERREIRA DE MELLO^{1,2} & JERONIMO ALENCAR^{1*}

¹Diptera Laboratory, Oswaldo Cruz Institute (Fiocruz), Avenida Brasil 4365, Manguinhos, 21040-360, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

²Postgraduate Program in Animal Biology, Institute of Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, BR 465 Rd, Km 7, 23897-000, Seropédica, RJ, Brazil.  ceciliafmello@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-9916-515X>

*Corresponding author.  jalencar@ioc.fiocruz.br;  <https://orcid.org/0000-0001-7863-2698>

Abstract

This study examined the ultrastructural characteristics of the egg of *Coquillettidia venezuelensis* (Theobald) (Diptera: Culicidae) with the aid of scanning electron microscopy. The eggs are elliptical and blackish, measuring on average $525.3 \pm 12.8 \mu\text{m}$ in length and $94.9 \pm 5.14 \mu\text{m}$ in width, with a length to width ratio of 5.54 ± 0.18 . The anterior region of the egg is tubuliform, with a well-developed micropylar collar measuring approximately $2.54 \pm 0.33 \mu\text{m}$ in thickness, the inner side of which is uniformly and deeply excavated, with a depression around the outer margin of the micropylar disc, which has a diameter of $29.4 \pm 1.7 \mu\text{m}$, an area of $234.4 \mu\text{m}^2 \pm 401.3 \mu\text{m}^2$ and a slightly elevated central region measuring $1.7 \pm 0.5 \mu\text{m}$ in diameter that bears the central micropyle.

Key words: Mosquito, scanning electron microscopy, taxonomy, Mansoniini

Introduction

The species of *Coquillettidia* Dyar are grouped into three subgenera, *Austromansonia* Belkin (one species), *Coquillettidia* (44 species) and *Rhynchoaenia* Brèthes (13 species). Only species of the subgenus *Rhynchoaenia* occur in Brazil, the most common being *Cq. venezuelensis* (Theobald) and *Cq. chrysonotum* (Peryassú) (Consoli & Oliveira 1994; Harbach 2020a).

Coquillettidia venezuelensis has a wide geographical distribution and has been recorded in Argentina, Brazil, Bolivia, Colombia, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Mexico, Trinidad and Tobago, and Venezuela (Belkin *et al.* 1970). It is a potential vector of arboviruses because it has been found to be naturally infected with arboviruses, including Bussuquara, Catu, Cotia, Guama, Mayaro, Murutucu and Oropouche viruses (Hervé *et al.* 1986; White & Faust 2014).

The immature stages commonly develop in association with aquatic plants, and their habitats overlap with those of species of *Mansonia* Blanchard (Forattini 2002). However, although larvae tend to bore into the roots of aquatic macrophytes, this does not preclude their presence in transient aquatic sites that lack submerged or floating vegetation (Alencar *et al.* 2011). Females of *Cq. venezuelensis* have been found to be attracted to light traps in a forest environment during twilight, while their presence near inhabited areas is considered a nuisance due to aggressive bites inflicted on humans and domestic animals (Clark-Gil & Darsie 1983; Consoli & Oliveira 1994).

Morphological studies of mosquito eggs can reveal information of taxonomic and phylogenetic value, providing insights that can help identify species as well as characteristics that can shed light on their origins and evolution (Lounibos *et al.* 1997; Reinert *et al.* 2004). This study aimed to describe the external morphology of the egg of *Cq. venezuelensis* based on scanning electron microscope (SEM) photomicrographs.

Materials and methods

The eggs used in this study came from females captured during the rainy season in November 2019 in the Amazon rainforest in the state of Rondônia, Brazil, at sites near the Madeira River, one of the main tributaries of the Amazon River (9° 13' 54.02" S, 64° 28' 21.51" W; approximately 95 m.a.s.l.). Three engorged females of *Cq. venezuelensis* were caught using CDC-type light traps. They were placed in 50-ml plastic vials containing cotton and wet filter paper for immediate transportation to the laboratory. They were kept in the flasks until they laid their eggs, which they did within four days of capture (Bates & Roca-Garcia 1945).

Rafts containing nine to 17 eggs were obtained with a total of 59 eggs, 27 of which were used for morphometric analysis. Direct observation was performed to identify the species using morphological characters visible under a stereomicroscope and the dichotomous keys, descriptions and diagnoses of Lane (1953) and Forattini (2002).

Immediately after oviposition, the eggs were removed from the filter paper using a brush, fixed in 2.5% glutaraldehyde and post-fixed in 1% osmium tetroxide, both in 0.1 M sodium cacodylate buffer at pH 7.2. After being washed in the same buffer, the eggs were dehydrated in an increasing series of ethanol (70%, 80%, 90% and 100%) for 10 min in each concentration. They were dehydrated in 100% ethanol for three 10-min periods and dried using the critical point drying method with superdry CO₂ in a Balzers apparatus (Tousimis Research Corporation Rockville, Maryland, USA). The eggs were then mounted on metal supports using double-sided tape, gold-plated and observed in a JEOL JSM 6390LV SEM (JEOL Ltd, Akishima, Tokyo, Japan) at magnifications of 200–5,000 x. The dorsal and ventral surfaces of the eggs were photographed, and the outer chorion and micropyle were examined.

Our analysis included the following linear measurements: length, the distance between the micropyle and the opposite (posterior) end of the egg; width, the greatest diameter perpendicular to the length; egg index, the ratio of length to width; diameters of the micropylar collar, micropylar disc collar and micropyle; circumference and diameter of the outer chorionic cells; the size of outer chorionic tubercles. These measurements were obtained to analyze the central trend (mean) and dispersion measures (standard deviation, maximum and minimum values). These analyzes were performed using ImageJ software (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA). The egg is described using the terminology of Harbach (2020b). The abbreviations for the genus and subgenus are those proposed by Reinert (2009).

Results

The general appearance of the egg of *Cq. venezuelensis* is shown in Fig. 1. The eggs are elliptical and blackish. It is on average 525.3 ± 12.8 µm in length and 94.9 ± 5.14 µm in width, with an egg index of 5.54 ± 0.18 . These measurements are distinct from those of eggs of other species of *Coquillettidia* (Table 1).

TABLE 1. Dimensions of the eggs of four species of *Coquillettidia*.

Species	Length (µm)		Width (µm)		Index (L/W)	
	Average	Range	Average	Range	Average	Range
<i>Cq. venezuelensis</i>	525.3 ± 12.8	512.3–538	94.9 ± 5.14	89–99	5.54 ± 0.18	5.4–5.8
<i>Cq. juxtamansonina</i>	573 ± 6.44	–	156 ± 2.5	–	3.66 ± 0.08	–
<i>Cq. albifera</i>	661 ± 2.59	–	183 ± 2.59	–	3.61 ± 0.08	–
<i>Cq. shannoni</i>	534.4 ± 28.9	496–571	154.8 ± 10.2	142–171	3.5 ± 0.3	2.9–3.7

The eggs of *Cq. venezuelensis* are laid as an aggregate and adhere to the substrate. The anterior region of each egg is tubuliform, with a well-developed micropylar collar measuring 2.54 ± 0.33 µm in thickness, the inner margin of which is uniformly and deeply excavated, with a depression around the outer margin of the micropylar disc, which has a diameter of 29.4 ± 1.7 µm, an area of $234.4 \mu\text{m}^2 \pm 401.3 \mu\text{m}^2$ and a slightly elevated central region measuring 1.7 ± 0.5 µm that bears the central micropyle (Fig. 1). The posterior end of the egg is rounded with a central tubercle surrounded by six similar tubercles, resembling a flower. The tubercles that cover the dorsal and ventral surfaces of the egg are hemispherical, though some have a conical shape, especially in the central region of the egg, measure 3.62 ± 3.90 µm in diameter and have a rough surface (Table 1).

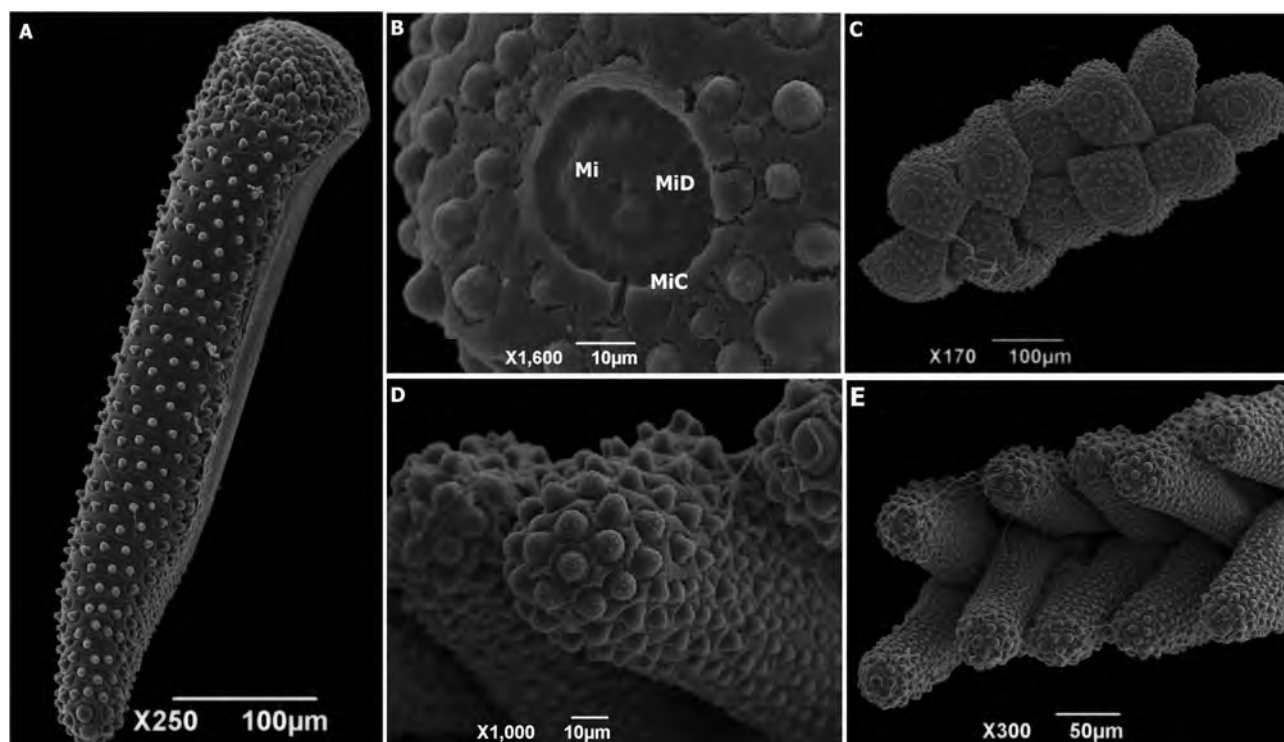


FIGURE 1. Eggs of *Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis* (Theobald). (A) Whole egg, anterior end (AE) and posterior end (PE); (B) anterior end showing detail of the micropylar region comprised of the collar (MiC), disc (MiD) and micropyle (Mi); (C) raft (anterior view) comprised of 11 eggs; (D) posterior end, tubercles at the apex; (E) raft (posterior view) comprised of 10 eggs.

Discussion

Information on the external morphology of mosquito eggs is important for identifying species in aquatic habitats and enhancing knowledge of mosquito biology and systematics. However, descriptions and illustrations of eggs have only been published for only a few species of *Coquillettidia* (33.3% of the known species) (dos Santos-Mallet *et al.* 2009; Reinert 2010).

Morphological data for mosquito eggs are rarely used in phylogenetic analyses because egg morphology has only been described for a small number of taxa. For example, Motta *et al.* (2007) did not include egg characters among the 134 characters in their study of Sabethini, and Reinert *et al.* (2009) only included four egg characters among the 336 analyzed in their study of Aedini.

Some major taxonomic studies of *Cq. venezuelensis* have contributed to a greater understanding of the classification of this species (Lane 1953; Cova García *et al.* 1966; Belkin *et al.* 1970; Mattingly 1971). However, given the lack of studies that examine the morphology of *Cq. venezuelensis* eggs with SEM, further exploration is needed to determine whether this approach can be applied to the morphological differentiation of the species that comprise the genus *Coquillettidia*. Therefore, this study expands the literature on morphological aspects of the genus by providing a morphological description of the egg of *Cq. venezuelensis* using SEM. Prior studies used light microscopy to describe the eggs of 17 species from this genus (Reinert 2010), while SEM techniques have been used to describe the eggs of only three species in detail, namely *Cq. juxtamansonia* (Chagas), *Cq. shannoni* (Lane & Antunes) and *Cq. albifera* (Prado) (de Mello *et al.* 2014; Westphal-Ferreira *et al.* 2018; Alencar *et al.* 2019, respectively).

The length, width and index of *Cq. venezuelensis* eggs are distinct from those of *Cq. juxtamansonia*, *Cq. albifera* and *Cq. shannoni*. In addition, *Cq. venezuelensis* eggs are the smallest ($525.3 \pm 12.8 \mu\text{m}$). The outer chorionic tubercles have a rounded aspect, and at the posterior end of the egg has a central tubercle surrounded by six tubercles that resemble the modified petals of a flower. The egg of *Cq. shannoni* is most similar in size ($534 \pm 28.9 \mu\text{m}$) to the egg of *Cq. venezuelensis*; however, its outer chorionic tubercles are rounded and surrounded by a smooth collar under the outer chorionic reticulum.

The basal width of the outer chorionic tubercles of the *Cq. venezuelensis* egg is more similar to the basal width of the *Cq. juxtamansonia* egg (Table 2) than to the basal width of the chorionic tubercles of any other species of *Coquillettidia* for which the egg has been described. However, the central region of the micropylar disc measures $1.7 \pm 0.5 \mu\text{m}$ in *Cq. venezuelensis*, which contrasts with the measurements of the *Cq. juxtamansonia* egg made by de Mello *et al.* (2014), the micropyle of which measured $3.5 \pm 0.26 \mu\text{m}$, with an elevated central region surrounded by a smooth micropylar disc.

TABLE 2. Dimensions of structures of the micropylar region of four species of *Coquillettidia*.

Species	Micropyle (diameter, μm)		Disc (diameter, μm)		Collar (thickness, μm)	
	Average	Range	Average	Range	Average	Range
<i>Cq. venezuelensis</i>	1.7 ± 0.5	0.9–2.7	29.4 ± 1.7	27.1–32.7	2.54–0.33	1.92–2.98
<i>Cq. juxtamansonia</i>	3.5 ± 0.26	–	10.6 ± 1.8	–	3.5 ± 0.5	–
<i>Cq. albifera</i>	–	–	18.91 ± 0.65	–	4.4 ± 0.3	–
<i>Cq. shannoni</i>	–	–	–	–	4.3 ± 0.4	–

Acknowledgments

We appreciate the financial support from the ANEEL R&D Project entitled “Development of a monitoring methodology of the behavior dynamics of *Mansonia* spp. and their relevance in hydroelectric development in the Amazon region” (PD-06631-0005/2017), regulated by ANEEL and developed within the scope of the National Scientific and Technological Development Council of P&D da Energia Sustentável do Brasil S.A. (grant number 301707/2017-0). We are also grateful to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (grant number 88882.426018/2019-01) for providing financial support. Finally, we thank the Electron Microscopy Platform of the Oswaldo Cruz Institute (FIOCRUZ) for allowing the use of the scanning electron microscope.

References cited

- Alencar, J., Gil-Santana, H.R., de Mello, C.F., Marcondes, C.B. & Dos Santos-Mallet, J.R. (2019) Ultrastructure and morphometry of the egg of *Coquillettidia albifera* (Prado) with illustrations of male genitalia (Diptera: Culicidae). *Zootaxa*, 4565 (1), 145–150.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4565.1.13>
- Bates, M. & Roca-Garcia, M. (1945) Laboratory studies of the Saimiri-*Haemagogus* cycle of jungle yellow fever. *American Journal of Tropical Medicine*, 25, 203–216.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1945.s1-25.203>
- Belkin, J.N., Heinemann, S.J. & Page, W.A. (1970) The Culicidae of Jamaica (Mosquito studies. XXI). *Contributions of the American Entomological Institute*, 6 (1), 1–458.
- Clark-Gil, S. & Darsie Jr., R.F. (1983) The mosquitoes of Guatemala. *Mosquito Systematics*, 13, 151–284.
- Consoli, R.A.G.B. & De Oliveira, R.L. (1994) *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 228 pp.
<https://doi.org/10.7476/9788575412909>
- Cova García, P., Sutil, E. & Rausseo J.A. (1966). *Mosquitos (Culicinos) de Venezuela. Vol. I & II*. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Caracas, 410 + 413 pp.
- de Mello, C.F., dos Santos-Mallet, J.R., Morone, F., Guimarães, A.É., Marcondes, C.B. & Alencar, J. (2014) Ultrastructure of the egg of *Coquillettidia juxtamansonia* (Chagas, 1907) (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 39, 219–221.
<https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2014.12090.x>
- dos Santos-Mallet, J.R., Gleiser, R.M., Alencar, J., Marques, W.D.A., Sarmento, J.S., Müller, G.A. & Marcondes, C.B. (2009) Scanning electron microscopy of the egg of *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 46, 980–985.
<https://doi.org/10.1603/033.046.0502>
- Forattini, O.P. (2002) *Culicidologia Médica. 2nd Edition*. EDUSP, São Paulo, 864 pp.
- Harbach, R.E. (2020a) Valid Species. Mosquito Taxonomic Inventory. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/valid-species-list> (accessed 10 September 2020)

- Harbach, R.E. (2020b) Anatomical glossary. Mosquito Taxonomic Inventory. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/node/11027> (accessed 10 September 2020)
- Hervé, J.P., Dégallier, N., Travassos da Rosa, A.P.A., Pinheiro, F.P. & Sá Filho, G.C. (1986) Arboviroses - Aspectos ecológicos. In: Fsesp, I. (Ed.), *Instituto Evandro Chagas—50 anos de contribuição às ciências biológicas e à medicina tropical. Vol. I*. Fundação Serviços de Saúde Pública, Belém, pp. 409–437
- Lane, J. (1953) s.n. In: *Neotropical Culicidae. Vol. II*. University of São Paulo, São Paulo, pp. 553–1112.
- Lounibos, L.P., Duzak, D. & Linley, J.R. (1997) Comparative egg morphology of six species of the Albimanus Section of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 34, 136–155.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/34.2.136>
- Mattingly, P.F. (1971) Mosquito eggs XVIII. Genus *Mansonia* (subgenera *Rhynchotaenia* Brèthes and *Mansonia* Blanchard) with a further note on genus *Ficalbia* Theobald. *Mosquito Systematics*, 4, 45–49.
- Motta, M.A., Lourenço-de-Oliveira, R. & Sallum, M.A.M. (2007) Phylogeny of genus *Wyeomyia* (Diptera: Culicidae) inferred from morphological and allozyme data. *Canadian Entomologist*, 139, 591–627.
<https://doi.org/10.4039/n06-088>
- Reinert, J.F. (2009) List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). *Journal of the European Mosquito Control Association*, 27, 68–76.
- Reinert, J.F. (2010) Species of mosquitoes (Diptera: Culicidae) with published illustrations and/or descriptions of eggs – Summary. *European Mosquito Bulletin*, 28, 182–186.
- Reinert, J.F., Harbach, R.E. & Kitching, I.J. (2004) Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 142, 289–368.
<https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x>
- Westphal-Ferreira, B., Vieira, T.B., da Silva, A.M. & Navarro-Silva, M.A. (2018) Scanning electron microscopy of the eggs of *Coquillettidia shannoni* (Lane & Antunes, 1937) and *Phoniomyia quasilongirostris* (Theobald, 1907) (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 43, 193–197.
<https://doi.org/10.1111/jvec.12300>
- White, G.B. & Faust, C. (2014) Appendix 4. Medical acarology and entomology. In: Farrar, J., Hotez, P., Junghanss, T., Kang, G., Lalloo, D. & White, N.J. (Eds.), *Manson's Tropical Infectious Diseases. 23rd Edition*. Elsevier Saunders Ltd., Philadelphia, pp. 1258–1272.