



UFRRJ

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

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS
FAUNÍSTICOS DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE)
EM DIFERENTES GRADIENTES DE MATA NA ÁREA DO
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO,
BRASIL**

Nilton Henrique Fonseca do Nascimento

2024



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

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS
FAUNÍSTICOS DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE)
EM DIFERENTES GRADIENTES DE MATA NA ÁREA DO
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO,
BRASIL**

Nilton Henrique F. Do Nascimento

Sob a orientação do professor
DR. JERONIMO AUGUSTO F. ALENCAR

Dissertação submetida como requisito
parcial para a obtenção do grau de **Mestre**
em Biologia Animal, no curso de Pós-
Graduação em Biologia Animal da
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro.

Seropédica, RJ

Junho de 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

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

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Nascimento, Nilton Henrique, 1998-
AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS FAUNÍSTICOS
DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) EM DIFERENTES
GRADIENTES DE MATA NA ÁREA DO PARQUE NACIONAL DA
TIJUCA, RIO DE JANEIRO, BRASIL / Nilton Henrique
Nascimento. - Rio de Janeiro, 2024.
78 f.

Orientador: JERONIMO AUGUSTO ALENCAR.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOLOGIA ANIMAL, 2024.

1. Culicídeos. 2. Diversidade. 3. efeito de borda.
4. unidade de conservação . 5. Mata Atlântica. I.
ALENCAR, JERONIMO AUGUSTO , 1967-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL III.
Título.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. "This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.”



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL



TERMO N° 636 / 2024 - PPGBA (12.28.01.00.00.00.42)

Nº do Protocolo: 23083.039358/2024-31

Seropédica-RJ, 02 de agosto de 2024.

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

NILTON HENRIQUE FONSECA DO NASCIMENTO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre(a) em Ciências, no Curso de pós-graduação em **BIOLOGIA ANIMAL**,
área de concentração em **BIODIVERSIDADE ANIMAL**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/07/2024

(Assinado digitalmente em 06/08/2024 10:14)
ILDEMAR FERREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptBA (12.28.01.00.00.45)
Matrícula: 387289

(Assinado digitalmente em 02/08/2024 15:16)
JULIA DOS SANTOS SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 050.253.846-56

(Assinado digitalmente em 05/08/2024 12:05)
CECILIA FERREIRA DE MELLO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 108.944.867-80

(Assinado digitalmente em 02/08/2024 16:32)
JERONIMO AUGUSTO FONSECA ALENCAR
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 005.893.247-05

(Assinado digitalmente em 02/08/2024 16:29)
SHAYENNE OLSSON FREITAS SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 058.427.717-21

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: 636, ano: 2024, tipo: TERMO, data de emissão: 02/08/2024 e o
código de verificação: 9fe8e6aaaa

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter guiado meus passos até aqui e por seu infinito amor.

À minha família por todo o apoio e incentivo durante todo esse processo.

Aos meus pais em especial, por dedicarem todos os seus esforços para que eu pudesse chegar até aqui, dando-me a oportunidade de dedicação ao estudo, a vossa dedicação unida as orações me fizeram chegar aqui e com muito orgulho de vocês eu digo: obrigado!

Ao meu orientador Prof. Dr. Jeronimo Alencar por acreditar em mim, por ter sido um exímio orientador, ensinando, incentivando e contribuindo em todas as etapas deste estudo, serei eternamente grato por ter me recebido no Laboratório de Díptera e ter ensinado através do exemplo a importância da excelência. Muito obrigado por tudo que fez por mim!

Ao Mestre Paulo Leite e Roger Barbosa, minha eterna gratidão a vocês, obrigado por terem me acompanhado em todas as coletas, muito obrigado por terem enfrentado sol, chuva e extensas caminhadas comigo. Vocês fizeram desse campo uma experiência muito significativa em minha vida, muito obrigado!

Aos colegas de laboratório por todo apoio em todo esse tempo, em especial quando eu estava em curso de alguma matéria, pelos ensinamentos e momentos alegres que passamos juntos. em especial agradeço a Dr^a. Cecilia Ferreira de Mello por sua imensa paciência em dividir todo o seu conhecimento e ser uma auxiliadora neste curso. Suas conquistas são motivo de orgulho para todos nós, continue contagiando com toda a sua alegria e disposição para a pesquisa.

A Profa. Dra. Júlia por todo o auxílio na identificação dos espécimes e estruturação das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Hélcio pela colaboração na identificação dos espécimes de mosquitos e na leitura e correções na escrita do artigo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelos conhecimentos fornecidos e experiência compartilhada durante as disciplinas.

Ao Prof. Dr. Jayme Santangelo pela oportunidade de realizar o meu estágio e por todo o aprendizado durante o estágio.

A Josi por todo o auxílio nas marcações do carro para as saídas de campo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES pelo auxílio financeiro.

A banca examinadora Dr^a. Júlia dos Santos Silva e Dr^a. Shayenne Olsson Freitas, assim como os suplentes Dr^a Cecilia Ferreira de Mello e Dr. Ildemar Ferreira por todas as contribuições e correções neste trabalho.

A minha amada esposa que esteve ao meu lado me proporcionando todo apoio e incentivo, só você sabe como foi a caminhada até aqui, cada noite de sono perdida, cada madrugada em oração, você é e foi fundamental para que eu pudesse concluir este curso, obrigado por trazer acalento a minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa concedida (Nº88887.666295/2022-00).

"Provai, e vede que o Senhor é bom; bem-aventurado o homem que nele confia".

Salmos 34:8

RESUMO

NASCIMENTO, N. Avaliação da variação dos parâmetros faunísticos de mosquitos (Diptera: Culicidae) em diferentes gradientes de mata na área do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro 2024. Dissertação de Mestrado.

A avaliação da diversidade de mosquitos em remanescentes de Mata Atlântica, considerados hot spots de biodiversidade, é de fundamental importância para observar padrões de comportamento, adaptação, monitoramento ambiental e para a saúde pública. Esses estudos fornecem insights valiosos sobre a ecologia e a biologia desses insetos, contribuindo para uma melhor compreensão dos ecossistemas florestais e das interações entre as espécies que nelas habitam. O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação dos parâmetros faunísticos de mosquitos, incluindo abundância, riqueza, diversidade e equidade ao longo de um gradiente ambiental formado a partir da borda em direção ao interior do fragmento, testando a hipótese de que os efeitos de borda têm influência na distribuição das espécies de mosquitos no Parque Nacional da Tijuca. As amostragens foram realizadas no período de maio de 2022 a dezembro de 2023, com periodicidade mensal em dois dias consecutivos na área do Parque Nacional da Tijuca. Selecionaram-se três diferentes pontos amostrais dentro da unidade de conservação, sendo eles: ponto amostral 1: borda, ponto amostral 2: 35 metros e ponto amostral 3: 500 metros de distância, representando diferentes gradientes de distância em relação à borda da mata. Os mosquitos foram capturados utilizando armadilhas luminosas do tipo CDC com CO₂, Shannon e atração humana protegida, a combinação dessas armadilhas proporcionaram uma amostragem representativa da diversidade de mosquitos adultos presentes na área de estudo. A busca ativa dos imaturos foi realizada em habitats larvais naturais utilizando pipetas e conchas entomológicas. Durante o período de amostragem foram coletados o total de 1004 espécimes, 320 imaturos e 684 adultos, abrangendo 27 espécies. A abundância e a riqueza ao longo do gradiente estabelecido não foram uniformes entre os pontos de amostragem. Através do teste Kruskal-Wallis, foram comprovados dois pontos amostrais distintos entre si, sendo eles: borda e 35 metros. Foi constatado que o ponto amostral de maior riqueza, diversidade e equitabilidade foi o ponto 1 borda, no entanto, considerando que este foi um estudo de curto período de amostragem é necessário aumentar o esforço de amostragem, envolvendo o aumento do número de armadilhas e de coletas a fim de obter uma compreensão mais completa dos padrões e

processos ecológicos envolvidos.

Palavras-chaves: Culcídeos, Diversidade, efeito de borda, unidade de conservação

ABSTRACT

NASCIMENTO, N. Assessment of the variation in faunistic parameters of mosquitoes (Culicidae: Diptera) across different forest gradients in the Tijuca National Park Area, Rio de Janeiro, Brazil. Institute of Biological and Health Sciences, Federal Rural University of Rio de Janeiro 2024. Master's Dissertation.

Abstract: The evaluation of mosquito diversity in Atlantic Forest remnants, considered biodiversity hotspots, is of fundamental importance for observing patterns of behavior, adaptation, environmental monitoring, and public health. These studies provide valuable insights into the ecology and biology of these insects, contributing to a better understanding of forest ecosystems and the interactions among the species that inhabit them. The present study aimed to assess the variation in faunistic parameters of mosquitoes, including abundance, richness, diversity, and evenness along an environmental gradient. This gradient extends from the edge toward the interior of the fragment. The study tested the hypothesis that edge effects influence the distribution of mosquito species in the Tijuca National Park. Sampling was carried out from May 2022 to December 2023, occurring monthly over two consecutive days within the park area. Three different sampling points within the conservation unit were selected: sampling point 1: forest edge; sampling point 2: 35 meters from the edge; sampling point 3: 500 meters from the edge, representing different distance gradients. Mosquitoes were captured using CDC light traps with CO₂, Shannon traps, and human bait protected attraction; the combination of these traps provided a representative sampling of the diversity of adult mosquitoes present in the study area. Active search for immatures was performed in natural larval habitats using pipettes and entomological scoops. During the sampling period, a total of 1004 specimens were collected, comprising 320 immatures and 684 adults, representing 27 species. Statistical analyses showed that abundance and richness along the established gradient were not uniform among sampling points. The Kruskal-Wallis test identified two distinct sampling points: the forest edge (point 1) and the location 35 meters from the edge (point 2). The sampling point at the forest edge exhibited the highest levels of species richness, diversity, and evenness. However, given the brief duration of this study, it is crucial to expand the sampling efforts by increasing both the number and frequency of traps and collections. Such enhancements are essential to achieve a more thorough understanding of the ecological patterns and processes at play.

Keywords: Culicids, diversity; edge effect; conservation unit

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS

BR- Brasil

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

D Dominância

EPI Equipamento de proteção individual

FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz

H' Índice de diversidade de Shannon

ICMBio Instituto Chico Mendes da Biodiversidade Conservação

IOC Instituto Oswaldo Cruz

J Equitabilidade de Shannon

PARNA Parque nacional

pH Potencial hidrogeniônico

PNT Parque Nacional da Tijuca

RJ- Rio de Janeiro

S Riqueza específica

SISBIO Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade

SNUC Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC Unidade de conservação

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de vida dos Culicidae. Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/animais/ciclo-vida-aedes-aegypti.htm>. Acesso em 21 de maio de 2024.

Figura 2. Ovos de mosquitos dos gêneros Culex e Aedes. Fonte:http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=artigos_ver&id=119.

Figura 3. Etapas do ciclo de vida do gênero *Anopheles*: ovo, larva, pupa e adultos. Fonte: https://www.researchgate.net/publication/262450744_Training_Manual_on_Malaria_Entomology.

Figura 4. Aspectos da morfologia externa do mosquito adulto: estruturas externas a: cabeça, vista dorsal; b: cabeça, tórax e abdome, vista lateral; c: escudo e escutelo, visia dorsal; d: asa, vista lateral; e: abdome, vista dorsal –. Fonte: Consoli & Lourenço-de-Oliveira (1994).

Figura 5. Habitats larvais dos culicídeos. (A) Oco de árvore (B) Bromélia (C) Pote plástico. – Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 6. Mapa ilustrativo utilizando foto de satélite, com os setores do parque. Mapa ilustrativo utilizando foto de satélite, com os setores do parque Floresta da Tijuca (A), Serra Carioca (B), Pedra Bonita/Pedra da Gávea (C) e Pretos Forros/Covanca (D). Fonte:https://www.riodejaneiroaqui.com/pt/setores-parque-nacional-floresta-da-tijuca.html#google_vignette - Fonte: https://www.riodejaneiroaqui.com/pt/setores-parque-nacional-floresta-datijuca.html#google_vignette

Figura 7. Pontos de amostragens (Borda, 35 metros e 500 metros) no Parque Nacional Floresta da Tijuca. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 8. (A) Armadilha luminosa CDC funcionando durante o dia (B) Armadilha luminosa CDC noturna em funcionamento. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 9. Exemplificação do funcionamento da isca gelo seco na CDC diurna. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 10. Armadilha luminosa de Shannon instalada para a captura dos espécimes adultos.
Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 11. (A) Identificação dos espécimes adultos capturados utilizando microscópio estereoscópico e chaves dicotômicas (B) Gaiolas entomológicas onde ficavam os espécimes adultos no Laboratório de Diptera do IOC/FIOCRUZ. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figura 12. (A) Contagem das larvas existentes no oco de árvore (B) larvas sendo alimentadas em laboratório. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figure 13. Riqueza e número de indivíduos coletados nos diferentes habitats larvais no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio 2022 a dezembro de 2023. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

Figure 14. Número de indivíduos por pontos de captura no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio 2022 a dezembro de 2023.
Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Valores absolutos (N), percentuais (%) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por local de coleta (Ponto 1 – Borda, Ponto 2 – 35 e Ponto 3 – 500m) de culicídeos provenientes Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio, 2022 a dezembro de 2023. | 53 |
| Tabela 2. Valores absolutos (N) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por tipo de captura (Atrativo humano (AH), Armadilha luminosa CDC (CDC) e Armadilha Luminosa de Shannon (Shannon)) de culicídeos provenientes do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ, no período de maio/2022 a dezembro de 2023. | 54 |
| Tabela 3. Índice de abundância das espécies capturadas no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, “Standardised index of species abundance” (SISA) e a posição (Pos.) das espécies nesta localidade. | 56 |
| Tabela 4. Valores absolutos (N) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por tipo de habitats (bromélia, poça transitória, oco de árvore, pote plástico) de culicídeos provenientes do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ, no período de maio/2022 a dezembro de 2023. | 58 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 9 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 18 |
| 1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CULICÍDEOS | 21 |
| 1.2 CICLO DE VIDA | 22 |
| 1.2.1 Ovos | 23 |
| 1.2.2 Larvas | 25 |
| 1.2.3 Pupas | 26 |
| 1.2.4 Adultos | 26 |
| 1.3 HABITATS DOS IMATUROS | 28 |
| 1.4 ECOLOGIA DOS CULICÍDEOS | 30 |
| 1.5 MATA ATLÂNTICA | 32 |
| 1.6 FLORESTA (LOCALIDADE, VEGETAÇÃO, TEMPERATURA) | 34 |
| 1.7 EFEITO DE BORDA | 36 |
| 2 IMPORTÂNCIA MÉDICA DOS MOSQUITOS | 39 |
| 3 OBJETIVOS | 41 |
| 3.1 OBJETIVO GERAL | 41 |
| 3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO | 41 |
| 4 METODOLOGIA | 42 |
| 4.1 DECLARAÇÃO DE ÉTICA | 42 |
| 4.2 ÁREA DE ESTUDO | 42 |
| 4.3 CAPTURA DE ADULTOS | 45 |
| 4.4 COLETA DE IMATUROS | 50 |
| 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 51 |
| 5 RESULTADOS | 52 |
| 6 DISCUSSÃO | 61 |
| 7 CONCLUSÃO | 65 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |
| 9 ANEXO (ARTIGO) | 76 |

1. INTRODUÇÃO

Os remanescentes de Floresta Atlântica desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade, abrigando uma ampla variedade de espécies vegetais e animais, incluindo os Culicidae (Mittermeier *et al.*, 1992). Efetivamente esse ecossistema apresenta uma alta biodiversidade, no entanto, enfrenta uma alarmante destruição de seus remanescentes (MMA, 2000). Assim sendo, existe uma necessidade urgente de ampliação dos inventários faunísticos, incluindo levantamentos da entomofauna. Nesse contexto, a conservação e manejo adequado dos remanescentes de Floresta Atlântica são fundamentais para garantir a manutenção da biodiversidade de mosquitos e, consequentemente, para o equilíbrio dos ecossistemas e da saúde pública (Forattini, 1986).

Paralelamente, o estudo da diversidade de mosquitos em remanescente de Mata Atlântica também é fundamental para avaliar os riscos de transmissão de patógenos transmitidos por esses insetos, como os vírus da dengue, Zika, febre amarela e dentre outras arboviroses. (Forattini, 1986; Vasconcelos, 2015).

Assim sendo, mudanças na composição e abundância das espécies de mosquitos podem afetar a epidemiologia dessas doenças, influenciando sua incidência e distribuição geográfica. Estudos com essas abordagens permitem identificar áreas de maior vulnerabilidade e desenvolver estratégias eficazes de controle de vetores, contribuindo para a mitigação dos impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas e a promoção da saúde ambiental e humana. A fragmentação ambiental ou fragmentação dos habitats implicam na formação da borda florestal, sendo este o ponto de maior contato com ações antrópicas e interior de mata, onde há maior densidade de vegetação natural (Williams, 1998; Primak, 2001).

Os efeitos de borda são classificados em duas categorias distintas: abióticos ou físicos, e biológicos, sendo estes últimos subdivididos em efeitos diretos e indiretos. As influências abióticas englobam alterações nos fatores climáticos ambientais, refletindo na zona limítrofe com uma exposição mais acentuada a ventos, temperaturas elevadas, umidade reduzida e radiação solar intensa (Davies, 2000; Redding, 2003).

Dessa forma, os efeitos biológicos diretos referem-se às mudanças na abundância e distribuição de espécies, resultantes das influências abióticas nas proximidades da margem, como o aumento da densidade populacional devido à maior produtividade primária causada pelos elevados níveis de radiação solar (MacDougall, 1992). Em contrapartida, os efeitos indiretos englobam transformações nas interações entre as espécies, abarcando competição, predação, parasitismo, herbivoria, dispersão de sementes e polinização (Galetti et

al, 2003).

As transformações causadas ao ambiente pelos diferentes ciclos de atividade humana vêm modificando a dinâmica populacional de insetos vetores ao longo dos anos e frequentemente, espécies de grupos de insetos que apresentavam hábitos tipicamente silvestres têm-se adaptado a áreas urbanas e, por conseguinte, à convivência com o homem (Tauil, 2006).

A perda da biodiversidade global possui enormes consequências para o funcionamento dos ecossistemas e da saúde dos seres humanos (Bennett, 2015) e (Titeux *et al.*, 2016) relatam que os impactos da biodiversidade estão relacionados principalmente às mudanças climáticas, sendo o principal fator a destruição e degradação dos habitats por meio do uso da terra pelos seres humanos (Chaudhary, 2018). Posto isto, os impactos antrópicos podem influenciar a biodiversidade de forma positiva ou negativa.

O primeiro pode ser gerado por meio da introdução de espécies ou por tentativas de restauração de áreas impactadas, e o segundo pode ocasionar homogeneização biótica e perda da biodiversidade nativa (Cardinale *et al.*, 2012), (Rohr *et al.*, 2018). Esses fragmentos sofrem alterações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema, como disponibilidade energética e fluxo de organismos entre tais ambientes (Wiens *et al.*, 1993).

Estas modificações nas áreas mais externas dos fragmentos florestais (borda), geradas pela antropização são chamadas de efeitos de borda (Murcia, 1995). As alterações na biodiversidade podem afetar a transmissão de diversos patógenos entre os seres humanos e animais, sendo necessário entender as formas em que isso pode ocorrer, para prever e atenuar surtos de diversas doenças (Rohr *et al.*, 2019). Se por um lado, a alta biodiversidade pode aumentar as chances de potenciais hospedeiros para novos patógenos, por outro lado, a mesma biodiversidade pode reduzir a transmissão de outras doenças (Fay, 2010).

1.1 Caracterização morfológica, fisiológica, ecológica, etológica e biogeográfica da família Culicidae

Os Culicidae, conhecidos popularmente como mosquitos, são uma família de insetos da ordem Diptera que possuem grande importância médica e veterinária devido ao seu papel como vetores de diversos agentes patogênicos. Esses insetos apresentam uma morfologia característica, com o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen. Na fase adulta, os mosquitos possuem asas, pernas e antenas longas, enquanto suas fases imaturas são predominantemente aquáticas. As larvas se desenvolvem em habitats aquáticos variados, onde as fêmeas depositam seus ovos, permitindo o crescimento até a emergência dos adultos, conhecidos como imagos

(Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Clements, 1992).

Externamente, os Culicidae possuem cabeças com antenas filiformes, olhos compostos grandes e um aparelho picador-sugador desenvolvido em muitas espécies. O tórax abriga asas membranosas, adaptadas para voo, e três pares de pernas. O abdômen é composto por segmentos que contêm órgãos internos, incluindo sistemas digestivo e reprodutivo. As asas são membranosas e apresentam veias bem desenvolvidas que conferem resistência e flexibilidade, e as escamas ao longo das veias e superfícies das asas são importantes para a identificação taxonômica das espécies (Service, 2012; Becker *et al.*, 2010).

As pernas segmentadas possuem garras e espinhos para aderência e captura de presas, e nas fêmeas de muitas espécies, há estruturas sensoriais especializadas para detectar hospedeiros. O abdômen das fêmeas é adaptado para a oviposição, com um ovipositor que facilita a deposição de ovos em locais adequados (Foster & Walker, 2019).

Internamente, os mosquitos possuem um sistema circulatório aberto, com um coração dorsal que bombeia hemolinfa pelo corpo. As fêmeas têm um mecanismo sofisticado para a ingestão eficiente de sangue, incluindo a liberação de anticoagulantes na saliva e contração dos músculos abdominais. O sistema respiratório consiste em traqueias que entregam oxigênio diretamente às células, e o sistema nervoso é composto por gânglios, os quais coordenam comportamentos como o voo, alimentação e reprodução. É complementado por órgãos sensoriais especializados (Gullan & Cranston, 2014; Chapman, 2013).

Os mosquitos passam por uma metamorfose completa, com as larvas alimentando-se de matéria orgânica na água, enquanto os adultos, especialmente as fêmeas, requerem sangue para a produção de ovos. Esse ciclo de vida rápido permite a colonização de uma ampla variedade de ambientes (Harbach, 2007).

Ecologicamente, os mosquitos são encontrados em diversos habitats, desde áreas tropicais úmidas até regiões árticas. As espécies de Culicidae são associadas principalmente a ambientes aquáticos, onde depositam seus ovos. No entanto, alguns mosquitos também se adaptaram a habitats terrestres. Os táxons desempenham papéis importantes em seus ecossistemas como predadores, presas e polinizadores. As larvas são uma fonte importante de alimento para muitos organismos aquáticos, e os adultos podem atuar como polinizadores em algumas áreas (Merritt *et al.*, 1992).

Os mosquitos exibem comportamentos complexos, incluindo alimentação hematofágica, onde as fêmeas se alimentam de sangue guiadas por estímulos como dióxido de carbono e calor corporal. O comportamento reprodutivo inclui sinais visuais e acústicos utilizados pelos machos para atrair fêmeas e competir por oportunidades de acasalamento. Visando evitar predadores,

os mosquitos desenvolvem comportamentos defensivos, como voos evasivos e camuflagem (Clements, 1999; Klowden, 2007).

Os Culicidae têm uma ampla distribuição geográfica, influenciada por fatores ambientais e biológicos. A distribuição não é uniforme e pode ser alterada por eventos históricos de colonização, migração e isolamento geográfico. A presença de mosquitos transmissores de patógenos varia de acordo com a região e as condições ambientais, sendo fundamental para a saúde pública entender esses padrões para desenvolver estratégias de controle eficazes (Reinert, 2001; Turell *et al.*, 2005).

Compreender a morfologia, fisiologia, ecologia, etologia e biogeografia dos Culicidae é essencial para identificar espécies, entender sua biologia e desenvolver estratégias eficazes de controle e prevenção de doenças transmitidas por mosquitos. A pesquisa contínua nesses aspectos fornece informações valiosas para a conservação da biodiversidade e a saúde pública global (Service, 2012; Gullan & Cranston, 2014; Chapman, 2013).

1.2 Ciclo de vida

Os Culicidae exibem um tipo de desenvolvimento pós-embriônário conhecido como holometabolia, caracterizado por uma metamorfose completa, passando por múltiplos estágios antes de alcançarem a maturidade. Estes estágios incluem ovo, quatro estágios larvais (L1, L2, L3 e L4), pupa e, por fim, a fase adulta (Forattini, 1996). Esse ciclo ocorre em dois ambientes distintos, com os adultos habitando ambientes terrestres e as formas imaturas residindo em ambientes aquáticos (Forattini, 2002). A duração completa do ciclo de vida, desde a fase de ovo até a fase adulta, pode variar consideravelmente, geralmente entre 7-10 dias a 31°C e 20 dias a 20°C. A duração de cada fase é altamente influenciada por fatores ambientais, como condições atmosféricas e disponibilidade de alimento (Almeida, 2011).

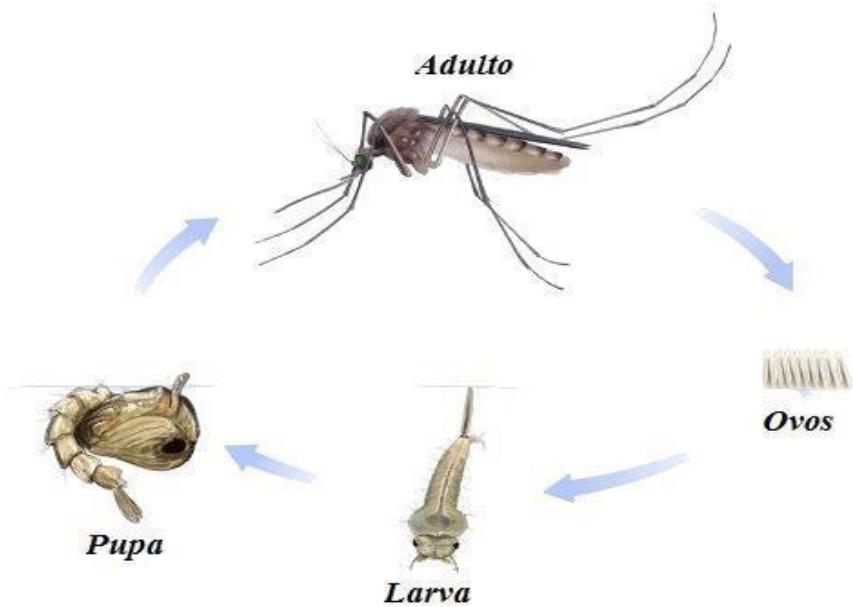


Figura 1. Ciclo de vida dos Culicidae. Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/animais/ciclo-vida-aedes-aegypti.htm>. Acesso em 21 de maio de 2024.

1.2.1 Ovos

Os ovos dos mosquitos apresentam uma morfologia elíptica e alongada, frequentemente achatada e ligeiramente côncava. Demonstram uma simetria bilateral e sofrem escurecimento rapidamente alguns minutos após a postura. Podem ser colocados individualmente, em aglomerados ou diretamente na água; em substratos úmidos ou nas proximidades do corpo d'água; dotados ou não de flutuadores. A quantidade de ovos varia conforme o gênero (Invivo, 2021).

A cobertura protetora impermeável, chamada cório, é responsável pela sua resistência, permitindo que os ovos permaneçam viáveis por longos períodos em ambientes secos. Os ovos depositados diretamente na superfície da água eclodem após completarem o desenvolvimento embrionário, enquanto aqueles depositados em substratos úmidos ou nas proximidades da água podem passar por um período denominado diapausa, caracterizado pela suspensão da eclosão após o término do desenvolvimento embrionário. (Diniz, 2018; Rezende, 2010).

Fatores ambientais, como fotoperiodismo, pH, temperatura e disponibilidade de nutrientes, têm sido associados à incidência da diapausa, evidenciando a importância das condições ambientais para o desenvolvimento embrionário e a duração do período de incubação, seja estimulando ou inibindo. A eclosão ocorre após a ruptura do cório, mediante

atrito provocado por uma estrutura quitinosa localizada na cabeça da larva, formando uma abertura na extremidade do ovo e permitindo a emergência da larva em seu primeiro estágio larval (Farnesi, 2019).



Figura 2. Ovos de mosquitos dos gêneros *Culex* e *Aedes*. Fotos de Walther Ishikawa.
Fonte:http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=artigos_ver&id=119

1.2.2 Larvas

As larvas dos mosquitos apresentam uma estrutura corporal segmentada em cabeça, tórax e abdômen, compostos por oito segmentos, e são desprovidas de apêndices locomotores (Harbach, 2021). Apesar de seu habitat ser aquático, as larvas requerem oxigênio para a respiração, o qual obtêm indo à superfície da água. As larvas de Anophelinae ficam paralelas à superfície e respiram através da placa espiracular, enquanto as de Culicinae assumem uma posição perpendicular, utilizando seu sifão respiratório (Mogi & Miyagi, 2022).

Durante essa fase, as larvas se alimentam de substâncias orgânicas e microrganismos presentes na água e no ambiente larval, algumas espécies inclusive se mostram predadoras. O desenvolvimento larval ocorre em quatro fases distintas (L1, L2, L3 e L4), sendo necessária uma ecdise em cada transição de fase, resultando na presença de exúvias visíveis na água. Os estágios L2 e L3 são mais breves em comparação ao primeiro estágio, enquanto o L4 é considerado o mais prolongado, pois é neste estágio que ocorrem as transformações orgânicas que conduzem à formação da pupa e posteriormente do mosquito adulto (Mogi & Miyagi, 2022).

As gônadas destinadas aos adultos iniciam seu desenvolvimento nas primeiras fases larvais e aumentam sua atividade mitótica no 4º estágio larval, que é o estágio mais demorado desse desenvolvimento (Clements, 1963). A duração da fase larval pode variar de vários dias a semanas, dependendo da temperatura da água, disponibilidade de nutrientes e da espécie do mosquito. Cabe ressaltar, em média, os machos apresentam um desenvolvimento larval mais rápido do que as fêmeas.

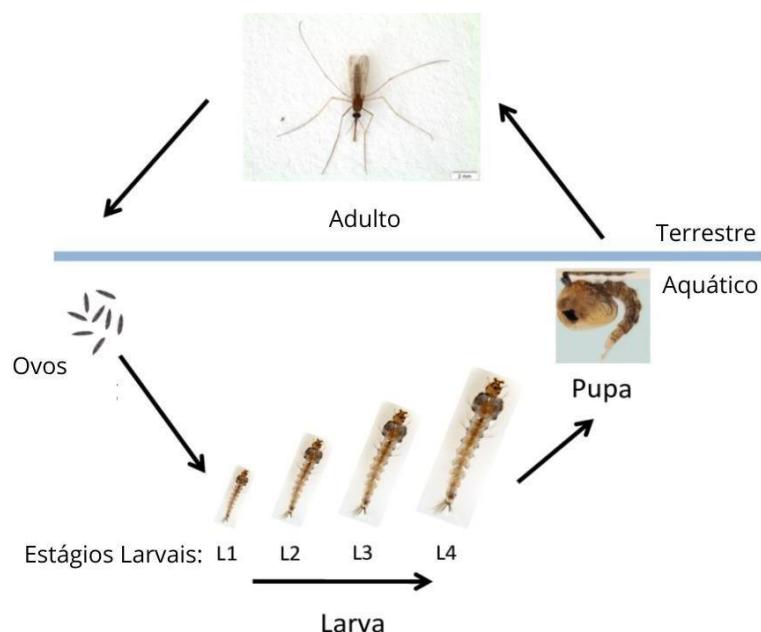


Figura 3. Etapas do ciclo de vida do mosquito *Anopheles*: ovo, larva, pupa e adultos.
Fonte:https://www.researchgate.net/publication/262450744_Training_Manual_on_Malaria_Entomology

1.2.3 Pupas

Após a quarta muda, as larvas se metamorfosem em pupas, que apresentam uma forma reminescente de vírgula e são diferenciadas em duas regiões distintas: o cefalotórax, compreendendo a cabeça e o tórax, e o abdome. As pupas são equipadas com um par de paletas natatórias na extremidade final do abdome, que auxiliam na locomoção, uma vez que as pupas são altamente móveis no meio aquático. Para sustentar essa atividade, as pupas utilizam suas reservas energéticas acumuladas durante as fases larvais, já que não se alimentam enquanto estão nesse estágio (Forattini, 1996).

Em questão de poucos dias, dependendo da temperatura da água e da espécie, as pupas alcançam o desenvolvimento completo, emergindo da água e transformando-se em insetos adultos alados e terrestres.

1.2.4 Adultos

O estágio adulto representa a fase reprodutiva do mosquito, sendo terrestre e medindo aproximadamente 3-6 mm de comprimento. Apresentam um corpo delgado, com pernas longas e finas, revestido por escamas de várias tonalidades e tamanhos, que conferem sua coloração e são características importantes para sua identificação específica, distinguindo-os de outros dípteros (Forattini, 2002).

No tórax, estão os apêndices responsáveis pela locomoção, como pernas e asas. O par de asas é uma das principais características que os classificam como dípteros. Órgãos sensoriais, como olhos, antenas e palpos, estão localizados na cabeça. As antenas são longas e segmentadas, sendo que nos machos, os pelos nos segmentos flagelares são mais numerosos e longos do que nas fêmeas, resultando em antenas "plumosas" nos machos e "pilosas" nas fêmeas.

A maior parte dos órgãos internos está localizada no abdome, incluindo os sistemas reprodutivo, digestivo e excretor. Tanto machos quanto fêmeas dependem da ingestão de carboidratos, geralmente obtidos de seiva, flores e frutos.

O consumo de sangue está exclusivamente associado às fêmeas, que após a cópula, necessitam do sangue para maturação dos ovos e postura (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994). Além disso, o consumo de sangue está relacionado à longevidade das fêmeas, que geralmente vivem mais tempo do que os machos (Clements, 1963; Nayar & Sauerman, 1975; Consoli, 1982).

Os espécimes adultos machos se alimentam exclusivamente de sucos vegetais e néctar, enquanto a maioria das fêmeas são hematófagas, embora também possam se alimentar de substâncias açucaradas de origem vegetal (Almeida, 2011). Os mosquitos do gênero *Toxorhynchites* não são hematófagos e dependem apenas da ingestão de carboidratos e do uso de suas reservas energéticas adquiridas durante a fase larval.

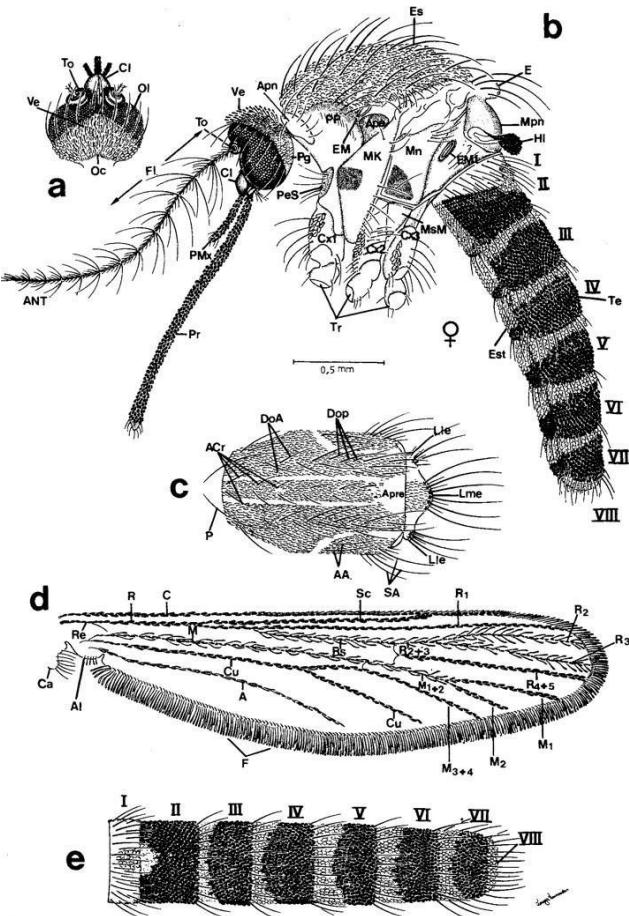


Figura 4. Aspectos da morfologia externa do mosquito adulto: estruturas externas a: cabeça, vista dorsal; b: cabeça, tórax e abdome, vista lateral; c: escudo e escutelo, visão dorsal; d: asa, vista lateral; e: abdome, vista dorsal –. Fonte: Consoli & Lourenço-de-Oliveira (1994).

1.3 Habitats dos imaturos

Os habitats larvais dos mosquitos da família Culicidae consistem em corpos d'água que podem ser temporários ou permanentes, naturais ou artificiais, variando em tamanho, quantidade e composição físico-química, o que resulta em uma diversidade de habitats para suas fases imaturas. Muitos mosquitos depositam seus ovos em corpos d'água naturais como lagoas, riachos, pântanos e poças formadas por chuvas. Esses habitats geralmente oferecem uma alta diversidade de condições microambientais que podem afetar o desenvolvimento dos imaturos. (George, 2019; Intechopen, 2021).

Mosquitos do gênero *Anopheles*, vetores da malária, frequentemente utilizam águas claras e límpidas, como poças temporárias e margens de riachos (Manguin *et al.*, 2010).

Habitats artificiais são estruturas criadas pelo homem, como recipientes descartados, pneus, calhas, caixas d'água e piscinas não tratadas, são frequentemente colonizadas por mosquitos. *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, importantes vetores de dengue, Zika e chikungunya, são especialmente adaptados a esses habitats urbanos (Vasconcelos *et al.*, 2015). destaca a proliferação de *Aedes aegypti* em ambientes urbanos devido à abundância de criadouros artificiais.

As fêmeas possuem quiomioreceptores tarsais que detectam e avaliam os níveis de salinidade e poluição das águas (Almeida, 2011). Algumas espécies de mosquitos demonstram grande flexibilidade na adaptação aos locais utilizados como habitats larvais, ocupando áreas de diferentes tamanhos e volumes, enquanto outras são mais restritas em relação aos ambientes escolhidos para o desenvolvimento durante o estágio aquático (Service, 1976).

As larvas, por viverem em meio aquático, estão sujeitas às variações do habitat, principalmente relacionadas à pluviosidade (Marques & Forattini, 2008). A água proveniente das precipitações carrega partículas orgânicas através do caule até orifícios naturais ou artificiais, promovendo o desenvolvimento de microrganismos, tornando-se uma fonte de nutrientes para a fase larval dos culicídeos. Os habitats dos imaturos de mosquitos também apresentam variações em termos de qualidade da água, presença de vegetação e disponibilidade de nutrientes (Juliano 2009; Yee *et al.*, 2010).

A presença de matéria orgânica e a salinidade da água podem influenciar o desenvolvimento larval, espécies diferentes têm tolerâncias variadas a essas condições, por exemplo: *Culex quinquefasciatus*, (Say, 1823). um vetor de filariose, é frequentemente encontrado em águas poluídas com alta carga orgânica (Michael *et al.*, 1996). A presença de plantas aquáticas pode fornecer abrigo e nutrientes para as larvas, mas também pode abrigar predadores naturais. (Forattini *et al.*, 1986) observam que a vegetação ripária pode influenciar a abundância de mosquitos através da oferta de microhabitats protegidos.



Figura 5. Habitats larvais dos culicídeos. (A) Oco de árvore (B) Bromélia (C) Pote plástico.

Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

1.4 Ecologia de culicídeos

Os Culicidae, conhecidos como mosquitos, desempenham papéis diversos e significativos nos ecossistemas em que habitam. Sua ecologia abrange uma ampla gama de interações com outros organismos, adaptações comportamentais e distribuição geográfica. Compreender a ecologia dos mosquitos é fundamental não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para o controle eficaz de vetores de doenças (Vasconcelos, 2015).

Os mosquitos ocupam uma variedade de habitats, desde florestas tropicais até áreas urbanas. Cada espécie de mosquito pode ter preferências específicas de habitat e nichos ecológicos (Merritt *et al.*, 1992). Por exemplo, algumas espécies se reproduzem em água doce estagnada, como poças, lagos e pântanos, enquanto outras preferem água corrente, como riachos e rios. A diversidade de habitats ocupados pelos mosquitos reflete sua adaptabilidade ecológica e capacidade de explorar uma ampla gama de recursos (Consoli & Lourenço-de- Oliveira, 1994; Clements, 1992).

O ciclo de vida dos mosquitos envolve estágios larvais e adultos, cada um com adaptações específicas para maximizar a sobrevivência e reprodução. As fêmeas de muitas espécies de mosquitos requerem uma fonte de sangue para a produção de ovos, enquanto os machos geralmente se alimentam de néctar e outras fontes de carboidratos. As estratégias reprodutivas dos mosquitos podem variar de acordo com o habitat e as condições ambientais, com algumas espécies exibindo comportamentos de acasalamento elaborados e outras depositando ovos em

massa em locais contendo água (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Clements, 1992). Os mosquitos interagem com uma variedade de outros organismos em seus ecossistemas, incluindo plantas, vertebrados e outros insetos. Eles podem atuar como polinizadores de plantas, fontes de alimento para predadores e vetores de doenças para hospedeiros vertebrados. As interações ecológicas dos mosquitos podem ter importantes implicações para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas, influenciando a abundância e distribuição de outras espécies e os processos ecológicos (Reinert, 2001; Turell *et al.*, 2005).

Os Culicidae são sensíveis a mudanças ambientais, incluindo alterações climáticas, desmatamento, urbanização e poluição. Mudanças nas condições ambientais podem afetar a distribuição, abundância e comportamento dos mosquitos, bem como as doenças que transmitem. Por exemplo, o aumento da temperatura global pode expandir a distribuição de mosquitos para regiões anteriormente não habitadas, aumentando o risco de transmissão de doenças como malária, dengue e febre amarela. A ecologia dos Culicidae é complexa e dinâmica, refletindo uma variedade de interações ecológicas e adaptações comportamentais. Compreender a ecologia dos mosquitos é fundamental para prever e mitigar os impactos negativos, como a transmissão de doenças, e promover a conservação da biodiversidade (Service, 2012; Gullan & Cranston, 2014; Chapman, 2013).

Ao examinar os habitats ocupados pelos mosquitos, suas estratégias reprodutivas, interações e respostas a mudanças ambientais, os pesquisadores podem desenvolver estratégias mais eficazes para o controle de vetores e a gestão dos ecossistemas.

1.5 Mata Atlântica

A Mata Atlântica, conhecida por sua deslumbrante floresta tropical, abriga uma extraordinária diversidade de espécies vegetais e animais, muitas das quais são exclusivas dessa região. É reconhecida como um dos ecossistemas mais ricos e ameaçados do mundo, sendo listada como um dos 34 "hotspots de biodiversidade" e uma área prioritária para conservação (Conservation International do Brasil, 2005). Cobrindo uma vasta extensão ao longo da costa leste do Brasil, a Mata Atlântica abrange aproximadamente 1.363.000 km², equivalente a cerca de 15% do território nacional, estendendo-se desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, atravessando um total de 17 estados.

A relevância da Mata Atlântica como hotspot de biodiversidade reside em sua extraordinária variedade de espécies endêmicas, ou seja, aquelas encontradas exclusivamente

nesse ecossistema (Rizzini, 1997). Estima-se que abrigue cerca de 20.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 8.000 são endêmicas. Além disso, esse ambiente é lar de uma impressionante diversidade de animais, incluindo mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes, muitos dos quais também são exclusivos dessa região (Fundação SOS Mata Atlântica, 1998). No entanto, apesar de sua grande importância biológica, a Mata Atlântica enfrenta sérias ameaças.

Ao longo dos séculos, a expansão agrícola, a urbanização descontrolada, a exploração madeireira e a fragmentação do habitat têm sido as principais causas de sua degradação (Câmara, 2005). Como resultado, mais de 90% da vegetação original já foi perdida, restando apenas cerca de 12% da cobertura florestal original (MMA, 2000).

A perda da Mata Atlântica tem sérias consequências para a biodiversidade global, com muitas espécies ameaçadas de extinção devido à destruição de seus habitats naturais (MMA, 2000). Além disso, a Mata Atlântica desempenha um papel fundamental na regulação dos recursos hídricos, proteção do solo e mitigação das mudanças climáticas, destacando a urgência de sua conservação. A fragmentação desse ecossistema é resultado da transformação da paisagem, o que torna cada vez mais desafiadora a conservação da biodiversidade. Hoje, a Mata Atlântica se apresenta como um mosaico composto por poucas áreas extensas.

1.6 Floresta da Tijuca

O Parque Nacional da Tijuca (PNT), onde está inserida a área da Floresta da Tijuca, objeto do presente estudo, é uma unidade de conservação federal localizado na cidade do Rio de Janeiro, representando um dos pequenos fragmentos ainda existentes de Mata Atlântica (Ribeiro *et al.*, 2007). Como o próprio nome expressa, o Parque Nacional da Tijuca é uma propriedade da União e se enquadra dentro da categoria Unidade de Conservação de proteção integral, assim como os outros parques nacionais (Brasil, 2000).

Nas últimas décadas a mata atlântica foi devastada para o plantio de cana-de-açúcar, café, cacau, criação de gado, extração ilegal de madeira e muitas outras ocupações.

A floresta remanescente está dividida em fragmentos isolados, que estão sujeitos a impactos, como os efeitos de borda e as invasões biológicas (Ribeiro *et al.*, 2007; Dean, 1995). Com o objetivo de preservar o ecossistema natural de grande relevância ecológica, são admitidas apenas a realização de atividades que utilizem indiretamente os seus recursos naturais e de forma controlada, são elas: pesquisas científicas, atividades de educação e de turismo ecológico

(Brasil, 2000; Souza, 2004).

O Parque Nacional da Tijuca está inserido no Maciço da Tijuca, localizado no Rio de Janeiro, além de um remanescente de mata atlântica, bioma mais ameaçado do planeta, é uma das maiores florestas urbanas do mundo, possuindo atualmente uma extensão de aproximadamente 4.000 hectares, divididas em 4 áreas: Floresta da Tijuca (A), Serra Carioca (B), Pedra Bonita/Pedra da Gávea (C) e Pretos Forros/Covanca (D). Por pertencer ao Maciço da Tijuca, Floresta apresenta relevo montanhoso e a menor altitude do PNT se encontra no Parque Lage, que corresponde ao nível do mar e o ponto mais alto é o Pico da Tijuca com 1.201m acima do nível do mar. A vegetação que recobre o Maciço interage diretamente com o espaço urbano, tornando o parque um importante ponto turístico da cidade, recebendo mais de 3 milhões de visitantes anualmente.

Possui cerca de 1.619 espécies vegetais e mais de 320 espécies animais vertebrados, desempenhando um papel de extrema importância para a conservação das espécies. O PNT apresenta diversos atrativos para turistas como grutas, trilhas diversas, restaurantes, ruínas históricas, cachoeiras e locais como o Maciço da Tijuca, o Parque Lage, Paineiras e Corcovado. Atualmente tem sua gestão compartilhada entre o Instituto Chico Mendes (ICMBio), Governo do Estado e Prefeitura do Rio de Janeiro.

A área atual é composta por floresta ombrófila densa secundária em avançado estágio de regeneração, antropizada, uma vez que parte da região foi reflorestada. As matas que hoje recobrem o Parque Nacional da Tijuca são resultado de processos históricos, citados anteriormente, algumas espécies exóticas foram introduzidas como exemplo, as jaqueiras e bambus. As plantas invasoras podem alterar o ecossistema, alterando a ciclagem de nutrientes e o microclima e introduzindo ou facilitando a disseminação de endemias (Ribeiro *et al.*, 2007). Segundo (Machado, 2003). a paisagem fisiográfica do Parque Nacional da Tijuca (PNT) trata- se de uma floresta tropical submontana úmida perenifólia, representando um ecossistema com situação de degradação por conta da erosão.

O clima da área do Maciço da Tijuca é classificado como tropical de altitude, devido à orientação geográfica, as temperaturas variam entre 18°C e 26°C, formando amplitudes térmicas crescentes na medida em que alcançam o sul do estado. A precipitação média anual está em torno 2.500mm (ICMBio, 2008). As chuvas são abundantes e apresentam concentração no verão (dezembro a março) e período de seca no inverno (junho a agosto) (Parque Nacional da Tijuca, 2020).

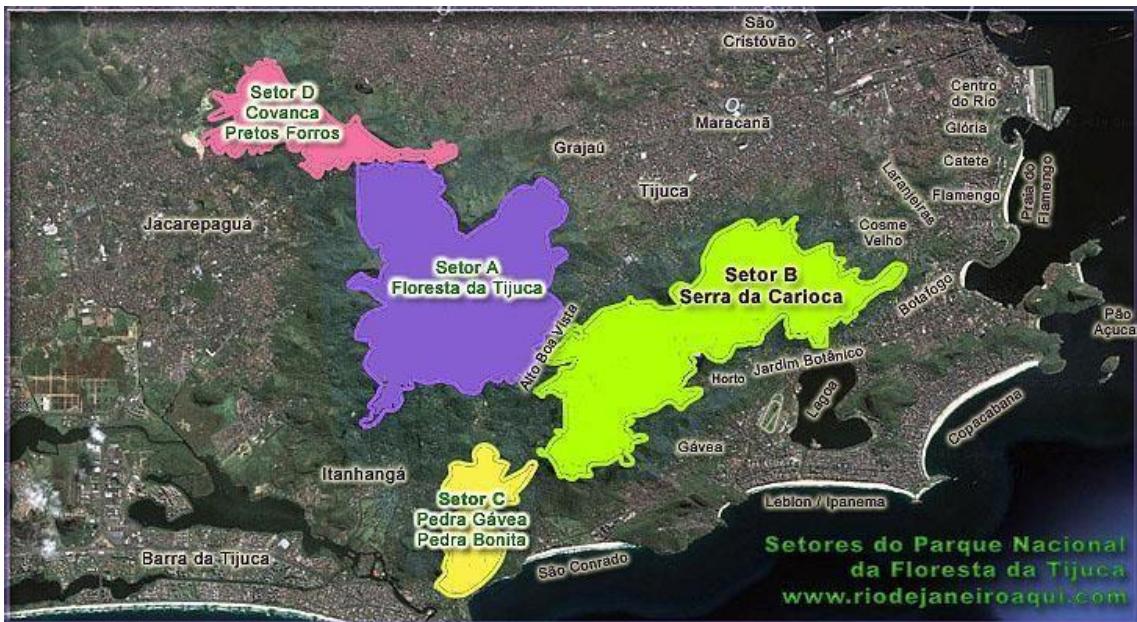


Figura 6. Mapa ilustrativo utilizando foto de satélite, com os setores do parque Floresta da Tijuca (A), Serra Carioca (B), Pedra Bonita/Pedra da Gávea (C) e Pretos Forros/Covanca (D).
Fonte:https://www.riodejaneiroaqui.com/pt/setores-parque-nacional-floresta-da-tijuca.html#google_vignette

1.7 Efeito de borda

Por volta de 1900, teve início a evolução do conceito de borda. Inicialmente, havia um enfoque exclusivamente voltado aos benefícios e interesses humanos. Cabe ressaltar que, com o passar do tempo, os estudos passaram a ter uma perspectiva mais ecológica (Ries *et al.*, 2004) pesquisou por décadas a influência das "zonas de transição" sobre a vida selvagem, utilizando o termo "efeito de borda" para descrever o aumento da presença de espécies utilizadas para caça esportiva em paisagens fragmentadas. No final da década de 1970, com a descoberta de que algumas aves estavam sofrendo um aumento na predação de ninhos e no parasitismo próximo às bordas florestais (Gates & Gysel, 1978; Chasko & Gates, 1982, Ries *et al.*, 2004), a percepção de que as bordas eram benéficas começou a mudar.

Uma série de outros estudos (Gates & Gysel, 1978) (Brittingham & Temple, 1983; Wilcove, 1985) (Milss, 1995; Burke & Nol, 1998 apud Ries *et al.*, 2004) contribuíram para formar a visão atual das bordas, especialmente as antropogênicas, como ambientes geralmente indesejados (Harris, 1988; Saunders *et al.*, 1991). De acordo com (Tabanez et al., 1997) o efeito de borda é a influência do meio externo na margem de áreas florestadas, resultando em

alterações físicas e estruturais. Esses efeitos podem afetar a distribuição, o comportamento e a sobrevivência de espécies vegetais e animais, e podem ser amplificados em áreas altamente fragmentadas (Kapos, 1989; Murcia, 1995), levando à perda de espécies mutualistas, substituição de espécies nativas por espécies não características do ecossistema e aumento do risco de extinção de populações pequenas (Brokaw, 1998).

Esses efeitos de borda são frequentemente evidentes até 500 metros dentro da floresta (Laurance, 1991), mas são mais notáveis nos primeiros 35 metros (Rodrigues, 1998). Como as espécies de plantas e animais são adaptadas a certas temperaturas, umidades e níveis de luz, muitas espécies dos fragmentos de floresta podem ser eliminadas por essas mudanças. Estudos recentes em áreas de Mata Atlântica têm destacado o papel das bordas florestais nos fragmentos de vegetação associadas tanto à facilitação da mobilidade do vírus da febre amarela (Prist *et al.*, 2021; Wilk-da-Silva *et al.*, 2022) quanto ao seu risco de transmissão (Ilacqua *et al.*, 2021). Ambientes fragmentados tendem a possuir uma maior densidade de bordas florestais, onde é observada a presença de *Hg. leucocelaenus* (Wilk-da-Silva *et al.*, 2020), além de diferentes padrões de ocorrência e abundância de outras espécies de mosquitos potencialmente vetores do vírus da febre amarela (Wilk-da-Silva *et al.*, 2020).

Nesse sentido, as áreas de borda florestal, com interfaces entre fragmentos de florestas e áreas adjacentes modificadas pelo homem, podem favorecer diretamente populações de *Hg. leucocelaenus*, principalmente devido à sua plasticidade ecológica em ambientes com maior grau de perturbação, resultante de alterações ambientais provocadas pelo homem (Gomes *et al.*, 2010), bem como de seu comportamento aparentemente generalista (Alencar *et al.*, 2016). Além disso, as temperaturas mais elevadas observadas nesses espaços (Hofmeister *et al.*, 2019) podem contribuir para uma maior abundância da espécie, devido ao aumento da oviposição de suas fêmeas (Couto-Lima *et al.*, 2020; Alencar *et al.*, 2021).

Alguns pontos que desencadeiam a compreensão sobre o efeito de borda incluem: aumento da biodiversidade: As zonas de borda frequentemente abrigam uma maior diversidade de espécies, pois combinam características de ambos os habitats adjacentes, oferecendo uma variedade de recursos e condições ambientais (Laurance *et al.*, 2007); mudanças nas condições ambientais: as condições ambientais, como luz, temperatura, umidade e vento, podem ser diferentes nas bordas em comparação com o interior dos habitats. (Murcia, 1995). Por exemplo, as bordas de florestas podem ter maior exposição à luz solar e ao vento; espécies invasoras: as bordas podem ser mais suscetíveis à invasão por espécies exóticas ou invasoras, que podem competir com as espécies nativas e alterar a estrutura do ecossistema (Cadenasso & Pickett, 2001).

Pressão de predação: A pressão de predação pode ser maior nas bordas devido à presença de predadores que utilizam essas áreas para caçar presas que se aventuram na transição entre habitats (Fagan *et al.*, 1999); impacto humano: as atividades humanas, como agricultura, urbanização e construção de estradas, frequentemente criam bordas ou aumentam a extensão das bordas existentes, o que pode ter impactos significativos na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Haddad *et al.*, 2015). fragmentação de habitat: a criação de bordas é um efeito comum da fragmentação de habitats, onde grandes áreas contínuas de habitat são divididas em partes menores e isoladas. Isso pode levar a uma série de efeitos negativos, incluindo redução da área de habitat disponível, isolamento de populações e aumento da vulnerabilidade à extinção (Fahrig, 2003). microclima: o microclima nas bordas pode ser diferente do interior dos habitats, com variações mais extremas de temperatura e umidade, que podem afetar a sobrevivência e o comportamento das espécies (Didham & Lawton, 1999).

O efeito de borda é um conceito importante na ecologia de paisagens e na conservação, pois entender como as bordas influenciam os ecossistemas pode ajudar na elaboração de estratégias para mitigar os impactos negativos da fragmentação de habitats e na preservação da biodiversidade.

2 Importância médica dos mosquitos na transmissão de patógenos

Os mosquitos têm uma importância médica significativa devido ao seu papel como vetores de diversos patógenos que causam doenças em humanos e animais, representando um desafio significativo para a saúde pública global (Gubler, 2012; Ryan, *et al.*, 2019). A família Culicidae, que abriga os mosquitos ou pernilongos, destaca-se pelos seus significativos impactos médicos e veterinários, dada a sua natureza hematófaga, ampla e persistente distribuição geográfica, bem como a sua capacidade de transmitir uma variedade de patógenos, como os causadores das doenças, como dengue, chikungunya, febre amarela e malária, representando sérios desafios para a Saúde Pública (CDC, 2010).

A transmissão dessas doenças ocorre quando um mosquito infectado pica um hospedeiro suscetível, introduzindo o patógeno diretamente na corrente sanguínea do hospedeiro. Esse ciclo complexo de transmissão muitas vezes requer que o patógeno complete seu ciclo de vida dentro do mosquito antes de se tornar infeccioso para um novo hospedeiro (Ryan *et al.*, 2019). Em termos de impacto na saúde pública, os mosquitos são responsáveis por uma carga significativa de doenças, especialmente em áreas tropicais e subtropicais onde as condições

climáticas favorecem sua reprodução e proliferação (Gubler, 2012).

Os esforços para o controle de vetores envolvem uma combinação de estratégias, como o uso de inseticidas químicos, redes mosquiteiras tratadas, eliminação de criadouros de mosquitos e, quando disponível, vacinação em massa (Ryan *et al.*, 2019). No entanto, a eficácia dessas medidas pode ser comprometida pela crescente resistência dos mosquitos aos inseticidas convencionais, destacando a necessidade urgente de alternativas sustentáveis e inovadoras (Ryan *et al.*, 2019).

As mudanças climáticas globais estão alterando o panorama da distribuição geográfica dos mosquitos, expandindo suas áreas de habitat para regiões anteriormente não afetadas e aumentando o risco de surtos epidêmicos em novas áreas (Davies-Colley *et al.*, 2000). Microclimas específicos, como os encontrados nas bordas de florestas fragmentadas, podem criar condições ideais para a proliferação de certas espécies de mosquitos, exacerbando ainda mais os desafios de controle e prevenção de doenças (Davies-Colley *et al.*, 2000).

Além das estratégias convencionais mencionadas anteriormente, iniciativas educacionais e de conscientização pública são fundamentais para promover práticas preventivas entre as populações vulneráveis, reduzindo assim a exposição aos mosquitos e aumentando a aceitação das medidas de controle. Programas educacionais eficazes podem não apenas melhorar a compreensão dos riscos associados aos mosquitos, mas também incentivar a participação comunitária em esforços de controle de vetores (Gubler, 2012).

Para enfrentar esses desafios complexos de forma sustentável, é crucial continuar avançando em pesquisas que explorem novas tecnologias, como mosquitos geneticamente modificados e vacinas específicas contra doenças transmitidas por mosquitos. A inovação tecnológica não apenas pode melhorar a eficiência das estratégias de controle, mas também oferecer novas oportunidades para prevenir surtos e proteger populações vulneráveis em todo o mundo (Ryan *et al.*, 2019).

Em suma, a compreensão aprofundada da ecologia, biologia e comportamento dos mosquitos, aliada ao desenvolvimento contínuo de estratégias de controle baseadas em evidências científicas, é fundamental para mitigar os impactos negativos à saúde pública globalmente causados por esses importantes vetores de doenças.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a variação dos parâmetros faunísticos das espécies de mosquitos em diferentes gradientes de mata, comparando áreas de borda e mata de um remanescente de Mata Atlântica, cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- 1.** Realizar o levantamento faunístico das espécies de mosquitos em diferentes pontos de amostragens na área do Parque Nacional da Tijuca;
- 2.** Mapear e classificar os habitats larvais de mosquitos em diferentes pontos de amostragens na área do Parque Nacional da Tijuca, quantificando as formas imaturas;
- 3.** Analisar as diversidades de mosquitos utilizando diferentes métodos de captura;
- 4.** Avaliar a riqueza, diversidade e equitabilidade, dominância, abundância entre cada um dos pontos amostrais amostrados (borda, 35 metros da borda da floresta, 500 metros da borda da floresta);
- 5.** Avaliar as populações de mosquitos apresentam diferenças significativas entre cada habitat larval (natural e artificial) e pontos amostrais;

3. METODOLOGIA

3.1 Declaração de ética

Declaramos que todas as atividades de coleta, captura e transporte de material zoológico realizadas durante este estudo foram conduzidas de acordo com padrões éticos e em conformidade com a legislação ambiental vigente. A licença permanente para realizar tais atividades foi concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) Nº 81388-3.

3.2 Área de estudo

As amostragens foram realizadas no período de maio de 2022 a dezembro de 2023, com periodicidade mensal em dois dias consecutivos na área do Parque Nacional da Tijuca (PNT), cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil. O Parque Nacional da Tijuca é uma

área de preservação ambiental de grande importância para a conservação da biodiversidade na região.

A Floresta da Tijuca, em particular, é um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica dentro do perímetro urbano da cidade do Rio de Janeiro, abrigando uma rica diversidade de fauna e flora. O clima da região é tropical atlântico, e, de acordo com o sistema de Köppen é do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso caracterizando invernos secos e verões chuvosos.

As temperaturas variam entre 18°C e 26°C, formando amplitudes térmicas crescentes na medida em que alcançam o sul do estado. No verão, período de abundantes precipitações, o total pluviométrico anual excede 1.200mm/ano. O regime de precipitação interanual ocorrente no município e no estado do Rio de Janeiro, como em grande parte da região sudeste, pode ser influenciado pelo mecanismo conjunto El Niño/Oscilação do Sul, denominado El Niño-Southern Oscillation (ENOS) (CIDE, 2000). As chuvas são abundantes e apresentam concentração no verão (dezembro a março) e período de seca no inverno (junho a agosto) (Parque Nacional da Tijuca, 2020). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa secundária, sem palmeiras e em avançado estado de regeneração (IBGE, 1993).

Para o presente estudo, foram selecionados três diferentes pontos amostrais dentro da unidade de conservação do Parque Nacional da Tijuca, cada um localizado a diferentes distâncias da borda da floresta. Os pontos amostrais escolhidos foram denominados de Ponto 1 - Borda, Ponto 2 - 35 metros e Ponto 3 - 500 metros de distância, representando diferentes gradientes de distância em relação à borda da mata (Figura 7).

Ponto amostral 1 (Borda S 22°56'50.80" W 43°17'29.90"): este fragmento está localizado nas proximidades da borda da floresta, onde ocorre uma maior interação com as atividades humanas e um potencial maior exposição a fatores ambientais externos, como luz e ruído. A área da borda pode ser caracterizada por uma transição gradual entre a floresta e áreas abertas, podendo apresentar características ecológicas únicas.

Ponto amostral 2 (S 22°56'50.50" W 43°17'31.13"): fragmento localizado a uma distância de 35 metros da borda da floresta. Nesta área, espera-se encontrar uma influência moderada da borda, com algumas características semelhantes à área de borda, porém com uma maior penetração da vegetação natural da floresta.

Ponto amostral 3 (S 22°56'57.37" W 43°17'37.68"): fragmento localizado a uma distância de 500 metros da borda da floresta, representando uma área mais próxima do interior da mata. Neste ponto, espera-se encontrar condições mais próximas do ambiente natural da floresta, com menor influência das atividades humanas e características típicas de áreas de interior de mata.

A seleção desses pontos amostrais permitiu investigar como a proximidade com a borda da floresta influencia a abundância, diversidade e distribuição das espécies de mosquitos. Essa abordagem gradiente oferece insights importantes sobre os efeitos da fragmentação florestal na ecologia de mosquitos e contribui para uma melhor compreensão dos processos ecológicos em áreas de conservação. Todos os espécimes de mosquitos foram coletados por dois indivíduos devidamente treinados e equipados com Equipamento de Proteção Individual (EPI), garantindo a segurança dos pesquisadores durante as atividades de campo.



Figura 7. Pontos de coleta (Borda, 35 metros e 500 metros) no Parque Nacional Floresta da Tijuca. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

3.3 Captura de adultos

Os mosquitos adultos foram capturados utilizando diferentes técnicas específicas para maximizar a eficiência e a representatividade das amostras. As seguintes armadilhas foram empregadas: armadilhas luminosas do tipo CDC com CO₂ - A armadilha de CDC (Centers for Disease Control), também conhecida como armadilha de luz CDC, é um dispositivo automático projetado para a coleta de mosquitos, especialmente durante a noite. O funcionamento básico da armadilha: quando ativada por uma bateria de 6 volts ou por uma conexão à rede elétrica, a lâmpada é acesa. Esta lâmpada emite luz, que atrai os insetos voadores, especialmente mosquitos. A hélice, também movida pelo motor, ajuda a empurrar os insetos em direção a um tecido cilíndrico transparente, que está fixado ao corpo da armadilha por um elástico. No final deste tecido, há um copo coletor onde os insetos capturados ficam depositados.

A armadilha de CDC é usada principalmente para coletar mosquitos alados durante a noite. Pode ser fixada em áreas externas (extradomicílio), como florestas ou áreas abertas, e também dentro de casas (intradomicílio) para monitoramento de populações de mosquitos vetores de doenças. Para aumentar a eficácia da captura, podem ser utilizados atrativos adicionais, como gelo seco para liberar CO₂, que simula a respiração humana e atrai mosquitos, ou iscas animais para testar preferências alimentares específicas dos insetos. Essas armadilhas são fundamentais em estudos de controle de vetores, pesquisa entomológica e monitoramento epidemiológico, ajudando a entender a distribuição e o comportamento dos mosquitos em diferentes ambientes (Figuras 8 e 9).



Figura 8. (A) Armadilha CDC funcionando durante o dia (B) Armadilha CDC noturna em funcionamento. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.



Figura 9. Exemplificação do funcionamento da isca gelo seco na CDC diurna. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

A armadilha de Shannon, também conhecida como barraca de Shannon, é um dispositivo usado para capturar mosquitos. Sua estrutura é composta por uma tenda principal de dimensões 1,3m x 3,0m x 2,0m (largura x comprimento x altura), com duas abas laterais menores de 0,6m x 3,0m x 1,0m. A tenda foi montada a uma elevação de 20 a 30 cm do solo.

O princípio de funcionamento da armadilha baseia-se na atração dos mosquitos para o seu interior. Durante o dia, os operadores liberam odor atrativo como CO₂, substância que atrai especialmente as fêmeas de mosquitos. À noite, uma fonte luminosa pode ser utilizada como atrativo, sendo comum o uso de uma lâmpada de luz branca quando há disponibilidade de eletricidade. Na ausência de eletricidade, outras fontes luminosas podem ser empregadas para atrair os mosquitos.

Os mosquitos, uma vez atraídos para dentro da armadilha, ficam aprisionados em seu interior ou nas abas externas. Dessa forma foram capturados utilizando aspiradores manuais ou tubos mortíferos, que são dispositivos projetados para capturar mosquitos de forma eficaz e segura. Essa armadilha é particularmente útil em estudos de monitoramento de populações de mosquitos, controle vetorial e pesquisa entomológica, permitindo a captura seletiva e não invasiva desses insetos (Figura 10).



Figura 10. Barraca de Shannon instalada para a captura dos adultos. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

A técnica de Atração por Humano Protegido (TAHP) é um método específico para coletar fêmeas de mosquitos que buscam se alimentar de sangue humano. Este método envolveu a presença de um profissional treinado e capacitado para atrair os mosquitos e capturá-los antes que começem a se alimentar. O profissional capturador estava equipado com meiões nas pernas, para fornecer uma superfície onde os mosquitos pudessem poussar. A captura foi realizada utilizando capturadores de sucção, que podem ser manuais ou elétricos. Os capturadores manuais, como o tipo Castro, são compostos por um tubo de acrílico com tela de nylon na extremidade, conectado a um tubo de borracha de látex. O capturador aplicou sucção através de um tubo de acrílico de menor calibre, permitindo a captura dos mosquitos sem machucá-los. Já os capturadores elétricos mais sofisticados possuem um tubo de maior diâmetro equipado com uma ventoinha elétrica que gera a sucção necessária para atrair e capturar os mosquitos. Os EPIs incluíram, proteção para o rosto, mãos, corpo e pés para evitar picadas de mosquitos e outros riscos durante o processo de coleta. Assim sendo, ajudou a minimizar o risco de exposição a mosquitos vetores de doenças durante as operações de campo.

A TAHP é uma técnica eficaz utilizada em estudos entomológicos, monitoramento de populações de mosquitos e pesquisas epidemiológicas, permitindo a captura seletiva de espécimes de interesse sem prejudicar o ambiente circundante.

A combinação dessas armadilhas proporcionou uma amostragem abrangente e representativa da diversidade de mosquitos adultos presentes na área de estudo. O período de estudo totalizou um esforço amostral de 276 horas, divididas como segue: 156 horas de armadilhas luminosas do tipo CDC com CO₂, 48 horas de armadilhas de Shannon, 72 horas de atração Humana Protegida e 72 horas de busca ativa de formas imaturas. Foram instaladas duas armadilhas do tipo CDC com CO₂ (iscadas com 200g de gelo seco) colocadas 1 m acima do solo em cada ponto amostral e distanciadas por cerca de 5 metros uma da outra. As capturas foram realizadas em dois períodos, diurno matutinos/vespertinos e noturno a partir do crepúsculo. Ao término de cada período amostral os puçás das armadilhas foram trocados.

A amostragem utilizando armadilha de Shannon apresentou uma duração de duas horas, das 18:00h às 20:00h. Já a (ATHP) foi realizada no período diurno matutinos/vespertinos e noturno a partir do crepúsculo, em todos os pontos amostrais, utilizando rede entomológica e capturador de Castro, perfazendo um esforço de coleta com duração de aproximadamente 60 minutos.

A identificação das espécies de mosquitos foi realizada com base na observação direta dos caracteres morfológicos, utilizando tanto o estereomicroscópio quanto o microscópio óptico. Foram utilizadas chaves dicotômicas elaboradas por (Lane, 1953), (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994) e (Forattini, 2002), bem como consultas às descrições/diagnoses das respectivas espécies (Figura 11).



Figura 11. (A) Identificação dos espécimes adultos capturados utilizando uma lupa e chaves dicotômicas (B) Gaiolas entomológicas onde ficavam os espécimes adultos no Laboratório de Díptera do IOC/FIOCRUZ. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

3.4 Coleta de imaturos

A busca ativa dos imaturos em habitats larvais ocorreu nos mesmos pontos amostrais das capturas dos espécimes adultos, sendo realizadas em todos os habitats larvais encontrados, naturais: bromélias, ocos de árvore e poça d'água e artificial: pote plástico. Este pote foi encontrado no Parque, possivelmente abandonado por algum visitante. As formas imaturas encontradas foram coletadas com o auxílio de concha entomológica, sugador manual e pipeta de polietileno, em seguida, as larvas e pupas eram pipetadas e transferidas para sacos plásticos de 250 ml (Whirl-Pak® bags, BioQuip®) (Figura 12).

As amostras foram identificadas quanto ao local, data, tipo de habitat larval e volume de água e após, transportadas ao laboratório. No laboratório as larvas foram mantidas em bacias de polietileno da cor branca contendo a água do próprio reservatório o qual foram coletadas, sendo completada com água descolorada. Em caso de evaporação, as pupas são transferidas a frascos pequenos e mantidas até atingir a fase adulta.



Figura 12. (A) Contagem das larvas existentes no oco de árvore (B) larvas sendo alimentadas em laboratório. Fonte: Nilton Henrique F. do Nascimento.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para avaliar e comparar diferenças na composição das populações de mosquitos em cada ponto de captura dos adultos foi utilizado o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') (Shannon, 1939).

Este mesmo índice foi utilizado para avaliar e comparar diferenças nas composições de cada tipo de habitat larval. Para avaliar se existem diferenças significativas entre os Índices de Diversidades, foi calculado o teste t, com nível de significância de 5%, utilizando- se o software Past 3.16. (Hammer, 2001). Já a Equitabilidade (J) se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional à dominância (D). Para avaliar as espécies mais abundantes de espécimes adultos foi utilizado o “Index of species abundance” (ISA), que foi convertido em uma escala entre zero e um pelo “standardised index of species abundance” (SISA), segundo as definições de (Roberts & Hsi, 1979) Neste índice, o valor 1 corresponde às espécies mais abundantes.

A análise de Kruskal-Wallis, com nível de significância de $p<0,05$, foi utilizada para avaliar a ocorrência de diferenças significativas entre as populações de mosquitos nas diferentes áreas de captura, e nos diferentes habitats larvais com auxílio do software IBM® SPSS® Statistics Version 23. O pós teste de Dunn foi utilizado para avaliar possíveis diferenças entre os pontos amostrais em relação à abundância de mosquitos adultos capturados e imaturos coletados.

4. RESULTADOS

Foram coletados 684 espécimes de mosquitos, pertencentes a 23 espécies (Tabela 1). Nove táxons apresentaram percentuais iguais ou superiores a 1% de ocorrência. Entre as mesmas, algumas têm sido frequentemente incriminadas como vetores de patógenos, destacando-se: *Haemagogus leucocelaenus* e *Sabethes identicus* (Tabela 1) Dentre as espécies de menor abundância, destacamos a ocorrência de *Ae. albopictus*, *Aedes scapularis*, *Ae. serratus* e *Wyeomyia confusa*.

Tendo como base o resultado da comparação do teste de Dunn entre os tipos de captura utilizados nas amostragens, foi observado que armadilha luminosa de Shannon se distingue tanto da armadilha luminosa CDC com CO₂ ($p = 0,012$), como atracão por humano protegido (ATHP) ($p = 0,000$). Analisando a fauna de mosquitos foi observado a partir do teste t que não houve diferenças significativas entre as diversidades (H') por tipos de captura de culicídeos

(ATHP, CDC com CO₂ e Shannon) ($p > 0,05$). Através das amostragens realizadas com armadilha luminosa de CDC, foi observado maior abundância de *Limatus durhamii*. (22,09%) distinguindo-se das metodologias de ATHP e Shannon, que apresentaram maior abundância de *Hg. leucocelaenus* (19,36%) e (22,22%) respectivamente (Tabela 2).

O Ponto de maior riqueza (S), diversidade e equitabilidade foi o Ponto 1 - Borda ($S = 20$, $H' = 2,434$ e $J = 0,812$). A menor diversidade foi vista no Ponto 2 - 35m com $H' = 1,884$, o qual também apresentou menor riqueza ($S = 12$) e consequentemente o maior nível de dominância ($D = 0,191$), com as espécies *Wyeomyia (Phoniomyia) edwardsi*, *Li. durhamii* e *Hg. leucocelaenus* representando 16,78%, 13,29 e 11,19% respectivamente do total de indivíduos coletados nesse ponto amostral (Tabela1).

Ao avaliar a diversidade entre cada um dos pontos amostrais coletados entre si foi comprovada que há diferença significativa entre as diversidades da borda quando comparada a 500m e 35m. Os pontos de amostragens de 35m e 500m não apresentaram diferenças significativas, segundo o teste t para H' a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Valores absolutos (N), percentuais (%) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por local de coleta (Ponto 1 – Borda, Ponto 2 – 35 e Ponto 3 – 500m) de culicídeos provenientes Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio, 2022 a dezembro de 2023.

| Espécies | Ponto 1 - Borda | | Ponto 2 - 35m | | Ponto 3 - 500m | | Total | |
|---------------------------------|-----------------|--------|---------------|--------|----------------|--------|-------|--------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % |
| <i>Aedes (Stg.) albopictus</i> | 3 | 1,10% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 4 | 0,58% |
| <i>Ae. (Och.) scapularis</i> | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 2 | 0,29% |
| <i>Ae. (Och.) serratus</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,70% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Aedes</i> spp. | 2 | 0,70% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 3 | 0,44% |
| <i>Ae. (Pro.) terrens</i> | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 2 | 0,70% | 3 | 0,44% |
| <i>Cx. ocellatus</i> | 3 | 1,10% | 2 | 1,40% | 0 | 0,00% | 5 | 0,73% |
| <i>Cx. (Car.) iridescens</i> | 2 | 0,70% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 2 | 0,29% |
| <i>Cx. (Cux.) dolosus</i> | 8 | 2,90% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 8 | 1,17% |
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 3 | 1,10% | 3 | 0,44% |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 1 | 0,15% |
| <i>Culex (Mcx.)</i> spp. | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 1 | 0,15% |
| <i>Culex</i> spp | 7 | 2,60% | 3 | 2,10% | 4 | 1,50% | 14 | 2,05% |
| <i>Haemagogus leucocelaenus</i> | 43 | 15,70% | 16 | 11,19% | 44 | 16,50% | 103 | 15,06% |
| <i>Limatus durhamii</i> | 16 | 5,80% | 19 | 13,29% | 38 | 14,20% | 73 | 10,67% |
| <i>Onirium personatum</i> | 2 | 0,70% | 1 | 0,70% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|-------|---------|-----|---------|
| <i>Sabethes albiprivus</i> | 3 | 1,10% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |
| <i>Sa. cyaneus</i> | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Sa. identicus</i> | 29 | 10,60% | 15 | 10,49% | 49 | 18,40% | 93 | 13,60% |
| <i>Sa. intermedius</i> | 4 | 1,50% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 4 | 0,58% |
| <i>Sa. spp</i> | 4 | 1,50% | 1 | 0,70% | 4 | 1,50% | 9 | 1,32% |
| <i>Trichoprosopron digitatum</i> | 3 | 1,10% | 3 | 2,10% | 5 | 1,90% | 11 | 1,61% |
| <i>Tr.pallidiventer</i> | 9 | 3,30% | 2 | 1,40% | 5 | 1,90% | 16 | 2,34% |
| <i>Trichoprosopon spp.</i> | 7 | 2,60% | 8 | 5,59% | 14 | 5,20% | 29 | 4,24% |
| <i>Runchomyia reversa</i> | 9 | 3,30% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 10 | 1,46% |
| <i>Runchomyia spp.</i> | 5 | 1,80% | 1 | 0,70% | 8 | 3,00% | 14 | 2,05% |
| <i>Wyeomyia aporonoma</i> | 7 | 2,60% | 0 | 0,00% | 11 | 4,10% | 18 | 2,63% |
| <i>Wy. confusa</i> | 3 | 1,10% | 2 | 1,40% | 0 | 0,00% | 5 | 0,73% |
| <i>Wy. (Den.) spp.</i> | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 1 | 0,15% |
| <i>Wy. serrata</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,70% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 26 | 9,50% | 24 | 16,78% | 23 | 8,60% | 73 | 10,67% |
| <i>Wy. (Pho.) spp.</i> | 7 | 2,60% | 1 | 0,70% | 0 | 0,00% | 8 | 1,17% |
| <i>Wyeomyia spp.</i> | 69 | 25,20% | 43 | 30,07% | 50 | 18,70% | 162 | 23,68% |
| Total | 274 | 100,00% | 143 | 100,00% | 267 | 100,00% | 684 | 100,00% |
| Riqueza (S) | 20 | | 12 | | 15 | | | |
| Diversidade de Shannon (H') | 2,434 | | 1,884 | | 1,921 | | | |
| Equitabilidade de Pielou (J) | 0,812 | | 0,758 | | 0,709 | | | |
| Dominância (D) | 0,124 | | 0,191 | | 0,188 | | | |

Tabela 2. Valores absolutos (N) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por tipo de captura (Atrativo humano (AH), Armadilha luminosa CDC (CDC) e Armadilha Luminosa de Shannon (Shannon) de culicídeos provenientes do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ, no período de maio/2022 a dezembro de 2023.

| Espécies | AH | | CDC | | Shannon | | Total | |
|--------------------------------|----|-------|-----|-------|---------|-------|-------|-------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % |
| <i>Aedes (Stg.) albopictus</i> | 3 | 0,74% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 4 | 0,58% |
| <i>Ae. (Och.) scapularis</i> | 1 | 0,25% | 0 | 0,00% | 1 | 3,70% | 2 | 0,29% |
| <i>Ae. (Och.) serratus</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Ae. spp.</i> | 2 | 0,49% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |
| <i>Ae. (Pro.) terrens</i> | 2 | 0,49% | 0 | 0,00% | 1 | 3,70% | 3 | 0,44% |
| <i>Culex ocellatus</i> | 5 | 1,23% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 5 | 0,73% |
| <i>Cx. (Car.) iridescentes</i> | 0 | 0,00% | 2 | 0,80% | 0 | 0,00% | 2 | 0,29% |
| <i>Cx. (Cux.) dolosus</i> | 7 | 1,72% | 0 | 0,00% | 1 | 3,70% | 8 | 1,17% |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|---------|-------|---------|--------------|---------|-----|---------|
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | 3 | 0,74% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | 1 | 0,25% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Cx. (Mcx.) spp.</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Cx. spp.</i> | 0 | 0,00% | 11 | 4,42% | 3 | 11,11% | 14 | 2,05% |
| <i>Hg. (Con.) leucocelaenus</i> | 79 | 19,36% | 18 | 7,23% | 6 | 22,22% | 103 | 15,06% |
| <i>Limatus durhamii</i> | 18 | 4,41% | 55 | 22,09% | 0 | 0,00% | 73 | 10,67% |
| <i>Onirium personatum</i> | 3 | 0,74% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |
| <i>Sabethes albiprivus</i> | 2 | 0,49% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 3 | 0,44% |
| <i>Sa. cyaneus</i> | 1 | 0,25% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Sa. (Pey.) identicus</i> | 74 | 18,14% | 19 | 7,63% | 0 | 0,00% | 93 | 13,60% |
| <i>Sa. (Sbn.) intermedius</i> | 4 | 0,98% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 4 | 0,58% |
| <i>Sabethes spp</i> | 5 | 1,23% | 4 | 1,61% | 0 | 0,00% | 9 | 1,32% |
| <i>Trichprosopron digitatum</i> | 3 | 0,74% | 5 | 2,01% | 3 | 11,11% | 11 | 1,61% |
| <i>Tr.pallidiventer</i> | 3 | 0,74% | 11 | 4,42% | 2 | 7,41% | 16 | 2,34% |
| <i>Tr. spp.</i> | 8 | 1,96% | 20 | 8,03% | 1 | 3,70% | 29 | 4,24% |
| <i>Runchomyia reversa</i> | 6 | 1,47% | 2 | 0,80% | 2 | 7,41% | 10 | 1,46% |
| <i>Ru. spp.</i> | 9 | 2,21% | 1 | 0,40% | 4 | 14,81% | 14 | 2,05% |
| <i>Wyeomyia aporonoma</i> | 4 | 0,98% | 14 | 5,62% | 0 | 0,00% | 18 | 2,63% |
| <i>Wy. confusa</i> | 3 | 0,74% | 2 | 0,80% | 0 | 0,00% | 5 | 0,73% |
| <i>Wy. (Den.) spp.</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Wy. serrata</i> | 1 | 0,25% | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% | 1 | 0,15% |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 59 | 14,46% | 14 | 5,62% | 0 | 0,00% | 73 | 10,67% |
| <i>Wy. (Pho.) spp.</i> | 7 | 1,72% | 1 | 0,40% | 0 | 0,00% | 8 | 1,17% |
| <i>Wy. spp</i> | 95 | 23,28% | 64 | 25,70% | 3 | 11,11% | 162 | 23,68% |
| Total | 408 | 100,00% | 249 | 100,00% | 27 | 100,00% | 684 | 100,00% |
| Riqueza (S) | 22 | | 16 | | 7 | | | |
| Diversidade de Shannon (H') | 2,082 | | 2,018 | | 1,721 | | | |
| Equitabilidade de Pielou (J) | 0,674 | | 0,728 | | 0,885 | | | |
| Dominância (D) | 0,189 | | 0,195 | | 0,219 | | | |

No total, considerando os culicídeos capturados, as espécies que ocorreram em maior número foram *Hg. leucocelaenus* (15,0%), *Sa. identicus* (13,6%), *Wy. edwardsi* (10,6%) *Li. durhamii* (10,6%). Essas espécies também foram as mais abundantes: *Hg. leucocelaenus* (SISA=0,55), *Wy. edwardsi* (SISA=0,558), *Sa. identicus* (SISA=0,45) *Li. durhamii* (SISA=0,41). Sendo no ponto amostral 1 borda e no ponto amostral 2 (35m) a espécie mais numerosa foi *Wy. (Pho.) edwardsi* (N = 24 e 23; SISA = 0,33 e 0,28), no ponto amostral 3.500m foi *Li. durhamii* (N = 38; SISA=0,40) (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de abundância das espécies capturadas no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, “Standardised index of species abundance” (SISA) e a posição (Pos.) das espécies nesta localidade.

| Espécies | Borda | | 35m | | 500m | | Total | |
|---------------------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | SISA | Pos. | SISA | Pos. | SISA | Pos. | SISA | Pos. |
| <i>Ae. (Stg.) albopictus</i> | 0,07 | 12 | - | - | 0,03 | 21 | 0,06 | 21 |
| <i>Ae. (Och.) scapularis</i> | 0,05 | 14 | - | - | 0,06 | 12 | 0,11 | 13 |
| <i>Ae. (Och.) serratus</i> | - | - | 0,05 | 13 | - | - | 0,04 | 28 |
| <i>Aedes</i> spp. | 0,05 | 19 | 0,00 | 18 | 0,06 | 12 | 0,09 | 18 |
| <i>Ae. (Pro.) terrens</i> | 0,05 | 14 | 0,00 | 18 | 0,06 | 12 | 0,11 | 13 |
| <i>Culex ocellatus</i> | 0,05 | 20 | 0,05 | 13 | - | - | 0,04 | 29 |
| <i>Cx. (Car.) iridescens</i> | 0,04 | 22 | - | - | - | - | 0,03 | 30 |
| <i>Cx. (Cux.) dolosus</i> | 0,13 | 6 | - | - | - | - | 0,11 | 16 |
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | - | - | - | - | 0,06 | 12 | 0,05 | 22 |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | - | - | - | - | 0,06 | 12 | 0,05 | 22 |
| <i>Culex (Mcx.)</i> spp. | - | - | - | - | 0,06 | 12 | 0,05 | 22 |
| <i>Culex</i> spp. | 0,03 | 24 | 0,07 | 9 | 0,12 | 9 | 0,14 | 12 |
| <i>Hg. (Con.) leucocelaenus</i> | 0,31 | 3 | 0,17 | 5 | 0,30 | 4 | 0,55 | 2 |
| <i>Li. durhamii</i> | 0,12 | 7 | 0,15 | 6 | 0,40 | 2 | 0,41 | 5 |
| <i>On. personatum</i> | 0,05 | 14 | 0,06 | 10 | - | - | 0,05 | 22 |
| <i>Sa. albiprivus</i> | 0,10 | 10 | - | - | - | - | 0,09 | 19 |
| <i>Sa. cyaneus</i> | 0,03 | 26 | - | - | - | - | 0,02 | 32 |
| <i>Sa. (Pey) identicus</i> | 0,29 | 4 | 0,19 | 4 | 0,30 | 4 | 0,45 | 4 |
| <i>Sa. (Sbn) intermedius</i> | 0,04 | 22 | - | - | - | - | 0,03 | 31 |
| <i>Sabettus</i> spp. | 0,04 | 21 | 0,01 | 17 | 0,16 | 8 | 0,21 | 8 |
| <i>Tr. digitatum</i> | 0,05 | 14 | 0,05 | 13 | 0,12 | 10 | 0,19 | 10 |
| <i>Tr. pallidiventer</i> | 0,11 | 8 | 0,10 | 8 | 0,10 | 11 | 0,20 | 9 |
| <i>Trichoprosopon</i> spp. | 0,14 | 5 | 0,19 | 3 | 0,16 | 7 | 0,27 | 6 |
| <i>Ru. reversa</i> | 0,11 | 9 | - | - | 0,06 | 12 | 0,11 | 13 |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 0,07 | 12 | 0,03 | 16 | 0,04 | 20 | 0,10 | 17 |
| <i>Wy. aporonoma</i> | 0,03 | 24 | - | - | 0,25 | 6 | 0,24 | 7 |
| <i>Wy. (Prl) confusa</i> | 0,05 | 14 | 0,12 | 7 | - | - | 0,16 | 11 |

| | | | | | | | | |
|------------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|
| <i>Wyeomyia (Den.) spp.</i> | - | - | - | - | 0,06 | 12 | 0,05 | 22 |
| <i>Wy. serrata</i> | - | - | 0,06 | 10 | - | - | 0,05 | 22 |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 0,33 | 2 | 0,28 | 2 | 0,37 | 3 | 0,55 | 3 |
| <i>Wyeomyia. (Pho.) spp.</i> | 0,07 | 11 | 0,05 | 12 | - | - | 0,08 | 20 |
| <i>Wyeomyia</i> spp. | 0,50 | 1 | 0,38 | 1 | 0,52 | 1 | 0,70 | 1 |

O nível de significância estabelecido para todas as comparações foi de $p<0,05$. Analisando os pontos amostrais, a análise de Kruskal-Wallis indicou diferenças significativas entre as áreas de borda, 35m e 500m ($p = 0,028$). O pós-teste de Dunn foi utilizado para observarmos quais pontos apresentavam diferenças significativas entre si ($p<0,05$), indicando que o Ponto 1 - Borda se distingue do Ponto 2 - 35m ($p = 0,023$).

Considerando o total de habitats larvais encontrados nos pontos amostrais, foi observado que no ponto amostral 1 ($N = 235$) 63,4% dos espécimes foram encontrados em poça transitória, no ponto amostral 2 ($N = 15$) 66,7% foram coletados no habitat larval artificial (pote plástico). Enquanto no Ponto 3 ($N = 70$) 42,9% e 34,3% foram coletados em oco de árvore e pote plástico respectivamente (Tabela 4). No geral, a espécie mais abundante foi *Culex dolosus*, que ocorreu nos pontos amostrais 1 e 3, nos criadouros bromélia, pote plástico e sendo mais representativo em poça transitória (96,69%). Em seguida foram as espécies *Li. durhamii* e *Wy. edwardsi* (12,81% e 10,00% respectivamente).

O habitat larval que apresentou maior riqueza ($S = 9$), maior diversidade ($H' = 1,72$) e maior equitabilidade ($J = 0,78$) foi o habitat bromélia. Todos os outros habitats larvais apresentaram índices bem inferiores aos das bromélias, sendo que o habitat larval poça transitória obteve os menores índices de diversidade e equitabilidade ($H' = 0,10$ e $J = 0,14$). No entanto, o habitat poça transitória foi o que apresentou maior número de indivíduos coletados ($N = 151$), que junto à baixa riqueza e diversidade, apresentou alto índice de dominância ($D = 0,96$) (Figura 13 e Tabela 4).

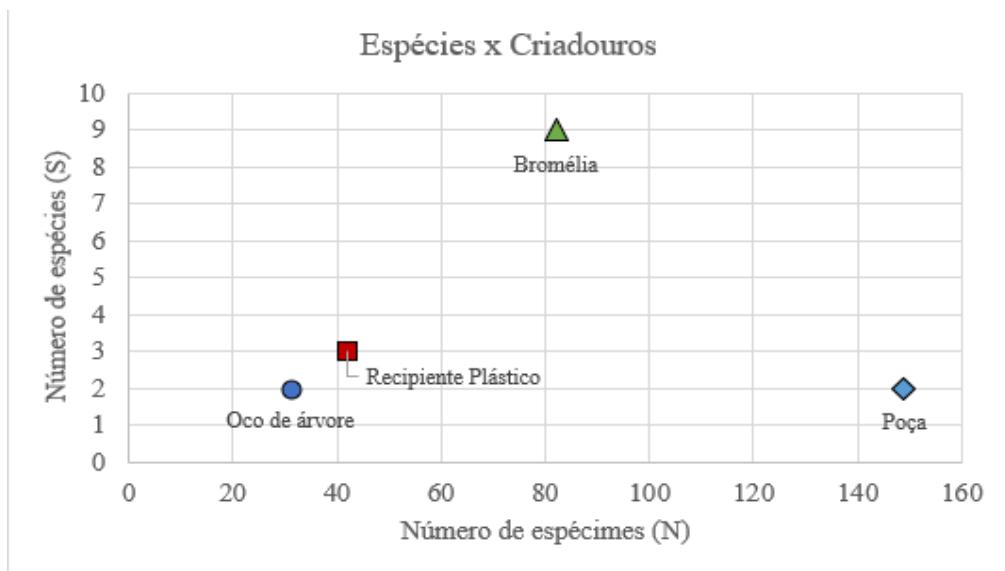


Figure 13. Riqueza e Número de indivíduos coletados nos diferentes habitats larvais no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio 2022 a dezembro de 2023.

O teste t foi utilizado para avaliar se há diferenças significativas entre as diversidades dos criadouros, e tais diferenças foram constatadas entre Bromélia e todos os outros criadouros ($p < 0,05$). Os habitats larvais, oco de árvore, poça transitória e pote plástico não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 4. Valores absolutos (N) e índices ecológicos (Riqueza, Dominância, Diversidade e Equabilidade de Pielou) por tipo de habitats (bromélia, poça transitória, oco de árvore, pote plástico) de culicídeos provenientes do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ, no período de maio/2022 a dezembro de 2023.

| Espécies | Bromélia | Poça transitória | Oco de árvore | Pote plástico | Total |
|----------------------------------|----------|------------------|---------------|---------------|-------|
| <i>Cx. (Mcx.) hedy</i> | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Cx. (Mcx.) neglectus</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| <i>Cx. (Mic.) pleuristriatus</i> | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| <i>Cx. (Mcx.) worontzowi</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| <i>Cx. dolosus</i> | 4 | 146 | 0 | 1 | 151 |

| | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|-----|
| <i>Cx. ocellatus</i> | 21 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| <i>Culex</i> spp. | 0 | 1 | 0 | 8 | 9 |
| <i>Hg. leucocelaenus</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Li. durhamii</i> | 0 | 0 | 0 | 41 | 41 |
| <i>Ru. reversa</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 32 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| <i>Wy. aporonoma</i> | 0 | 0 | 30 | 0 | 30 |
| <i>Wy. dyari</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Wy.</i> spp. | 3 | 1 | 2 | 0 | 6 |
| Total | 86 | 151 | 33 | 50 | 320 |
| Riqueza (S) | 9 | 2 | 2 | 2 | |
| Diversidade (H') | 1,72 | 0,10 | 0,14 | 0,11 | |
| Equitabilidade (J) | 0,78 | 0,14 | 0,21 | 0,16 | |
| Dominância (D) | 0,24 | 0,96 | 0,94 | 0,95 | |

Analisando as populações de mosquitos de cada habitat larval, a análise de Kruskal-Wallis indicou diferenças significativas entre eles ($p = 0,006$). O pós-teste de Dunn foi utilizado para observamos quais habitats apresentavam diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), indicando que o criadouro Bromélia se distingue do criadouro pote plástico ($p = 0,023$) oco de árvore ($p = 0,016$) e poça transitória ($p = 0,045$).

Os imaturos também apresentaram diferenças entre os pontos amostrais, sendo importante ressaltar que esta diferença está diretamente relacionada ao tipo de habitat larval encontrado em cada ponto amostral. Assim sendo, a análise de Kruskal-Wallis indicou diferenças significativas entre os pontos amostrais ($p = 0,010$), sendo que esta diferença foi observada pelo pós-teste de Dunn entre o ponto amostral 1, borda e o ponto 2 – 35 metros ($p = 0,15$) (Figura 14) Os percentuais em cada um dos pontos amostrais mostraram que o ponto 1 foi o que apresentou maior número de larvas coletadas ($N = 235$), representando 73,44% dos indivíduos coletados, seguido do ponto 3 ($N = 70$; 21,88%) e por último o ponto 2, com um valor bem abaixo ($N = 15$), sendo representado apenas por 4,69% do total de espécimes coletados.

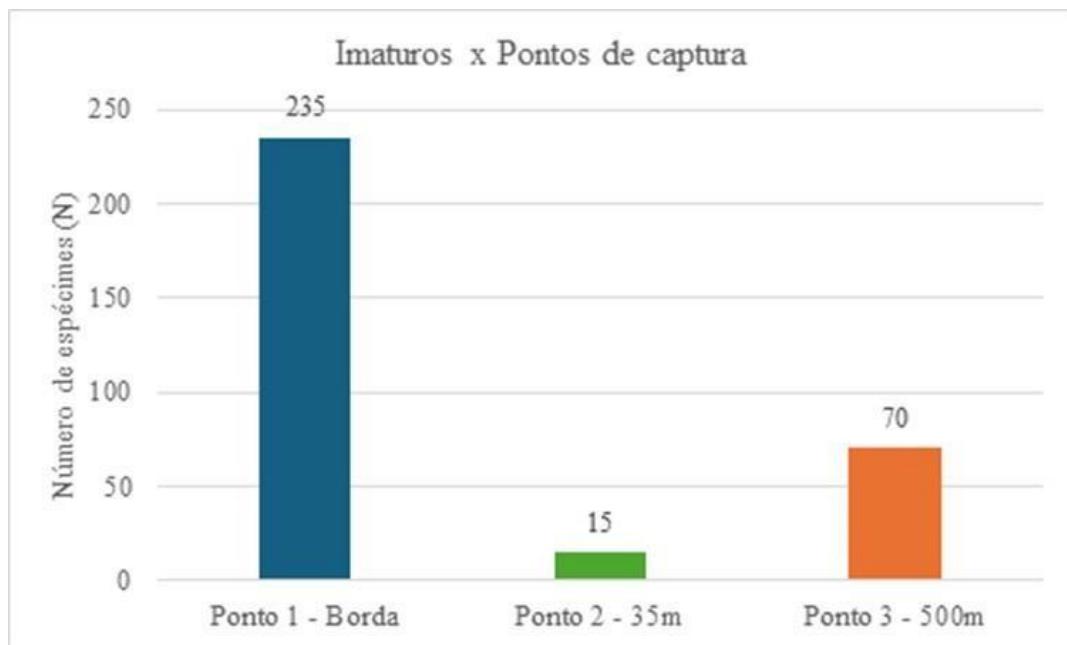


Figure 14. Número de indivíduos coletados por Pontos de captura no Parque Nacional da Tijuca, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de maio 2022 a dezembro de 2023.

6. DISCUSSÃO

A avaliação da variação dos parâmetros faunísticos de mosquitos em diferentes gradientes de mata é um estudo de importância bionômica, que visa compreender como a composição e a abundância das espécies de mosquitos variam em relação ao tipo e à cobertura vegetal da mata. Assim sendo, a escolha de diferentes gradientes de mata para o estudo com essa abordagem é de fundamental relevância nas interações que determinam a distribuição e abundância nos gradientes incluindo áreas de borda de mata, áreas intermediárias e áreas de interior de mata que podem representar uma variação significativa na cobertura vegetal e nas características ambientais.

O Parque Nacional da Tijuca tem características únicas quando comparado as demais unidades de conservação federais, além de proteger fragmentos de Mata Atlântica com alta diversidade biológica e em bom estado de conservação, abriga áreas naturais exuberantes. Trata-se de uma das maiores florestas urbanas do mundo, onde sua peculiaridade é a fusão entre o urbano e o natural (SNUC) (ICMBIO, 2008).

No PNT pôde-se observar que o ponto amostral de borda apresentou uma maior riqueza e diversidade, quando comparada com os pontos amostrais de 35 e 500m (Costa et al., 2002) ao analisar efeito de borda e influência de variáveis climáticas sob a distribuição da fauna de mosquitos em mata ciliar de uma área de preservação ambiental localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, relataram que a influência dos efeitos de bordas e as variações climáticas afetaram a composição das populações de mosquitos da área estudada. É possível hipotetizar que a influência exercida nas populações de mosquitos foi devido ao aumento na disponibilidade de fontes alimentares para os espécimes adultos e às condições climáticas para o desenvolvimento larval nos criadouros, como por exemplo a temperatura mais elevada.

Estudos na Amazônia constataram que os ambientes mais preservados e de transição apresentaram maiores abundâncias, enquanto a riqueza foi maior nas áreas de transição e antropizadas (borda) (Almeida et al., 2023), (Vieira et al., 2021). No entanto, (Almeida et al., 2023) afirmaram que pela particularidade de cada estudo (região, metodologia, entre outras variantes), é difícil mensurar a causa exata entre tais diferenças entre ambiente preservado e antropizado. No PNT, por exemplo, pôde-se observar que houve diferenças nas metodologias de captura, que podem ter influenciado no resultado das amostragens. A diferença da diversidade das espécies entre pontos amostrais borda, 500 e 35m, podem ser atribuídas as variações existentes no interior da mata como as variações na intensidade de interações biológicas, disponibilidade de recursos alimentares e condições microclimáticas (Brown, 2000; Morato, 2001).

O PNT, apresentou uma grande diversidade de culicídeos, dentre os quais se encontram espécies de relevância epidemiológica na transmissão de patógenos. *Haemagogus leucocelaenus* e *Sa. identicus* foram espécies encontradas que apresentam importância médica, tendo sido a primeira a mais abundante, seguida por *Sa. identicus*. Essas espécies já estiveram por muitas vezes envolvidas na transmissão do agente etiológico causador da Febre Amarela silvestre (Abreu et al., 2019; Bersot, 1907) entre outros diversos arbovírus. *Haemagogus leucocelaenus* é uma espécie notória por ser um dos vetores no surto de febre amarela que ocorreu no Brasil nos anos de 2016-2018 (Campos, 2021).

Dados sugerem que, considerando os níveis de alterações ambientais e os remanescentes de mata nativa, *Hg. leucocelaenus* apresenta maior capacidade de sobreviver à fase de transição ambiental. Relatos mostram que esta espécie pode estar presente em pequenas áreas de floresta semidecídua, matas de galeria mais abertas, ocorrendo ainda, em ambientes mais degradados por onde circulam humanos. Além disso, *Hg. leucocelaenus* pode predominar em manchas florestais secundárias e modificadas (Camargo et al., 2005; Cardoso, 2012; Abreu et al., 2019).

Esse significativo potencial de adaptabilidade da espécie, favorece para que a mesma ocorra desde fragmentos mais preservados, até aqueles mais alterados na borda da mata. *Sabethes identicus* é uma espécie de hábito silvestre, que se cria em bambu, em geral sendo coletada nas áreas mais profundas das florestas com a integridade da vegetação mais preservada (Bersot *et al.*, 2023). Neste estudo, esta espécie predominou com 52,7% dos indivíduos coletados no fragmento 500m.

As espécies *Wy. (Pho.) edwardsi* e *Li. durhamii* apareceram em seguida com os mais altos números de indivíduos capturados. (Alencar *et al.*, 2016) sugere que a presença de formas imaturas de *Wy. (Pho.) edwardsi* ocorra apenas em bromélias, indicando não haver variabilidade na escolha dos locais de oviposição. *Wyeomyia (Pho.) edwardsi* ocorreu em proporções similares nos três pontos amostrais analisados, demonstrando uma disponibilidade de habitats larvais semelhantes nos três gradientes de mata. Já *Li. durhamii* pode ser eclético na escolha do habitat para oviposição, reproduzindo-se em recipientes naturais ou artificiais, sendo capaz também de colonizar com sucesso recipientes artificiais em áreas preservadas (Almeida *et al.*, 2020; Bastos *et al.*, 2022). Este é o sabetíneo mais adaptável aos ambientes com diferentes graus de antropização (Consoli & Lourenço- de- Oliveira, 1994; Forattini, 2002). Neste estudo mais da metade dos indivíduos foi coletada a 500m, no entanto (Hendy *et al.*, 2023). encontrou esta espécie associada à borda da mata em reserva florestal na Amazônia.

Campos (2021) em um estudo realizado no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PNSO), estado do Rio de Janeiro, área de Floresta Atlântica, também observou predominância da espécie *Hg. leucocelaenus* (10%), e em 2020 *Li. durhamii* (14%) ocorreu entre as mais abundantes (Silva & Lozovei, 1998).

A fauna de culicídeos encontradas no PNT apresentou uma relativa riqueza com presença de algumas espécies de grande importância médica. Os estudos nessa região ainda são incipientes, todavia são necessários para fornecerem informações sobre a biodiversidade, e consequentemente, subsídios para a compreensão de aspectos epidemiológicos na transmissão de patógenos.

A Mata Atlântica, caracterizada por sua exuberante floresta tropical, abriga uma extraordinária riqueza de espécies vegetais e animais, muitos dos quais são encontrados apenas nessa região (ICMBIO, 2008). São numerosos os potenciais habitats larvais de mosquitos, que dispõem de ótimas condições para o desenvolvimento dos imaturos. Remanescentes florestais localizados em área urbana, podem oferecer condições para a manutenção de espécies de mosquitos por meio da oferta de criadouros e fontes alimentares de adultos. Criadouros naturais podem ser explorados por espécies silvestres, enquanto criadouros artificiais são introduzidos

pelo homem, multiplicando a diversidade de recipientes a serem utilizados como habitat larvais (Silva & Lozovei, 1998).

A fauna de imaturos do PNT apresentou diferenças em relação a natureza dos habitats larvais encontrados nos pontos amostrais, sendo a bromélia, o mais rico e diverso. Vale ressaltar que há na área do PNT uma grande variedade de bromélias, as quais podem atuar como criadouros para diferentes espécies de culicídeos. Cabe ressaltar que, as espécies mais abundantes nas bromélias foram *Wy. (Pho.) edwardsi* e *Culex ocellatus*. Esses resultados corroboram com (Docile *et al.*, 2017; Frank *et al.*, 1977; e Silva *et al.*, 2016). visto que espécies do gênero *Wyeomyia* utilizam locais específicos de oviposição, incluindo bromélias epífitas, e recipientes naturais ou artificiais. (Cardoso *et al.*, 2015). analisaram a fauna de mosquitos que desenvolvem em bromélias no Parque Nacional do Itatiaia e constataram 10 espécies do gênero *Culex* spp. (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). citam a presença de *Cx. ocellatus* em bromélias terrestres e localizadas em ambientes pouco ensolarados. E assim como observado neste estudo, (Marques & Forattini, 2008) também observaram esses culicídeos sendo frequentes em criadouros em bromélia no município de Ilhabela, estado de São Paulo.

Considerando os espécimes de *Culex* coletados e identificados até nível específico, todos estavam associados aos habitats larvais naturais (Bromélias, poças, ocos de árvores) compactuando com os resultados de (Lourenço-de-Oliveira *et al.*, 1986; Consoli & Lourenço-de- Oliveira, 1994). que relataram *Culex* (*Microculex*) sp. restritos a habitats naturais, principalmente bromélia. (Muller & Marcondes, 2006). também indicaram a predominância de *Culex* (*Microculex*) sp. em todas as espécies de bromélias investigadas em área de mata preservada em Santa Catarina. A espécie mais abundante foi *Cx. dolosus*, que apresenta bionomia, distribuição geográfica e ecologia pouco conhecidas (Senise, 2008).

Imaturos desta espécie já foram encontrados em criadouros naturais e artificiais, permanentes e temporários (Senise, 2007). sendo que no nosso estudo foi abundante no criadouro poça. Os demais imaturos abundantes, foram *Wyeomyia aporonoma* (Dyar & Knab, 1906). ocorrendo exclusivamente em oco de árvore, e *Li. durhamii*, que estavam presentes exclusivamente em habitats larvais artificiais, comportamentos típicos para ambas as espécies (Consoli & Lourenço- de- Oliveira, 1994; Forattini, 2002). Dessa forma, considerando a variedade de habitats larvais presentes no PNT, podemos inferir que o tipo de recipiente (natural ou artificial) pode influenciar a composição e abundância da fauna de mosquitos.

7. CONCLUSÃO

Estudos de mosquitos em ambientes florestais são fundamentais, principalmente por fornecer informações valiosas sobre a ecologia das espécies que ocupam esses habitats e seus padrões de distribuição. Esses conhecimentos são essenciais para detectar possíveis mudanças de comportamento nas populações ao longo do tempo e para a compreensão dos riscos de patógenos transmitidos por esses insetos (Guimarães *et al.*, 2000; Eisen, *et al.*, 2013).

Realizou-se neste trabalho um levantamento faunístico detalhado das espécies de mosquitos no Parque Nacional da Tijuca, identificando 27 espécies, com destaque para *Haemagogus leucocelaenus* e *Sabethes identicus*, que são vetores relevantes de patógenos. Houve uma variação significativa na diversidade e abundância de espécies entre os pontos amostrais, sendo o ponto de borda (ponto 1) o que apresentou maior riqueza e diversidade. Este levantamento foi essencial para entender a distribuição das espécies e os riscos associados a essas populações no parque.

No que diz respeito ao mapeamento e classificação dos habitats larvais, os criadouros naturais e artificiais foram investigados, com as bromélias se destacando como o habitat mais diverso e rico. Espécies como *Wyeomyia edwardsi* e *Culex ocellatus* foram as mais abundantes nesses habitats. Essa análise revelou a importância dos criadouros naturais para a manutenção da biodiversidade, reforçando a necessidade de preservação desses ambientes para a continuidade dos ciclos de vida das espécies. A análise da diversidade dos mosquitos utilizando diferentes métodos de captura demonstrou a eficácia de cada um na amostragem de espécies específicas. A armadilha de Shannon, por exemplo, capturou maior número de *Haemagogus leucocelaenus*, enquanto outros métodos, como a armadilha luminosa CDC com CO₂ e a atração humana protegida (ATHP), também tiveram relevância na diversidade capturada. Isso indicou que diferentes técnicas de captura podem complementar-se para um levantamento mais abrangente das espécies.

A avaliação da riqueza, diversidade e equitabilidade entre os pontos amostrais evidenciou que o ponto 1, localizado na borda do parque, apresentou maior riqueza e diversidade, enquanto o ponto 2, localizado a 35 metros da borda, demonstrou menor diversidade, com dominância de espécies como *Wyeomyia edwardsi* e *Limatus durhamii*. Isso reforça a influência dos efeitos de borda na composição das comunidades de mosquitos, destacando a necessidade de estratégias de manejo ambiental diferenciadas para áreas de transição.

Por fim, ao comparar as populações de mosquitos entre habitats larvais naturais e artificiais, foi observado que os habitats naturais, como bromélias e poças, suportam maior diversidade e abundância de mosquitos. Espécies como *Culex dolosus* e *Wyeomyia aporronoma* foram encontradas exclusivamente nesses habitats naturais, evidenciando a importância dos mesmos na manutenção das populações de mosquitos.

Em conclusão, a dissertação destaca a complexidade das interações ecológicas dos mosquitos e a importância crítica de preservar os habitats naturais para sustentar a biodiversidade dessas espécies. A proteção e conservação dos criadouros naturais não só favorecem a diversidade biológica, mas também contribuem para o controle das populações de vetores, o que tem implicações diretas na saúde pública e no equilíbrio ecológico do Parque Nacional da Tijuca.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. V. S. et al.** *Haemagogus leucocelaenus* and *Haemagogus janthinomys* are the primary vectors in the major yellow fever outbreak in Brazil, 2016–2018. *Emerging Microbes & Infections*, v. 8, p. 218–231, 2019. DOI: 10.1080/22221751.2019.1568180.
- ALENCAR, J. et al.** Biodiversity and temporal distribution of immature Culicidae in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. *PLoS ONE*, v. 11, n. 7, e0159240, 2016.
- ALMEIDA, J. F. et al.** Change in the faunal composition of mosquitoes (Diptera: Culicidae) along a heterogeneous landscape gradient in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, v. 18, n. 7, e0288646, 2023.
- ALMEIDA, J. F. et al.** Diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected in different types of larvitrap in an Amazon rural settlement. *PLoS ONE*, v. 15, p. 1–15, 2020.
- BASTOS, A. Q. et al.** Diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Bom Retiro Private Natural Heritage Reserve, Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, v. 59, n. 2, p. 446–453, 2022.
- BECKER, N. et al.** *Mosquitoes and Their Control*. Springer, 2010.
- BENNETT, E. M. et al.** Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 14, p. 76–85, 2015. DOI: 10.1016/j.cosust.2015.03.007.

BERSOT, M. I. L. Aspectos bionômicos de *Sabettus* (*Peytonulus*) *identicus* Dyar & Knab, 1907 (Diptera: Culicidae) em laboratório. Trabalho de conclusão de curso, Fundação Oswaldo Cruz, 2014.

BERSOT, M. I. L. et al. Biological and behavioral features and colonization of the sylvatic mosquito *Sabettus identicus* (Diptera: Culicidae). *PLoS ONE*, v. 18, n. 12, e0296289, 2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 2000.

BROWN, K. S. Jr. Insetos indicadores da história, composição, diversidade, e integridade de matas ciliares tropicais. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Editora da USP/FAPESP, São Paulo, Brasil, 2000. p. 250–262. ISBN 9788531405679.

CADENASSO, M. L.; PICKETT, S. T. A. Effect of edge structure on the flux of species into forest interiors. *Conservation Biology*, v. 15, n. 1, p. 91–97, 2001.

CAMARGO-NEVES, V. L. F. et al. Entomological investigation of a sylvatic yellow fever area in São Paulo State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 21, n. 4, p. 1278–1286, 2005.

CAMPOS, J. A. R. Diversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) com ênfase na fauna de importância epidemiológica da área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, 2021.

CARDINALE, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, v. 486, p. 59–67, 2012. DOI: 10.1038/nature11148.

CARDOSO, C. A. A. et al. Mosquitoes in bromeliads at ground level of the Brazilian Atlantic Forest: the relationship between mosquito fauna, water volume, and plant type. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 108, p. 449–458, 2015. DOI: 10.1093/aesa/sav040.

CARDOSO, J. D. C. et al. New records of *Anopheles homunculus* in Central and Serra do Mar Biodiversity Corridors of the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of the American Mosquito Control Association*, v. 28, p. 1–5, 2012.

CHAUDHARY, A.; MOOERS, A. Terrestrial vertebrate biodiversity loss under future global land use change scenarios. *Sustainability*, v. 10, p. 2764, 2018. DOI: 10.3390/su10082764.

CIDE. Índice de Qualidade dos Municípios – Verde (IQM – Verde). Rio de Janeiro, 2000.

CLEMENTS, A. N. *The Biology of Mosquitoes, Volume 1: Development, Nutrition and Reproduction*. Chapman & Hall, 1992.

CLEMENTS, A. N. *The Biology of Mosquitoes, Volume 2: Sensory Reception and Behaviour*.

- CABI Publishing, 1999.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. de.** *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil, 1994. 225 p. ISBN 9788575412909.
- COSTA, L. N. P. et al.** Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity along a rainy season and edge effects in a riparian forest in Southeastern Brazil. *Austral Ecology*, v. 48, p. 41–55, 2023.
- DAVIES-COLLEY, R. J.; PAYNE, G. W.; VAN ELSWIJK, M.** Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology*, v. 24, p. 111–121, 2000.
- DEAN, W.** *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. University of California Press, 1995.
- DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H.** Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, v. 31, n. 1, p. 17–30, 1999.
- DINIZ, Diego Felipe Araujo.** *Avaliação da diapausa e quiescência em populações naturais de Aedes aegypti e Aedes albopictus*. 2018. Tese (Doutorado). Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2018.
- DOCILE, T. N. et al.** Frequency of Aedes sp. Linnaeus (Diptera: Culicidae) and associated entomofauna in bromeliads from a forest patch within a densely urbanized area. *Neotropical Entomology*, v. 46, p. 613–621, 2017. DOI: 10.1007/s13744-017-0498-y.
- EISEN, L. et al.** What is the risk for exposure to vector-borne pathogens in United States national parks? *Journal of Medical Entomology*, v. 50, p. 221–230, 2013. DOI: 10.1603/ME12228.
- FAGAN, W. F. et al.** Edges and extinction: spatial dynamics of a biological invasion. *The American Naturalist*, v. 153, n. 2, p. 165–178, 1999.
- FAHRIG, L.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, p. 487–515, 2003.
- FARNESI, L. C. et al.** Role of egg buster in hatching of Aedes aegypti. *Journal of Medical Entomology*, v. 56, n. 2, p. 533–536, 2019.
- FAY, R.** Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, v. 468, p. 647–652, 2010. DOI: 10.1038/nature09575.
- FORATTINI, O. P.** *Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia*. Editora da Universidade de São Paulo, 2002.
- FRANKLIN, J. F. et al.** Importance of edge effects in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, v. 12, p. 471–479, 1998.
- GEORGE, Marcely Silva.** *As fascinantes microestruturas encontradas nas superfícies dos*

ovos de mosquitos: o que elas nos revelam? 2019. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2019.

GIBBS, J. P. et al. The role of habitat fragmentation in the conservation of tropical forest birds. *Ecology*, v. 83, n. 6, p. 1882–1897, 2002.

HADDAD, N. M. et al. Human-modified landscapes, habitat fragmentation, and the ecology of mosquitoes: A review. *Ecology and Evolution*, v. 9, n. 9, p. 6217–6231, 2019. DOI: 10.1002/ece3.5294.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, 2008.

INVIVO. *Biologia do Aedes aegypti*. Fiocruz, 2021.

INTECHOPEN. *Ecology of Larval Habitats*. 2021.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. *The IUCN Red List of Threatened Species*.

JACOBY, D. M. P.; SPENCE, J. R.; HARRIS, C. J. The role of biotic interactions in the community structure of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an urbanized landscape. *Canadian Journal of Zoology*, v. 89, p. 537–546, 2011. DOI: 10.1139/z11-026.

JONES, K. R. et al. The impact of conservation interventions on human wellbeing. *Nature Sustainability*, v. 2, p. 556–568, 2019. DOI: 10.1038/s41893-019-0270-6.

KERR, J. T. et al. Using functional diversity to assess the impact of habitat fragmentation on biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, v. 48, p. 1623–1630, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2011.02016.x.

LUCAS, J. et al. Urbanization and its impact on the biodiversity of the Culicidae family. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, n. 8, p. 1–11, 2020. DOI: 10.1007/s10661-020-08547-5.

MARTINS, A. J. et al. Risk assessment for mosquito-borne diseases and vector control strategies. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 12, n. 6, e0006314, 2018.

MCCALL, P. J. et al. Conservation of tropical biodiversity and the role of protected areas. *BioScience*, v. 58, n. 7, p. 639–649, 2008.

MONTANARI, G. G. et al. Mosquito-borne diseases: Environmental impact and management in urban areas. *Journal of Vector Ecology*, v. 35, n. 1, p. 34–41, 2010. DOI: 10.3376/1081-1710(2010)35[34]2.0.CO;2.

MOREIRA, J. B. et al. Mosquito diversity and abundance in urban and forested areas in the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica*, v. 50, n. 1, p. 65–73, 2020. DOI: 10.1590/1809-4392201904070.

- MULLER, G. et al.** A study of mosquito species in the Atlantic Forest of Brazil with emphasis on vector species. *Journal of Vector Ecology*, v. 43, n. 1, p. 117–124, 2018.
- OLIVEIRA, J. et al.** Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of the Atlantic Forest, Brazil: an overview of species composition and abundance. *PLOS ONE*, v. 14, n. 5, e0217120, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0217120.
- REINERT, J. F. et al.** Field and laboratory studies on the mosquito fauna of the Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, v. 39, n. 2, p. 231–242, 2014.
- REZENDE, Gustavo.** Estudo identifica construção da casca impermeável dos ovos de mosquitos. *Fiocruz*. 2010.
- RODRIGUES, A. R. et al.** Ecological responses of mosquitoes to deforestation and habitat fragmentation. *Ecology and Evolution*, v. 8, n. 10, p. 5024–5034, 2018. DOI: 10.1002/ece3.4150.
- SOUZA, D. A. et al.** New insights into the mosquito fauna of the Atlantic Forest, Brazil: Implications for disease control. *Parasites & Vectors*, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2019. DOI: 10.1186/s13071-019-3764-0.
- STARK, J. D. et al.** Effects of habitat fragmentation on mosquito populations and disease transmission. *Journal of Applied Ecology*, v. 56, n. 4, p. 793–802, 2019. DOI: 10.1111/1365-2664.13347.
- WALTHER, G. R. et al.** The effect of climate change on the distribution of mosquito-borne diseases. *Ecological Applications*, v. 18, n. 5, p. 1042–1054, 2008. DOI: 10.1890/07-1440.1.

Article

Assessment of the Variation in Faunistic Parameters of Mosquitoes (Culicidae: Diptera) across Different Forest Gradients in the Tijuca National Park Area, Rio de Janeiro, Brazil

Nilton Henrique Fonseca do Nascimento^{1,2}, Paulo José Leite¹, Júlia dos Santos Silva¹, Hélcio Reinaldo Gil-Santana¹, Roger Pimentel Barbosa¹, Cecilia Ferreira de Mello¹ and Jerônimo Alencar^{1*}

¹ Laboratório de Diptera, Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz), Avenida Brasil 4365, Manguinhos, 21040-360, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro RJ, Brasil

* Correspondence: E-mail: jalencar@ioc.fiocruz.br

Abstract: The assessment of mosquito diversity in remnants of the Atlantic Forest, considered biodiversity hotspots, is crucial for studying patterns of behavior and adaptation, performing environmental monitoring, and public health. These studies provide valuable insights into the ecology and biology of these insects, contributing to a better understanding of forest ecosystems and the interactions among the species that inhabit them. The present study aimed to assess the variation in faunistic parameters of abundance, richness, diversity, and evenness along an environmental gradient. This gradient extends from the edge toward the interior of the fragment. The research tested the hypothesis that edge effects influence the distribution of mosquito species in the Tijuca National Park. Sampling was carried out from May 2022 to December 2023, occurring monthly over two consecutive days within the park area. Three different sampling points within the conservation unit were selected: sampling point 1, forest edge; sampling point 2, 35 meters from the edge; sampling point 3, 500 meters from the edge, representing different distance gradients. Mosquitoes were captured using CDC light traps with CO₂, Shannon traps, and human-protected attraction; the combination of these traps provided a representative sampling of the diversity of adult mosquitoes present in the study area. Active search for immatures was performed in larval habitats using pipettes and entomological scoops. During the sampling period, a total of 1004 specimens were collected, comprising 320 immatures and 684 adults, representing 27 species. Statistical analyses showed that abundance and richness along the established gradient were not uniform among sampling points. The Kruskal-Wallis test identified two distinct sampling points: the forest edge (point 1) and the location 35 meters from the edge (point 2). The sampling point at the forest edge exhibited the highest levels of species richness, diversity, and evenness. However, given the brief duration of this study, it is crucial to expand the sampling efforts by increasing both the number and frequency of traps and collections. Such enhancements are essential to achieve a more thorough understanding of the ecological patterns and processes at play.

Keywords: Diversity; edge effect; conservation unit; bioindicator

1. Introduction

The remnants of the Atlantic Forest play a crucial role in biodiversity conservation, hosting a wide array of plant and animal species, including the Culicidae [1]. Although this ecosystem is notably rich in biodiversity, it currently faces alarming destruction of its remnants [2]. Therefore, there is an urgent need to expand faunistic inventories, including surveys of the entomofauna. In this context, the conservation and proper management of the Atlantic Forest remnants are essential to ensure the preservation of mosquito biodiversity and, consequently, the balance of ecosystems and public health [3].

Parallelly, the study of mosquito diversity in remnants of the Atlantic Forest is also essential for assessing the risks of pathogen transmission by these insects, such as dengue, Zika, yellow fever, and other arboviruses [3,4]. Changes in the composition and abundance of mosquito species can influence the epidemiology of these diseases, affecting their incidence and geographical distribution. Studies adopting these approaches enable the identification of areas with higher vulnerability and the development of effective vector control strategies. These contributions are crucial for mitigating the impacts of human activities on ecosystems and promoting both environmental and human health.

Environmental fragmentation, or habitat fragmentation, leads to the creation of forest edges, which are the areas most exposed to human activities. In contrast, the forest interior contains a higher density of natural vegetation [5,6].

Edge effects are classified into two main categories: abiotic (or physical) and biological, with the latter further divided into direct and indirect effects. Abiotic influences encompass changes in environmental climatic factors, causing the edge zone to experience heightened exposure to wind, elevated temperatures, reduced humidity, and intense solar radiation [7,8].

Direct biological effects refer to changes in species abundance and distribution caused by abiotic influences near the forest edge, such as increased population density driven by higher primary productivity from elevated solar radiation levels [9]. Conversely, indirect effects involve alterations in species interactions, including competition, predation, parasitism, herbivory, seed dispersal, and pollination [10].

The environmental changes caused by various cycles of human activity have been altering the population dynamics of vector insects over the years. Frequently, species of insect groups that once had typically wild habits have adapted to urban areas and, consequently, to coexisting with humans [11].

The loss of global biodiversity has enormous consequences for ecosystem functioning and human health [12]. Titeux et al. [13] report that biodiversity impacts are primarily related to climate change, with the main factor being habitat destruction and degradation through human land use [14]. Consequently, anthropogenic impacts can influence biodiversity both positively and negatively. Positive effects may arise from the introduction of species or restoration efforts, while negative effects can lead to biotic homogenization and the loss of native biodiversity [15,16].

These fragments undergo alterations in their physical, chemical, and biological parameters, such as energy availability and the movement of organisms between environments [17]. These modifications in the outer areas of forest fragments, caused by human activities, are referred to as edge effects [18]. Changes in biodiversity can influence the transmission of various pathogens between humans and animals, highlighting the need to understand these processes to predict and mitigate disease outbreaks [19]. While high biodiversity can increase the chances of potential hosts for new pathogens, it can also reduce the transmission of other diseases [20].

The present study aimed to evaluate the variation in faunistic parameters such as abundance, richness, diversity, and evenness of mosquito species across different forest gradients, comparing edge areas and forest interiors of an Atlantic Forest remnant in the city of Rio de Janeiro, state of Rio de Janeiro, Brazil.

2. Material and Methods

2.1. Ethics Statement

We declare that all collection, capture, and transport activities involving zoological material conducted during this study adhered to ethical standards and complied with current environmental legislation. The permanent license to conduct these activities was granted by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) and the Biodiversity Authorization and Information System (SISBIO) No. 81388-3.

2.2. Study Area

Sampling was conducted from May 2022 to December 2023, with monthly sessions over two consecutive days in Tijuca National Park (TNP), located in the city of Rio de Janeiro, state of Rio de Janeiro, Brazil. TNP is a critically important environmental preservation area for biodiversity conservation in the region. The Tijuca Forest, specifically, is one of the largest remnants of the Atlantic Forest within the urban perimeter of Rio de Janeiro, hosting a rich diversity of fauna and flora. The region's climate is tropical Atlantic, classified as Aw under the Köppen system, featuring dry winters and rainy summers.

Temperatures range between 18°C and 26°C, with increasing thermal amplitudes further south in the state. In the summer, a period of abundant precipitation, the annual rainfall exceeds 1,200 mm. The interannual precipitation regime in the city and state of Rio de Janeiro, as in much of the southeastern region, can be influenced by the combined El Niño/Southern Oscillation (ENSO) mechanism [21]. Rainfall is abundant, with a concentration in the summer (December to March) and a dry period in the winter (June to August) (PNT 2020). The predominant vegetation is secondary Dense Ombrophilous Forest, without palms, and in an advanced state of regeneration [22].

2.3. Experimental Design

Three sampling points were selected within the TNP conservation unit, each located at varying distances from the forest edge. The chosen sampling points were designated as follows: sampling point 1, forest edge; sampling point 2, 35 meters from the edge; sampling point 3, 500

meters from the edge. These points represent different distance gradients relative to the forest edge, as follows:

Sampling point 1 (S 22°56'50.80" W 43°17'29.90"): This fragment is located near the forest edge, where interaction with human activities and exposure to external environmental factors, such as light and noise, are higher. The edge area can be characterized by a gradual transition between the forest and open areas, potentially exhibiting unique ecological characteristics.

Sampling point 2 (S 22°56'50.50" W 43°17'31.13"): This fragment is located 35 meters from the forest edge. In this area, a moderate edge influence is expected, with some characteristics similar to the edge area but with greater penetration of the forest's natural vegetation.

Sampling point 3 (S 22°56'57.37" W 43°17'37.68"): This fragment is located 500 meters from the forest edge, representing an area closer to the forest interior. At this point, conditions are expected to be more reflective of the forest's natural environment, with less influence from human activities and typical characteristics of forest interior areas (Figure 1).

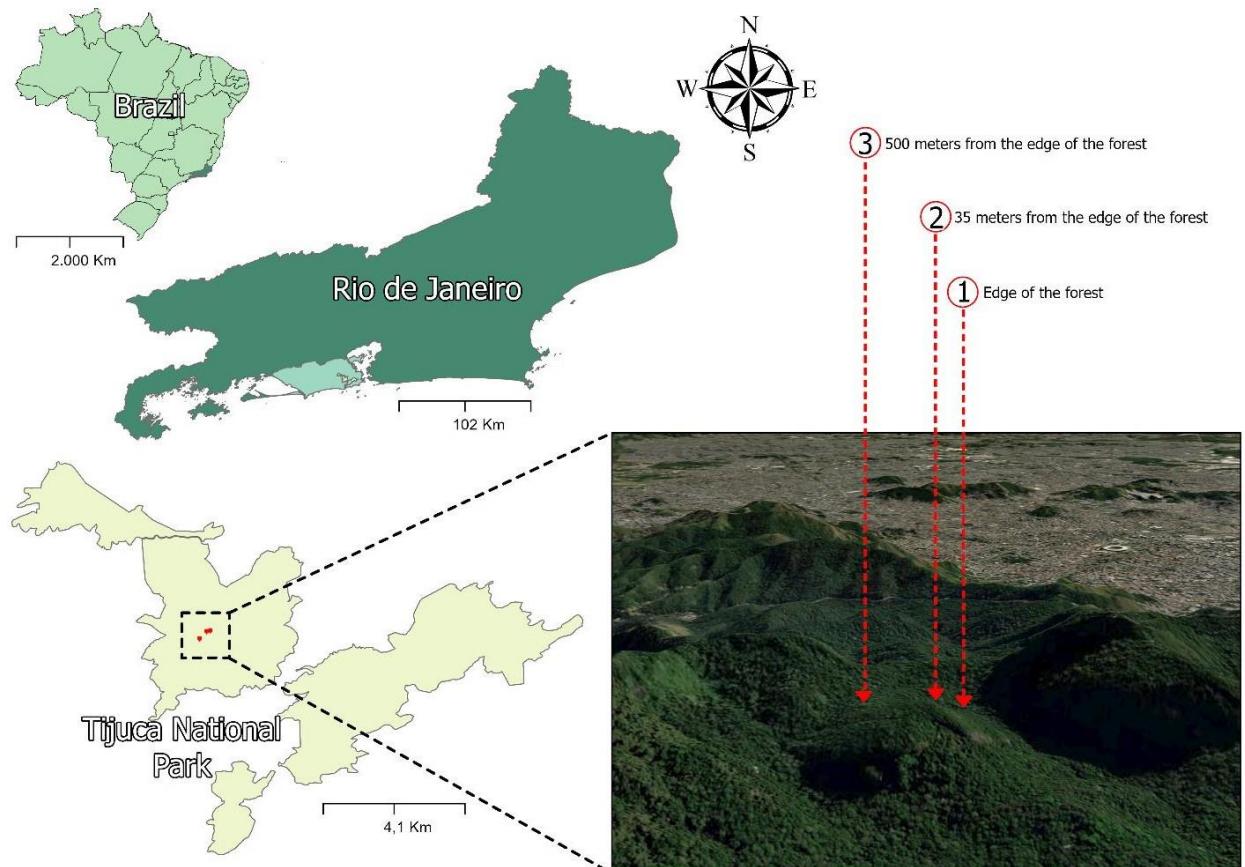


Figure 1. Arrangement of mosquito sampling sites in Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil. Maps were prepared using QGIS 3.14.16 and edited in Adobe Photoshop CS5. Reprinted from QGIS 3.14.16, a program under CC BY license, Fiocruz, original copyright 2022.

The selection of these sampling points allowed us to investigate how proximity to the forest edge influences the abundance, diversity, and distribution of mosquito species. This gradient approach provides important insights into the effects of forest fragmentation on mosquito ecology and contributes to a better understanding of ecological processes

in conservation areas. Two trained individuals equipped with Personal Protective Equipment (PPE) collected all mosquito specimens, ensuring the researchers' safety during field activities.

2.4. Adult Collection Methods

Adult mosquitoes were captured using various specific techniques to maximize efficiency and sample representativeness. The following traps were employed: CDC light traps with CO₂, Shannon light traps, and human-protected attraction (HPA). This combination of methods provided a comprehensive and representative sampling of the diversity of adult mosquitoes present in the study area.

The total study period amounted to a sampling effort of 276 hours, divided as follows: 156 hours with CDC light traps with CO₂, 48 hours with Shannon traps, 72 hours with HPA, and 72 hours of active search for immature forms. Two CDC light traps with CO₂ (baited with 200g of dry ice) were installed 1 meter above the ground at each sampling point, spaced about 5 meters apart. Captures were conducted during two periods: morning/afternoon (diurnal) and from twilight (nocturnal). At the end of each sampling period, the trap nets were replaced.

Sampling using the Shannon trap lasted two hours, from 18:00 to 20:00. The HPA was conducted during morning/afternoon (diurnal) and from twilight (nocturnal) at all sampling points, using an entomological net and Castro aspirator, with each collection effort lasting approximately 60 minutes.2.5.

2.5. Immature Collection Methods

Active searches for immature stages in larval habitats were conducted at the same sampling points where adult specimens were captured. These searches targeted all larval habitats found, both natural (bromeliads, tree holes, and water puddles) and artificial (plastic pots). Immature forms were collected using an entomological scoop, a manual aspirator, and a polyethylene pipette, and transferred to 250 ml plastic bags (Whirl-Pak® bags, BioQuip®).

The samples were identified by location, date, type of larval habitat, and water volume, and then transported to the laboratory. In the laboratory, the larvae were kept in white polyethylene basins containing water from their original collection reservoir, supplemented with dechlorinated water. In cases of evaporation, the pupae were transferred to small vials and kept until they reached the adult stage.

2.6. Specimen Identification

The identification of mosquito species was based on direct observation of morphological characteristics, using both stereomicroscope and optical microscope techniques. Dichotomous keys developed by Lane [23], Consoli & Lourenço-de-Oliveira [24], and Forattini [25], as well as consultations with species descriptions/diagnoses, were utilized.

2.7. Statistical Analyses

To evaluate and compare differences in mosquito population compositions at each adult sampling point, the Shannon-Wiener Diversity Index (H') was used [26]. This same index was also employed to assess and compare differences in the compositions of each type of larval habitat.

A t-test, with a significance level of 5%, was calculated to determine if there were significant differences between the diversity indices, using the software Past 3.16 [27].

Evenness (J), which refers to the distribution of individuals among species and is proportional to diversity and inversely proportional to dominance (D), was also evaluated. The index of species abundance (ISA) was used to identify the most abundant species of adult specimens, and it was converted to a scale between zero and one by the standardized index of species abundance (SISA), following the definitions of Roberts & Hsi [28]. In this index, a value of 1 corresponds to the most abundant species.

The Kruskal-Wallis test, with a significance level of $p < 0.05$, was employed to evaluate significant differences between mosquito populations in different capture areas and larval habitats, using IBM® SPSS® Statistics Version 23 software. Dunn's post-hoc test was then used to assess potential differences between sampling points concerning the abundance of captured adult mosquitoes and collected immatures.

3. Results

3.1. Adults

A total of 684 mosquito specimens, representing 23 species, were collected (Table 1). Nine taxa had occurrence percentages equal to or greater than 1%. Among these, some species have frequently been identified as vectors of pathogens, notably *Haemagogus leucocelaenus* (Dyar & Shannon, 1924), and *Sabettus identicus* Dyar & Knab, 1907 (Table 1). Among the less abundant species, *Ae. albopictus* (Skuse, 1895), *Aedes scapularis* (Rondani, 1948) *Ae. serratus* (Theobald, 1901), and *Wyeomyia confusa* (Lutz, 1905) are highlighted.

Based on the results of Dunn's test comparing the capture methods used in the samplings, the Shannon light trap significantly differed from both the CDC light trap with CO₂ ($p = 0.012$) and the HPA method ($p = 0.000$). Analysis of mosquito fauna using the t-test revealed no significant differences in diversity (H') among the capture methods (HPA, CDC with CO₂, and Shannon) ($p > 0.05$). The CDC light trap sampling showed a higher abundance of *Limatus durhamii* Theobald, 1901 (22.09%), distinguishing it from the HPA and Shannon methods, which showed higher abundances of *Hg. leucocelaenus* (19.36%) and (22.22%), respectively (Table 2).

The sampling point with the highest S , H' , and J values was point 1 – forest edge ($S = 20$, $H' = 2.434$, and $J = 0.812$). The lowest diversity was observed at point 2 – 35m from the edge ($H' = 1.884$), which also had the lowest richness ($S = 12$) and consequently the highest dominance ($D = 0.191$). At this point, *Wyeomyia (Phoniomyia) edwardsi* (Lane & Cerqueira, 1942), *Limatus durhamii*, and *Hg. leucocelaenus* represented 16.78%, 13.29%, and 11.19% of the total individuals collected, respectively (Table 1).

An evaluation of the diversity among the sampling points revealed a significant difference between the forest edge and both the 500m and 35m from the edge points. However, the last two points were not significantly different according to the t-test for H' at a 5% probability level.

Table 1. Absolute values (N), percentages (%), and ecological indices (richness, dominance, diversity, and Pielou's evenness) by collection site (sampling point 1, forest edge; sampling point 2, 35m from the edge; sampling point 3, 500m from the edge) of culicids collected in the Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, from May 2022 to December 2023.

| Species | Forest edge | | 35m | | 500m | | Total | |
|---------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % |
| <i>Ae. (Stg.) albopictus</i> | 3 | 1.10% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 4 | 0.58% |
| <i>Ae. (Och.) scapularis</i> | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 2 | 0.29% |
| <i>Ae. (Och.) serratus</i> | 0 | 0.00% | 1 | 0.70% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Aedes</i> spp. | 2 | 0.70% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 3 | 0.44% |
| <i>Ae. (Pro.) terrens</i> | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 2 | 0.70% | 3 | 0.44% |
| <i>Cx. ocellatus</i> | 3 | 1.10% | 2 | 1.40% | 0 | 0.00% | 5 | 0.73% |
| <i>Cx. (Car.) iridescent</i> | 2 | 0.70% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 2 | 0.29% |
| <i>Cx. (Cux.) dolosus</i> | 8 | 2.90% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 8 | 1.17% |
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 3 | 1.10% | 3 | 0.44% |
| <i>Cx. (Mcx.) retrofusus</i> | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 1 | 0.15% |
| <i>Culex (Mcx.)</i> spp. | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 1 | 0.15% |
| <i>Culex</i> spp. | 7 | 2.60% | 3 | 2.10% | 4 | 1.50% | 14 | 2.05% |
| <i>Hg. (Con.) leucocelaenus</i> | 43 | 15.70% | 16 | 11.19% | 44 | 16.50% | 103 | 15.06% |
| <i>Li. durhamii</i> | 16 | 5.80% | 19 | 13.29% | 38 | 14.20% | 73 | 10.67% |
| <i>On. personatum</i> | 2 | 0.70% | 1 | 0.70% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Sa. (Sab.) albiprivus</i> | 3 | 1.10% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Sa. (Sab.) cyaneus</i> | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Sa. (Pey.) identicus</i> | 29 | 10.60% | 15 | 10.49% | 49 | 18.40% | 93 | 13.60% |
| <i>Sa. (Sbn.) intermedius</i> | 4 | 1.50% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 4 | 0.58% |
| <i>Sabethes</i> spp. | 4 | 1.50% | 1 | 0.70% | 4 | 1.50% | 9 | 1.32% |
| <i>Tr. digitatum</i> | 3 | 1.10% | 3 | 2.10% | 5 | 1.90% | 11 | 1.61% |
| <i>Tr. pallidiventer</i> | 9 | 3.30% | 2 | 1.40% | 5 | 1.90% | 16 | 2.34% |
| <i>Trichoprosopon</i> spp. | 7 | 2.60% | 8 | 5.59% | 14 | 5.20% | 29 | 4.24% |
| <i>Ru. (Run.) reversa</i> | 9 | 3.30% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 10 | 1.46% |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 5 | 1.80% | 1 | 0.70% | 8 | 3.00% | 14 | 2.05% |
| <i>Wy. aporronoma</i> | 7 | 2.60% | 0 | 0.00% | 11 | 4.10% | 18 | 2.63% |
| <i>Wy. (Prl.) confusa</i> | 3 | 1.10% | 2 | 1.40% | 0 | 0.00% | 5 | 0.73% |
| <i>Wyeomyia (Den.)</i> spp. | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 1 | 0.15% |
| <i>Wy. serrata</i> | 0 | 0.00% | 1 | 0.70% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 26 | 9.50% | 24 | 16.78% | 23 | 8.60% | 73 | 10.67% |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> spp. | 7 | 2.60% | 1 | 0.70% | 0 | 0.00% | 8 | 1.17% |
| <i>Wyeomyia</i> spp. | 69 | 25.20% | 43 | 30.07% | 50 | 18.70% | 162 | 23.68% |
| Total | 274 | 100.00% | 143 | 100.00% | 267 | 100.00% | 684 | 100.00% |
| Richness (S) | 20 | | 12 | | 15 | | | |
| Shannon Diversity (H') | 2.434 | | 1.884 | | 1.921 | | | |
| Pielou's Evenness (J) | 0.812 | | 0.758 | | 0.709 | | | |
| Dominance (D) | 0.124 | | 0.191 | | 0.188 | | | |

Table 2. Absolute values (N) and ecological indices (Richness, Dominance, Shannon Diversity, and Pielou's Evenness) by capture method (human-protected attraction, CDC light trap, and Shannon light trap) of culicids collected from Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, from May 2022 to December 2023.

| Species | HPA | | CDC | | Shannon | | Total | |
|--------------------------------|-----|-------|-----|-------|---------|-------|-------|-------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % |
| <i>Aedes (Stg.) albopictus</i> | 3 | 0.74% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 4 | 0.58% |
| <i>Aedes (Och.) scapularis</i> | 1 | 0.25% | 0 | 0.00% | 1 | 3.70% | 2 | 0.29% |
| <i>Aedes (Och.) serratus</i> | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Aedes</i> spp. | 2 | 0.49% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Aedes (Pro.) terrens</i> | 2 | 0.49% | 0 | 0.00% | 1 | 3.70% | 3 | 0.44% |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|---------|-------|---------|--------------|---------|-----|---------|
| <i>Culex ocellatus</i> | 5 | 1.23% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 5 | 0.73% |
| <i>Culex (Car.) iridesces</i> | 0 | 0.00% | 2 | 0.80% | 0 | 0.00% | 2 | 0.29% |
| <i>Culex (Cux.) dolosus</i> | 7 | 1.72% | 0 | 0.00% | 1 | 3.70% | 8 | 1.17% |
| <i>Culex (Mcx.) hedys</i> | 3 | 0.74% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Culex (Mcx.) retrosus</i> | 1 | 0.25% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Culex (Mcx.) spp.</i> | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Culex</i> spp. | 0 | 0.00% | 11 | 4.42% | 3 | 11.11% | 14 | 2.05% |
| <i>Hg. (Con.) leucocelaenus</i> | 79 | 19.36% | 18 | 7.23% | 6 | 22.22% | 103 | 15.06% |
| <i>Li. durhamii</i> | 18 | 4.41% | 55 | 22.09% | 0 | 0.00% | 73 | 10.67% |
| <i>On. personatum</i> | 3 | 0.74% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Sa. (Sab.) albiprivus</i> | 2 | 0.49% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 3 | 0.44% |
| <i>Sa. (Sab.) cyaneus</i> | 1 | 0.25% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Sa. (Pey.) identicus</i> | 74 | 18.14% | 19 | 7.63% | 0 | 0.00% | 93 | 13.60% |
| <i>Sa. (Sbn.) intermedius</i> | 4 | 0.98% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 4 | 0.58% |
| <i>Sabethes</i> spp. | 5 | 1.23% | 4 | 1.61% | 0 | 0.00% | 9 | 1.32% |
| <i>Tr. digitatum</i> | 3 | 0.74% | 5 | 2.01% | 3 | 11.11% | 11 | 1.61% |
| <i>Tr. pallidiventer</i> | 3 | 0.74% | 11 | 4.42% | 2 | 7.41% | 16 | 2.34% |
| <i>Trichoprosopon</i> spp. | 8 | 1.96% | 20 | 8.03% | 1 | 3.70% | 29 | 4.24% |
| <i>Ru. (Run.) reversa</i> | 6 | 1.47% | 2 | 0.80% | 2 | 7.41% | 10 | 1.46% |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 9 | 2.21% | 1 | 0.40% | 4 | 14.81% | 14 | 2.05% |
| <i>Wy. aporonoma</i> | 4 | 0.98% | 14 | 5.62% | 0 | 0.00% | 18 | 2.63% |
| <i>Wy. (Prl.) confusa</i> | 3 | 0.74% | 2 | 0.80% | 0 | 0.00% | 5 | 0.73% |
| <i>Wy. (Den.)</i> spp. | 0 | 0.00% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Wy. (Mia.) serrata</i> | 1 | 0.25% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.15% |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 59 | 14.46% | 14 | 5.62% | 0 | 0.00% | 73 | 10.67% |
| <i>Wyeomyia. (Pho.)</i> spp. | 7 | 1.72% | 1 | 0.40% | 0 | 0.00% | 8 | 1.17% |
| <i>Wyeomyia</i> spp. | 95 | 23.28% | 64 | 25.70% | 3 | 11.11% | 162 | 23.68% |
| Total | 408 | 100.00% | 249 | 100.00% | 27 | 100.00% | 684 | 100.00% |
| Richness (S) | 22 | | 16 | | 7 | | | |
| Shannon Diversity (H') | 2.082 | | 2.018 | | 1.721 | | | |
| Pielou's Evenness (J) | 0.674 | | 0.728 | | 0.885 | | | |
| Dominance (D) | 0.188 | | 0.195 | | 0.219 | | | |

Overall, the most frequently occurring mosquito species captured were *Hg. leucocelaenus* (15.0%), *Sa. identicus* (13.6%), *Wy. edwardsi* (10.6%), and *Li. durhamii* (10.6%). These species also showed the highest abundance: *Hg. leucocelaenus* (SISA = 0.55), *Wy. edwardsi* (SISA = 0.558), *Sa. identicus* (SISA = 0.45), and *Li. durhamii* (SISA = 0.41). At sampling points 1 (forest edge) and 2 (35m from the edge), *Wy. (Pho.) edwardsi* was the most numerous species (N = 24 and 23; SISA = 0.33 and 0.28). At sampling point 3 (500m from the edge), *Li. durhamii* was the most numerous (N = 38; SISA = 0.40) (Table 3).

Table 3. Index of species abundance for species captured in Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, including the "Standardized Index of Species Abundance" (SISA) and the rank of the species at this location.

| Species | Edge | | 35m | | 500m | | Total | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | SISA | Rank | SISA | Rank | SISA | Rank | SISA | Rank |
| <i>Ae. (Stg.) albopictus</i> | 0.07 | 12 | - | - | 0.03 | 21 | 0.06 | 21 |
| <i>Ae. (Och.) scapularis</i> | 0.05 | 14 | - | - | 0.06 | 12 | 0.11 | 13 |
| <i>Ae. (Och.) serratus</i> | - | - | 0.05 | 13 | - | - | 0.04 | 28 |
| <i>Aedes</i> spp. | 0.05 | 19 | 0.00 | 18 | 0.06 | 12 | 0.09 | 18 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|
| <i>Ae. (Pro.) terrens</i> | 0.05 | 14 | 0.00 | 18 | 0.06 | 12 | 0.11 | 13 |
| <i>Culex ocellatus</i> | 0.05 | 20 | 0.05 | 13 | - | - | 0.04 | 29 |
| <i>Cx. (Car.) iridescent</i> | 0.04 | 22 | - | - | - | - | 0.03 | 30 |
| <i>Cx. (Cux.) dolosus</i> | 0.13 | 6 | - | - | - | - | 0.11 | 16 |
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | - | - | - | - | 0.06 | 12 | 0.05 | 22 |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | - | - | - | - | 0.06 | 12 | 0.05 | 22 |
| <i>Culex (Mcx.) spp.</i> | - | - | - | - | 0.06 | 12 | 0.05 | 22 |
| <i>Culex</i> spp. | 0.03 | 24 | 0.07 | 9 | 0.12 | 9 | 0.14 | 12 |
| <i>Hg. (Con.) leucocelaenus</i> | 0.31 | 3 | 0.17 | 5 | 0.30 | 4 | 0.55 | 2 |
| <i>Li. durhamii</i> | 0.12 | 7 | 0.15 | 6 | 0.40 | 2 | 0.41 | 5 |
| <i>On. personatum</i> | 0.05 | 14 | 0.06 | 10 | - | - | 0.05 | 22 |
| <i>Sa. albiprivus</i> | 0.10 | 10 | - | - | - | - | 0.09 | 19 |
| <i>Sa. cyaneus</i> | 0.03 | 26 | - | - | - | - | 0.02 | 32 |
| <i>Sa. (Pey.) identicus</i> | 0.29 | 4 | 0.19 | 4 | 0.30 | 4 | 0.45 | 4 |
| <i>Sa. (Sbn.) intermedius</i> | 0.04 | 22 | - | - | - | - | 0.03 | 31 |
| <i>Sabethes</i> spp. | 0.04 | 21 | 0.01 | 17 | 0.16 | 8 | 0.21 | 8 |
| <i>Tr. digitatum</i> | 0.05 | 14 | 0.05 | 13 | 0.12 | 10 | 0.19 | 10 |
| <i>Tr. pallidiventer</i> | 0.11 | 8 | 0.10 | 8 | 0.10 | 11 | 0.20 | 9 |
| <i>Trichoprosopon</i> spp. | 0.14 | 5 | 0.19 | 3 | 0.16 | 7 | 0.27 | 6 |
| <i>Ru. reversa</i> | 0.11 | 9 | - | - | 0.06 | 12 | 0.11 | 13 |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 0.07 | 12 | 0.03 | 16 | 0.04 | 20 | 0.10 | 17 |
| <i>Wy. aporonoma</i> | 0.03 | 24 | - | - | 0.25 | 6 | 0.24 | 7 |
| <i>Wy. (Prl.) confusa</i> | 0.05 | 14 | 0.12 | 7 | - | - | 0.16 | 11 |
| <i>Wyeomyia (Den.)</i> spp. | - | - | - | - | 0.06 | 12 | 0.05 | 22 |
| <i>Wy. serrata</i> | - | - | 0.06 | 10 | - | - | 0.05 | 22 |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 0.33 | 2 | 0.28 | 2 | 0.37 | 3 | 0.55 | 3 |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> spp. | 0.07 | 11 | 0.05 | 12 | - | - | 0.08 | 20 |
| <i>Wyeomyia</i> spp. | 0.50 | 1 | 0.38 | 1 | 0.52 | 1 | 0.70 | 1 |

The significance level established for all comparisons was $p < 0.05$. The Kruskal-Wallis analysis indicated significant differences among the areas at the forest edge, 35m from the edge, and 500m from the edge ($p = 0.028$). Dunn's post-hoc test was used to determine which points had significant differences between them ($p < 0.05$), indicating that point 1 (forest edge) differed significantly ($p = 0.023$) from point 2 (35m from the edge).

3.2. Imatures

Considering the total larval habitats found at the sampling points, sampling point 1 ($N = 235$) had 63.4% of specimens in transient puddles. At sampling point 2 ($N = 15$), 66.7% of specimens were collected in artificial larval habitats (plastic pots). Sampling point 3 ($N = 70$) had 42.9% and 57.1% of specimens in tree holes and 34.3% in plastic pots (Table 4).

Overall, the most abundant species was *Culex dolosus* (Lynch Arribálzaga, 1891), found at sampling points 1 and 3, particularly in bromeliads, plastic pots, and transient puddles, with the highest representation in transient puddles (96.69%). The next most abundant species were *Li. durhamii* and *Wy. edwardsi*, with 12.81% and 10.00%, respectively.

The bromeliad habitat exhibited the highest richness ($S = 9$), diversity ($H' = 1.72$), and evenness ($J = 0.78$). All other larval habitats had

significantly lower indices compared to the bromeliads, with the transient puddle habitat showing the lowest diversity and evenness indices ($H' = 0.10$ and $J = 0.14$). However, the transient puddle habitat had the highest number of individuals collected ($N = 151$). This, combined with its low richness and diversity, resulted in a high dominance index ($D = 0.96$) (Figure 2 and Table 4).

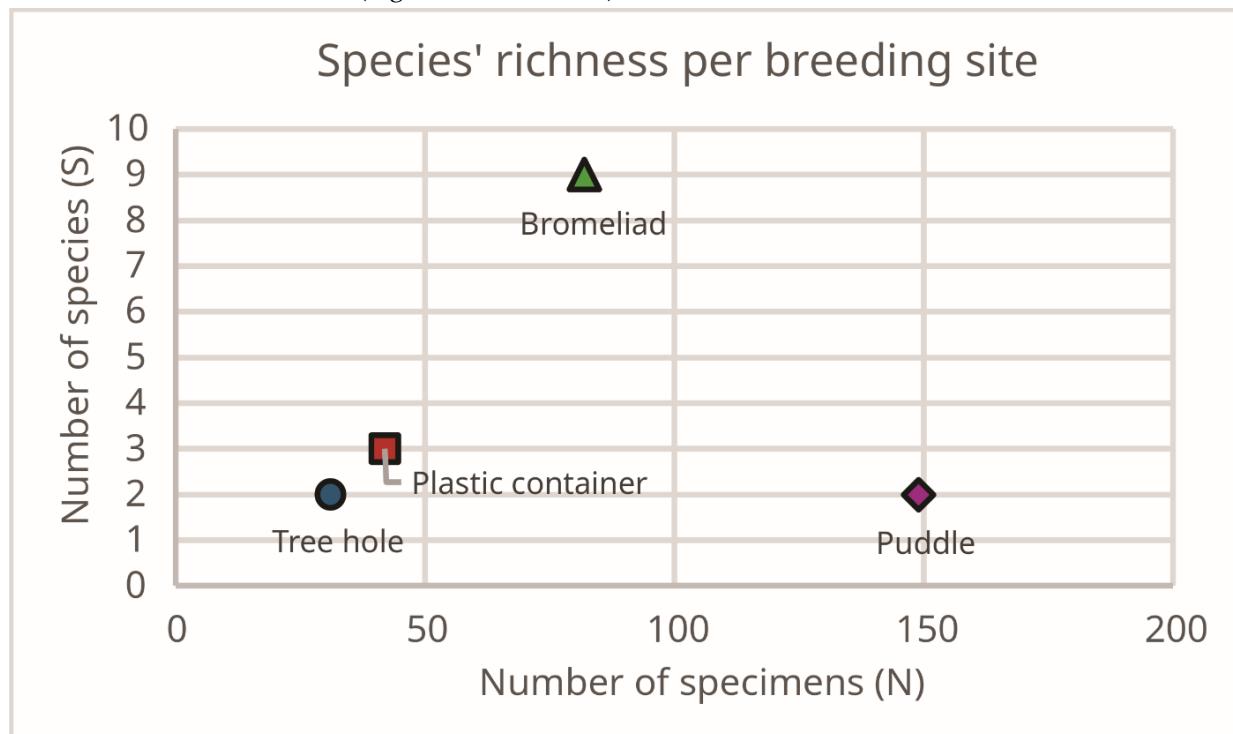


Figure 2. Richness and number of individuals collected in different larval habitats in Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, from May 2022 to December 2023.

The t-test was used to evaluate whether there were significant differences in diversity among the breeding sites. Significant differences were found between the bromeliad habitat and all other breeding sites ($p < 0.05$). However, no significant differences were observed among the tree hole, transient puddle, and plastic pot habitats.

Table 4. Absolute values (N) and ecological indices (richness, dominance, Shannon diversity, and Pielou's evenness) by habitat type (bromeliad, transient puddle, tree hole, plastic pot) for culicids collected in Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, from May 2022 to December 2023.

| Species | Bromeliad | Transient puddle | Tree hole | Plastic pot | Total |
|----------------------------------|-----------|------------------|-----------|-------------|-------|
| <i>Cx. (Mcx.) hedys</i> | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Cx. (Mcx.) neglectus</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| <i>Cx. (Mcx.) pleuristriatus</i> | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| <i>Cx. (Mcx.) retrosus</i> | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| <i>Cx. (Mcx.) worontzowi</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| <i>Cx. dolosus</i> | 4 | 146 | 0 | 1 | 151 |
| <i>Cx. ocellatus</i> | 21 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| <i>Culex</i> spp. | 0 | 1 | 0 | 8 | 9 |
| <i>Hg. leucocelaenus</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Li. durhamii</i> | 0 | 0 | 0 | 41 | 41 |

| | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|------|------|-----|
| <i>Ru. reversa</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Runchomyia</i> spp. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Wy. (Pho.) edwardsi</i> | 32 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| <i>Wy. aporonoma</i> | 0 | 0 | 30 | 0 | 30 |
| <i>Wy. dyari</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Wyeomyia</i> spp. | 3 | 1 | 2 | 0 | 6 |
| Total | 86 | 151 | 33 | 50 | 320 |
| Richness (S) | 9 | 2 | 2 | 2 | |
| Shannon Diversity (H') | 1.72 | 0.10 | 0.14 | 0.11 | |
| Pielou's Evenness (J) | 0.78 | 0.14 | 0.21 | 0.16 | |
| Dominance (D) | 0.24 | 0.96 | 0.94 | 0.95 | |

Analyzing the mosquito populations of each larval habitat, the Kruskal-Wallis test indicated significant differences among them ($p = 0.006$). Dunn's post-hoc test was used to identify which habitats had significant differences ($p < 0.05$), revealing that the bromeliad habitat differed significantly from the plastic pot ($p = 0.023$), tree hole ($p = 0.016$), and transient puddle ($p = 0.045$) habitats.

The immatures also showed differences between the sampling points, with these differences directly related to the type of larval habitat found at each point. The Kruskal-Wallis analysis indicated significant differences among the sampling points ($p = 0.010$), with Dunn's post-hoc test revealing significant differences between sampling point 1 (forest edge) and point 2 (35 meters from the edge) ($p = 0.15$) (Figure 3).

Point 1 had the highest number of larvae collected ($N = 235$), representing 73.44% of the total individuals collected, followed by point 3 ($N = 70$; 21.88%). Point 2 had significantly fewer larvae ($N = 15$), accounting for only 4.69% of the total specimens collected.

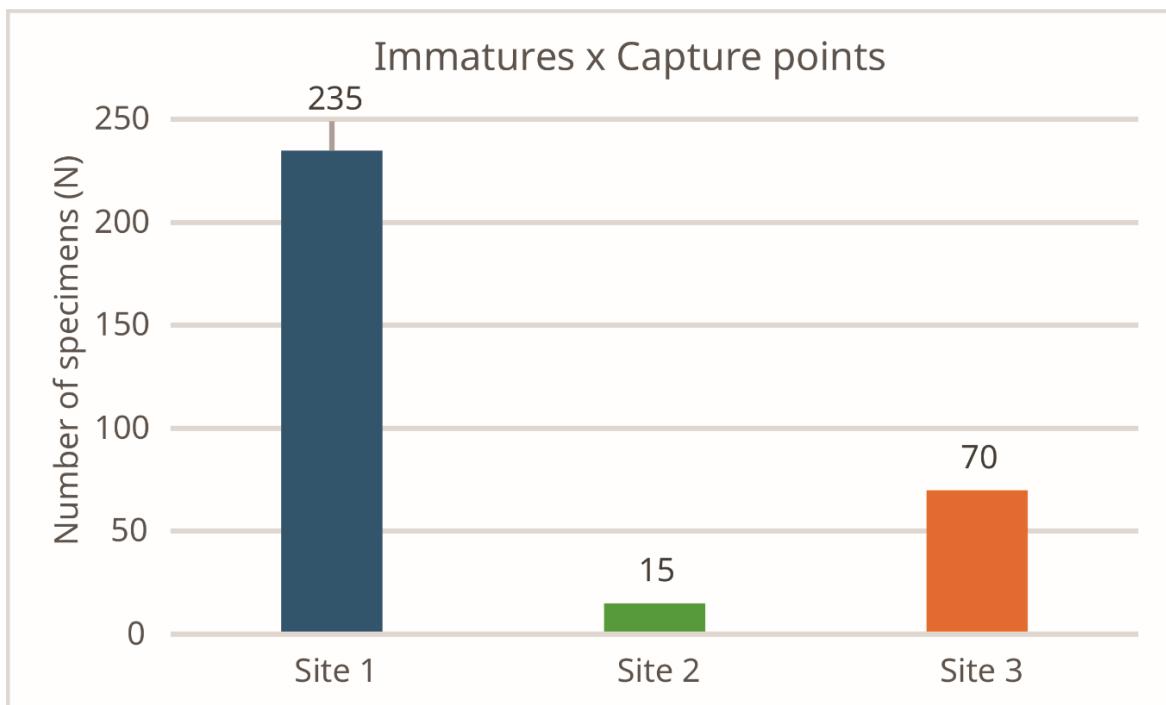


Figure 3. Number of individuals collected by sampling point in Tijuca National Park, city of Rio de Janeiro, Brazil, from May 2022 to December 2023.

4. Discussion

4.1. Adults

Evaluating the variation in faunistic parameters of mosquitoes across different forest gradients is a bionomic study that aims to understand how the composition and abundance of mosquito species vary in relation to the type and vegetation cover of the forest. Therefore, selecting different forest gradients for the study is fundamentally relevant to understanding the interactions that determine distribution and abundance in these gradients, including forest edge, intermediate, and forest interior areas. These gradients can represent significant variations in vegetation cover and environmental characteristics.

The TNP has unique characteristics compared to other federal conservation units. Besides protecting fragments of the Atlantic Forest with high biological diversity and in good conservation status, it houses exuberant natural areas. It is one of the largest urban forests in the world, where its peculiarity lies in the fusion between the urban and the natural environments [29].

We observed that the edge sampling point exhibited greater richness and diversity compared to the 35m and 500m from the edge points. Costa et al. [30], when analyzing edge effects and the influence of climatic variables on the distribution of mosquito fauna in a riparian forest within a conservation area in Minas Gerais, Brazil, reported that edge effects and climatic variations affected the composition of mosquito populations in the studied area. We can hypothesize that the influence on mosquito populations was due to increased availability of food sources for adult specimens and favorable climatic conditions for larval development in breeding sites, such as higher temperatures. Studies in the Amazon found that more preserved and transitional environments showed higher abundances, while richness was greater in transitional and anthropized areas (edges) [31, 32].

However, Almeida et al. [31] stated that due to the particularities of each study (region, methodology, and other variables), it is difficult to measure the exact cause of differences between preserved and anthropized environments. In TNP, it is important to note that differences in capture methodologies may have influenced the sampling results. The variation in species diversity between sampling points (forest edge, 500m from the edge, and 35m from the edge) can be attributed to variations within the forest, such as differences in the intensity of biological interactions, availability of food resources, and microclimatic conditions [33, 34].

The TNP exhibited a high diversity of culicids, including species of epidemiological relevance in the transmission of pathogens. *Haemagogus leucocelaenus* and *Sa. identicus*, both medically important species, were found in the park, with the former being the most abundant, followed by the latter. These species have frequently been involved in the transmission of the etiological agent of sylvatic yellow fever [35, 36], and other arboviruses. *Haemagogus leucocelaenus* is notably recognized as a vector in the yellow fever outbreak that occurred in Brazil between 2016 and 2018 [37].

Data suggest that *Hg. leucocelaenus*, considering the levels of environmental alterations and native forest remnants, has a greater ability

to survive through environmental transitions. Reports indicate that this species can be present in small areas of semi-deciduous forest, more open gallery forests, and even in more degraded environments frequented by humans. Additionally, this species can dominate in secondary and modified forest patches [38, 39, 35]. This significant adaptability favors its occurrence in both well-preserved and more altered forest edge fragments.

Sabettus identicus, typically a sylvatic species that breeds in bamboo, is generally collected in the deeper areas of forests where vegetation integrity is better preserved [40]. In this study, this species predominated, with 52.7% of the individuals collected in the 500m from the edge fragment.

Wyeomyia (Pho.) edwardsi and *Li. durhamii* also stood out, with the highest numbers of individuals captured. Alencar et al. [41] suggest that the immature forms of *Wy. (Pho.) edwardsi* are found exclusively in bromeliads, indicating no variability in their oviposition site selection. *Wyeomyia (Pho.) edwardsi* occurred in similar proportions across the three sampling points, demonstrating the availability of comparable larval habitats in the three forest gradients.

On the other hand, *Li. durhamii* showed versatility in its choice of oviposition habitats, reproducing in both natural and artificial containers, and successfully colonizing artificial containers in preserved areas [42, 43]. This is the most adaptable sabethine species to environments with varying degrees of anthropization [24, 25]. In this study, more than half of the individuals were collected at 500m from the edge. However, Hendy et al. [44] found this species associated with the forest edge in a forest reserve in the Amazon.

Studies in the TNP are still in their early stages; however, they are essential for providing information on biodiversity and, consequently, for understanding epidemiological aspects of pathogen transmission.

The Atlantic Forest, characterized by its exuberant tropical forest, hosts an extraordinary richness of plant and animal species, many of which are found only in this region [29]. Numerous potential larval habitats for mosquitoes offer excellent conditions for the development of immatures. Forest remnants located in urban areas can provide conditions for the maintenance of mosquito species through the availability of breeding sites and food sources for adults. Natural breeding sites can be exploited by sylvatic species, while artificial breeding sites introduced by humans increase the diversity of containers used as larval habitats [45].

4.2. Immatures

The immature mosquito fauna in TNP exhibited differences based on the nature of the larval habitats found at the sampling points, with bromeliads being the richest and most diverse habitat. It is important to highlight that the park area hosts a wide variety of bromeliads, which can serve as breeding sites for different culicid species [24]. Notably, the most abundant species in bromeliads were *Wy. (Pho.) edwardsi* and *Cx. ocellatus*. These results are consistent with those from Docile et al. [46], Frank et al. [47], and Silva et al. [48], who noted that species of the genus *Wyeomyia* utilize specific oviposition sites, including epiphytic bromeliads and both natural and artificial containers.

Cardoso et al. [49] analyzed the mosquito fauna developing in bromeliads in Itatiaia National Park and identified ten species of the genus *Culex*. Consoli & Lourenço-de-Oliveira [24] mention the presence of *Cx.*

ocellatus in terrestrial bromeliads and those in less sunny environments. Similar to the observations in this study, Marques and Forattini [50] also found these culicids to occur frequently in bromeliad breeding sites in Ilhabela, São Paulo.

Considering that all collected and identified *Culex* specimens were associated with natural larval habitats (bromeliads, puddles, tree holes), our findings align with the results of Lourenço-de-Oliveira et al. [51], who reported *Culex (Microculex)* sp. as being restricted to natural habitats, primarily bromeliads. Müller & Marcondes [52] also indicated the predominance of *Culex (Microculex)* sp. in all species of bromeliads investigated in preserved forest areas in Santa Catarina. The most abundant species was *Cx. dolosus*, which has poorly known bionomics, geographical distribution, and ecology [53]. In this study, it was abundant in puddle habitats; however, immatures of this species have also been found in both natural and artificial, permanent and temporary breeding sites [54].

The other abundant immatures were *Wyeomyia aporonoma* Dyar & Knab, 1906, which occurred exclusively in tree holes, and *Li. durhamii*, which were found exclusively in artificial larval habitats. These behaviors are typical for both species [24, 25]. Considering the variety of larval habitats present in TNP, we can infer that the type of container (natural or artificial) can influence the composition and abundance of the mosquito fauna.

5. Conclusion

Studies of mosquitoes in forest environments are crucial, as they provide valuable information about the ecology of the species that inhabit these areas and their distribution patterns. This knowledge is essential for detecting potential behavioral changes in populations over time and for understanding the risks of pathogens transmitted by these insects [55, 56]. Such studies also help guide preventive measures and contribute to our understanding of the interaction between Culicidae and their habitat.

Author Contributions: Conceptualization: N.H.F.N., J.S.S., H.R.G.S., and J.A. Formal analysis: J.S.S. Methodology: N.H.F.N., C.F.d.M., P.J.L., H.R.G.S and J.A. Supervision: J.A. Funding Acquisition: J.A. Writing—original draft: N.H.F.N., J.S.S., H.R.G.S., and J.A. Writing—review and editing: N.H.F.N., J.S.S., H.R.G.S., and J.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was carried out with the support of CNPq, FAPERJ, and CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Grant number: 303286/2021-0, J.A.), and Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (E-26/200.956/2002/2022, J.A.).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Mittermeier, R.; Werner, T.; Ayres, J.M.; Fonseca, G.A.. O país da megadiversidade. *Ciência Hoje* **1992**, *81*, 20–27.
2. MMA. *Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. MMA, Brasília-DF, Brasil, 2000; 40p.

3. Forattini, O.P.; Gomes, A. de C.; Natal, D.; Santos, J.L.F. Observações sobre atividade de mosquitos Culicidae em matas primitivas da planície e perfis epidemiológicos de vários ambientes no Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. *Rev. Saude Publica* **1986**, *20*, 178–203; DOI:10.1590/S0034-89101986000300002.
4. Vasconcelos, P.F. da C. Doença pelo vírus Zika: um novo problema emergente nas Américas? *Rev. Pan-Amazônica Saúde* **2015**, *6*, 9–10; DOI:10.5123/S2176-62232015000200001.
5. Williams-Linera, G.; Domínguez-Gastelú, V.; García-Zurita, M.E. Microenvironment and Floristics of Different Edges in a Fragmented Tropical Rainforest. *Conserv. Biol.* **1998**, *12*, 1091–1102; DOI:10.1046/j.1523-1739.1998.97262.x.
6. Primak, R.B.; Rodrigues, E. *Biologia da Conservação*; Editora Planeta: Londrina, PR, Brasil, 2001, 328p.
7. Davies-Colley, R.J.; Payne, G.W.; Van Elswijk, M. Microclimate gradients across a forest edge. *N. Z. J. Ecol.* **2000**, *24*, 111–121.
8. Redding, T.E.; Hope, G.D.; Fortin, M.J.; Schmidt, M.G.; Bailey, W.G. Spacial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* **2003**, *83*, 121–130; DOI:10.4141/S02-010.
9. MacDougall, A.; Kellman, M. The Understorey Light Regime and Patterns of Tree Seedlings in Tropical Riparian Forest Patches. *J. Biogeogr.* **1992**, *19*, 667; DOI:10.2307/2845708.
10. Galetti, M.; Alves-Costa, C.P.; Cazetta, E. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biol. Conserv.* **2003**, *111*, 269–273; DOI:10.1016/S0006-3207(02)00299-9.
11. Tauil, P.L. Perspectivas de controle de doenças transmitidas por vetores no Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* **2006**, *(39)* 3, 275–277; <https://doi.org/10.1590/S0037-86822006000300010>.
12. Bennett, E.M.; Cramer, W.; Begossi, A.; Cundill, G.; Diaz, S.; Egoh, B.N.; Geijzendorffer, I.R.; Krug, C.B.; Lavorel, S.; Lazos, E.; et al. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* **2015**, *14*, 76–85; DOI:10.1016/j.cosust.2015.03.007.
13. Titeux, N.; Henle, K.; Mihoub, J.; Brotons, L. Climate change distracts us from other threats to biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* **2016**, *14*, 291–291; DOI:10.1002/fee.1303.
14. Chaudhary, A.; Mooers, A. Terrestrial Vertebrate Biodiversity Loss under Future Global Land Use Change Scenarios. *Sustainability* **2018**, *10*, 2764; DOI:10.3390/su10082764.
15. Cardinale, B.J.; Duffy, J.E.; Gonzalez, A.; Hooper, D.U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; Mace, G.M.; Tilman, D.; Wardle, D.A.; et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **2012**, *486*, 59–67; DOI:10.1038/nature11148.
16. Rohr, J.R.; Bernhardt, E.S.; Cadotte, M.W.; Clements, W.H. The ecology and economics of restoration: when, what, where, and how to restore ecosystems. *Ecol. Soc.* **2018**, *23*, 15; DOI:10.5751/ES-09876-230215.
17. Wiens, J.A.; Stenseth, N.C.; Horne, B. Van; Ims, R.A. Ecological Mechanisms and Landscape Ecology. *Oikos* **1993**, *66*, 369; DOI:10.2307/3544931.
18. Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends Ecol. Evol.* **1995**, *10*, 58–62; DOI:10.1016/S0169-5347(00)88977-6.
19. Rohr, J.R.; Civitello, D.J.; Halliday, F.W.; Hudson, P.J.; Lafferty, K.D.; Wood, C.L.; Mordecai, E.A. Towards common ground in the biodiversity–disease debate. *Nat. Ecol. Evol.* **2019**, *4*, 24–33; DOI:10.1038/s41559-019-1060-6.
20. Fay Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* **2010**, *468*, 647–652; DOI:10.1038/nature09575.
21. CIDE *Índice de Qualidade dos Municípios – Verde (IQM – Verde)*; Rio de Janeiro, 2000;
22. IBGE *Mapa da Vegetação do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*; Rio de Janeiro, 1993;
23. Lane, J. *Neotropical Culicidae*, Editora Universidade de São Paulo: University of São Paulo, São Paulo, Brasil, 1953, Volume 2, 1113p.
24. Consoli, R.A.G.B.; Oliveira, R.L. de *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*; Editora FIOCRUZ: Rio de Janeiro, Brasil, 1994, 225p.; ISBN 9788575412909.
25. Forattini, O.P. *Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia*; Edusp - Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, Brasil, 2002; 864p.; ISBN 13: 9788531406997.
26. Shannon, R. Methods for collecting and feeding mosquitoes in jungle yellow fever studies. *Am. J. Trop. Med.* **1939**, *19*, 131–140.
27. Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis Past : paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* **2001**, *4*, 1–9.
28. Roberts, D.R.; Hsi, B.P. An index of species abundance for use with mosquito surveillance data. *Environ. Entomol.* **1979**, *8*, 1007–1013; DOI:10.1093/ee/8.4.1007.
29. ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Plano de Manejo para o Parque Nacional da Tijuca*; /ICMBio/DIREP: Brasília, DF, 2008; 548p.

30. Costa, L.N.P.; Novais S.; Oki Y.; Fernandes G.W.; Borges M.A.Z. Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity along a rainy season and edge effects in a riparian forest in Southeastern Brazil. *Austral Ecology*. **2023**, *48*, 41–55.
31. Almeida, J.F.; Belchior, H.C.M.; Batista, F.A.J.C.; Guimarães, R.C.S.; Velásquez, C.M.R.; Izzo, T.J.; Pessoa, F.A.C. Change in the faunal composition of mosquitoes (Diptera: Culicidae) along a heterogeneous landscape gradient in the Brazilian Amazon. *PLoS One*, **2023**, *18*(7), e0288646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288646>
32. Vieira, C.J.S.P.; Bernardo, C.S.S.; Silva, D.J.F.; Kubiszewski, J.R.; Barreto, E.S.; Monteiro, H.A.O.; Canale, G.R.; Peres, C.A.; Massey, A.L.; Levi, T.; Bronzoni, R.V.M.. Land-use effects on mosquito biodiversity and potential arbovirus emergence in the Southern Amazon, Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases* **2021**, *69*, 1770–1781. pmid:33993650
33. Brown, K.S.Jr.. Insetos indicadores da história, composição, diversidade, e integridade de matas ciliares tropicais. In . *Matas ciliares: conservação e Recuperação*; Rodrigues R.R.; Leitão Filho H.F., Eds.; Editora da USP/FAPESP: São Paulo, Brasil, 2000; pp. 250–262. ISBN 9788531405679..
34. Morato, E.F.. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. estratificação vertical. *Revista Brasileira De Zoologia* **2001**, *18*(3), 737–747; <https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000300010>
35. Abreu, F.V.S.; Ribeiro, I.P.; Ferreira-de-Brito, A.; Santos, A.A.C. dos; Miranda, R.M.; Bonelly, I. S.; Neves, M.S.A.S.; Bersot, M.I.; Santos, T.P. dos; Gomes, M.Q.; et al. *Haemagogus leucocelaenus* and *Haemagogus janthinomys* are the primary vectors in the major yellow fever outbreak in Brazil, 2016–2018. *Emerg. Microbes Infect.* **2019**, *8*, 218–231; DOI:10.1080/22221751.2019.1568180.
36. Bersot, M.I.L. Aspectos bionômicos de *Sabettus (Peytonulus) identicus* Dyar & Knab, 1907 (Diptera: Culicidae) em laboratório. Trabalho de conclusão de curso, Fundação Oswaldo Cruz, 2014.
37. CAMPOS, J.A.R. Diversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) com ênfase na fauna de importância epidemiológica da área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, 2021.
38. Camargo-Neves, V.L.F.; Poletto D.W.; Rodas, L.A.C.; Pachioli, M.L.; Cardoso, R.P.; Scandar S.A.S.; Sampaio, S.M.P.; Koyanagui, P.H.; Botti, M.V.; Mucci, L.F.; Gomes, A.C. Entomological investigation of a sylvatic yellow fever area in São Paulo State, Brazil. *Cad. Saúde Pública* **2005**, *21* (4), 1278-1286.
39. Cardoso, J.D.C.; Bergo, E.S.; Oliveira, T.M.; Sant'Ana, D.C.; Motoki, M.T.; Sallum, M.A.M. New Records of *Anopheles homunculus* in Central and Serra Do Mar Biodiversity Corridors of the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of the American Mosquito Control Association* **2012**, *28*, 1-5.
40. Bersot, M.I.L.; Vieira, G.; Moraes, J.R.; Pereira G.R.; Motta, M.A.; Lourenço-de-Oliveira, R. Biological and behavioral features and colonization of the sylvatic mosquito *Sabettus identicus* (Diptera: Culicidae). *PLoS One* **2023**, *18* (12) e0296289.
41. Alencar, J.; Mello, C.F.; Serra-Freire, N.M.; Guimarães, A.E.; Gil-Santana, H.; Gleiser, R.M. Biodiversity and Temporal distribution of immature Culicidae in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. *PLoS One* **2016**, *11*(7), e0159240; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.01592405042>.
42. Almeida, J.F.; Belchior, H.C.M.; Ríos-Velásquez, C. M.; Pessoa, F. A. C. Diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected in different types of larvitrapns in an Amazon rural settlement. *PLoS One* **2020**, *15*, 1–15.
43. Bastos, A.Q.; Mello, C.F.; Silva, J.S.; Gil-Santana, H.R.; Silva, S.O.F.; Alencar, J. Diversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Bom Retiro Private Natural Heritage Reserve, Rio de Janeiro State, Brazil, *Journal of Medical Entomology* **2022**, *59*(2), 446–453; <https://doi.org/10.1093/jme/tjab222>
44. Hendy, A.; Hernandez-Acosta E.; Valério D.; Fé, N.F.; Mendonça, C.R.; Costa, E.R.; Andrade, E.S.; Júnior, J.T.A.; Assunção, F.P.; Scarpassa, V.M.; Lacerda, M.V.G.; Buenemann, M.; Vasilakis, N.; Hanley, K.A. Where boundaries become bridges: Mosquito community composition, key vectors, and environmental associations at forest edges in the central Brazilian Amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* **2023**, *17*(4), e0011296; <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011296>.
45. Silva, M.A.N.; Lozovei, A.L.; Mosquitos (Diptera, Culicidae) capturados com isca humana em área preservada de Curitiba, Paraná. *Revista brasileira de Zoologia* **1998**, *15* (4), 965-76.
46. Docile, T.N.; Figueiró, R.; Honório, N.A.; Baptista, D.F.; Pereira, G.; dos Santos, J.A.A.; Codeço, C.T. Frequency of *Aedes* sp. Linnaeus (Diptera: Culicidae) and Associated Entomofauna in Bromeliads from a Forest Patch within a densely Urbanized Area. *Neotrop. Entomol.* **2017**, *46*, 613–621; DOI:10.1007/s13744-017-0498-y.
47. Frank, JH; Curtis, G.A.; Evans, H.T. On the bionomics of bromeliad inhabiting mosquitoes. II. The relationship of bromeliad size to the number of immature *Wyeomyia vanduzeei* and *Wy. medioalbipes*. *Mosq News* **1977**, *37*, 180-92.
48. Silva, A.M. da; Araújo, R.; Souza Filho, E.C. Immatures of *Wyeomyia (Tryamyia) aporonyma* (Diptera: Culicidae) collected in Artificial Breeding in the South Brazil. *EntomoBrasilis* **2016**, *9*, 140–142; DOI:10.12741/ebrazilis.v9i2.588.

49. 49. Cardoso, C.A.A.; Lourenço-de-Oliveira, R.; Codeço, C.T.; Motta, M.A. Mosquitoes in Bromeliads at Ground Level of the Brazilian Atlantic Forest: the Relationship Between Mosquito Fauna, Water Volume, and Plant Type. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **2015**, *108*, 449–458; DOI:10.1093/aesa/sav040.
50. Marques G.R.A.M.; Forattini O.P. Culicídeos em bromélias: diversidade de fauna segundo influência antrópica, litoral de São Paulo. *Rev. Saúde Pública* **2008**, *42* (6), 979–985.
51. Lourenço, O.R.; Heyden, R.; Silva, T.F. Alguns aspectos da ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) de uma área de planície (granjas Calábria), em Jacarepaguá, Rio de Janeiro: V. Criadouros. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **1986**, *81*, 265–271.
52. Müller, G.A.; Marcondes, C.B. Bromeliad-associated mosquitoes from Atlantic forest in Santa Catarina Island, southern Brazil (Diptera, Culicidae), with new records for the State of Santa Catarina. *Iheringia. Série Zool.* **2006**, *96*, 315–319; DOI:10.1590/S0073-47212006000300007.
53. Senise L.V.; Sallum M.A.M. Redescription of *Culex (Culex) dolosus* (Lynch Arribálzaga) (Diptera: Culicidae), based on specimens from Pico do Itapeva, Serra da Mantiqueira, São Paulo, Brazil. *Zootaxa* **2008**, *1638*, 51–62.
54. Senise L.V. *Anopheles (Nyssorhynchus) lanei* e *Culex (Culex) dolosus* (Diptera: Culicidae): duas species que ocorrem na região de Campos do Jordão, Serra da Mantiqueira, São Paulo, Brasil. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo 2007.
55. 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. *Rev. Saude Publica* **2000**, *34*, 243–250; DOI:10.1590/s0034-89102000000300006.
56. Eisen, L.; Wong, D.; Shelus, V.; Eisen, R.J. What is the Risk for Exposure to Vector-Borne Pathogens in United States National Parks? *J. Med. Entomol.* **2013**, *50*, 221–230, DOI:10.1603/ME12228.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.