



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

JOANY DA COSTA VIANA

**ESTUDO DA TRAJETÓRIA DE MOSQUITOS DO GÊNERO *Anopheles*
(DIPTERA: CULICIDAE) DURANTE A BUSCA POR HOSPEDEIRO EM DUAS
ÁREAS RURAIS DO BAIXO PARNAÍBA**

Chapadinha - MA

2025

JOANY DA COSTA VIANA

**ESTUDO DA TRAJETÓRIA DE MOSQUITOS DO GÊNERO *Anopheles*
(DIPTERA: CULICIDAE) DURANTE A BUSCA POR HOSPEDEIRO EM DUAS
ÁREAS RURAIS DO BAIXO PARNAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Meio Ambiente e Recursos Naturais

Linha de pesquisa: Biodiversidade e Conservação

Orientador(a): Prof. Dr. Francinaldo Soares Silva

Chapadinha - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

da Costa Viana, Joany.

Estudo da trajetória de mosquitos do gênero Anopheles
Diptera: Culicidae durante a busca por hospedeiro em duas
áreas rurais do Baixo Parnaíba / Joany da Costa Viana. -
2025.

67 f.

Orientador(a): Francinaldo Soares Silva.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais/ccch, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, 2025.

1. Anofelinos. 2. Comportamento de Voo. 3. Malária.
I. Soares Silva, Francinaldo. II. Título.

JOANY DA COSTA VIANA

**ESTUDO DA TRAJETÓRIA DE MOSQUITOS DO GÊNERO *Anopheles*
(DIPTERA: CULICIDAE) DURANTE A BUSCA POR HOSPEDEIRO EM DUAS
ÁREAS RURAIS DO BAIXO PARNAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovado(a) em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francinaldo Soares Silva
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Ciro Libio Caldas dos Santos
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Profa. Dra. Joelma Soares da Silva
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Dedicatória

Aos meus amados pais, Carmesilda Costa e José Viana, pela vida, pelo esforço e por depositarem fé em mim.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo, amizade e irmandade.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francinaldo Soares Silva, pela excelência na orientação desta pesquisa. Tenho profunda admiração por sua brilhante forma de nos direcionar aos objetivos enquanto pesquisadores e por sua maneira única de nos ensinar a enxergar a ciência não somente como ela é, mas como um prisma que reflete o que somos e o que fazemos. Tê-lo como orientador contribuiu, significativamente, para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos integrantes do Laboratório de Entomologia Médica (LEME), pela dedicação e comprometimento nas coletas e identificações que possibilitaram o desenvolvimento deste estudo. Agradeço especialmente a Erica Carvalho, Vivian Almeida, João Pedro Bogéa, Luciano Silva, Jeovanna Viana, Jarmyson Castro, Agnael Oliveira, Carlos Nalberth e Francisco de França. Estendo minha gratidão às ex-integrantes Wannda Garreto, Mayra Gomes e Raissa Teixeira que também contribuíram nesse processo.

Ao Prof. Dr. Jefferson Brito e à Dra. Benedita Costa, pelas discussões e contribuições valiosa durante o convívio no LEME. Seus ensinamentos e amizade foram essenciais tanto para minha formação acadêmica quanto pessoal. Em especial, agradeço ao Dr. Jefferson pela colaboração fundamental na elaboração das ilustrações desta dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa, essencial ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Ciro Libio e Profa. Joelma Silva, pelas relevantes contribuições ao aprimoramento da pesquisa.

Aos senhores, Javilene e Evaldo, por cederem o local para a realização das coletas no povoado Mangabeira (Chapadinha-MA).

Ao sr. José Alves, por ceder o local para a realização das coletas no povoado Sucupira (Santa Quitéria do Maranhão-MA).

Aos meus pais, José e Carminha, por todo incentivo, cuidado e amor, que tornaram possível este percurso. A vocês, agradeço pela força, pelo ato da existência e pela esperança de um futuro melhor.

Aos meus irmãos, Cylio, Jhohanna, Jeovanna, Jeovan e Jowenny, pelo apoio constante nas dificuldades encontradas ao longo desta jornada.

Ao meu amigo, Erik Gabriel C. Linhares, pelo suporte emocional e intelectual, fundamentais ao meu desenvolvimento pessoal e profissional durante este estudo.

“Caminhante, não há caminho, faz-se caminho ao andar”.
(Antonio Machado)

RESUMO

A trajetória dos mosquitos *Anopheles* na busca por hospedeiros ainda é um aspecto comportamental pouco explorado em estudos entomológicos. Investigar os padrões de voo dessas espécies é fundamental para compreender sua dinâmica epidemiológica na transmissão da malária. Neste estudo, avaliou-se a existência de trajetórias específicas utilizadas por mosquitos do gênero *Anopheles* na localização de fontes sanguíneas. A pesquisa foi conduzida em duas áreas rurais do Baixo Parnaíba, situadas nos municípios de Chapadinha-MA (área 1) e Santa Quitéria do Maranhão-MA (área 2). Para as capturas dos mosquitos, foram utilizadas 12 armadilhas luminosas do tipo Silva, distribuídas em quatro setores (1, 2, 3 e 4) próximos aos abrigos dos animais. Na área 1, as coletas foram organizadas em dois momentos distintos: Momento 1 (M1), com 4 armadilhas, e Momento 2 (M2), com 12 armadilhas. Na área 2, as 12 armadilhas foram igualmente distribuídas nos quatro setores de coletas. O período de coleta ocorreu entre 18:00h e 6:00h. As análises estatísticas foram realizadas no software GraphPad Prism, com aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov, ANOVA, Tukey, Kruskal-Wallis e Dunn's. Foram coletados 2.099 espécimes de *Anopheles* nas duas áreas. Na área 1, foram capturados 398 indivíduos no M1 e 1.087 no M2. Na área 2, foram coletados 614 anofelinos. As espécies mais frequentes em Chapadinha foram *Anopheles argyritarsis* (87,69% no M1; 86,11% no M2) e *Anopheles triannulatus* (7,03% no M1; 8,28% no M2). Em Santa Quitéria, *Anopheles peryassui* (83,06%) foi a espécie mais abundante, seguido por *Anopheles argyritarsis* (13,19%). Os resultados indicam diferenças estatisticamente significativas na densidade de mosquitos entre os setores de captura em ambas as áreas. A distribuição espacial dos espécimes nas duas áreas estudadas não ocorreu uniformemente entre os setores, com maior concentração de mosquitos capturados em setores situados em direções específicas em relação ao abrigo dos animais. Os resultados apresentados neste estudo contribuem para a compreensão do comportamento de dispersão de mosquitos *Anopheles*, podendo servir como direcionamento para futuras pesquisas sobre a biologia e a ecologia dos anofelinos, bem como para a elaboração de estratégias de monitoramento e controle de espécies vetores e para o desenvolvimento de políticas de conservação ambiental.

Palavras-chave: Anofelinos, Comportamento de voo, Malária.

ABSTRACT

The flight behavior of *Anopheles* mosquitoes in host seeking remains a little-explored behavioral aspect in entomological studies. Understanding the flight patterns of these species is essential for clarifying their epidemiological role in malaria transmission. This study investigated whether *Anopheles* mosquitoes follow specific trajectories to locate blood sources. The research was conducted in two rural areas of the Baixo Parnaíba region, the municipalities of Chapadinha-MA (area 1) and Santa Quitéria do Maranhão-MA (area 2). A total of twelve Silva traps were used, distributed across four sectors around an animal shelter. In area 1, collections were carried out in two sampling periods: Moment 1 (M1), with 4 traps, and Moment 2 (M2), with 12 traps. In area 2, 12 traps were also used. Collections took place between 6:00 p.m. and 6:00 a.m. Data were analyzed using GraphPad Prism, with Kolmogorov-Smirnov, ANOVA, Tukey, Kruskal-Wallis, and Dunn's tests. A total of 2,099 *Anopheles* specimens were captured: 398 (M1) and 1,087 (M2) in Area 1, and 614 in Area 2. In Chapadinha, *Anopheles argyritarsis* (87.69% in M1; 86.11% in M2) and *Anopheles triannulatus* (7.03% in M1; 8.28% in M2) were the most frequent species. In Santa Quitéria, *Anopheles peryassui* (83.06%) predominated, followed by *Anopheles argyritarsis* (13.19%). Statistical analyses indicated significant differences in mosquito density among capture sectors in both areas. The spatial distribution of specimens was non-uniform, with higher concentrations in sectors located in specific directions relative to the host shelters. The results presented in this study contribute to the understanding of the dispersal behavior of *Anopheles* mosquitoes, potentially guiding future research on the biology and ecology of anophelines, as well as the development of monitoring and control strategies for vector species and environmental conservation policies.

Keywords: Anophelines, Flight Behavior, Malaria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1- Ciclo de vida do *Plasmodium*.....16

Figura 2 - Criadouros larvais de mosquitos anofelinos no município de Chapadinha-MA. Criadouros artificiais: A, B e C; Criadouros naturais: D, E e F.....18

Figura 3 - Armadilha Silva utilizada para coleta de mosquitos anofelinos.

A: Coleta em área de mata em Chapadinha-MA; B: Coleta em área rural de Santa Quitéria do Maranhão-MA; C: Coleta em área rural de Chapadinha-MA.....23

CAPÍTULO II

Figura 1- Localização geográfica das áreas de coletas dos mosquitos *Anopheles* no Maranhão, Nordeste do Brasil.....44

Figura 2 - Representação espacial dos setores e da disposição das armadilhas utilizadas nas capturas na Área 1 (Mangabeira) Chapadinha.....46

Figura 3 - Representação espacial dos setores e da disposição das armadilhas utilizadas nas capturas na Área 2 (Sucupira) Santa Quitéria do maranhão.....46

Figura 4 - Média de mosquitos capturados na área 1 (Chapadinha) em dois momentos amostrais. A) Anofelinos coletados no M1. B) Captura de mosquitos no M2. Letras diferentes significam diferenças estatísticas ($p < 0,05$)51

Figura 5 - Média de mosquitos capturados na área 2 (Santa Quitéria do Maranhão). Letras diferentes significam diferenças estatísticas ($p < 0,05$)53

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Número total de anofelinos coletados, densidade média por noite por setor, frequência das espécies durante os dois momentos amostrais (M1 e M2) na Área 1..... | 49 |
| Tabela 2 - Total de anofelinos coletados, densidade média por noite por setor e frequência das espécies nos setores na Área 2..... | 52 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I | 13 |
| 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 14 |
| 1.1 Malária..... | 14 |
| 1.1.1 Agentes etiológicos da malária..... | 15 |
| 1.2 Mosquitos anofelinos..... | 16 |
| 1.2.1 Importância médica dos anofelinos..... | 18 |
| 1.2.2 Principais espécies vetores no Brasil..... | 19 |
| 1.3 Controle vetorial | 21 |
| 1.3.1 Monitoramento vetorial..... | 21 |
| 1.4 Dispersão de mosquitos <i>Anopheles</i> | 23 |
| 1.4.1 Aspectos ecológicos dos mosquitos <i>Anopheles</i> | 25 |
| 1.4.2 Impactos ambientais e a malária..... | 26 |
| 2 OBJETIVOS..... | 28 |
| 2.1 Geral | 28 |
| 2.2 Específicos..... | 28 |
| 3 HIPÓTESES | 28 |
| REFERÊNCIAS..... | 29 |
| CAPÍTULO II..... | 39 |
| ARTIGO CIENTÍFICO..... | 40 |
| Introdução..... | 41 |
| Materiais e métodos..... | 42 |
| Área de estudo..... | 42 |
| Caracterização das áreas de coletas dos mosquitos <i>Anopheles</i> | 43 |
| Coletas dos anofelinos..... | 44 |
| Identificação dos mosquitos <i>Anopheles</i> | 46 |
| Análises estatísticas..... | 46 |
| Resultados..... | 47 |
| Discussão..... | 53 |
| Conclusão..... | 56 |
| Referências | 57 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS..... | 61 |
| ANEXOS..... | 62 |

CAPÍTULO I

Apresentação geral

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Malária

A malária é uma doença infecciosa febril aguda causada por protozoários parasitas do gênero *Plasmodium* (Haemosporida, Plasmodiidae) que afeta milhões de pessoas em países localizados em regiões tropicais e subtropicais do planeta. Devido às altas taxas de morbidade e mortalidade, a doença é considerada um grave problema de saúde pública global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que, em 2021, ocorreram aproximadamente 247 milhões de casos de malária e 619 mil óbitos em 84 países endêmicos. Em 2022, esse número aumentou para 249 milhões de casos e 608 mil mortes, distribuídos em 85 países (World Health Organization, 2022; 2023).

A maior incidência da doença foi registrada no continente africano, com destaque para Etiópia, Nigéria e Uganda, que juntos foram responsáveis pelo aumento nos casos entre 2021 e 2022. Em 2023, foram registrados 263 milhões de casos globalmente, o que representou um acréscimo de 11 milhões de casos em relação ao ano anterior. Os países mais afetados continuam sendo Nigéria, República Democrática do Congo, Uganda, Etiópia e Moçambique. Apesar do aumento no número absoluto de casos, observou-se uma leve redução no número de países endêmicos, passando de 85 em 2022 para 83 entre 2023 e 2024 (Who, 2024).

Nas Américas, em 2022 foram registrados 481.788 casos e 92 óbitos. Em 2023, os números subiram para 505.600 casos e aproximadamente 116 mortes (Organização Pan-Americana da Saúde, 2024; 2025; Who, 2023).

No Brasil, cerca de 99% dos casos notificados de malária concentram-se na região amazônica, o que a caracteriza endêmica para a doença. Essa região abrange os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins. Em 2024, foram registrados cerca de 138.439 casos autóctones de malária no país, indicando um número menor em relação ao ano de 2023, no qual foram registrados 139.884 casos (Brasil, 2024; De Souza, 2025). A endemicidade da malária nessas regiões está associada à fatores socioeconômicos, políticos e ambientais, como a expansão urbana desordenada, mudanças políticas e o aumento de casos entre populações indígena e garimpeira. Essas condições criam ambientes propícios para a proliferação do mosquito vetor e a dinâmica da transmissão da doença (Garcia *et al.*, 2024).

Com o objetivo de reverter esse cenário, o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (PNCM), responsável por implementar estratégias de intervenção para mitigar a transmissão da doença no país, lançou em 2022 o Plano Nacional de Eliminação da Malária (PNEM). Alinhado à meta 3.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), o plano estabelece metas para a redução dos impactos da malária na saúde pública, incluindo a eliminação da transmissão de *P. falciparum* e a redução para menos de 14 mil casos autóctones até 2030, com a eliminação total da doença no Brasil prevista até 2035 (Brasil, 2022).

1.1.1 Agentes etiológicos da malária

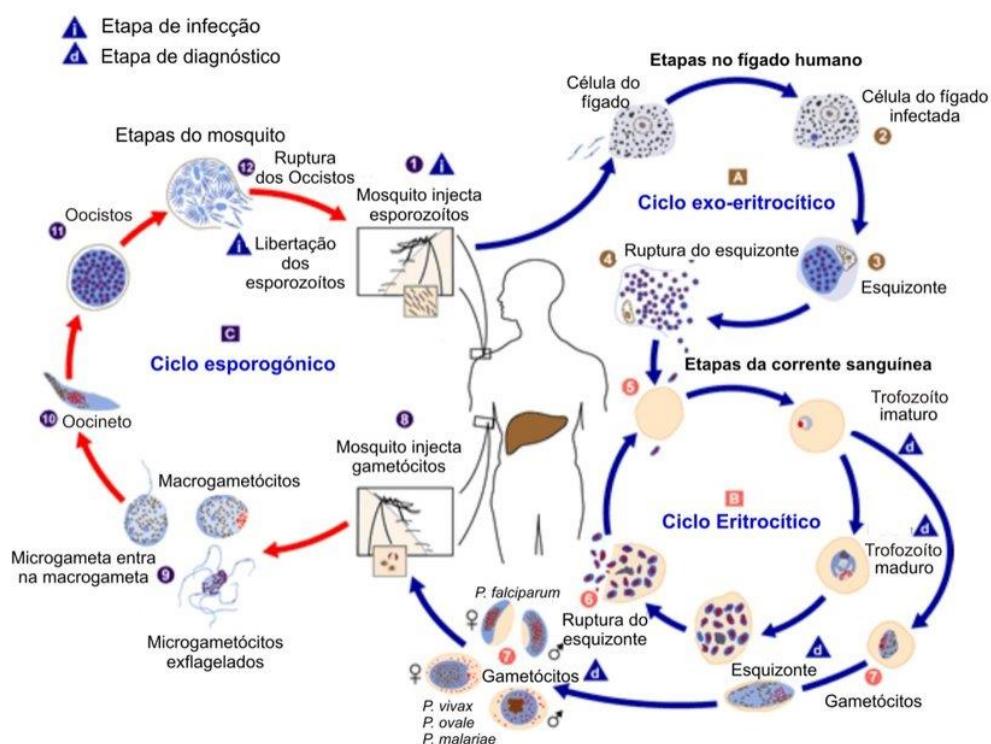
As espécies de *Plasmodium* (Marchiafava & Celli, 1885) que podem causar malária humana são: *Plasmodium falciparum* (Welch, 1896), *P. vivax* (Grassi & Feletti, 1890), *P. malariae* (Laveran, 1880), *P. ovale* (Stephens, 1922) e *P. knowlesi* (Sinton & Mulligan, 1932). A transmissão da malária ocorre predominantemente durante o repasto sanguíneo de mosquitos fêmeas de anofelinos infectadas pelo parasito (Ollomo *et al.*, 2009; Brasil, 2019a).

O ciclo de vida dos parasitos da malária exibe duas fases distintas e complexas, que envolvem dois hospedeiros: um vertebrado (o ser humano) e um invertebrado (o mosquito). A fase assexuada, chamada esquizogônica, ocorre no organismo humano, enquanto a fase sexuada, conhecida como esporogônica, desenvolve-se no anofelino. No ser humano, o ciclo inicia-se com a picada de fêmeas infectadas com esporozoítos (a forma infectante do *Plasmodium*). Durante a hematofagia, os esporozoítos presentes na glândula salivar do mosquito são inoculados nos capilares sanguíneos do hospedeiro e transportados para o fígado pela corrente sanguínea (Figura 1) (Brasil, 2019a; 2020).

Os parasitos invadem as células do fígado (hepatócitos) e multiplicam-se em milhares de merozoítos, os quais rompem os hepatócitos e invadem as células sanguíneas (hemárias). É nesta fase, conhecida como eritrocítica, que os sintomas da doença aparecem, e as hemárias infectadas são rompidas e outras são invadidas. Isso desencadeia uma série de multiplicações de células sanguíneas infectadas (multiplicação eritrocitária), e após vários eventos de multiplicação, alguns merozoítos iniciam o processo de diferenciação, dando origem às formas sexuadas, conhecidas como gametócitos (Figura 1) (França; Santos; Figueroa-Villar, 2008).

Figura 1 - Ciclo de vida do *Plasmodium*.

Fonte: Adaptado de CDC (2020)



No mosquito anofelino, a infecção dos parasitas ocorre durante o repasto sanguíneo das fêmeas em humanos portadores da malária. Após ingerir os gametóцитos masculinos (microgametas) e femininos (macrogametas) do hospedeiro vertebrado, a fase esporogônica inicia-se. No estômago do vetor, as formas sexuais dos parasitas fecundam-se, originando o zigoto que posteriormente se transforma em uma forma móvel denominada oocineto. Nesta fase, ocorre a migração dos oocinetos para o intestino médio do mosquito, onde assumirão a forma de oocisto. Dentro do oocisto, ocorre a multiplicação assexuada e a formação dos esporozoitos (Figura 1) (Brasil, 2005; Nureye; Assefa, 2020).

1.2 Mosquitos anofelinos

O gênero *Anopheles* Meigen (1818) é composto por aproximadamente 512 espécies formalmente reconhecidas, pertencentes à família Culicidae, e a subfamília Anophelinae. Dentre tais espécies, aproximadamente 103 ocorrem no Brasil e 24 no Maranhão (Rebêlo *et al.*, 2007; Harbach, 2024; Sallum *et al.* 2025).

Essas espécies estão distribuídas em oito subgêneros, incluindo *Anopheles* Meigen, 1818, *Baimaia* Harrbach, Rattanarithikul; Harrison, 2005, *Cellia* Theobald, 1902, *Cristya* Theobald, 1903, *Kerteszia* Theobald, 1905, *Lophodomyia* Antunes, 1937, *Nyssorhynchus* Blanchard, 1902 e *Stethomyia* Theobald, 1902, sendo encontradas em regiões temperadas, tropicais e subtropicais do planeta. No Brasil, esses mosquitos são conhecidos popularmente como muriçocas, carapanãs e pernilongos (Brasil, 2019a; Sinka et al., 2012; Harbach, 2024).

Os mosquitos adultos têm corpo delgado, com cabeça e abdômen orientados em linha reta com um ângulo de 30° a 40° em relação à superfície onde repousam, pernas longas, palpos maxilares tão longos quanto a probóscide e características distintas dos outros grupos de mosquitos que permitem sua identificação, como a ausência de sifão respiratório na fase larval e presença de manchas de escamas claras e escuras nas veias das asas na fase adulta (Marcondes, 2011; Habarch, 2024).

O ciclo de vida desses mosquitos é holometábolo, passando por quatro estágios principais: ovo, larva, pupa e adulto. As fêmeas depositam seus ovos isoladamente em meio aquático, colocando de 50 a 200 unidades (com a presença de flutuadores). Durante a fase larval, que apresenta quatro estágios de desenvolvimento (L1, L2, L3 e L4), os imaturos alimentam-se de matéria orgânica e microrganismos presentes no ambiente aquático. As pupas dos anofelinos são ativas e podem movimentar-se em resposta a perturbações no ambiente. Durante esta fase do ciclo, ocorre a metamorfose da pupa em um indivíduo adulto, que emerge do meio aquático para o terrestre. O tempo necessário para completar o ciclo de vida varia em média de 7 a 20 dias, dependendo das condições ambientais (Deane; Causey; Deane, 1948; Consoli; Lourenço de Oliveira, 1994).

Os criadouros larvais dos anofelinos variam de acordo com as preferências das espécies em relação às características do ambiente (Figura 2). Por exemplo, espécies como *An. darlingi* preferem ambientes aquáticos sombreados, enquanto outras como *An. albitalis* preferem ambientes com muita exposição à luz solar (Consoli; Oliveira, 1994; Rufalco-Moutinho et al., 2021). Em geral, as larvas dos anofelinos tendem a se desenvolver em vários tipos de coleções de água, naturais ou artificiais, como poças, lagos, valas de drenagem, pântanos, superfícies internas de árvores (buracos), tanques, valas de drenagem e açudes (Lopes, 1997; Arcos et al., 2018).

Figura 2 - Criadouros larvais de mosquitos anofelinos no município de Chapadinha-MA. Criadouros artificiais: A, B e C; Criadouros naturais: D, E e F.



Fonte: O autor (2025)

1.2.1 Importância médica dos anofelinos

Os mosquitos do gênero *Anopheles* possuem importância médica devido as fêmeas de algumas espécies serem vetores do agente etiológico da malária. O comportamento vetorial das fêmeas está diretamente relacionado à sua atividade hematofágica intrínseca, na qual se alimentam de sangue de hospedeiros vertebrados,

incluindo seres humanos, para o desenvolvimento e maturação dos ovos (Forattini, 1962; Consoli; Oliveira, 1994).

Durante o repasto sanguíneo em um hospedeiro humano infectado, o mosquito ingere os esporozoítos, estágio sexuado e infeccioso do parasito, que iniciam seu desenvolvimento no intestino médio do vetor, paralelo à digestão do sangue. Esse processo é essencial para a continuidade do ciclo de vida do *Plasmodium* e, consequentemente, para a transmissão da malária. Assim, a capacidade das fêmeas em localizar, se alimentar e digerir o sangue de hospedeiros infectados é um fator importante para o sucesso da transmissão do patógeno (Forattini, 1962; Saraiva et al. 2016; Nouzova; Clifton; Noriega, 2019)

1.2.2 Principais espécies vetores no Brasil

No Brasil, 11 espécies de mosquitos anofelinos são reconhecidas como importantes vetores na transmissão de *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae*, os principais causadores da malária humana no país (Brasil, 2019a; 2021). As espécies de maior importância epidemiológica pertencem aos subgêneros *Nyssorhynchus* Blanchard, 1902 e *Kerteszia* Theobald, 1905 (Forattini, 1962; 1987).

O subgênero *Nyssorhynchus* é o mais relevante em termos de transmissão da doença, composto por 45 espécies, das quais três são reconhecidas como vetores primários: *An. darlingi* Root, 1902, *An. aquasalis* Curry, 1932 e *An. albitalis* s.l. Lynch Arribálzaga, 1878 (Harbach, 2024). No subgênero *Kerteszia*, estão incluídas 12 espécies, sendo *An. cruzii* Dyar & Knab, 1908 e *An. bellator* Dyar & Knab, 1906 consideradas as principais espécies vetores.

O mosquito *An. darlingi* tem ampla distribuição geográfica, sendo encontrado principalmente na América do Sul, incluindo países como Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia. É considerado o principal vetor da malária no Brasil, principalmente na região amazônica. Este mosquito apresenta hábitos e comportamentos variados dependendo da região geográfica em que são encontrados, mas geralmente são antropofílicos e endófilos, com hábitos alimentares essencialmente crepusculares e noturnos. Suas formas imaturas são encontradas em diferentes habitats aquáticos, com preferência por águas limpas e sombreadas (Root, 1926; Consoli; Lourenço, 1994; Gil et al., 2015).

O *An. aquasalis* também é um vetor importante na transmissão da malária no Brasil, encontrado em várias partes da América Latina, América Central e América do Sul. Predominante no litoral, tem preferência por criadouros de águas salobras e apresenta comportamento zoofílico, com ocasionais comportamentos exófilos em densidades elevadas (Consoli; Lourenço, 1994).

Algumas espécies do Complexo *Albitarsis* desempenham um papel significativo na transmissão da malária em algumas regiões da América do Sul e América Central. Este mosquito apresenta hábitos exófilos e zoofílicos, mas em situações de densidades elevadas torna-se altamente antropofílico. Durante sua fase larval, pode ser encontrado em diversos ambientes aquáticos, como coleções de água doce, valas, pântanos e poças artificiais (Forattini 1987; Santos; Forattini, 1999; Póvoa *et al.*, 2006).

As espécies *An. cruzii* e *An. bellator* são os principais responsáveis da transmissão da malária na Mata Atlântica. Nesta região, a malária recebe o nome popular de malária de bromélias ou bromélia-malaria, devido a associação de plantas endêmicas epífitas conhecidas como bromélias (Bromeliaceae), que formam reservatórios de água nas axilas de suas folhas, servindo como criadouros naturais para formas imaturas desses mosquitos (Marrelli *et al.* 2007; Pina-Costa *et al.*, 2014).

O *An. cruzii*, encontrado em vários países da América do Sul, principalmente no Brasil, é uma espécie silvestre com preferência por bromélias localizadas na copa de árvores, protegidas do sol. Além da malária humana, o *An. cruzii* também é um vetor importante de espécies de *Plasmodium* causadores da malária símia, como *P. simium* e *P. brasiliense*, no bioma Mata Atlântica. Por outro lado, o *An. bellator* difere-se pela preferência por bromélias rupestres, sejam elas epífitas ou terrestres, localizadas em locais com maior exposição à luz solar. Ambos os mosquitos são acrodendrófilos e exófilos, mas podem apresentar comportamento antropofílico dependendo da densidade populacional (Forattini, 1962; Deane, 1992; Consoli; Lourenço de Oliveira, 1994).

Outras espécies, como *An. (Nys.) deaneorum* Rosa-Freitas, 1989, *An. (Nys.) triannulatus* Neiva & Pinto, 1922, *An. (Nys.) marajoara* Galvão & Damasceno, 1942, *An. (Nys.) janconnae* Wilkerson & Sallum, 2009, *An. (Ker.) homunculus* Komp, 1937 e espécies do complexo *An. (Nys.) oswaldoi*, foram encontradas naturalmente infectadas em regiões menos abrangentes do Brasil, conferindo-lhes um papel epidemiológico importante na transmissão da malária no país (Tadei; Thatcher, 2000; Conn *et al.*, 2002; Brasil, 2019a).

1.3 Controle vetorial

Estudos relacionados às características ecológicas e comportamentais de espécies vetores de anofelinos são fundamentais para o monitoramento e controle vetorial (Brasil, 2022; Cevs, 2023). No entanto, para realizar o controle de tais espécies, é fundamental entender aspectos importantes da bioecologia do vetor, bem como a interação parasita-vetor-hospedeiro e a influência do ambiente a dinâmica de transmissão da doença (Su; Zhang; Joy, 2020; Who, 2020).

O controle de vetores pode ser realizado por meio de métodos biológicos, mecânicos e químicos. Dentre esses, as ferramentas de controle químico são as mais utilizadas no combate a mosquitos vetores da malária em países endêmicos, incluindo a pulverização residual intradomiciliar, redes impregnadas com inseticidas de longa duração e uso de larvicidas (Benelli; Beier, 2017).

No Brasil, as principais estratégias de controle vetorial em áreas endêmicas de malária incluem a borrifação residual de inseticidas (BRI), o uso de mosquiteiros impregnados de longa duração (MILD) e o manejo de criadouros. Atualmente, entre os inseticidas empregados no país para o controle de vetores, destacam-se os piretróides, como Etofenprox PM 20% (utilizado na BRI) e lambdacialotrina CE 5% (Brasil, 2009; 2018; Baia-da-Silva *et al.*, 2019; Rocha *et al.*, 2020).

Embora o controle químico seja amplamente utilizado para reduzir o número de infecções locais, Amorim *et al.* (2025) relatam a detecção em larga escala de resistência a piretróides (como deltameetrina, permetrina e etofenprox) em *An. darlingi* na região amazônica. Em regiões endêmicas africanas, a resistência a inseticidas em espécies vetores como *An. gambiae* Giles, 1902, *An. funestus* Giles, 1900, *An. coluzzii* Coetzee & Wilkerson, 2013 e *An. arabiensis* Patton, 1905 é amplamente documentada (Mzilahowa *et al.*, 2016; Main *et al.*, 2018; Zoh *et al.*, 2018; Hamid-Adiamoh *et al.*, 2020; Mugenzi *et al.*, 2022; Wangrawa *et al.*, 2024). Além disso, estudos também ressaltam as limitações da proteção oferecida pelos MILD em ambientes intradomiciliares, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de novas estratégias de controle mais eficazes e sustentáveis (Benelli; Beier, 2017; Akoton *et al.*, 2023; Damien *et al.*, 2023).

1.3.1 Monitoramento vetorial

O monitoramento vetorial de mosquitos importantes na transmissão da malária envolve o uso de diferentes técnicas de coleta com o objetivo de caracterizar a fauna

entomológica de uma determinada área geográfica e, assim, subsidiar a seleção de estratégias adequadas de controle vetorial (Brasil, 2009).

O método de captura que consiste em atrair mosquitos por meio do atrativo humano ainda é considerado o padrão-ouro em estudos epidemiológicos, devido à sua precisão em fornecer informações entomológicas e estimativas da transmissão da malária (Service, 1977; Who, 2013; Mawejje *et al.*, 2022).

Apesar da eficácia em fornecer dados consistentes em estudos sobre a frequência, densidade e distribuição de espécies de anofelinos (Gimnig *et al.*, 2013; Meireles *et al.*, 2022), esse método apresenta algumas limitações, que incluem a exposição dos coletores ao risco de infecção.

No Brasil, a recomendação do Ministério da Saúde para o uso desse método é pela técnica de atração por humano protegido (TAHP), que consiste em capturar as fêmeas de mosquitos *Anopheles* antes de realizarem a hematofagia. Os coletores devem ser capacitados por instituições que ofereçam cursos sobre noções entomológicas em saúde pública e estar devidamente protegidos durante as capturas (Brasil, 2019b).

Outras técnicas de captura são utilizadas como alternativas ao atrativo humano na coleta de anofelinos (Missawa *et al.*, 2011; Govella *et al.*, 2011; Van de Straat *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2020). Destas, destaca-se o uso de armadilhas equipadas com fontes luminosas e armadilhas equipadas com atrativos químicos.

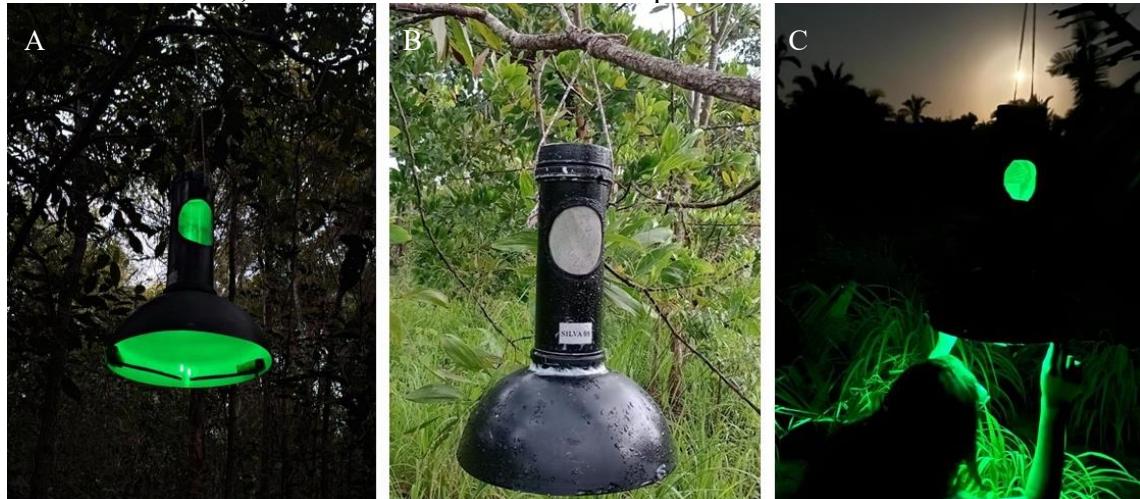
Nos últimos anos, vários trabalhos evidenciam a eficácia das armadilhas, como as do modelo BG (BG-Sentinel, BG-Malaria, BG-Suna), do tipo CDC (Center for Disease Control and Prevention), do tipo HP e armadilha Silva, tanto no monitoramento quanto no controle de espécies de anofelinos (Pugedo *et al.*, 2005; Obenauer *et al.*, 2013; Hiscox *et al.*, 2014; Ponlawat *et al.*, 2017; Costa-Neta *et al.*, 2018; Batista *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Mwanga *et al.*, 2019; De Araujo *et al.*, 2023).

A eficácia de armadilhas luminosas do tipo CDC como alternativa ao uso do atrativo humano foi demonstrada em estudos conduzidos por Briët *et al.* (2015) e Mawejje *et al.* (2022) em regiões da África. Em uma área rural de Malawi, no sudeste da África, o estudo de Mburu *et al.* (2019) também demonstrou que a armadilha BG-Suna (equipada com CO₂) apresentou resultados comparáveis ao atrativo humano na captura de vetores da malária.

A técnica de captura com uso da armadilha Silva (Figura 3) à base de LEDs tem se destacado e vem sendo utilizada em estudos sobre densidade, diversidade e em estudos comportamentais de mosquitos *Anopheles*. Esta armadilha tem demonstrado ser uma

alternativa eficiente às armadilhas luminosas convencionais, como as do tipo CDC (Silva *et al.*, 2019; Araújo, 2021; Viana, 2022). Trabalhos de Costa-Neta *et al.* (2023) e De Araújo *et al.* (2023) demonstram que a armadilha Silva pode ser utilizada em estudos ecológicos de espécies de mosquitos *Anopheles*, como em estudos de dispersão.

Figura 3 – Armadilha Silva utilizada para coleta de mosquitos anofelinos. A: Coleta em área de mata em Chapadinha-MA; B: Coleta em área rural de Santa Quitéria do Maranhão-MA; C: Coleta em área rural de Chapadinha-MA.



Fonte: O autor (2024)

1.4 Dispersão de mosquitos *Anopheles*

O conhecimento sobre o comportamento de voo dos mosquitos *Anopheles* são imprescindíveis para o planejamento de estratégias de controle vetorial (Eyles; Usinger; Robertson, 1944). Geralmente, o alcance de voo dos mosquitos de um ambiente para outro é denominado como dispersão (Service, 1997). Os principais comportamentos de voo descritos na literatura são classificados como dispersão passiva, ou dispersão a longas distâncias, quando o movimento dos mosquitos é facilitada pela intervenção humana direta (em meios de transporte) ou por forças naturais, como o vento; e dispersão ativa, ou dispersão a curta distância, caracterizada por voos em busca de fontes de alimentação sanguíneas ou açucaradas, locais de abrigo, enxameamento e oviposição, após emergirem de seus criadouros (Forattini, 1962; Cho *et al.*, 2002).

Service (1997) descreve todos os voos de mosquitos, independentemente da influência do vento, como dispersão. Nesta concepção, o transporte de mosquitos pelo vento a longas distâncias não deve ser interpretada como migração, mas como eventos accidentais e não adaptativos. Isso é fundamentado na escassez de evidências consistentes

que demonstrem que os mosquitos que voam em altitudes elevadas têm o propósito de serem levados, intencionalmente, pelo vento para novos ambientes.

No entanto, um estudo conduzido na região do Sahel, no Mali (África Ocidental), demonstrou que algumas espécies de vetores primários e secundários da malária, como *An. coluzzii*, *An. gambiae*, *An. coustani* Laveran, 1900 e *An. pharoensis* Theobald, 1901, foram encontradas em altitudes entre 40 e 290 metros acima do solo (Huestis *et al.*, 2019). De forma semelhante, em outro estudo realizado no oeste do Quênia (África Oriental), importantes vetores da malária, como *An. arabiensis*, *An. pharoensis* e *An. coustani*, foram coletados em altitudes de 90, 120 e 160 metros. Além disso, neste estudo fêmeas grávidas de *An. gambiae* criadas em laboratório foram expostas às mesmas altitudes à noite, em balões que permaneceram no ar por cerca de 14,5 h e, após avaliados quanto à sobrevivência, foram submetidos a ensaios de oviposição. Os mosquitos apresentaram capacidade de oviposição e viabilidade dos ovos semelhantes aos controles mantidos em laboratório. Esses achados indicam que, ao contrário da concepção de que o transporte pelo vento em grandes altitudes seria apenas um evento acidental, os mosquitos não apenas sobrevivem a essas condições, mas também mantêm sua capacidade reprodutiva, sugerindo que dispersão a longas distâncias é um fenômeno com implicações relevantes para a ecologia e epidemiologia desses vetores em diferentes regiões africanas (Atieli *et al.*, 2023).

Quanto à dispersão ativa, estudos pioneiros sobre o comportamento de voo de *Anopheles* na África destacam que a dispersão das espécies é geralmente limitada a curtas distâncias, especificamente entre 1 a 5 quilômetros (Ross, 1905; Pearson; Blakeman, 1906). Estima-se que o alcance dos voos dos anofelinos adultos seja principalmente limitado pela busca por alimentação. Além disso, a dispersão ativa depende de fatores essenciais para reprodução e longevidade do mosquito, variando conforme a espécie e as condições ambientais (Forattini, 1962; Service, 1997; Constantini, 1996). Por exemplo, espécies vetores como *An. darlingi* podem realizar voos de até 7,2 quilômetros em busca de hospedeiros (Charlwood; Alecrim, 1989), enquanto *An. sinensis* Wiedemann, 1828, importante vetor da malária em países do Leste Asiático, como a Coreia do Sul e China, é capaz de voar até 12 quilômetros durante uma noite em busca de alimentação (Cho *et al.*, 2002).

O método mais utilizado em estudos sobre a dispersão de culicídeos, como mosquitos dos gêneros *Anopheles*, *Aedes* Meigen, 1818 e *Culex* Linnaeus, 1758, é por meio da técnica de captura marcação-recaptura (Russell *et al.*, 2005; Midega *et al.*, 2007;

Tsuda *et al.*, 2008; Hamer *et al.*, 2014; Epopa *et al.*, 2017; Vavassori; Saddler; Müller, 2019). Essa técnica consiste em capturar (através de redes, armadilhas luminosas ou com feromônios) e marcar (com uso de pó fluorescente ou corantes) indivíduos de uma determinada população de mosquitos, para liberá-los novamente no mesmo ou em outro ambiente e, posteriormente, recapturá-los (Eyles; Usinger; Robertson 1944; Midega, 2007). Apesar de amplamente utilizada para investigar a dispersão, a baixa taxa média de recapturas em *Anopheles* (cerca de 3%, 1–9,5%) pode limitar o uso do método em representar de forma consistente toda a extensão da distribuição dos mosquitos nas áreas de estudo (Service, 1997; Guerra *et al.*, 2014).

1.4.1 Aspectos ecológicos dos mosquitos *Anopheles*

A distribuição ecológica de mosquitos *Anopheles* está associada à sua adaptabilidade a diferentes ecossistemas, com condições ambientais diversas (Forattini, 1962). Entretanto, os efeitos de ações antrópicas em habitats naturais podem favorecer condições ecológicas e microclimáticas que favorecem espécies de mosquitos anofelinos (Guimarães *et al.* 2004; Olson *et al.*, 2010).

Perturbações antropogênicas na estrutura da paisagem podem exercer impactos significativos sobre aspectos ecológicos dos mosquitos *Anopheles*, especialmente em fases específicas de seu ciclo de vida. O aumento da temperatura, por exemplo, pode acelerar o desenvolvimento do mosquito e reduzir o tempo necessário para completar seu ciclo de vida (Paaijmans *et al.*, 2010; Le *et al.*, 2019). Variações nos padrões de precipitação também podem criar ou eliminar habitats aquáticos necessários para a reprodução desses mosquitos (Tadei *et al.*, 2017; Herting, 2019).

Além disso, alterações no uso e cobertura do solo para atividades econômicas, como a agricultura e mineração, podem afetar a distribuição e diversidade de espécies vetores (Ponçôn *et al.*, 2007; Hinne *et al.*, 2021; Garcia *et al.*, 2024). O desmatamento tem sido documentado como um dos principais fatores que influenciam a distribuição e diversidade dos mosquitos anofelinos. Ao modificar características ambientais dos ecossistemas, essas atividades favorecem a criação de habitats propícios para a reprodução desses mosquitos, além de reduzir a presença de predadores naturais e animais silvestres que compõem a cadeia alimentar desses insetos (Vittor *et al.*, 2009; Laporta *et al.*, 2011; 2013; Chaves *et al.*, 2021).

1.4.2 Impactos ambientais e a malária

Estudos demonstram que as mudanças ambientais estão fortemente relacionadas aos eventos de transmissão da malária. Os impactos causados por alterações no ambiente natural dos mosquitos vetores, como desmatamento, mudanças climáticas, degradação florestal e urbanização, podem influenciar na procura por ambientes mais próximos às habitações humanas e facilitar a transmissão dos parasitos (Santos; Almeida, 2018; Andongma *et al.*, 2020; Gonzalez *et al.*, 2023).

No Relatório Mundial sobre a Malária de 2023, a OMS demonstrou uma preocupação crescente com o aumento da incidência da malária e as possíveis relações com as mudanças climáticas. Uma vez que a incidência de eventos climáticos extremos pode desencadear a migração de pessoas não infectadas para áreas endêmicas. Além disso, alterações significativas relacionadas ao clima, como temperatura, umidade e precipitação, podem influenciar no comportamento dos mosquitos anofelinos (Who, 2023; De Souza; Weaver, 2024).

Os impactos das mudanças climáticas nos mosquitos vetores envolvem vários fatores, mas o aumento significativo da temperatura global está frequentemente relacionado à incidência da doença. Desde o final do último século, a temperatura da superfície do planeta aumentou em 1°C, e há expectativa de que a temperatura atinja 3°C até o final do século XXI, dadas as práticas vigentes dos governos atuais em relação à diminuição das emissões de gases de efeito estufa decorrentes da queima excessiva de combustíveis fósseis (United Nations, 2021).

Aumentos significativos da temperatura em países tropicais, como o Brasil, implicam na criação de condições ideais para a proliferação dos mosquitos, visto que eles necessitam de temperatura superior a 16°C para o desenvolvimento do seu ciclo de vida. Além disso, os efeitos do aumento da precipitação pluviométrica também podem aumentar os números de criadouros naturais ou artificiais para as formas imaturas e, assim, elevar a abundância de anofelinos ou pode levar à expulsão de larvas de seus ambientes aquáticos (Paaijmans *et al.*, 2007; Shuman, 2010; Hahn *et al.*, 2014; Amaechi *et al.*, 2018).

A ocorrência de perturbações ambientais causadas pelo emprego de atividades econômicas como a mineração (garimpo), agricultura e exploração madeireira em ambientes naturais também pode aumentar a disseminação da malária em regiões que abrigam populações indígenas (Wetzler *et al.*, 2022; Garcia *et al.*, 2024).

O território Yanomami, por exemplo, localizado na região amazônica de fronteira entre o Brasil (nos estados de Roraima e do Amazonas) e a Venezuela, é frequentemente ocupado por instalações de garimpos ilegais e possui altos índices de infecção por malária. Em 2023, cerca de 30.972 casos foram notificados no Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) Yanomami, sendo causados pelos protozoários *P. vivax* (21.685 casos) e *P. falciparum* (9.287 casos) (Brasil, 2024).

Entre os anos de 2003 e 2022, a incidência da malária na região Yanomami aumentou conforme o aumento das atividades mineradoras na região. Entre as consequências negativas da mineração ilegal associadas à transmissão da malária destacam-se a criação de criadouros artificiais através das escavações e a migração de pessoas para essas localidades (Martins-Filho *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, a perda de biodiversidade emerge como um fator crítico na propagação de doenças em ambientes afetados pela intervenção humana. Os danos infligidos à variedade de habitats e espécies silvestres, locais onde os mosquitos vetores, como os anofelinos, se alimentam, podem desencadear uma série de consequências. Isso inclui não apenas o aumento da busca por fontes sanguíneas em ambientes urbanos ou degradados, mas também a redução da heterogeneidade dos ecossistemas, o que impede o fenômeno natural de transbordamento de patógenos, processo que consiste na evolução dos patógenos para colonizar hospedeiros de outras espécies (Amaral, 2020; Santos, 2021).

Neste contexto, estudos sobre comportamento de espécies de anofelinos são relevantes, especialmente aqueles relacionados à trajetória e comportamento de voo, pois esse é um aspecto pouco conhecido da ecologia desses vetores. Assim, entender o funcionamento da atividade de busca por hospedeiros, especificamente como eles chegam ao local de alimentação, é importante para a elaboração de estratégias de controle vetorial.

Atualmente, sabe-se que o vento pode influenciar a trajetória em que os mosquitos executam para localizar hospedeiros (Cardé; Willis, 2008). No entanto, até o momento, nenhum estudo foi realizado para avaliar a existência de uma rota específica dos mosquitos na localização de seus hospedeiros e se outros fatores ambientais, além do vento, também podem influenciar o trajeto desses mosquitos até o local de alimentação.

Além disso, estudos como este podem fornecer dados importantes sobre como os impactos antropogênicos no ambiente pode influenciar a distribuição de espécies importantes na transmissão da malária, fornecendo orientações para aplicação de políticas públicas de saúde e de conservação ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a existência de uma trajetória específica dos mosquitos do gênero *Anopheles* em localizar fontes sanguíneas em duas áreas rurais do Baixo Parnaíba.

2.2 Específicos

- Conhecer a distribuição e diversidade das espécies de anofelinos em duas áreas rurais do Baixo Parnaíba;
- Identificar os pontos com elevada densidade de mosquitos *Anopheles* e verificar à relação com os possíveis locais de origem da trajetória das espécies;
- Determinar se espécies diferentes de anofelinos utilizam trajetórias específicas durante a busca por hospedeiros;
- Determinar a influência da direção do vento na localização dos hospedeiros pelos mosquitos.

3 HIPÓTESES

H0: Os mosquitos *Anopheles* não utilizam uma rota específica para chegar ao local da fonte sanguínea.

H1: Os mosquitos *Anopheles* utilizam uma rota específica para chegar ao local da fonte sanguínea.

REFERÊNCIAS

- AKOTON, R. *et al.* Vectorial competence, insecticide resistance in *Anopheles funestus* and operational implications for malaria vector control strategies in Benin Republic. **Malaria Journal**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2023.
- AMAECHI, E. C. *et al.* Distribution and seasonal abundance of Anopheline mosquitoes and their association with rainfall around irrigation and non-irrigation areas in Nigeria. **Cuadernos de Investigación UNED**, v. 10, n. 2, p. 267-272, 2018.
- AMARAL, C. P. Zoonoses x mutações: qual a relação com as questões ambientais? **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v 15, n 4, p.310-326, 2020.
- AMORIM, Q. S. *et al.* First large-scale assessment of pyrethroid resistance in *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) in Brazil (2021-2024): a crucial step in informing decision-making in malaria control. **Malaria Journal**, v. 24, n. 1, p. 1-12, 2025.
- ANDONGMA, E. F. *et al.* Impact of environmental changes on mosquitoes and disease transmission. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 10, p. 35-40, 2020.
- ARAUJO, E. C. **Padronização e uso da armadilha luminosa silva à base de leds (light-emitting diodes) nas capturas de mosquitos anofelinos no Estado do Maranhão.** 2021. 83 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.
- ARCOS, A. N. *et al.* Characterization of artificial larval habitats of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) in the Brazilian Central Amazon. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, p. 267-274, 2018.
- ATIELI, H. E. *et al.* Wind-assisted high-altitude dispersal of mosquitoes and other insects in East Africa. **Journal of Medical Entomology**, v. 60, n. 4, p. 698-707, 2023.
- BAIA-DA-SILVA, D. C. *et al.* Current vector control challenges in the fight against malaria in Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 52, p. 1-10, 2019.
- BATISTA, E. P. A. *et al.* Field evaluation of the BG-Malaria trap for monitoring malaria vectors in rural Tanzanian villages. **PloS one**, v. 13, n. 10, p. 1-18, 2018.
- BATISTA, E. P. A. *et al.* Videographic analysis of flight behaviours of host-seeking *Anopheles arabiensis* towards BG-Malaria trap. **PLoS One**, v. 14, n. 7, p. 1-14, 2019.
- BENELLI, G.; BEIER, J. C. Current vector control challenges in the fight against malaria. **Acta tropica**, v. 174, p. 91-96, 2017.
- BONA, A. C. D.; NAVARRO-SILVA, M. A. Diversidade de Culicidae durante os períodos crepusculares em bioma de Floresta Atlântica e paridade de *Anopheles cruzii* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 40-48, 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Caracterização da malária em áreas especiais da região amazônica. **Secretaria de Vigilância em Saúde**, v. 55, n. 14, p. 1-13, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Combate à malária terá reforço de 300 mil mosquiteiros com inseticidas. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 09 nov. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2018/novembro/combate-a-malaria-tera-reforco-de-300-mil-mosquiteiros-com-inseticidas>. Acesso: 15 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de tratamento da malária no Brasil**. Brasília: Ministério da saúde, 2021. 84p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em saúde**. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019a. 740 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia para gestão local do controle da malária**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. 59p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia para o Planejamento das Ações de Captura de Anofelinos pela Técnica de Atração por Humano Protegido (TAHP) e Acompanhamento dos Riscos à Saúde do Profissional Capturador**. Brasília: Ministério da Saúde, 2019b. 27 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de diagnóstico laboratorial da malária. **Ministério da Saúde, Brasília**, v. 112, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Panorama epidemiológico da malária em 2021: buscando o caminho para a eliminação da malária no Brasil. **Secretaria de Vigilância em Saúde**, v. 53, n. 17, p. 3-29, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de tratamento da malária no Brasil**. Boletim Epidemiológico, p. 76, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Território Yanomami é a primeira região do Brasil a receber medicamento para cura da malária. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 15 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2024/marco/territorio-yanomami-e-a-primeira-regiao-do-brasil-a-receber-medicamento-para-cura-da-malaria>. Acesso em: 25 mar. 2024.

BRIËT, O. J. *et al.* Applications and limitations of Centers for Disease Control and Prevention miniature light traps for measuring biting densities of African malaria vector populations: a pooled-analysis of 13 comparisons with human landing catches. **Malaria journal**, v. 14, p. 1-13, 2015.

BURKETT, D. A.; BUTLER, J. F.; KLINE, D. L. Field evaluation of colored light-emitting diodes as attractants for woodland mosquitoes and other Diptera in north central Florida. **Jornal of the American Mosquito Control Association-Mosquito News**, v. 14, n. 2, p. 186-195, 1998.

CARDÉ, R. T.; WILLIS, M. A. Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. **Journal of chemical ecology**, v. 34, p. 854-866, 2008. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2020. Disponível em: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CEVS. Centro estadual de vigilância em saúde. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/malaria-5ad7524d92ec4>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CHARLWOOD, J. D.; ALECRIM, W. A. Capture-recapture studies with the South American malaria vector *Anopheles darlingi*, Root. **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 83, n. 6, p. 569-576, 1989.

CHAVES, L. S. M. et al. Anthropogenic landscape decreases mosquito biodiversity and drives malaria vector proliferation in the Amazon rainforest. **PLoS One**, v. 16, n. 1, p. 1-25, 2021.

CHAVES, L. S. M. et al. Global consumption and international trade in deforestation-associated commodities could influence malaria risk. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1258, 2020.

CHO, S. H. et al. A mark-release-recapture experiment with *Anopheles sinensis* in the northern part of Gyeonggi-do, Korea. **The Korean journal of parasitology**, v. 40, n. 3, p. 139-148, 2002.

CONN, J. E. et al. Emergence of a new neotropical malaria vector facilitated by human migration and changes in land use. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 66, n. 1, p. 18-22, 2002.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. D. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994. 224 p.

COSTA-NETA, B. M. et al. Centers for Disease Control-type light traps equipped with highintensity light-emitting diodes as light sources for monitoring *Anopheles* mosquitoes. **Acta Tropica**, v.18, p. 61-63, 2018.

COSTA-NETA, B. M. et al. The evening crepuscular host-seeking activity of *Anopheles* mosquitoes in northeast Brazil. **Journal of Medical Entomology**, v. 60, n. 5, p. 1008-1015, 2023.

COSTANTINI, C. et al. Density, survival and dispersal of *Anopheles gambiae* complex mosquitoes in a West African Sudan savanna village. **Medical and veterinary entomology**, v. 10, n. 3, p. 203-219, 1996.

CUMMINS, B. et al. A spatial model of mosquito host-seeking behavior. **PLoS computational biology**, v. 8, n. 5, p. 1-13, 2012.

DAMIEN, B. G. et al. Long-Lasting insecticide-treated nets combined or not with indoor residual spraying may not be sufficient to eliminate malaria: a case-control study, Benin, West Africa. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 8, n. 10, p. 2-22, 2023.

DE ARAÚJO, E. C. et al. Effect of ultraviolet LED and trap height on catches of host-seeking anopheline mosquitoes by using a low-cost passive light trap in northeast Brazil. **Parasitology Research**, v. 122, n. 6, p. 1343-1349, 2023.

DE SOUZA, T. Brasil reduz 26% dos casos de malária no primeiro trimestre de 2025. Ministério da Saúde, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2025/abril/brasil-reduz-26-dos-casos-de-malaria-no-primeiro-trimestre-de-2025>. Acesso em: 16 jun. 2025

- DE SOUZA, W. M.; WEAVER, S. C. Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases. **Nature Reviews Microbiology**, p. 1-16, 2024.
- DEANE, L. M. Simian malaria in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, p. 1-20, 1992.
- DEANE, L. M.; CAUSEY, O. R.; DEANE, M. P. Notas sobre a distribuição e a biologia dos Anofelinos das regiões Nordestina e Amazônica do Brasil. **Revista do Serviço Especial de Saúde Pública**, v. 1, n. 4, p. 827-965, 1948.
- DETINOVA, T. S. Age-grouping methods in diptera of medical importance. **World Health Organization: Geneva, Switzerland**, 1962.
- DO MARANHÃO, E. S. T. A. D. O. **Relatório diagnóstico do município de Chapadinha**. 2011.
- EPOPA, P. S. *et al.* The use of sequential mark-release-recapture experiments to estimate population size, survival and dispersal of male mosquitoes of the *Anopheles gambiae* complex in Bana, a west African humid savannah village. **Parasites & vectors**, v. 10, p. 1-15, 2017.
- EYLES, D. E.; USINGER, R. L.; ROBERTSON, J. L. **A critical review of the literature relating to the flight and dispersion habits of anopheline mosquitoes**. 1944.
- FORATTINI, O. P. Comportamento exófilo de *Anopheles darlingi* Root, em região meridional do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 21, p. 291-304, 1987.
- FORATTINI, O. P. **Entomologia Médica**. São Paulo: Fac. Higiene e Saúde, 1962. 662 p.
- FRANÇA, T. C. C.; SANTOS, M. G.; FIGUEROA-VILLAR, J. D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. **Química Nova**, v. 31, p. 1271-1278, 2008.
- GARCIA, K. K. S. *et al.* Is Brazil reaching malaria elimination? A time series analysis of malaria cases from 2011 to 2023. **PLOS Global Public Health**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2024.
- GIL, L. H. S. *et al.* Seasonal distribution of malaria vectors (Diptera: Culicidae) in rural localities of Porto Velho, Rondônia, Brazilian Amazon. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 57, n. 3, p. 263-7, 2015.
- GIMNIG, J. E. *et al.* Incidence of malaria among mosquito collectors conducting human landing catches in western Kenya. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 88, n. 2, p. 301, 2013.
- GOMES, A. C. *et al.* Ecologia de *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root em área de implantação de empreendimento hidrelétrico, na divisa dos Estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, p. 272-276, 2010.
- GOMES, E. C. S. *et al.* Outbreak of autochthonous cases of malaria in coastal regions of Northeast Brazil: the diversity and spatial distribution of species of *Anopheles*. **Parasites & Vectors**, v. 13, p. 1-11, 2020.

GONZALEZ, W. D. *et al.* Malaria Risk Drivers in the Brazilian Amazon: Land Use—Land Cover Interactions and Biological Diversity. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 15, p. 6497, 2023.

GUERRA, C. A. *et al.* A global assembly of adult female mosquito mark-release-recapture data to inform the control of mosquito-borne pathogens. **Parasites & vectors**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2014.

HAHN, M. B. *et al.* Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the Brazilian Amazon. **PloS one**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2014.

HAMER, G. L. *et al.* Dispersal of adult *Culex* mosquitoes in an urban West Nile virus hotspot: a mark-capture study incorporating stable isotope enrichment of natural larval habitats. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2014.

HAMID-ADIAMOH, M. *et al.* Insecticide resistance in indoor and outdoor-resting *Anopheles gambiae* in Northern Ghana. **Malaria journal**, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2020.

HARBACH, R. E. Mosquito Taxonomic Inventory. 2024. Disponível em: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxony/term/6045>. Acesso em: 26 jan. 2024.

HERTIG, E. Distribution of *Anopheles* vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. **Parasites & vectors**, v. 12, p. 1-9, 2019.

HINNE, I. A. *et al.* Larval habitat diversity and *Anopheles* mosquito species distribution in different ecological zones in Ghana. **Parasites & Vectors**, v. 14, p. 1-14, 2021.

HISCOX, A. *et al.* Development and optimization of the Suna trap as a tool for mosquito monitoring and control. **Malaria journal**, v. 13, p. 1-14, 2014.

HUESTIS, D. L. *et al.* Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. **Nature**, v. 574, n. 7778, p. 404-408, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2022. IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/chapadinha/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoman>. Acesso em: 10 ago. 2023.

LAPORTA, G. Z. *et al.* Biodiversity can help prevent malaria outbreaks in tropical forests. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 7, n. 3, p. 1-12, 2013.

LAPORTA, G. Z. *et al.* Habitat suitability of *Anopheles* vector species and association with human malaria in the Atlantic Forest in south-eastern Brazil. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 106, p. 239-245, 2011.

LE, P. V. *et al.* Predicting the direct and indirect impacts of climate change on malaria in coastal Kenya. **PloS one**, v. 14, n. 2, p. 1-18, 2019.

LOPES, J. Ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do norte do estado do Paraná, Brasil: VI. Coletas de larvas no peridomicílio. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 571-578, 1997.

MAIN, B. J. *et al.* Genetic variation associated with increased insecticide resistance in the malaria mosquito, *Anopheles coluzzii*. **Parasites & vectors**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2018.

MARCONDES, C. B. **Entomologia médica e veterinária**. In: LOZOVEI, L. A. Culicidae (Mosquitos). São Paulo: Atheneu, 2011. p. 107-526.

MARRELLI, M. T. *et al.* *Kerteszia* subgenus of *Anopheles* associated with the Brazilian Atlantic rainforest: current knowledge and future challenges. **Malaria Journal**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2007.

MARTINS-FILHO, P. R. *et al.* The increase in cases and deaths from malaria in the Brazilian Yanomami territory is associated with the spread of illegal gold mining in the region: A 20-year ecological study. **Travel medicine and infectious disease**, v. 57, p. 1-3, 2024.

MASCARENHAS, B. M. *et al.* Estudo de anofelinos antropofílicos peridomiciliares da Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém, Pará. **Acta amazônica**, v. 39, p. 453-458, 2009.

MAWEJJE, H. D. *et al.* Impact of different mosquito collection methods on indicators of *Anopheles* malaria vectors in Uganda. **Malaria Journal**, v. 21, n. 1, p. 388, 2022.

MBURU, M. M. *et al.* Assessment of the Suna trap for sampling mosquitoes indoors and outdoors. **Malaria journal**, v. 18, p. 1-11, 2019.

MEIRELES, A. C. A. *et al.* Anopheline diversity in urban and peri-urban malaria foci: comparison between alternative traps and seasonal effects in a city in the Western Brazilian Amazon. **Malaria Journal**, v. 21, n. 1, p. 258, 2022.

MIDEGA, J. T. *et al.* Estimating dispersal and survival of *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* along the Kenyan coast by using mark-release-recapture methods. **Journal of medical entomology**, v. 44, n. 6, p. 923-929, 2007.

MISSAWA, N. A. *et al.* Comparison of capture methods for the diagnosis of adult anopheline populations from State of Mato Grosso, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 555-560, 2011.

MUGENZI, L. M. J. *et al.* Escalating pyrethroid resistance in two major malaria vectors *Anopheles funestus* and *Anopheles gambiae* (sl) in Atatam, Southern Ghana. **BMC infectious diseases**, v. 22, n. 1, p. 1-15, 2022.

MWANGA, E. P. *et al.* Evaluation of an ultraviolet LED trap for catching *Anopheles* and *Culex* mosquitoes in south-eastern Tanzania. **Parasites & Vectors**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2019.

MZILAHOWA, T. *et al.* Increasing insecticide resistance in *Anopheles funestus* and *Anopheles arabiensis* in Malawi, 2011–2015. **Malaria Journal**, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2016.

NOUZOVA, M.; CLIFTON, M. E.; NORIEGA, F. G. Mosquito adaptations to hematophagia impact pathogen transmission. **Current Opinion in Insect Science**, v. 34, p. 21-26, 2019.

NUREYE, D.; ASSEFA, S. Old and recent advances in life cycle, pathogenesis, diagnosis, prevention, and treatment of malaria including perspectives in Ethiopia. **The Scientific World Journal**, v. 2020, p. 1-17, 2020.

OBENAUER, P. J. *et al.* Field responses of *Anopheles gambiae* complex (Diptera: Culicidae) in Liberia using yeast-generated carbon dioxide and synthetic lure-baited light traps. **Journal of medical entomology**, v. 50, n. 4, p. 863-870, 2013.

OLLOMO, B *et al.* A new malaria agent in African hominids. **PLoS pathogens**, v. 5, n. 5, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000446>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1000446>. Acesso em: 10 jan. 2024.

OLSON, S. H. *et al.* Deforestation and malaria in Mancio Lima county, Brazil. **Emerging infectious diseases**, v. 16, n. 7, p. 1108-1115, 2010.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Malária. 2024. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/malaria>. Acesso em: 15 mar. 2024

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Malária. Disponível em: <https://www.paho.org/en/topics/malaria>. Acesso em: 10 fev. 2025

PAAIJMANS, K. P. *et al.* Influence of climate on malaria transmission depends on daily temperature variation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 34, p. 15135-15139, 2010.

PAAIJMANS, K. P. *et al.* Unexpected high losses of *Anopheles gambiae* larvae due to rainfall. **PloS one**, v. 2, n. 11, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001146>.

PASSOS, M.L.V. *et al.* Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.758-766, 2016.

PEARSON, K.; BLAKEMAN, J. Mathematical contributions to the theory of evolution. XV. A mathematical theory of random migration. Drapers' Company Research Memoirs: Biometric Series III. **Appl. Math., Univ. College, Univ. London**, 1906.

PINA-COSTA, A. *et al.* Malaria in Brazil: what happens outside the Amazonian endemic region. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 109, p. 618-633, 2014.

PONÇON, N. *et al.* Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. **Emerging Infectious Diseases**, v. 13, n. 12, p. 1810- 1815, 2007.

PONLAWAT, A. *et al.* Field evaluation of two commercial mosquito traps baited with different attractants and colored lights for malaria vector surveillance in Thailand. **Parasites & vectors**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2017.

PÓVOA, M. M. *et al.* The importance of *Anopheles albitalis* E and *An. darlingi* in human malaria transmission in Boa Vista, state of Roraima, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, p. 163-168, 2006.

PUGEDO, H. *et al.* HP: an improved model of suction light trap for the capture of small insects. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 1, 2005.

REBÉLO, J. M. M. *et al.* Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.12, p. 2959-2971, 2007.

ROCHA, E. M. *et al.* Vector-focused approaches to curb malaria transmission in the Brazilian Amazon: an overview of current and future challenges and strategies. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 5, n. 4, p. 1-20, 2020.

ROOT, F. M. Studies on Brazilian mosquitoes. I. The anophelines of the *Nyssorhynchus* group. 1926.

ROSS, R. An Address on the logical basis of the sanitary policy of mosquito reduction: Delivered at the Section of Preventive Medicine of the International Congress of Arts and Science, Universal Exposition, St. Louis, September, 1904. **British Medical Journal**, v. 1, n. 2315, p. 1025, 1905.

RUFALCO-MOUTINHO, P. *et al.* Ecology and larval population dynamics of the primary malaria vector *Nyssorhynchus darlingi* in a high transmission setting dominated by fish farming in western Amazonian Brazil. **PLoS ONE**, v. 16, n. 4, p. 1-22, 2021.

RUSSELL, P. F. *et al.* Some Experiments on Plight Range of *Anopheles* culicifacies. **Journal of Experimental Zoology**, v. 97, n. 2, p. 135-63, 1944.

RUSSELL, R. C. et al. Mark-release-recapture study to measure dispersal of the mosquito *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia. **Medical and veterinary entomology**, v. 19, n. 4, p. 451-457, 2005.

SALLUM, M. A. M. *et al.* Identification keys to the *Anopheles* mosquitoes of South America (Diptera: Culicidae). IV. Adult females. **Parasites & Vectors**, v. 13, p. 1-14, 2020.

SANGBAKEMBI-NGOUNOU, C. *et al.* Diurnal biting of malaria mosquitoes in the Central African Republic indicates residual transmission may be “out of control”. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 21, p. 1-11, 2022.

SANTOS, A. S.; ALMEIDA, A. N. The impact of deforestation on malaria infections in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 154, p. 247-256, 2018.

SANTOS, L. A. A Crise na Biodiversidade e suas Reverberações na Saúde Humana: um Panorama Teórico. **UNICIÊNCIAS**, v. 25, n. 2, p. 130-136, 2021.

SANTOS, R. L. C.; FORATTINI, O. P. Marcação-soltura-recaptura para determinar o tamanho da população natural de *Anopheles albitalis* ls (Diptera: Culicidae). **Revista de Saúde Pública**, v. 33, n. 3, p. 309-313, 1999.

- SARAIVA, R. G. *et al.* Mosquito gut antiparasitic and antiviral immunity. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 64, p. 53-64, 2016.
- SERVICE, M. W. A critical review of procedures for sampling populations of adult mosquitoes. 1977.
- SERVICE, M. W. Mosquito (Diptera: Culicidae) dispersal—the long and short of it. **Journal of medical entomology**, v. 34, n. 6, p. 579-588, 1997.
- SHUMAN, E. K. Global climate change and infectious diseases. **New England Journal of Medicine**, v. 362, n. 12, p. 1061-1063, 2010.
- SILVA, F. S. *et al.* Field performance of an efficient, low cost, simple-to-build, non motorized Light-Emitting Diode (LED) trap for capturing adult *Anopheles* mosquitoes (Diptera: Culicidae). **Acta Tropica**, v.190, p. 9-12, 2019.
- SINKA, M. E. *et al.* A global map of dominant malaria vectors. **Parasites Vectors**, v.5, p.3-11, 2012
- SIQUEIRA, A. M. *et al.* Paisagem do *Plasmodium vivax* no Brasil: Cenário e desafios. *Jornal Americano de Medicina Tropical e Higiene*. 2016;95:87-96.
- SU, X. Z.; ZHANG, C.; JOY, D. A. Host-malaria parasite interactions and impacts on mutual evolution. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 10, p. 1-20, 2020.
- SUDIA, W. D.; CHAMBERLAIN, R. W. Battery-operated light trap, an improved model. **Mosquito news**, v. 22, p. 126-129, 1962.
- TADEI, W. P. *et al.* Adaptative processes, control measures, genetic background, and resilience of malaria vectors and environmental changes in the Amazon region. **Hydrobiologia**, v. 789, p. 179-196, 2017.
- TADEI, W. P.; DUTARY THATCHER, B. Malaria vectors in the Brazilian Amazon: *Anopheles* of the subgenus *Nyssorhynchus*. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 42, p. 87-94, 2000.
- TSUDA, Y. *et al.* A mark-release-recapture study on dispersal and flight distance of *Culex pipiens pallens* in an urban area of Japan. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 24, n. 3, p. 339-343, 2008.
- UNITED NATIONS. 2021. What Is Climate Change? Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- VAN DE STRAAT, B. *et al.* Evaluating synthetic odours and trap designs for monitoring *Anopheles farauti* in Queensland, Australia. **Malaria Journal**, v. 18, p. 1-7, 2019.
- VAVASSORI, L.; SADDLER, A.; MÜLLER, P. Active dispersal of *Aedes albopictus*: a mark-release-recapture study using self-marking units. **Parasites & vectors**, v. 12, p. 1-14, 2019.
- VIANA, J. C. Uso da armadilha Silva na captura de mosquitos do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) em área de mata de galeria, no município de Chapadinha-MA.

2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2022.

VITTOR, A. Y. *et al.* Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 81, n. 1, p. 1-16, 2009.

WANGRAWA, D. W. *et al.* Distribution and insecticide resistance profile of the major malaria vector *Anopheles funestus* group across the African continent. **Medical and veterinary entomology**, v. 38, n. 2, p. 119-137, 2024.

WETZLER, E. A. *et al.* Changing transmission dynamics among migrant, indigenous and mining populations in a malaria hotspot in Northern Brazil: 2016 to 2020. **Malaria Journal**, v. 21, n. 1, p. 1-17, 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. World malaria report 2024: addressing inequity in the global malaria response. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Malaria entomology and vector control – guide for tutors. 2013. Disponível em: https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/9789241505802_eng.pdf. Acesso: 27 set. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Vector-borne diseases. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>. Acesso em: 27 set. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. World Malaria Report 2022. Disponível em: <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2022>. Acesso: 27 set. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. World Malaria Report 2023. Disponível em: <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2022>. Acesso em: 14 jan. 2024.

ZOH, D. D. *et al.* The current insecticide resistance status of *Anopheles gambiae* (sl)(Culicidae) in rural and urban areas of Bouaké, Côte d'Ivoire. **Parasites & vectors**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2018.

CAPÍTULO II

Dinâmica de voo dos mosquitos anofelinos na busca por hospedeiro em duas áreas no Maranhão, Nordeste do Brasil

Artigo a ser submetido (ou publicado) no periódico *Journal of Medical Entomology*.
The Journal of Medical Entomology publishes reports on all aspects of medical, veterinary, and public health entomology. The journal emphasizes studies on the biology, ecology, genetics, systematics, surveillance, and predictive modeling and management of arthropods that cause direct or indirect damage to the health of humans, livestock, companion animals, and wildlife or that invade corpses. Reports on the pharmacological properties of arthropod-derived compounds and the use of arthropods as model systems for human disease are not being accepted. The journal is published bimonthly in January, March, May, July, September, and November.

ARTIGO CIENTÍFICO

Dinâmica de voo dos mosquitos anofelinos na busca por hospedeiro em duas áreas no Maranhão, Nordeste do Brasil

Joany da Costa Viana^{1,2*}, Vivian Almeida Bezerra², João Pedro Borgéa Alves², Luciano Jeremias Lima Silva², Erica Cruz de Carvalho², Francinaldo Soares Silva^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, Maranhão, Brazil.

²Laboratório de Entomologia Médica, Centro de Ciências de Chapadinha, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, 65500-000, Brazil.

* Autor correspondente: Joanydacostaviana@gmail.com

Resumo

O conhecimento sobre a influência de fatores ambientais na dispersão de mosquitos do gênero *Anopheles* em direção a fontes sanguíneas é essencial para o planejamento de estratégias de controle vetorial. Investigar como esses insetos se orientam espacialmente em ambientes naturais pode revelar padrões importantes do comportamento vetorial. Neste estudo, avaliou-se a existência de rotas específicas utilizadas por mosquitos anofelinos na busca por hospedeiros em duas áreas rurais do Maranhão, no Nordeste do Brasil. As coletas foram realizadas em campo, utilizando armadilhas luminosas do tipo Silva com LEDs para interceptação dos mosquitos. Cada local de experimento foi dividido em quatro setores posicionados em diferentes direções espaciais, onde as armadilhas foram distribuídas. Ao todo, foram coletados 2.099 espécimes de anofelinos, pertencentes principalmente aos subgêneros *Nyssorhynchus* e *Anopheles*. Em ambas as áreas, observou-se maior densidade de mosquitos nos setores próximos a áreas com vegetação mais densa e a potenciais criadouros. A distribuição espacial dos anofelinos não ocorreu de forma aleatória, com maior concentração de indivíduos em setores situados em direções específicas em relação ao abrigo do hospedeiro.

Palavras-chave: dispersão, voo, vetor, malária

Abstrat

Knowledge about the influence of environmental factors on the dispersal of *Anopheles* mosquitoes toward blood sources is essential for planning vector control strategies. Investigating how these insects spatially orient themselves in natural environments can reveal important patterns of vector behavior. In this study, we evaluated the existence of specific routes used by *Anopheles* mosquitoes in their search for hosts in two rural areas of Maranhão, northeastern Brazil. Field collections were carried out using Silva traps to intercept mosquitoes. Each experimental site was divided into four sectors positioned in different spatial directions, where traps were distributed. A total of 2.099 *Anopheles* specimens were collected, mainly belonging to the subgenera *Nyssorhynchus* and *Anopheles*. In both areas, higher mosquito densities were observed in sectors near denser vegetation and potential breeding sites. The spatial distribution of *Anopheles* was not at random, with a greater concentration of individuals in sectors located in specific directions relative to the host shelter.

Keywords: dispersal, flight, vector, malaria

Introdução

Os mosquitos do gênero *Anopheles* têm importância médica reconhecida mundialmente por sua relevância como vetores dos protozoários pertencentes ao gênero *Plasmodium*, causadores da malária. O gênero inclui aproximadamente 500 espécies distribuídas globalmente em regiões tropicais e subtropicais, e cerca de 70 espécies são consideradas vetores dominantes (Sinka et al. 2012). Considerando que a busca ativa por hospedeiros é um mecanismo importante que pode favorecer a transmissão dos patógenos (Takken e Knols 1999, Day 2005), o conhecimento fundamental sobre a influência de fatores ambientais sobre a dispersão dos mosquitos em direção a fontes sanguíneas é relevante para o planejamento de estratégias de controle vetorial.

A dispersão ativa dos mosquitos está fortemente associada a diferentes comportamentos, como a procura por alimentação sanguínea, acasalamento, oviposição, repouso e enxameamento (Service 1997, Day 2016, Baeshen 2021). Esses movimentos, especialmente a busca por hospedeiro, podem ser modulados por determinantes ambientais, como a distância de locais de reprodução, a densidade da vegetação e a direção do vento, os quais podem contribuir para a variação na abundância e distribuição de mosquitos em diferentes paisagens geográficas (Guimarães et al. 2004, Midega 2012, Endo e Eltahir 2018, Vieira et al. 2022).

Estudos anteriores evidenciam padrões comportamentais que envolvem a dispersão de mosquitos entre locais de alimentação e oviposição. Renshaw et al. (1994) observaram que adultos de *Aedes cantans* Meigen, 1818, emergidos de criadouros em uma mata e na ausência de hospedeiros, se dispersam para outras áreas em busca de sangue, onde permanecem em repouso. Contudo, como não havia locais adequados para oviposição, os mosquitos retornam à mata original. De forma semelhante, McCall et al. (2001), utilizando experimentos de marcação e recaptura na Tanzânia, sugerem que fêmeas grávidas de *Anopheles arabiensis* Patton, 1905, capturadas no local onde se alimentaram, tendem a retornar a esse local para repousar antes de se dispersarem em busca de criadouros.

Apesar de estudos como estes indicarem que a localização de hospedeiros e criadouros influencia os padrões de dispersão dos vetores, ainda são escassas as evidências sobre a existência de trajetórias específicas utilizadas por anofelinos durante o voo em direção às fontes sanguíneas. Investigar como esses insetos se orientam espacialmente em ambientes naturais pode revelar padrões fundamentais do

comportamento vetorial. Portanto, o presente estudo avaliou a existência de rotas específicas que os mosquitos *Anopheles* utilizam para localizar fontes sanguíneas em duas áreas de Cerrado no Maranhão, Nordeste do Brasil.

Materiais e métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido em duas áreas rurais situadas no Baixo Parnaíba, abrangendo os municípios de Chapadinha-MA ($3^{\circ}44'26''S$, $43^{\circ}21'33''O$) e Santa Quitéria do Maranhão-MA ($3^{\circ}30'57''S$, $42^{\circ}32'49''O$), localizados na Mesorregião do Leste Maranhense (Figura 1). Chapadinha integra a Microrregião de Chapadinha, enquanto Santa Quitéria faz parte da microrregião do Baixo Parnaíba Maranhense. Devido à proximidade geográfica, ambas localidades possuem similaridades quanto ao clima e o tipo de vegetação. A vegetação predominante é o cerradão, uma fitofisionomia típica do bioma Cerrado presente em ambos os municípios (Correia Filho et al. 2011a, 2011b, Azevedo et al. 2016).

Segundo a classificação climática de Köppen, as duas regiões possuem clima tropical quente e úmido (Aw), caracterizado por duas estações bem definidas: uma estação chuvosa (de janeiro a junho) e outra seca (de julho a dezembro). Em Chapadinha, a temperatura média anual é de $27,9^{\circ}C$, enquanto em Santa Quitéria do Maranhão a temperatura média anual oscila entre $22,5^{\circ}C$ e $31,9^{\circ}C$. A vegetação predominante é o cerradão, uma fitofisionomia típica do bioma Cerrado presente em ambos os municípios (Passos et al. 2016). A velocidade média diária dos ventos durante o período de coleta foi de aproximadamente 2 m/s. Dados mensais apontaram predominância de ventos na direção nordeste, com padrão consistente ao longo do estudo. As informações sobre a velocidade e a direção do vento foram obtidas a partir de registros da estação meteorológica de Chapadinha - MA.

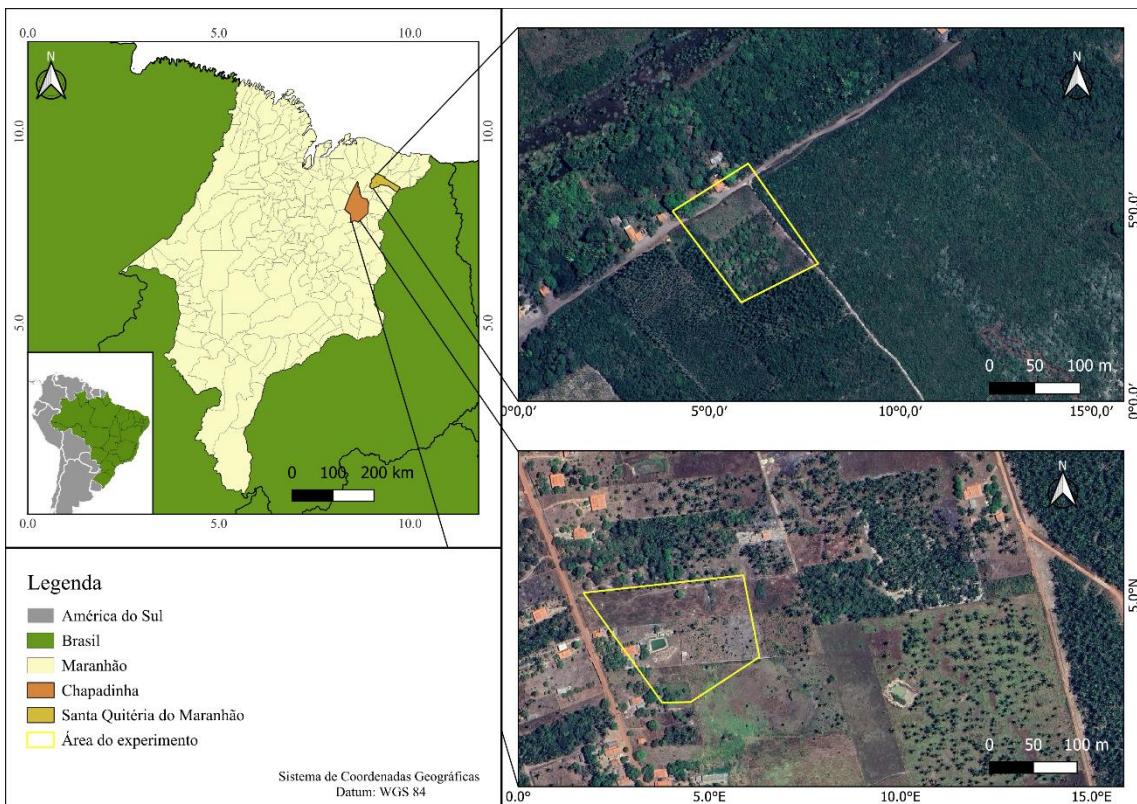


Figura 1. Localização geográfica das áreas de coletas dos mosquitos *Anopheles* no Maranhão, Nordeste do Brasil.

Caracterização das áreas de coleta dos mosquitos *Anopheles*

A seleção das áreas para a realização das coletas seguiu os seguintes critérios: I) presença de corpos d’água naturais ou artificiais; II) presença de animais domésticos como gados ou porcos; III) área de transição entre paisagens naturais e antropizadas.

Área 1- Povoado Mangabeira (Chapadinha)

O povoado Mangabeira está situado a aproximadamente 10 km do centro urbano de Chapadinha. A fitofisionomia local é composta por vegetação secundária com palmeiras, dominada por gramíneas, arbustos e remanescentes de mata nativa. Inserida na bacia hidrográfica do rio Munim, a região conta com corpos d’água formados pelo curso principal do rio e por açudes e lagoas. As habitações humanas são relativamente próximas entre si, algumas cercadas com criação de animais.

Área 2- Povoado Sucupira (Santa Quitéria do Maranhão)

Localizado a cerca de 55 km da sede municipal, o povoado Sucupira apresenta fisionomia vegetal predominante composta por floresta estacional, com ocorrência de encraves de mata dos cocais, vegetação savânica e secundária. As coleções de água

presentes na região são formadas pelo curso de um rio que atravessa o povoado e por poças temporárias geradas pelas chuvas. Além disso, práticas de agricultura de subsistência, como o cultivo de milho, arroz e mandioca são comuns na região. Tais práticas, que envolvem queimadas e desmatamento, podem exercer influência direta sobre os habitats de espécies silvestres. Assim como na primeira área, as casas são próximas entre si, com criação de animais domésticos como aves (galinhas), porcos e gado.

Coletas dos anofelinos

A captura dos mosquitos nas duas áreas foi realizada com o uso de 12 armadilhas luminosas do tipo Silva. Cada armadilha foi equipada com dois LEDs verdes de 5 mm e alto brilho (15.000 mcd), conforme descrito por Silva et al. (2019). As armadilhas foram dispostas nos arredores do abrigo dos hospedeiros, instaladas a uma altura de 1,5 m do solo (De Araújo et. al 2023), e devidamente etiquetadas e numeradas conforme sua posição em relação ao abrigo.

As coletas foram conduzidas ao longo de 12 horas, das 18:00h às 6:00h. A distribuição das armadilhas foi planejada com base nas características da paisagem, considerando a influência antrópica e a presença de coleções hídricas, sendo os pontos de coleta organizados em quatro setores distintos em cada área.

Na área 1, as coletas dos anofelinos foram realizadas em 26 noites, entre os meses de junho de 2024 e agosto de 2025, durante a estação seca. As coletas foram conduzidas em dois momentos: momento 1(M1) e momento 2 (M2). No M1, sete coletas foram realizadas entre junho e julho de 2024, utilizando quatro armadilhas Silvas, posicionadas a aproximadamente 20 metros do abrigo dos hospedeiros, uma em cada setor da área (Figura 2). No período correspondente ao M2 foram realizadas seis coletas entre julho e agosto de 2024 e outras 13 coletas entre junho e agosto de 2025. Para as capturas foram utilizadas 12 armadilhas distribuídas igualmente entre os quatro setores da área (três por setor). Dessas, quatro foram instaladas próximas ao abrigo, a cerca de 20 metros, enquanto oito foram posicionadas a 50 metros de distância (Figura 2).

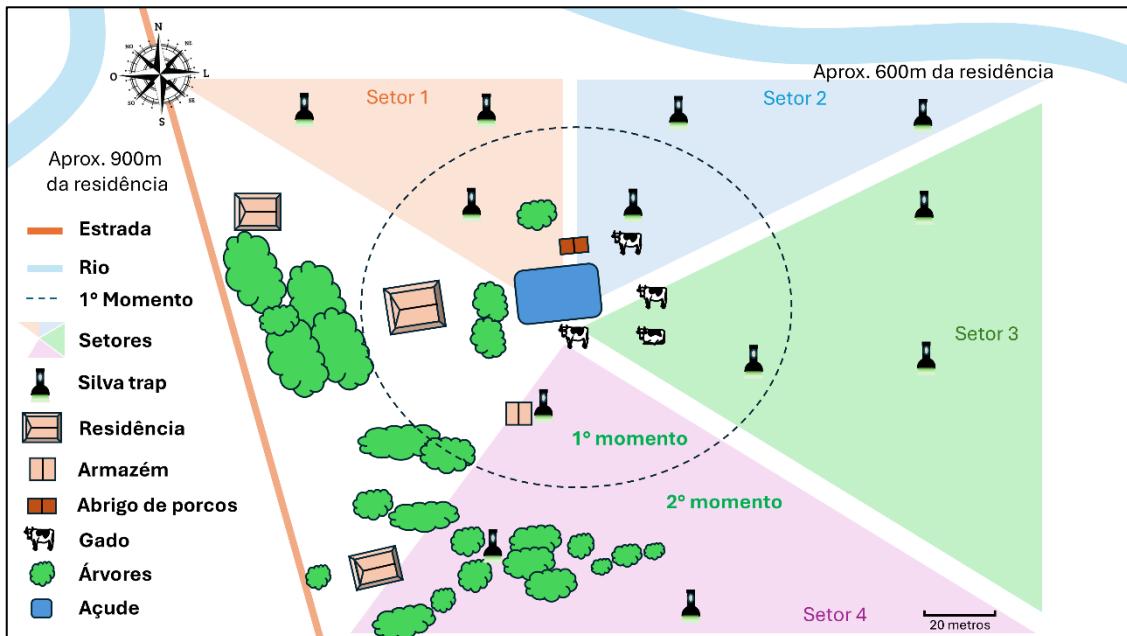


Figura 2. Representação espacial dos setores e da disposição das armadilhas utilizadas nas capturas na Área 1 (Mangabeira) Chapadinha.

Na área 2, foram realizadas 42 coletas entre fevereiro e junho de 2025, durante a estação chuvosa. A disposição das armadilhas foi adaptada à paisagem local e à distribuição do abrigo dos animais. As 12 armadilhas foram igualmente distribuídas nos quatro setores definidos, com três armadilhas em cada setor (Figura 3).

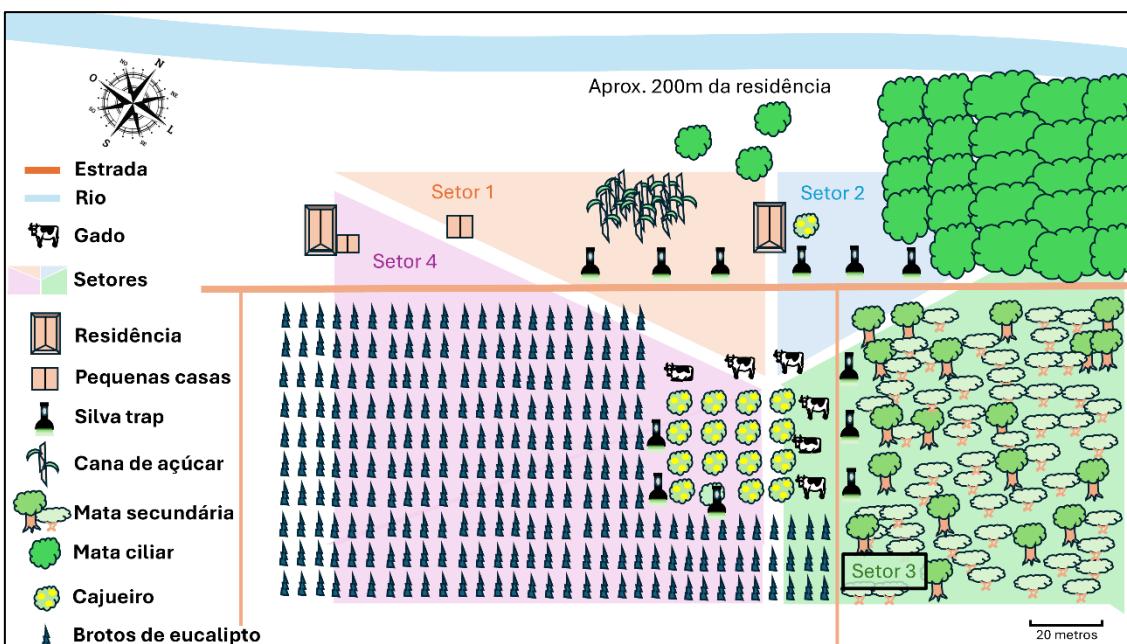


Figura 3. Representação espacial dos setores e da disposição das armadilhas utilizadas nas capturas na Área 2 (Sucupira) Santa Quitéria do maranhão.

Identificação dos mosquitos *Anopheles*

Após a captura, os anofelinos foram transportados ao Laboratório de Entomologia Médica (LEME), localizado no Centro de Ciências de Chapadinha (CCCh). Os mosquitos foram levados ao freezer, submetidas a uma temperatura de 20°C negativos, induzindo a morte por congelamento. Em seguida, foi realizada a triagem e etiquetagem do material. As espécies foram identificadas a nível de espécie utilizando as chaves de identificação proposta por Consoli e Lourenço-de Oliveira (1994) e Sallum *et al.* (2020).

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram conduzidas no software GraphPad Prism 8.0.2 (San Diego, CA, E.U.A), com o objetivo de verificar variações na distribuição espacial da densidade de anofelinos entre os setores amostrados em cada área e momento. A normalidade dos dados foi inicialmente avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Nos casos em que os dados não apresentaram distribuição normal, foi aplicada a transformação logarítmica (\log_{10}), o que permitiu a utilização da análise de variância (ANOVA). Quando identificadas diferenças significativas, aplicou-se o pós-teste de Tukey para comparação entre os grupos. Nos conjuntos de dados que permaneceram com distribuição não normal mesmo após a transformação, aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn. Em todas as análises, adotou-se nível de significância de $p < 0.05$. Os dados apresentados nas figuras (gráficos) são os valores transformados em \log_{10} .

Resultados

Um total de 2.099 espécimes de mosquitos anofelinos foram coletados nas duas áreas do estudo, pertencentes, em sua maioria, aos subgêneros *Nyssorhynchus* e *Anopheles*. As coletas na área 1 compreenderam 398 espécimes no primeiro momento amostral e 1.087 no segundo momento das capturas (Tabela 1). As coletas na área 2 resultaram em um total de 614 anofelinos capturados (Tabela 2).

Na área 1, *An. argyritarsis* foi a espécie mais frequente em ambos os momentos, representando 87,69% no M1 ($N = 349$) e 86,11% no M2 ($N = 936$), evidenciando sua alta predominância no local, seguido por *An. triannulatus* (M1 = 28, 7,03%; M2 = 90, 8,28%) (Tabela 1). As demais espécies foram registradas em números bastante reduzidos (Tabela 1). O número total de espécies foi o mesmo nos dois momentos (cinco espécies), com variação apenas na composição: *An. peryasui* foi registrada apenas no M1, enquanto *An. albitalis* ocorreu somente no M2.

Os espécimes não identificados (danificados) corresponderam a 3,52% ($N = 14$) no M1 e 2,12% ($N = 23$) no M2.

As maiores densidades médias de indivíduos coletados por noite foram observadas nos setores 3 (M1 = $26,00 \pm 11,82$; M2 = $26,00 \pm 4,24$) e 2 (M1 = $12,86 \pm 3,41$; M2 = $14,89 \pm 2,46$), e as menores densidades médias nos setores 1 (M1 = $9,29 \pm 4,70$; M2 = $10,79 \pm 1,50$) e 4 (M1 = $8,71 \pm 2,33$; M2 = $5,83 \pm 1,05$) (Tabela 1). Nos dois momentos, houve maiores concentrações de anofelinos capturados em armadilhas posicionadas nos setores 3 e 2.

Tabela 1. Número total de anofelinos coletados, densidade média por noite por setor, frequência das espécies durante os dois momentos amostrais (M1 e M2) na Área 1.

| Espécies | Setores – Momento 1 | | | | | | | | Total (%) | |
|-------------------------------|---------------------|-----|--------------|-----|---------------|-----|-------------|----|-----------|--|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | | |
| | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | | |
| <i>An. (Nys) argyritarsis</i> | 15,25 ± 7,73 | 61 | 9,86 ± 2,54 | 69 | 24,29 ± 11,12 | 170 | 7,00 ± 1,84 | 49 | 349 87,69 | |
| <i>An. (Nys) triannulatus</i> | 2,00 ± 0,71 | 4 | 3,25 ± 1,65 | 13 | 1,00 ± 0,00 | 4 | 2,33 ± 0,88 | 7 | 28 7,03 | |
| <i>An. (Nys) goeldii</i> | - | 0 | 1,00 ± 0,00 | 1 | 1,00 ± 0,00 | 1 | 1,00 ± 0,00 | 3 | 5 1,26 | |
| <i>An. (Nys) evansae</i> | - | 0 | 1,00 ± 0,00 | 1 | - | 0 | - | 0 | 1 0,25 | |
| <i>An. (Ano) peryassui</i> | - | 0 | - | 0 | 1,00 ± 0,00 | 1 | - | 0 | 1 0,25 | |
| <i>Anopheles</i> ssp. | 1,00 ± 0,00 | 1 | 1,25 ± 0,25 | 5 | 1,75 ± 0,75 | 7 | 1,50 ± 0,50 | 1 | 14 3,52 | |
| Total de indivíduos | 66 | | 89 | | 183 | | 60 | | 398 | |
| Média de indivíduos por setor | 9,29 ± 4,70 | | 12,86 ± 3,41 | | 26,00 ± 11,82 | | 8,71 ± 2,33 | | | |
| (%) | 16,58 | | 22,36 | | 45,98 | | 15,08 | | 100 | |
| Espécies | Setores – Momento 2 | | | | | | | | Total (%) | |
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | | |
| | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | | |
| <i>An. (Nys) argyritarsis</i> | 9,37 ± 1,40 | 178 | 13,94 ± 2,48 | 251 | 22,37 ± 3,67 | 425 | 4,56 ± 0,84 | 82 | 936 86,11 | |
| <i>An. (Nys) triannulatus</i> | 1,46 ± 0,18 | 19 | 1,50 ± 0,19 | 12 | 4,50 ± 1,34 | 45 | 2,00 ± 0,58 | 14 | 90 8,28 | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---|--------------|---|--------------|----|-------------|---|-------|------|
| <i>An. (Nys) goeldii</i> | 1,00 ± 0,00 | 4 | 1,00 ± 0,00 | 7 | 1,68 ± 0,33 | 5 | 1,00 ± 0,00 | 3 | 19 | 1,75 |
| <i>An. (Nys) albitalensis</i> | - | 0 | 3,50 ± 1,50 | 7 | 2,00 ± 0,00 | 2 | 1,00 ± 0,00 | 1 | 10 | 0,92 |
| <i>An. (Nys) evansae</i> | - | 0 | - | 0 | 1,17 ± 1,67 | 7 | 1,00 ± 0,00 | 2 | 9 | 0,83 |
| <i>Anopheles</i> spp. | 2,00 ± 0,00 | 4 | 1,50 ± 0,29 | 6 | 1,25 ± 0,25 | 10 | 3,00 ± 0,00 | 3 | 23 | 2,12 |
| Total de indivíduos | 205 | | 283 | | 494 | | 105 | | 1,087 | |
| Média de indivíduos por setor | 10,79 ± 1,50 | | 14,89 ± 2,46 | | 26,00 ± 4,24 | | 5,83 ± 1,05 | | | |
| (%) | 18,86 | | 26,03 | | 45,45 | | 9,66 | | 100 | |

S1: setor 1; S2: setor 2; S3: setor 3; S4: setor 4; ± EPM: erro padrão da média. N: total de indivíduos; spp.: espécimes danificados.

A análise das amostragens revelou diferença estatisticamente significativa entre as médias de mosquitos coletados nos setores da área 1. No M1, houve diferença entre os setores 1 e 3 ($p = 0,0436$), sugerindo uma maior densidade no setor 3 (Figura 4A). No M2, observaram-se diferenças entre os setores 1 e 3, 2 e 3, e 3 e 4 ($p < 0,0001$), com o setor 4 consistentemente associado às menores densidades (Figura 4B).

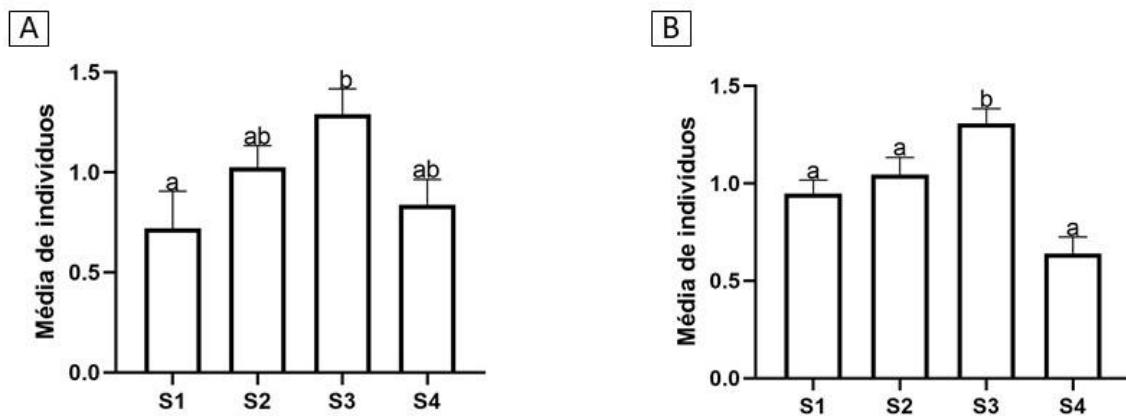


Figura 4. Média de mosquitos capturados na área 1 (Chapadinha) em dois momentos amostrais. A) Anofelinos coletados no M1. B) Captura de mosquitos no M2. Letras diferentes significam diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Na área 2, *An. peryassui* foi a mais frequente, representando 83,06% dos indivíduos capturados, seguido por *An. argyritarsis* (13,19%). As demais espécies, *An. triannulatus* ($N= 7$) e *An. goeldii* ($N= 1$), juntas, corresponderam a menos de 2% das capturas, evidenciando uma forte predominância de uma única espécie no local. Além disso, a proporção de espécimes danificados foi de 2,44% ($N = 15$) (Tabela 2).

A distribuição espacial dos mosquitos revelou acentuada concentração no setor 3 ($N = 303$; 49,35%), enquanto os setores 2 ($N = 127$; 20,68%) e 1 ($N= 117$; 19,06%) apresentaram densidades intermediárias. O setor 4 apresentou o menor número de capturas ($N = 67$; 10,91%). A análise de Kruskal-Wallis indicou diferença significativa apenas entre os setores 3 e 4 ($H = 11.02$; $gl = 3$; $p = 0,0116$), sugerindo que a maior densidade de anofelinos foi no setor 3 (Figura 5).

Tabela 2. Total de anofelinos coletados, densidade média por noite por setor e frequência das espécies nos setores na Área 2.

| Espécies | Setores | | | | | | | | Total (%) | |
|-------------------------------|-------------|----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|----|-----------|--|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | | |
| | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | Média ± EPM | N | | |
| <i>An. (Ano) peryassui</i> | 3,56 ± 0,66 | 94 | 3,57 ± 0,57 | 107 | 6,44 ± 1,12 | 251 | 3,05 ± 0,67 | 58 | 510 83,06 | |
| <i>An. (Nys) argyritarsis</i> | 1,82 ± 0,32 | 20 | 1,40 ± 0,22 | 14 | 3,00 ± 1,75 | 39 | 1,60 ± 0,60 | 8 | 81 13,19 | |
| <i>An. (Nys) triannulatus</i> | 1,00 ± 0,00 | 2 | 1,00 ± 0,00 | 2 | 1,00 ± 0,00 | 2 | 1,00 ± 0,00 | 1 | 7 1,14 | |
| <i>An. (Nys) goeldii</i> | - | 0 | 1,00 ± 0,00 | 1 | - | 0 | - | 0 | 1 0,16 | |
| <i>Anopheles</i> spp. | 1,00 ± 0,00 | 1 | 1,00 ± 0,00 | 3 | 1,83 ± 0,48 | 11 | - | 0 | 15 2,44 | |
| Total de indivíduos | 117 | | 127 | | 303 | | 67 | | 614 | |
| Média de indivíduos por setor | 3,77 ± 0,77 | | 3,53 ± 0,56 | | 7,21 ± 1,20 | | 2,91 ± 0,62 | | | |
| (%) | 19,06 | | 20,68 | | 49,35 | | 10,91 | | 100 | |

S1: setor 1; S2: setor 2; S3: setor 3; S4: setor 4; ± EPM: erro padrão da média. N: total de indivíduos; spp.: espécimes danificados.

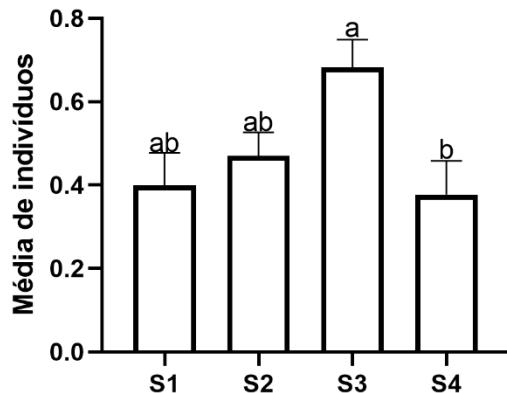


Figura 5. Média de mosquitos capturados na área 2 (Santa Quitéria do Maranhão). Letras diferentes significam diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Assim como observado na Área 1, a distribuição espacial dos anofelinos na Área 2 não foi homogênea, evidenciando setores de maior densidade de mosquitos.

Discussão

Investigamos a existência de uma rota específica utilizada por mosquitos anofelinos durante a busca de hospedeiros, por meio de capturas realizadas com armadilhas luminosas instaladas em diferentes direções nos setores dos locais de campo. Nossos achados mostram que a dispersão das espécies não ocorreu uniformemente entre os setores. Na área 1, as diferenças entre as densidades de mosquitos ocorreram nos dois momentos do experimento, com os setores 2 e 3 apresentando as maiores concentrações de mosquitos (Figura 2). De modo semelhante, na área 2, a maior densidade de mosquitos foi coletada no setor 3 (Figura 3). Estes resultados sugerem que grande parte dos mosquitos se dispersou em busca de fontes sanguíneas seguindo direções específicas em cada área.

É provável que as maiores capturas nesses setores, apesar da distância limitada entre eles, estejam associadas à composição e à configuração da paisagem local. Em ambas as áreas, a distribuição espacial dos anofelinos em relação ao abrigo dos hospedeiros foi mais acentuada nos setores próximos a áreas com maior vegetação e a potenciais criadouros. Em Zoba Anseba, na Eritrea, Charlwood et al. (2021) observaram que fêmeas de *An. arabiensis* foram interceptadas por armadilhas de Tenda Furvela enquanto buscavam locais de descanso na vegetação próxima ao um riacho, mesmo local onde ocorria o enxameamento. Esses achados sugerem que a busca por alimentação sanguínea não ocorre muito distante de áreas onde as fêmeas também possam acasalar, descansar e realizar oviposição. Isso indica que determinantes ambientais frequentemente associados à distribuição espacial e temporal de mosquitos, como o índice de vegetação e a proximidade de corpos d'água (Zeilhofer et al. 2007, Cottrell et al. 2012), podem estruturar potenciais rotas de dispersão.

Na área 1, a espécie *An. argyritarsis* foi a mais abundante, sendo também a mais frequente em todos os setores, tanto nas coletas realizadas no M1 quanto no M2. A predominância dessa espécie em áreas rurais semelhantes da região já foi descrita por Silva et al. (2019) e De Araújo et al. (2023). Em sua fase imatura, *An. argyritarsis* é encontrado em uma variedade de habitats, incluindo ambientes naturais e antropizados (Juri et al. 2010, Alencar et al. 2013). As populações adultas dos mosquitos encontrados nesta área podem ter sido favorecidas pela presença de coleções de água do rio situado a aproximadamente 600 m dos pontos de coleta, além de criadouros artificiais como açudes, que servem como ambientes propícios para a oviposição.

Apesar da alta incidência de *An. argyritarsis* na área de coleta, sua ocorrência não está associada à transmissão da malária na região. Na área estudada, não há registros de casos autóctones, nem evidências da circulação do parasita, tampouco foram observadas densidades elevadas de vetores competentes, como *An. darlingi*. Além disso, os padrões de atividade circadiana da espécie, especialmente o início da atividade hematofágica em horários crepusculares, podem ser fatores que desfavorecem a transmissão da malária, como demonstrado nos estudos de Deane et al. (1948) e Lardeux et al. (2013).

A ocorrência de *An. peryassui*, *An. argyritarsis* e *An. goeldii* na área 2 representa o primeiro registro dessas espécies no município de Santa Quitéria do Maranhão. Até então, apenas *An. triannulatus* havia sido registrada na região por Rebêlo et al. (2007).

A abundância de *An. peryassui* nessa área pode estar relacionada à sua preferência por ambientes silvestres ou rurais e ao seu comportamento altamente zoóflico, sendo comumente encontrada em regiões florestais da Amazônia brasileira (Barbosa e Scarpassa 2023). Esse achado corrobora os dados de Deane et. al (1948), que encontraram estágios larvais em ambientes com maior índice de vegetação e presença de riachos de águas límpidas em regiões do Nordeste brasileiro, características também observadas na área 2.

Quanto ao seu potencial papel como vetor, Taddei e Thatcher (2000) relatam a presença natural de *Plasmodium vivax* e *P. falciparum* em *An. peryassui* na região Amazônica brasileira. No entanto, estudos de Lorosa et al. (2010) e Barbosa et al. (2016) indicam que essa espécie raramente se alimenta de fontes sanguíneas humanas, devido a sua preferência por animais, especialmente de bovinos, o que pode contribuir para uma menor relevância na transmissão da malária.

Neste estudo, observamos que os setores com maior densidade de anofelinos estavam localizados a favor da direção do vento, que durante o período amostrado ocorreu, em grande parte, na direção nordeste (NE) (Figuras 2 e 3). Trabalhos anteriores demonstram que o vento pode influenciar o voo de mosquitos tanto na busca por hospedeiros quanto na dispersão para novos ambientes (Service 1997, Huestis et al. 2019, Atieli et al. 2023). No entanto, variações na direção e velocidade do vento, em diferentes ambientes, podem dificultar a detecção de odores utilizados pelos mosquitos para localizar hospedeiros (Cardé e Willis 2008). Embora o comportamento mais frequentemente descrito na literatura seja o voo contra o vento durante a busca por alimentação (Gillies et al. 1978), resultados contrastantes também foram observados por Gillies e Wilkes (1974) e Snow (1976), nos quais mosquitos foram interceptados tanto

contra como a favor do vento, em armadilhas posicionadas em diferentes direções. Esses achados indicam que, no presente estudo, a direção do vento não foi um fator determinante para a dispersão dos mosquitos entre os setores.

Nas localidades estudadas, nossas observações revelaram que as maiores densidades de mosquitos foram registradas em armadilhas posicionadas na direção oposta ao pôr do sol. A variação da intensidade luminosa no ambiente natural é reconhecida como um dos fatores que regulam os ritmos circadianos dos mosquitos (Rund et al. 2016), e sabe-se que os anofelinos tendem a realizar suas principais atividades de voo, como enxameamento, alimentação e oviposição, entre os períodos crepusculares e noturnos (Jones et al. 1974, Forattini et al. 1996, Orlandin et al. 2017, Costa-Neta et. al 2023). Contudo, especulamos que a iluminação crepuscular, isoladamente, não explica a concentração de mosquitos nesses setores, mas que sua interação com outros fatores da paisagem, como a configuração espacial e a proximidade de áreas favoráveis ao repouso e à reprodução, tenha influenciado o padrão observado. Assim, embora o efeito espacial da iluminação crepuscular sobre o comportamento de busca por hospedeiro ainda seja pouco compreendido, nossos achados trazem à luz a necessidade de investigações futuras sobre essa possível correlação.

Em nosso estudo não foi possível determinar uma rota específica sobre o comportamento de voo dos mosquitos na busca por hospedeiro, principalmente devido às limitações associadas ao número de pontos amostrais, à influência de fatores ambientais não controlados, como variações microclimáticas e flutuações populacionais sazonais. Entretanto, os resultados evidenciaram setores com maiores concentrações de indivíduos coletados por armadilha/noite. Essa diferença espacial sugere que a dinâmica de voo dos mosquitos em busca de alimentação sanguínea não ocorre de maneira aleatória, mas pode estar associada a estrutura da paisagem local, como a presença de corpos hídricos e vegetação, que funcionam como fatores ambientais determinantes para sua proliferação. Estes achados são importantes para a compreensão de como mudanças antrópicas na paisagem podem influenciar a dinâmica de dispersão de anofelinos, principalmente de espécies vetores.

Conclusão

Em conclusão, a distribuição espacial dos espécimes nas duas áreas investigadas não ocorreu de forma aleatória, com maior concentração de mosquitos em setores situados em direções específicas em relação ao abrigo do hospedeiro. A composição das espécies e os padrões de dispersão observados sugerem que fatores ambientais, como a proximidade de corpos d'água e da vegetação podem influenciar a trajetória dos anofelinos no ambiente. Apesar dos achados, não foi possível afirmar com certeza a existência de uma rota específica. No entanto, os dados sugerem que a dispersão dos mosquitos pode ser orientada por características ambientais locais. Este estudo reforça a importância de análises espaciais para a compreensão do comportamento de dispersão dos anofelinos em busca de hospedeiros, especialmente em regiões com características ecológicas diversas. Pesquisas futuras com maior controle de variáveis ambientais podem aprofundar o entendimento sobre a dinâmica de voo e sua relação com a transmissão de patógenos.

Referências

- Alencar J, Morone F, Mello CFD, et al. 2013. Immature mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a eutrophic landfill tank from State of Rio de Janeiro, Brazil. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 46:769-771. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-1670-2013>
- Atieli HE, Zhou G, Zhong D, et al. 2023. Wind-assisted high-altitude dispersal of mosquitoes and other insects in East Africa. J. Medical Entomol. 60(4):698-707. <https://doi.org/10.1093/jme/tjad033>
- Azevedo JR de, Farias MF de; Dantas JS.2016. Análise sobre a política territorial no Baixo Parnaíba-MA.
- Baeshen R. 2021. Swarming Behavior in *Anopheles gambiae* (sensu lato): Current Knowledge and Future Outlook. J. Med. Entomol. 59(1):56-66.
- Barbosa LMC e Scarpassa VM. 2023. Bionomics and population dynamics of anopheline larvae from an area dominated by fish farming tanks in northern Brazilian Amazon. Plos One. 18(8):1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288983>
- Barbosa LMC, Souto RNP, dos Anjos Ferreira RM, et al. 2016. Behavioral patterns, parity rate and natural infection analysis in anopheline species involved in the transmission of malaria in the northeastern Brazilian Amazon region. Acta Trop. 164: 216-225. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.09.018>
- Cardé RT e Willis MA. 2008. Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. J. Chem. Ecol. 34:854-866. 10.1007/s10886-008-9484-5
- Charlwood JD, Andegiorgish AK, Asfaha YE, et al. 2021. Novel sampling methods for monitoring *Anopheles arabiensis* from Eritrea. Peerj. 9:1-25. <https://doi.org/10.7717/peerj.11497>
- Consoli RAGB e Oliveira RL. 1994. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. 20. Editora Fiocruz.
- Correia Filho, Lages F,et al.2011a.Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Chapadinha. CPRM.
- Correia Filho, Lages F, et al. 2011b. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Santa Quitéria do Maranhão. CPRM.
- Costa-Neta BM, De Sousa FCS, De Araújo EC, et al. (2023). The evening crepuscular host-seeking activity of *Anopheles* mosquitoes in northeast Brazil. J. Medical Entomol. 60(5):1008-1015.<https://doi.org/10.1093/jme/tjad071>
- Cottrell G, Kouwaye B, Pierrat C, et al. 2012. Modeling the influence of local environmental factors on malaria transmission in Benin and its implications for cohort study. PloS one. 7(1):1-8. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0028812>

Dantur Juri MJ, Claps GL, Santana M, et al. 2010. Abundance patterns of *Anopheles pseudopunctipennis* and *Anopheles argyritarsis* in northwestern Argentina. *Acta Trop.* 115:234-241. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.04.003>

Day JF. 2005. "Host-seeking strategies of mosquito disease vectors." *J. Am. Mosq. American Control Assoc.* 21:17-22. [http://dx.doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[17:HSOMDV\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[17:HSOMDV]2.0.CO;2)

Day JF. 2016. Mosquito Oviposition Behavior and Vector Control. *Insects*. 7: 4-65. <https://doi.org/10.3390/insects7040065>

De Araújo EC, Costa-Neta MB, Brito JM, et al. 2023. Effect of ultraviolet LED and trap height on catches of host-seeking anopheline mosquitoes by using a low-cost passive light trap in northeast Brazil. *Parasitol. Res.* 122(6):1343-1349. <https://doi.org/10.1007/s00436-023-07834-2>

Deane LM, Causey OR e Deane MP. 1948. Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões nordestina e amazônica do Brasil. *Rev. Serv. Esp. Saúde Pública*. 1(4):827-965.

Endo N e Eltahir EAB. 2018. Modelling and observing the role of wind in *Anopheles* population dynamics around a reservoir. *Malar J.* 17: 48.

Forattini OP, Kakita I, Massad E, et al. 1996. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 12- Host-seeking behaviour of *Anopheles albitalis* s.l. in South Eastern Brazil. *Rev. Saúde Pública*. 30 (4):299-303. <https://doi.org/10.1590/s0034-89101996000400002>

Gillies MT e Wilkes, TJ. 1974. Evidence for downwind flights by host-seeking mosquitoes. *Nature*. 252: 388-389. <https://doi.org/10.1038/252388b0>

Gillies MT, Jongs MDR e Wilkes TJ. 1978. Evaluation of a new technique for recording the direction of flight of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the field. *Bull. ent. Res.* 68: 145-152. <https://doi.org/10.1017/S0007485300007227>

Guimarães AE, Gentile C, Alencar J, et al. 2004. Ecology of anopheline (diptera, culicidae), malaria vectors around the Serra da Mesa reservoir, state of Goiás, Brazil: 1-frequency and climatic factors. *Cad. Saúde Pública*. 20:291-302. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2004000100047>

Huestis DL, Dao A, Diallo M, et al. 2019. Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. *Nature*. 574: 404-408. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1622-4>

Jones M D R, Gubbins SJ e Cubbin CM. 1974. Circadian flight activity in four sibling species of the *Anopheles gambiae* complex (Diptera, Culicidae). *Bull. Entomol. Res.* 64(2): 241-246. <https://doi.org/10.1017/S0007485300031126>

Lardeux F, Aliaga C, Tejerina R, et al. 2013. Comparação dos parâmetros de transmissão entre *Anopheles argyritarsis* e *Anopheles pseudopunctipennis* em duas localidades

ecologicamente diferentes da Bolívia. Malar J. 12:1-14.
<http://www.malariajournal.com/content/12/1/282>

Lorosa ES, Faria MS, De Oliveira LCM, et al. 2010. Blood meal identification of selected mosquitoes in Rio de Janeiro, Brazil. Journal. Am. Mosq. Control Assoc. 26(1):18-23.
<http://dx.doi.org/10.2987/09-5914.1>

McCall PJ, Mosha FW, Njunwa KJ, et al. 2001. Evidence for memorized site-fidelity in *Anopheles arabiensis*. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 95:587-590.
[https://doi.org/10.1016/S0035-9203\(01\)90087-2](https://doi.org/10.1016/S0035-9203(01)90087-2)

Orlandin E, Santos EB, Piovesan M, et al. 2017. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) from crepuscular period in an Atlantic Forest area in Southern Brazil. Braz. J. Biol. 77(1):60-67.

Passos MLV, Zambrzycki GC, e Pereira RS. 2016. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. RBAI. 10(4):758-766.
10.7127/rbai.v10n400402

Rebêlo JMM, Moraes JL, Alves GA, et al. 2007. Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no estado do Maranhão, Brasil. Cad. Saúde Pública. 23: 2959-2971.
<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001200017>

Renshaw M, Service M W, e Birley MH. 1994. Host finding, feeding patterns and evidence for a memorized home range of the mosquito *Aedes cantans*. Med. Veterin. Entomol. 8(2):187-193. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1994.tb00162.x>

Rund SSC, Donnell A JO, Gentile JE, et al. 2016. Daily Rhythms in Mosquitoes and Their Consequences for Malaria Transmission. Insects. 7(2):14.

Sallum MAM, Obando RG, Carrejo N, et al. (2020). Identification keys to the *Anopheles* mosquitoes of South America (Diptera: Culicidae). IV. Adult females. Parasites & Vectors. 13:1-14. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04301-0>

Service MW. 1997. Mosquito (Diptera: Culicidae) dispersal—the long and short of it. J. Med. Entomol. 34(6): 580-588. <https://doi.org/10.1093/jmedent/34.6.579>

Silva FS, Costa-Neta BM, de Almeida MS, et al. 2019. Field performance of a low cost, simple-to-build, non-motorized light-emitting diode (LED) trap for capturing adult *Anopheles* mosquitoes (Diptera: Culicidae). Acta tropica. 190:9-12.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.10.014>

Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Rubio-Palis Y, et al. 2012. A global map of dominant malaria vectors. Parasites & vectors. 5:1-11. <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/69>

Snow WF. 1976. The direction of flight of mosquitoes (Diptera, Culicidae) near the ground in West African savanna in relation to wind direction, in the presence and absence of bait. Bull. ent. Res. 65: 555-562. <https://doi.org/10.1017/S0007485300006234>

Tadei WP e Thatcher BD. 2000. Malaria vectors in the Brazilian amazon: anopheles of the subgenus *Nyssorhynchus*. Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo. 42 (2):87-94.
<https://doi.org/10.1590/S0036-46652000000200005>

Vieira CJS, Bernardo CSS,Silva DJF,et al. 2021. Land- use effects on mosquito biodiversity and potential arbovirus emergence in the Southern Amazon, Brazil. Transbound.Emerg. Dis. 69:1770–1781. 10.1111/tbed.14154

Zeilhofer P, Santos ES, Ribeiro AL, et al. 2007. Habitat suitability mapping of *Anopheles darlingi* in the surroundings of the Manso hydropower plant reservoir, Mato Grosso, Central Brazil. Int. J. Health Geogr. 6:1-14. <http://www.ij-healthgeographics.com/content/6/1/7>

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O estudo demonstrou que mosquitos *Anopheles* apresentam padrões de dispersão que podem estar relacionados a fatores ambientais locais, como vegetação e proximidade de potenciais criadouros, embora não tenham sido observadas rotas de voo específicas. Além disso, a pesquisa contribuiu para o conhecimento da fauna de mosquitos anofelinos no município de Chapadinha-MA e registrou novas ocorrências de espécies, como *An. peryassui*, *An. argyristarsis* e *An. goeldii*, no município de Santa Quitéria do Maranhão-MA, ampliando o entendimento sobre a distribuição desses mosquitos no estado do Maranhão. Esses achados reforçam a importância do monitoramento contínuo das populações de *Anopheles* para orientar estratégias de controle e vigilância vetorial, destacando a importância de estudos futuros que possam elucidar os padrões de voo na trajetória de mosquitos na busca por hospedeiros e investigar como mudanças na paisagem, decorrentes de mudanças ambientais em curso, podem influenciar possíveis rotas de dispersão. Essas investigações podem subsidiar estratégias eficazes de monitoramento e controle de espécies vetores, além de contribuir para o desenvolvimento de políticas integradas de conservação ambiental.

ANEXOS

NORMAS DO ARTIGO

© 2025 Entomological Society of America

Edited By: David B. Taylor & Timothy J. Lysyk

2023 Impact Factor 2.1

Online ISSN 1938-2928

Journal of Medical Entomology



Journal Policies

About The Journal

The Journal of Medical Entomology publishes reports on all aspects of medical, veterinary, and public health entomology. The journal emphasizes studies on the biology, ecology, genetics, systematics, surveillance, and predictive modeling and management of arthropods that cause direct or indirect damage to the health of humans, livestock, companion animals, and wildlife or that invade corpses. Reports on the pharmacological properties of arthropod-derived compounds and the use of arthropods as model systems for human disease are not being accepted. The journal is published bimonthly in January, March, May, July, September, and November.

The journal is divided into the following sections: morphology, systematics, evolution; sampling, distribution, dispersal; development, life history; population and community ecology; behavior, chemical ecology; population biology/genetics; molecular biology/genomics; neurobiology, physiology, biochemistry; vector control, pest management, resistance, repellents; arthropod/host interaction, immunity; vector/pathogen/host interaction, transmission; vector-borne diseases, surveillance, prevention; direct injury, myiasis, forensics; modeling/GIS, risk assessment, economic impact. In addition to full-length research articles, the journal publishes Reviews, interpretive articles in a Forum section, Short Communications, and Letters to the Editor.

Publication Fees

There are fees to publish in the Entomological Society of America journals, which may be offset by one of our publisher's many read and publish agreements or the membership status or geographic location of the authors. If you have any questions about the cost of publication, please email pubs@entsoc.org.

Manuscripts should be organized under the following headings:

Title Page

The title page should include:

Corresponding author: Include full name, mailing address, telephone number, and email address.

Title: Should be as short as possible. Only include common names that are listed in the ESA Common Names of Insects & Related Organisms. Do not include authors of scientific names. Insert “[Order]: [Family]” immediately after the name of the organism.

Author list: Include all authors in the order the names should be published.

Affiliation line: Include full addresses of all authors. If there are multiple affiliations, designate through numbered footnotes.

Abstract

250 words or less.

Give scientific name and authority at first mention of each organism.

Do not cite references, figures, tables, probability levels, or results.

Refer to results only in the general sense.

A second abstract in a second language is permitted.

Keywords

Below the abstract, provide three to five keywords, separated by commas.

Do not use abbreviations, combined keywords, or species names.

Introduction

Clearly state the basis of your study along with background information and a statement of purpose.

Materials and Methods

Include a clear and concise description of the study design, experiment, materials, and method of statistical analysis.

Results

Clearly present the results. Do not include interpretation of results or interpretation of statistical analysis—simply present the results of the experiment and the results of the statistical analysis. Data listed in tables should not be listed in the results; instead, refer to the table.

Discussion

Interpret and discuss results of the study and their implications. Include suggestions for direction of future studies, if appropriate.

Acknowledgments

Place the acknowledgments after the text. Organize acknowledgments in paragraph form in the following order: persons, groups, granting institutions, grant numbers, and serial publication number.

Following the Acknowledgments, you may include a statement of author contribution outlining the specific contributions of each author to the article. A statement of author contribution is welcomed but not required.

References and in-text citations

The ESA Journals are transitioning to the new reference style described below. Please use this style for all new and revised manuscripts.

The ESA Journals style is based on the Council of Science Editors 9th Edition Name-year style. Authors may download the Entomological Society of America style from Endnote and Zotero.

In-text citations:

For materials with one author, enclose the first author's surname and the publication year in parentheses, for example (Chang 1999) or (Smith 1970, 1975) to cite multiple works from the same author. For materials with two authors use both authors' surnames and the year of publication: (Mazan and Hoffman 2001). For 3 or more authors use the first author's surname and "et al." like this example: (Ito et al. 1999). Finally, to cite more than one reference: list materials chronologically as follows: (Singh 2011, Davidson 2015, Harding 2018).

Here are some basic formatting points for the bibliography:

- Only reference published and formally accepted (in press) articles.
- List references alphabetically by first author surname. List multiple references from the same author chronologically.
- Add an alphabetic designator to the year in the in-text and end reference when there are references from the same author in the same year, for example: (Johnson 2023a, 2023b)
- Author names are given surname first, followed by initials—with no punctuation except for commas between authors and a period at the end.
- Include all author names unless there are more than 3. If a reference has 4 or more authors, give only the first 3 names followed by "et al." and the publication year.
- For journal references, volume number is required. Issue number is optional.

- Abbreviate journal titles according to the List of Title Word Abbreviations: Access to the LTWA | ISSN (see examples)
 - Journal of Medical Entomology: J. Med. Entomol.
 - Journal of Economic Entomology: J. Econ. Entomol.
 - Annals of the Entomological Society of America: Ann. Entomol. Soc. Am.
- Do not abbreviate non-English titled journals.
- Systematics-related articles may specify that all serial titles be spelled out for final publication.
- When available, include the stable doi URL at the end of the reference or the doi.

Journal Article

Author surname(s) and initial(s), et al. Publication year. Article title. Abbreviated Journal Title. Volume number:start page-end page. [stable doi URL] or DOI:doi
 Schmidt LS, Schmidt JO, Rao H, et al. 1995. Feeding preference and survival of young worker honey bees (hymenoptera: Apidae) fed rape, sesame, and sunflower pollen. *J. Econ. Entomol.* 88:1591-1595. <https://doi.org/10.1093/jee/88.6.1591>.

Book

Author surname(s) and initial(s), et al. Publication year. Editor(s). Book title, edition. Publisher.

Gravina S, Sterling W, Dean A. 1985. Abstracts, references, and key words of publications relating to the cotton worm Alabama argillacea (Huebner), (Lepidoptera: Noctuidae). Entomological Society of America.

Section/Chapter in Book

Author surname(s) and initial(s), et al. Publication year. Title of Chapter in an Edited Book. In: Editor(s). Book Title. Edition. Publisher. Pages.

Corporations or Organizations as authors

Organization. Publication year. Title. Abbreviated journal title. Available from: URL
 White House. 2015a. National strategy to promote the health of honey bees and other pollinators. Pollinator Health Task Force. Available from <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Pollinator%20Health%20Strategy%202015.pdf>

White House. 2015b. Pollinator research action plan. Report of the Pollinator Health Task Force.

Available from
<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Pollinator%20Research%20Action%20Plan%202015.pdf>

Patents

Author surname(s) and initial(s), inventor(s): Assignee name, assignee. Year. Title.
Country Patent Number.

Pound M, Miller A, LeMeilleur A, inventors: Ophthalmic Ventures, assignee. 1994.
Device and method for use as an aid in control of ticks and other ectoparasites on wildlife.
United States US5,367,983.

Conference Paper

Author surname(s) and initial(s), et al. Publication year. Title. Paper Presented at:
Conference Name; Conference date; Conference Location. Publisher.

Proceedings

Editor(s). Publication year. Title. Conference name; Date year of Conference; Conference
Location. Place Published: Publisher.

Theses/Dissertations

Author surname(s) and initial(s), et al. Publication year. Title [Thesis type]. University.
URL if available.

Barrufaldi APF. 2015. Temperatures of constant and floating influence on the biological
characteristics of *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) in successive
generations [Master's dissertation]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho. <http://hdl.handle.net/11449/135938>.