

Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública

**Mosquitos da Caatinga: biodiversidade, aspectos
ecológicos e importância epidemiológica da fauna
Culicidae do semiárido brasileiro**

Letícia Silva Marteis

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde
Pública para obtenção do título de Doutora em Ciências.**

Área de concentração: Epidemiologia

Orientador: Prof. Dr. Delsio Natal

Coorientadora: Profa. Dra. Roseli La Corte dos Santos

São Paulo

2016

Mosquitos da Caatinga: biodiversidade, aspectos ecológicos e importância epidemiológica da fauna Culicidae do semiárido brasileiro

Letícia Silva Marteis

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de concentração: Epidemiologia

Orientador: Prof. Dr. Delsio Natal

Coorientadora: Profa. Dra. Roseli La Corte dos Santos

São Paulo

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese.

Catálogo da Publicação

Biblioteca/CIR: Centro de Informação e Referência em Saúde Pública
Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva Marteis, Leticia

Mosquitos da Caatinga: biodiversidade, aspectos ecológicos e importância epidemiológica da fauna Culicidae do semiárido brasileiro / Leticia Silva Marteis; orientador Delsio Natal; co-orientadora Roseli La Corte dos Santos. -- São Paulo, 2016.

191 p.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Biodiversidade. 2. Ecologia de vetores. 3. Florestas tropicais secas. 4. Epidemiologia. I. Natal, Delsio, orient. II. La Corte dos Santos, Roseli, co orient. III. Título.

*Já se pode ver ao longe
A senhora com a lata na cabeça
Equilibrando a lata vesga
Mais do que o corpo dita*

*O que faz o equilíbrio cego
A lata não mostra
O corpo que entorta
Pra lata ficar reta*

*Pra cada braço uma força
De força não geme uma nota
A lata só cerca, não leva
A água na estrada morta*

*E a força nunca seca
Pra água que é tão pouca.*

(Chico César – A força que nunca seca)

*Ao meu avô José Pedro (in memoriam)
com amor, gratidão e saudade.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Delsio Natal, que me aceitou como aluna e me orientou com muito zelo, fornecendo todo o apoio que precisei durante o doutorado. Obrigada pela confiança, pela amizade e pelo excelente exemplo de competência e humildade.

À minha coorientadora Profa. Dra. Roseli La Corte, que participou ativamente de toda a minha trajetória acadêmica, desde o início da graduação, e é uma inspiração na minha carreira científica. Agradeço a amizade, a oportunidade de integrar o lindo projeto que foi o Mosquitos da Caatinga e os 10 anos de confiança e respeito mútuos.

À Profa. Dra. Maria Anice Sallum pelos ensinamentos, por confirmar a identificação taxonômica das espécies novas de culicídeos e pela orientação na escrita dos manuscritos desta tese.

Aos professores e pesquisadores Dra. Helene Ueno, Dra. Gisela Marques, Dra. Ana Eugênia Campos e Dr. Lincoln Suesdek por aceitarem compor a minha banca de defesa e dedicarem seu tempo para avaliar e sugerir melhorias para este trabalho.

Aos meus professores das disciplinas do doutorado pelo mundo de descobertas e aprendizado, em especial a Profa. Dra. Eunice Galati e o Prof. Dr. Eliseu Waldman que também me proporcionaram a oportunidade do estágio no tirocínio docente.

À Profa. Dra. Cleide Lavieri pelas contribuições na preparação do tirocínio docente, além de me inserir em outra área de conhecimento. Agradeço a empatia, a confiança e a oportunidade.

À Profa. Dra. Tamara Nunes por permitir que eu realizasse minhas atividades práticas no Laboratório de Entomologia em Saúde Pública – Culicidologia da Faculdade de Saúde Pública da USP.

Ao biólogo e exímio entomologista Aristides Fernandes pela amizade e presteza em me ajudar na identificação dos mosquitos, sempre disposto para tirar minhas muitas dúvidas.

À Dra. Márcia Bicudo pela paciência no meu treinamento de taxonomia de culicídeos e pela disposição para ajudar. E ao Dr. Paulo Urbinatti pelo apoio no laboratório e por compartilhar sua experiência e conhecimento.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia e Parasitologia Tropical (LEPaT) da UFS, Polly, Jucy, Tirezah, Yrna, Sona, Sirlei, Ivana, Prof. Dr. Silvio Dolabella e Profa. Dra. Luciene Barbosa, inclusive aqueles que já não estão mais no laboratório, Lynna, Jonathas, Túllio,

Helaina, Mari, Mércia, Liz e Danilo, e os recém-chegados Luciana, Belgrano, Pedro, Yuri, Jéssica, Mariana e Carlos. Agradeço pelo doce e agradável ambiente de trabalho e pela inestimável disposição dos que enfrentaram a aridez da Caatinga para me acompanhar nas exaustivas atividades de campo, além do apoio na manutenção dos imaturos no laboratório. Obrigada pela amizade que nunca se perdeu, pelas melhores lembranças e pela saudade que eu sinto dessa fase.

Aos amigos dos Laboratórios de Entomologia em Saúde Pública da FSP/USP, onde sempre bem recebida, Rosa, Morgana, Filipe, Ronan, Marta, Pâmela, Sabrina, Sandrinha, Bruna, Ivy, Léo, Caio, Denise, Fred, Cecília, Gabi, Daniel, Rafa, Ramon, Lícia, Waltinho, Taís e Tainá, aos amigos que fiz fora da entomologia, Mahmi, Vanessa, Cleiton, Tasha, Nanda, Cristina e Lúcia, muito obrigada a todos pelo carinho e apoio que tornaram essa jornada mais leve, especialmente ao Antônio pela colaboração nas análises estatísticas e à Tatiana pelos procedimentos de biologia molecular.

Aos amigos que fiz na Caatinga, João e capitão James, que foram imprescindíveis em todo o meu trabalho de campo e que além da dedicação às coletas, me presentearam com uma genuína amizade.

À Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH) e ao Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio) pela autorização e apoio logístico para as atividades de coleta nas unidades de conservação.

À Universidade Federal de Sergipe pela concessão de transporte para as coletas e ao motorista Silvino que me acompanhou durante todo o processo com muita alegria.

Ao Instituto Evandro Chagas, através da Dra. Ana Cecília Ribeiro, pelo treinamento e realização dos experimentos de investigação da infecção dos mosquitos por arbovirus.

À Faculdade de Saúde Pública da USP pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública que me proporcionou e satisfação de estar onde eu queria estar, fazendo o que eu queria fazer.

Aos secretários do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública e do Departamento de Epidemiologia da USP por me auxiliarem na emissão de documentos e por esclarecer minhas dúvidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), edital SISBIOTA e Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC) pelo suporte financeiro.

À Coordenadoria de Assistência Estudantil (Coseas) pela assistência estudantil.

Às amigas que fiz no Conjunto Residencial da USP (CRUSP), especialmente aquelas com quem dividi moradia, Débora, Noemi, Nadia e Giovana, por me proporcionar um ambiente acolhedor e tranquilo, além das minhas queridas vizinhas, Silvia, Leide e Tati.

Às amigas Sindy e Ana, que mesmo distantes estavam presentes, obrigada pelo apoio e carinho.

À minha família, meus pais Lourdes e Dernival e meus irmãos Rodson e Everton, pelo incentivo e por torcerem por mim, especialmente a minha mãe pelo cuidado amoroso. Aos meus tios e primos em São Paulo, sempre interessados em meu bem estar e dispostos a ajudar.

Aos pais que a vida me permitiu escolher, Del e Dena, por cuidarem de mim e acreditarem na minha capacidade.

Ao Albert pelo amor e incentivo, pelo companheirismo admirável e por compreender a minha ausência.

E agradeço acima de tudo a Jeová Deus, meu refúgio e fortaleza em todos os momentos, por colocar todas essas pessoas em meu caminho.

O doutorado foi um processo longo e árduo, mas muito prazeroso e de muito aprendizado. Trouxe-me novos amigos e fortaleceu amizades antigas. Eu fui feliz em todos os lugares por onde passei. Neste momento, gratidão é o sentimento que melhor define o que há em meu coração. Gratidão a todos. Desde o que me ajudou com um sorriso e palavra de conforto a quem doou muita força e suor para a realização deste trabalho. E entre esses dois extremos eu tive a felicidade de encontrar muitas pessoas que me ajudaram das mais variadas formas. A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Marteis LS. Mosquitos da Caatinga: biodiversidade, ecologia e importância epidemiológica da fauna Culicidae do semiárido brasileiro [Tese de Doutorado]. São Paulo (BR): Faculdade de Saúde Pública da USP; 2016.

Em relação à fauna Culicidae, a Caatinga é um dos biomas mais desconhecidos do Brasil. Há carência de registro de ocorrência de culicídeos, bem como de estudos sobre as interações deles com o ambiente silvestre. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar biodiversidade e aspectos ecológicos e epidemiológicos da fauna Culicidae em áreas de conservação do bioma Caatinga. Para isso foram consideradas duas unidades de conservação da Caatinga e realizados 19 levantamentos entomológicos mensais e consecutivos. Foram realizadas coletas de formas imaturas de mosquitos em bromélias, ocos de árvore e criadouros de solo, além da coleta de mosquitos adultos de hábitos diurno, crepuscular e noturno. Ao todo, entre mosquitos adultos e imaturos associados a habitats fitotelmatas, foram coletados 11.456 culicídeos distribuídos em 28 espécies, das quais 11 eram desconhecidas para a ciência. A fauna de imaturos coletados em bromélias e ocos de árvore interferiu na composição da fauna de mosquitos adultos e houve variações na abundância e nos padrões de diversidade de acordo com fitofisionomia do ambiente. Temperatura e umidade foram os parâmetros ambientais mais fortemente associados à abundância de culicídeos. Foram registradas novas ocorrências de anofelinos, coletados em criadouros de solo, ampliando a distribuição das espécies para o semiárido brasileiro. Este é um estudo pioneiro acerca da biodiversidade da fauna Culicidae em áreas de conservação da Caatinga que apresenta uma rica e desconhecida fauna de culicídeos, inédita para a ciência.

Descritores: Biodiversidade; Caatinga; Culicídeos; Vetores; Ecologia de vetores; Distribuição; Taxonomia; Floresta tropical seca.

ABSTRACT

Marteis LS. Mosquitoes of the Caatinga: biodiversity, ecology and epidemiological importance of Culicidae fauna of the Brazilian semiarid [Doctoral Thesis]. São Paulo (BR): Faculdade de Saúde Pública – USP; 2016.

Regarding Culicidae fauna, Caatinga is one of the most unknown biomes of Brazil. There are few records of mosquitoes occurrence, as well as studies on their interactions with the wild environment. Therefore, the aim of this study was to investigate the biodiversity, ecological and epidemiological aspects of Culicidae fauna in conservation areas of the Caatinga biome. Two protected areas were considered for the study and 19 entomological surveys were performed monthly. Immature forms of mosquitoes were collected in bromeliads, tree holes and ground pools, as well as collection of adult mosquitoes with day time, twilight and nocturnal habits. Between adults and immatures associated with phytotelmatas habits, a total of 11,456 mosquitoes were collected, distributed in 28 species, 11 of which were unknown to science. The immature fauna collected in bromeliads and tree holes interfered in the fauna composition of adults and there were variations in the abundance and diversity patterns according to the environment phytophysognomy. Temperature and humidity were the most strongly environmental factors associated with the abundance of mosquitoes. New records of anophelines collected in ground pools were registered, broadening the distribution of species in the Brazilian semiarid region. This is a pioneering study on the biodiversity of the Culicidae in the Caatinga conservation areas which presents a rich and unknown mosquitoes fauna, unprecedented for science.

Keywords: Biodiversity; Caatinga; Culicidae fauna; Vectors; Vector ecology; Distribution; Taxonomy; Tropical dry forest.

APRESENTAÇÃO

Os mosquitos são insetos amplamente estudados, possivelmente em função da relevante importância em saúde pública que apresentam por atuarem como vetores de diferentes tipos de patógenos. Há extensa literatura com abordagem geral de aspectos da diversidade, distribuição, biologia, ecologia, taxonomia, capacidade vetorial e potencial epidemiológico dos mosquitos nos ambientes urbano, rural e silvestre. Contudo, apesar do avanço progressivo no conhecimento acerca dos culicídeos, existem áreas sem levantamentos específicos da fauna Culicidae, onde a diversidade, as interações ecológicas e a importância epidemiológica das espécies permanecem desconhecidas. No Brasil, por exemplo, os estudos sobre a fauna Culicidae estão concentrados, especialmente, nas regiões Sul e Sudeste, em extensões da Mata Atlântica, ou no norte do país, em áreas da Floresta Amazônica. Assim, a fauna de culicídeos do Nordeste brasileiro, particularmente no bioma Caatinga, é negligenciada e praticamente desconhecida.

Por conseguinte, este estudo apresenta informações inéditas acerca da fauna Culicidae na região do semiárido brasileiro. A partir dos resultados obtidos em levantamentos entomológicos realizados de 2013 a 2014, durante 19 meses consecutivos em duas unidades de conservação do bioma Caatinga, são abordados e apresentados nos três manuscritos a seguir, a diversidade, os principais criadouros de imaturos e aspectos ecológicos das espécies de mosquitos adaptadas para sobreviver em ambiente com características climáticas limitantes como as observadas na Caatinga. O texto de cada manuscrito está de acordo com as normas dos periódicos onde foram publicados ou serão submetidos para publicação. Porém, para facilitar a leitura, as tabelas e figuras foram mantidas dentro do texto, logo após serem citadas.

Manuscrito 1 – Mosquitos da Caatinga: contribuição de bromélias e ocos de árvore para a biodiversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) no semiárido brasileiro.

Neste manuscrito, os principais tipos de criadouros de mosquito na Caatinga são caracterizados através da riqueza de espécies observada, densidade de imaturos, volume de água armazenado e associação dos parâmetros de abundância de mosquitos com os dados das variáveis ambientais. Além disso, é apresentada surpreendente diversidade de espécies de culicídeos desconhecidas para a ciência.

Manuscrito 2 – Mosquitos da Caatinga: diversidade e importância epidemiológica da fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) de uma floresta seca sazonal endêmica do Brasil. Neste manuscrito é analisada a distribuição temporal da fauna de mosquitos adultos de hábitos diurno e noturno e são apresentados os índices de diversidade, constância e dominância de culicídeos para duas áreas da Caatinga caracterizadas por distintas fitofisionomias. Além disso, é feita a abordagem de aspectos epidemiológicos da presença de espécies vetoras de patógenos.

Manuscrito 3 – First Record of *Anopheles oryzalimnetes*, *Anopheles argyritarsis*, and *Anopheles sawyeri* (Diptera: Culicidae) in the Caatinga Biome, Semiarid Scrubland of Sergipe State, Brazil. Artigo publicado no periódico *Journal of Medical Entomology* (2015, v. 52, n. 5, p. 858–865) com o primeiro registro de três espécies de anofelinos no semiárido brasileiro, além de apresentar implicações ecológicas da ampliação da área de ocorrência das três espécies diferenciadas através de análise molecular.

Este documento segue a formatação sugerida pelo guia de apresentação de teses da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

LISTA DE TABELAS

MANUSCRITO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Caracterização dos tipos de habitats fitotelmatas associados à fauna de mosquitos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 57 |
| Tabela 2. Espécies acumuladas de culicídeos imaturos coletados em bromélias e ocos de árvore na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 59 |
| Tabela 3. Dados da Regressão logística para a relação entre variáveis meteorológicas e proporção de criadouros positivos para imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 69 |
| Tabela 4. Relação entre variáveis meteorológicas e abundância de imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 70 |
| Tabela 5. Modelos Mínimos Adequados selecionados pelo método de deleção de variáveis com pouco ou nenhum poder explanatório, ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 71 |
| Tabela 6. Relação entre volume de água retirada em cada amostra de criadouros fitotelmatas e abundância de imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 72 |

MANUSCRITO 2

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Espécies acumuladas de culicídeos adultos coletados em diferentes ambientes e segundo a técnica de coleta, Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014 | 106 |
| Tabela 2. Diversidade alfa de mosquitos adultos segundo ambiente da Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014 | 109 |
| Tabela 3. Força de associação (R^2 e p -valor) entre variáveis climáticas e abundância de mosquitos adultos, na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014 | 114 |

LISTA DE FIGURAS

MANUSCRITO 1

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Localização da ESEC Raso da Catarina | 50 |
| Fig. 2. Distribuição da abundância mensal das espécies dominantes ($5 < D < 10\%$) associadas a habitats fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 61 |
| Fig. 3. Distribuição mensal da abundância e riqueza de espécies de mosquitos coletados em fitotelmatas de bromélias (A) e de ocos de árvore (B) da ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 63 |
| Fig. 4. Riqueza específica (A) e número de indivíduos (B) por volume de água acumulado e riqueza específica por número de indivíduos (C) em fitotelmatas de bromélias e de ocos da ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 65 |
| Fig. 5. Riqueza específica (A) e número de indivíduos (B) por volume de água acumulado e riqueza específica por número de indivíduos (C) em fitotelmatas de bromélias epífitas e terrestres da ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 66 |
| Fig. 6. Abundância mensal de mosquitos e dados das variáveis meteorológicas registrados durante 30 dias pré-coleta na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 67 |
| Fig. 7. Relação entre variáveis meteorológicas e volume total de água no fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014 | 73 |

MANUSCRITO 2

| | |
|--|-----|
| Fig. 1. Localização da Estação Ecológica Raso da Catarina | 98 |
| Fig. 2. Abundância de mosquitos adultos acumulados por horário de coleta na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 e 2014 | 108 |
| Fig. 3. Número de indivíduos e quantidade de espécies de mosquitos adultos segundo ambiente da Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 e 2014 | 110 |

| | |
|---|-----|
| Fig. 4. Dados mensais da abundância de mosquitos e variáveis climáticas registradas na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso/BA, 2013 a 2014 | 111 |
| Fig. 5. Distribuição da abundância mensal das espécies de mosquitos adultos mais dominantes e constantes na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014 | 112 |

MANUSCRITO 3

| | |
|--|-----|
| Figure 1. Map showing the geographical location of Monumento Natural Grota do Angico, Sergipe state, Brazil. Source: Ruiz-Esparza et al. 2011 | 142 |
| Figure 2. Larval and pupal habitats of <i>An. oryzalimnetes</i> in artificial water reservoirs in the Caatinga biome. On the left side are shown the semi permanent larval habitats that are present during rainy season. On the right side, the same habitats are shown during dry season, in Monumento Natural Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe state, Brazil, 2013 | 146 |
| Figure 3. Larval habitats of <i>An. sawyeri</i> and <i>An. argyritarsis</i> in rocky depressions of the Caatinga biome. On the left side are the ground habitats found in the rainy season, on right side, are the same habitats during the drought. Monumento Natural Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe state, 2013 | 147 |
| Figure 4. Maximum likelihood topology obtained under the K2P model for species of <i>Anopheles</i> genus found in the Caatinga biome. Statistical support for phylogenetic groups was calculated using bootstrap analysis under the K2P model. Numbers below the branches indicate the bootstrap support values for that specific group. Topology was unrooted | 148 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

COI mtDNA: mitochondrial cytochrome subunit I

CDC: Centers for Disease Control and Prevention

ESEC: Estaco Ecológica

ESPIN: Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional

FAO: Food and Agricultural Organization of the United Nations

FSP: Faculdade de Saúde Pública

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservaco da Biodiversidade

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

LEPaT: Laboratório de Entomologia e Parasitologia Tropical

LESP: Laboratório de Entomologia em Saúde Pública

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MONA: Monumento Natural

PCR: Reaco em Cadeia da Polimerase

SEMARH: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe

SIRHSE: Sistema de Informaco sobre Recursos Hídricos de Sergipe

SISBIO: Sistema de Autorizaco e Informaco em Biodiversidade

SVS: Secretaria de Vigilância em Saúde

TNC: The Nature Conservancy

UC: Unidade de Conservaco

UFS: Universidade Federal de Sergipe

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 20 |
| 1.1 | FLORESTAS TROPICAIS SECAS | 21 |
| 1.2 | O BIOMA CAATINGA | 23 |
| 1.3 | BIOLOGIA E ECOLOGIA DA FAUNA CULICIDAE | 27 |
| 1.4 | ARBOVIROSES E CULICÍDEOS VETORES DE ARBOVÍRUS | 31 |
| 1.5 | JUSTIFICATIVA | 41 |
| 2 | OBJETIVOS | 43 |
| 2.1 | GERAL..... | 43 |
| 2.2 | ESPECÍFICOS | 43 |
| 2.3 | HIPÓTESES | 44 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |
| | MANUSCRITO 1 | |
| | MOSQUITOS DA CAATINGA: CONTRIBUIÇÃO DE BROMÉLIAS E OCOS DE ÁRVORE PARA A BIODIVERSIDADE DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO | 45 |
| | Resumo | 46 |
| | Introdução | 47 |
| | Material e métodos | 49 |
| | Área de estudo | 49 |
| | Coleta, manutenção e identificação de culicídeos | 51 |
| | Análise dos dados | 54 |
| | Resultados | 57 |
| | Discussão | 73 |
| | Agradecimentos | 84 |
| | Referências | 84 |
| | MANUSCRITO 2 | |
| | MOSQUITOS DA CAATINGA: DIVERSIDADE E IMPORTÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DA FAUNA DE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) DE UMA FLORESTA SECA TROPICAL ENDÊMICA DO BRASIL | 93 |
| | Resumo | 94 |
| | Introdução | 95 |
| | Material e métodos | 97 |
| | Área de estudo | 97 |
| | Coleta e identificação de culicídeos | 99 |
| | Análise molecular para identificação de espécies de <i>Anopheles</i> .. | 101 |

| | |
|--|------------|
| Análise dos dados | 102 |
| Resultados | 104 |
| Discussão | 115 |
| Conclusões | 125 |
| Agradecimentos | 126 |
| Referências | 126 |
| MANUSCRITO 3 | |
| FIRST RECORD OF ANOPHELES ORYZALIMNETES, ANOPHELES ARGYRITARSIS, AND ANOPHELES SAWYERI (DIPTERA: CULICIDAE) IN THE CAATINGA BIOME, SEMIARID SCRUBLAND OF SERGIPE STATE, BRAZIL | 137 |
| Abstract | 138 |
| Resumo | 139 |
| Introduction | 140 |
| Materials and Methods | 141 |
| Mosquito Sampling | 141 |
| COI mtDNA amplification and sequencing | 144 |
| Sequence Data Preparation and Analysis | 144 |
| Results and Discussion | 145 |
| Acknowledgments | 152 |
| References Cited | 153 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 159 |
| 5 REFERÊNCIAS | 165 |
| ANEXOS | 181 |
| Ambientes das coletas | 181 |
| Anexo 1. Paisagem do MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe, durante a época da estiagem | 181 |
| Anexo 2. Paisagem do MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe, durante a época chuvosa | 181 |
| Anexo 3. Criadouro de solo durante a época de estiagem localizado no MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe | 182 |
| Anexo 4. Criadouro de solo durante a época chuvosa localizado no MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe | 182 |
| Anexo 5. Paisagem da vegetação arbustivo-arbórea predominante na ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 183 |
| Anexo 6. Vista aérea da mancha florestal, denominada mata da Pororoca, na ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 183 |
| Anexo 7. Bromélia epífita localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 184 |
| Anexo 8. Bromélias terrestres localizadas na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 184 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 9. Árvore com buraco com armazenamento de água localizada na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 185 |
| Anexo 10. Árvore com buraco com armazenamento de água localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 185 |
| Anexo 11. Trilha das coletas de mosquitos de hábito diurno localizada na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 186 |
| Anexo 12. Trilha das coletas de mosquitos de hábito diurno localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia | 186 |
| CURRÍCULO LATTES | 187 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos países de maior patrimônio de biodiversidade do planeta (Lewinsohn e Prado, 2005). Sua dimensão continental, que ocupa quase metade do território da América do Sul, favorece a abrangência de distintas zonas climáticas, como o clima tropical úmido na região Norte, o temperado no Sul e o semiárido no Nordeste. Conseqüentemente, há grandes variações geomorfológicas e ecológicas que fazem do Brasil um país de singular riqueza, muitas vezes envolvendo espécies endêmicas de fauna e flora, distribuídas em uma variedade de biomas como a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, o Pantanal, o Cerrado, os Pampas e a Caatinga, além de ecossistemas como recifes de corais, dunas e manguezais (MMA, 2000; IBGE, 2004).

Estudos acerca do impacto da biodiversidade na transmissão de doenças conquistam cada vez mais importância. A biodiversidade pode ter efeitos tanto positivos quanto negativos sobre o risco de doenças infecciosas. Embora a perda de espécies possa reduzir a transmissão de patógenos, devido à diminuição da quantidade de agente etiológico e de hospedeiro, o que reduz, conseqüentemente, a taxa de contato entre eles, o mais evidente é que a perda da biodiversidade resulte na emergência de doenças. Isto porque a preservação dos ecossistemas naturais e sua biodiversidade endêmica reduzem a prevalência de doenças através do efeito diluição, ou seja, o aumento da biodiversidade de vetores menos competentes dilui o risco de infecção no hospedeiro final, o que pode resultar, inclusive, em interrupção do ciclo de transmissão (Keesing et al., 2010). Além disso, estudos mostram que comunidades com baixa diversidade de hospedeiros tendem a ser dominadas por espécies que amplificam os patógenos (Allan et al., 2009; Swaddle e Calos, 2008).

Apesar dos elevados índices de desmatamento, considerável parte do território brasileiro permanece coberta por florestas tropicais e outros ecossistemas naturais que fornecem condições ideais para a existência de diversos arbovírus, que são mantidos em uma variedade de ciclos zoonóticos. Assim, o Brasil dispõe de complexo cenário onde os ciclos silvestres de diferentes arbovírus podem ser mantidos em progressão silenciosa, em ecossistemas relativamente equilibrados, e a degradação ambiental possivelmente favorece mudanças nas relações ecológicas e perturba ciclos naturais de arbovírus enzoóticos, o que potencialmente favorece surtos de arbovirose, muitas delas transmitidas por culicídeos. Desse modo, é indispensável o estudo da biodiversidade de agentes etiológicos e de espécies que possam atuar como vetoras ou reservatórios desses patógenos, sobretudo em áreas silvestres pouco amostradas.

1.1 FLORESTAS TROPICAIS SECAS

Existem no mundo diversos ambientes naturais designados como florestas tropicais secas ou florestas tropicais sazonalmente secas. Estas formações são abordadas na literatura com uma variedade de definições, a partir de aspectos ambientais gerais difíceis de serem delimitados, o que inviabiliza uma unificação conceitual. Por exemplo, são consideradas florestas tropicais secas áreas de clima tropical marcadas por longos períodos secos, entre cinco e oito meses, com chuvas de verão em torno de 500 a 1.500 mm anuais (FAO, 2001), ou ainda áreas com biotemperatura média anual superior a 17° C, caracterizadas por precipitação anual de 250 a 2.000 mm e com taxas de evapotranspiração superiores à precipitação durante significativa parte do ano (Holdridge, 1967). Outra definição delimita as florestas tropicais secas a áreas nas quais a precipitação anual é inferior a 1.600 mm e com período seco

caracterizado por menos de 100 mm mensais, com duração de, pelo menos, cinco meses no ano (Queiroz et al, 2006). Outro conceito, mais amplo, define florestas tropicais secas como áreas com vegetação tipicamente decídua, com temperatura média anual a partir de 25° C, precipitação anual variando entre 700 e 2.000 mm e três ou mais meses de seca por ano, nos quais são registrados menos de 100 mm (Sánchez-Azofeifa et al., 2005). Outro conceito, mais simplificado, define esses ambientes apenas como áreas que ocorrem em regiões tropicais caracterizadas pela sazonalidade pronunciada na distribuição de chuvas, resultando em prolongados períodos de seca severa (Mooney et al., 1995). Assim, a complexidade de estabelecer uma definição padronizada e consensual do que constitui uma floresta seca, considerando inclusive aspectos biogeográficos e fitofisionômicos, limita a análise desses ecossistemas sob uma perspectiva global (Blackie et al., 2014; Sunderland et al., 2015).

A área total estimada de florestas tropicais secas no planeta é de cerca de 1.048.700 km². As duas maiores e contínuas áreas de florestas secas tropicais do mundo estão localizadas na América do Sul, que concentra 54% de toda a extensão dessas florestas. Uma das áreas corresponde à Caatinga, localizada no nordeste brasileiro. A outra envolve o sudeste da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina. O restante das florestas tropicais secas tende a exibir distribuição fragmentada e dispersa (Miles et al., 2006). Extensões significativas desses ecossistemas estão na África Subsaariana, nordeste da Índia, além das áreas encontradas na América Central, Caribe, sudeste da Ásia, norte da Austrália e partes do Pacífico. Estas florestas incluem as savanas africanas, o tipo mais seco de miombo e bosques sudaneses, as florestas e bosques decíduos formados por espécies do gênero *Dipterocarpus* na Ásia e, o Chaco e Caatinga na América do Sul (FAO, 2012).

As áreas de florestas tropicais secas enfrentam a exposição a uma série de ameaças como desmatamento, alterações climáticas, fragmentação de habitat, incêndios e aumento da densidade da população humana. Contudo, menos de um terço das florestas secas do mundo

está inserido em áreas de proteção. A abordagem das áreas proporcionalmente mais ameaçadas revela o sul da Eurásia como a região mais crítica, além do nordeste da Índia, Sri Lanka e Tailândia. Outras áreas altamente vulneráveis e ameaçadas estão na África, como no Zimbábue e Zâmbia, na extensão da África Ocidental e as florestas situadas ao longo da fronteira entre o Sudão e Etiópia, além da região das Américas, como extensas áreas localizadas no México, Cuba, Venezuela, norte da Colômbia, Bolívia central e nordeste do Brasil (Miles et al., 2006).

Embora as florestas abriguem considerável riqueza e endemismo de espécies (Murphy e Lugo, 1995), elas permanecem subpesquisadas e o conhecimento acerca dessas áreas ainda é limitado ou, em casos mais extremos, inexistente. Assim, em virtude do desconhecimento e da constante ameaça de degradação dos seus ambientes naturais, há necessidade de expansão das áreas protegidas para as florestas tropicais secas, de modo a incluir áreas com prioridade urgente de conservação (Sánchez-Azofeifa et al., 2005; Portillo-Quintero e Sánchez-Azofeifa, 2010; Sunderland et al., 2015).

1.2 O BIOMA CAATINGA

A Caatinga é uma floresta tropical seca endêmica do Brasil localizada na região do semiárido brasileiro, onde são comuns eventos extremos como grandes episódios de seca acentuada e grandes enchentes. A cronologia das secas no semiárido indica que, para cada 100 anos, ocorrem entre 18 e 20 anos de seca, embora esses eventos tenham se tornado mais frequentes a partir do século XX (Marengo, 2006; Correia et al., 2012). Na região semiárida, as áreas mais próximas ao litoral apresentam maiores taxas de precipitação, em torno de 1.000 mm anuais, as quais diminuem em direção ao interior da região, nas áreas do agreste e, especialmente, do sertão, onde as chuvas apresentam valores médios inferiores a 500 mm por

ano. Estes baixos valores ocorrem porque esta área coincide com o ponto final de influência das principais frentes que convergem para o interior do Nordeste (Correia et al., 2012).

A Caatinga ocupa significativa área do território nacional, sendo responsável por 11,6% da superfície do Brasil e 55% de toda a região Nordeste (Tabarelli et al., 2000) e abrange os estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a área norte do estado de Minas Gerais.

O bioma é caracterizado por chuvas escassas e irregulares, altas temperaturas, baixa nebulosidade, radiação solar elevada e baixas taxas de umidade relativa do ar, o que contribui para que o déficit hídrico na região seja elevado durante o ano todo (Trovão et al., 2007). Essas condições climáticas da Caatinga limitam a duração e dimensão de reservatórios de água no solo (Santos e Andrade, 1992), o que pode interferir de maneira sazonal na fauna de culicídeos. Porém, as bromélias existentes na Caatinga, especialmente as do tipo tanque, podem ser utilizadas como criadouro por espécies de mosquitos, visto que apresentam a capacidade de armazenar água, como observado em ecossistemas com pouca água disponível nos quais as bromélias estão inseridas, como a restinga (Rocha et al., 2000, 2004; Cogliatti-Carvalho et al., 2010). A abundância de bromélias no bioma Caatinga indica que este grupo possivelmente desempenha papel na dinâmica das espécies de mosquitos adaptadas a sobreviver nesse ambiente. Além de tais aspectos, oscos de árvore também são criadouros naturais potenciais de culicídeos, visto que apresentam características favoráveis como a possibilidade de acúmulo de água e deposição de matéria orgânica (Jenkins e Carpenter, 1946).

Embora a Caatinga seja uma das mais extensas formações de florestas secas do mundo (Miles et al., 2006), ela é frequentemente classificada como vegetação arbustiva e não como floresta seca, o que pode excluir o bioma de pesquisas e relatórios importantes, como os que avaliam o desmatamento, por exemplo (Apgaua, et al., 2015; Sunderland et al., 2015). E

como qualquer outro bioma, a Caatinga apresenta seus ambientes naturais vulneráveis à degradação antrópica (Leal et al., 2005). A paisagem do ecossistema é caracterizada por fragmentos florestais entremeados em áreas dominadas pela pecuária (Castelleti et al., 2004). Além disso, durante a época de estiagem, são frequentes as queimadas, geralmente criminosas, que atingem a Caatinga e que são difíceis de controlar devido à vegetação seca, o que desperta preocupação visto que a degradação dos ambientes naturais pode ter efeitos deletérios sobre a diversidade dos biomas (Biergaard Júnior et al., 1992).

Até 2002, existiam na Caatinga 50 Unidades de Conservação (UC), entre unidades de proteção integral e de uso sustentável, excetuando-se as florestas nacionais e as terras indígenas, de modo que 4% do total do bioma estavam protegidos na forma de UC. Todavia, embora seja o único bioma restrito ao território brasileiro, somente 1,2% da área de Caatinga eram de proteção integral (Capobianco, 2002). Mais recentemente, O Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a The Nature Conservancy (TNC) apresentaram dados mais atualizados das unidades de conservação e terras indígenas do bioma Caatinga. Ao todo, excetuando-se as terras indígenas, são 128 UC de administração federal, estadual ou privada, abrangendo unidades de proteção integral, de uso sustentável e reservas particulares do patrimônio natural. Nessas áreas estão 7,1% da área de Caatinga do país, contudo somente em torno de 1% da área persiste protegida sob a forma de UC de proteção integral, tendo a conservação da biodiversidade como principal objetivo (Hauff, 2008).

A condição da Caatinga de bioma brasileiro menos conservado em relação à sua área total (Castro et al., 2003) ocorre, provavelmente, em virtude da característica semiárida da Caatinga, o que contribuiu para que se associasse ao bioma pobreza de espécies de fauna e flora (Zanella e Martins, 2003). No entanto, em função de ser um dos biomas menos estudados no Brasil, sua diversidade biológica foi subestimada durante décadas (Silva e Dinnouti, 1999). A lista de espécies existentes na Caatinga é incompleta e estima-se que mais

de 40% desse ecossistema não foi amostrado e cerca de 80% das áreas estudadas foram subamostradas (Tabarelli e Vicente, 2004).

Apesar dos níveis de riqueza de espécies e endemismo, o Bioma Caatinga, quando comparado com ecossistemas úmidos como Mata Atlântica e Amazônia, continua negligenciado em termos de publicação, investimentos científicos e formação de grupos de pesquisa específicos. Apesar de liderar a produção científica na América Latina e alcançar importância cada vez maior em termos de informação científica, o Brasil, com sua reconhecida diversidade, está posicionado atrás de países como Costa Rica, México e Venezuela quando se trata de publicações referentes aos biomas semiáridos (Santos et al., 2011).

As análises da biodiversidade da Caatinga sugerem a necessidade de ampliação de estudos, mas já é possível destacar sua riqueza e singularidade. O banco de dados disponível pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga apresentou levantamentos da flora do Nordeste (Sampaio et al., 2002) que incluem 8.760 espécies, com 2/3 já revisadas. A parte não identificada corresponde ao bioma Caatinga. Em relação à fauna, o banco apresenta ainda 1.981 espécies com ocorrência nesse bioma. A lista abrange espécies de aves, da ictiofauna, da herpetofauna e de mamíferos, com considerável registro de espécies endêmicas. Quanto aos invertebrados, as informações apontam maior conhecimento sobre os grupos de abelhas, formigas e cupins. Mais recentemente, novos registros ampliaram a lista de espécies de plantas lenhosas, aves e mamíferos que ocorrem na região (Ministério de Meio Ambiente, 2000, 2007). Assim, embora em quantidade ainda deficiente, os estudos sobre a biodiversidade da Caatinga têm aumentado consideravelmente nas últimas décadas. Contudo, a maioria trata, sobretudo, da ecologia de vertebrados e plantas ou da etnobiologia e ecologia humana (Albuquerque et al., 2012).

Em relação aos culicídeos da Região Nordeste, as informações disponíveis são escassas e antigas. Na década de 1940, por ocasião da campanha de erradicação do mosquito exótico *Anopheles gambiae*, foi registrada a ocorrência de diversas espécies de anofelinos no Nordeste, incluindo a distribuição no semiárido brasileiro, porém com limitações na indicação dos locais de coleta (Deane et al., 1948). Outros poucos estudos sobre a fauna de culicídeos realizados no Nordeste do Brasil, embora não sistemáticos e sem indicação do bioma envolvido nas áreas pesquisadas, estão restritos às décadas de 1960 a 1980 (Ferreira, 1964; Xavier et al., 1979, 1980, 1983; Xavier e Matos, 1989). Após anos de silêncio, a fauna de mosquitos do Nordeste volta ao cenário nacional em recentes publicações, todavia referentes a estudos realizados em manchas de Mata Atlântica (Medeiros et al., 2009; Aragão et al., 2010) ou em áreas de transição Caatinga – Mata Atlântica (Rebelo et al., 2007) ou Caatinga – Cerrado (Santos et al., 2015). Desse modo, estimativas da riqueza de espécies de mosquitos da Caatinga (Guedes, 2012) esbarram na limitação de informações acerca de áreas de conservação exclusivas do bioma, onde a diversidade da fauna Culicidae é praticamente desconhecida.

1.3 BIOLOGIA E ECOLOGIA DA FAUNA CULICIDAE

A família Culicidae compreende os mosquitos, também conhecidos como muriçocas, pernilongos e carapanãs. Culicídeos são insetos classificados taxonomicamente na ordem Diptera, subordem Nematocera que diferenciam dos demais dípteros pela característica de apresentarem escamas recobrimdo as veias de suas asas (Forattini, 1996). São insetos delgados, de pernas longas que são facilmente reconhecidos pela sua longa probóscida e pela presença de escalas na maioria das partes do corpo. As larvas se diferenciam de outros insetos

aquáticos pela ausência de pernas, presença de cabeça distinta com antena e escovas no aparelho bucal, tórax maior que a cabeça e o abdome, além de apresentarem papilas anais posteriores e um par de aberturas respiratórias (subfamília Anophelinae) ou um sifão alongado (subfamília Culicinae) próximo da extremidade do abdome (Harbach, 2015). Apresentam ampla distribuição ao longo do globo terrestre, com exceção das regiões permanentemente congeladas dos polos (Forattini, 2002).

Atualmente a família Culicidae inclui aproximadamente 3,6 mil espécies válidas descritas globalmente e classificadas em duas subfamílias e 112 gêneros. A subfamília Anophelinae está subdividida em três gêneros e a Culicinae apresenta 109 gêneros distribuídos em 11 tribos (Harbach, 2015). O Brasil apresenta relevante diversidade da fauna de culicídeos com aproximadamente 490 espécies descritas e validadas até o momento (WRBU, 2015).

A subfamília Anophelinae é formada por espécies dos gêneros *Bironella* Teobald, 1905, presente na Austrália, *Chagasia* Cruz, 1906, restrito à região neotropical, e *Anopheles* Meigen, 1818, cosmopolita. A posição da larva na água é característica, mantendo-se paralelamente à lâmina da água com auxílio de cerdas modificadas, o que possibilita identificação macroscópica desta subfamília. Os adultos apresentam segmentos abdominais desprovidos de cobertura contínua de escamas, podendo apresentar apenas escamas formando conjuntos ou tufos. O escutelo possui margem regular arredondada, com exceção do gênero *Chagasia*. Já Culicinae é a maior subfamília de mosquitos, compreendendo em torno de três mil espécies (Harbach, 2015). Suas larvas apresentam sifão respiratório geralmente formando ângulo de 45° com a lâmina da água quando em repouso, e os adultos apresentam o primeiro tergito abdominal com escamas e escutelo trilobado (Consoli e Lourenço de Oliveira, 1994).

Os culicídeos são insetos holometábolos com quatro estágios de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto, fase na qual o indivíduo encontra-se sexualmente maduro (Consoli e

Lourenço de Oliveira, 1994). Dentre as fases de desenvolvimento, o ovo é a mais resistente. A disposição dos ovos, assim como o local de postura, podem variar entre os grupos. Espécies dos gêneros *Aedes* Meigen, 1818 e *Haemagogus* Williston, 1986, por exemplo, realizam postura diretamente no substrato úmido, em recipientes naturais ou artificiais, ou mesmo em depressões no solo, onde os ovos podem resistir por longos períodos de seca até que o criadouro volte a ser inundado. Espécies do gênero *Anopheles* depositam seus ovos diretamente na água e atingem a fase de larva assim que o desenvolvimento embrionário é completado, visto que não apresentam resistência à dessecação.

Após eclosão da larva de primeiro estágio, os culicídeos passam por mais três estágios larvais, essencialmente aquáticos e de vida livre. As larvas apresentam espiráculo respiratório comumente mantido próximo à lâmina de água para respiração do oxigênio do ar atmosférico. Em circunstâncias especiais tais como fuga de predadores, as larvas permanecem submersas por certo período, o que sugere a possibilidade de respiração do oxigênio dissolvido na água. As espécies dos gêneros *Mansonia* Blanchard, 1901 e *Coquillettidia* Dya, 1905, além de algumas espécies do gênero *Minomyia* Theobald, 1904 ficam permanentemente submersas, em decorrência de possuírem o sifão respiratório modificado que possibilita a obtenção de oxigênio diretamente dos tecidos de plantas (Service, 1996).

Após a fase larvar, os culicídeos atingem o estágio de pupa, que não se alimenta, embora apresente alto poder de locomoção. A energia para esta fase é garantida pela reserva alimentar adquirida na fase de larva. Da pupa emerge o mosquito adulto, o qual é atraído a um abrigo e permanece nesse local, em repouso, geralmente próximo aos criadouros que são usualmente localizados em locais úmidos, sombreados e com pouco vento. De forma geral, os machos emergem antes e permanecem nas imediações dos criadouros até a emergência das fêmeas, quando realizam a cópula, visto que os machos necessitam de um período maior que as fêmeas para se tornarem sexualmente maduros, geralmente entre seis e 24 horas, pois

sofrem rotação da genitália em 180° em relação ao eixo do corpo. Já as fêmeas, até se tornarem sexualmente maduras necessitam de curto período enquanto o tegumento se endurece (Forattini, 2002).

Diversas coleções hídricas apresentam condições favoráveis ao estabelecimento de criadouros de culicídeos. Os criadouros podem ser naturais, como ocos de árvore com capacidade para armazenar água, lagos e bromélias, ou artificiais, como recipientes descartados pelo homem, permanentes ou transitórios. Algumas espécies apresentam especificidade de criadouros, como as do subgênero *Kertezia* Theobald, 1905, que são bromélia dependente, com exceção da espécie *Anopheles (Kertezia) bambusicolus* Komp, 1937, geralmente encontrada em bambus (Zarvortink, 1973) ou espécies dos gêneros *Mansonia* e *Coquillettidia*, que se desenvolvem unicamente em criadouros com plantas macrófitas.

Contudo, antes de selecionarem o local para postura dos ovos e estabelecimento dos criadouros, as fêmeas necessitam de proteínas presentes no sangue para maturação dos ovócitos e por isso apresentam hábito hematofágico. Esta característica agrega importância epidemiológica à fauna Culicidae tendo em vista que, através do repasto sanguíneo, diversos patógenos podem ser transmitidos para hospedeiros vertebrados, inclusive o homem, que pode facilmente envolver-se em ciclos enzoóticos de agentes infecciosos e parasitários. Portanto, como os mosquitos podem atuar como vetores de agentes etiológicos de diversas doenças, é fundamental a identificação das espécies envolvidas no ciclo de transmissão de patógenos. Em alguns casos, porém, existem complexos de espécies crípticas que coexistem em simpatia e não são distinguíveis pelas características morfológicas tradicionalmente usadas na identificação taxonômica, sendo necessário, portanto, o uso de biologia molecular (Mulamba et al., 2014). São exemplos de complexos de espécies *Anopheles albitarsis* s.l., com oito membros (Ruiz-Lopez et al., 2012), *Anopheles argyritarsis* s.l., composto de três

representantes (Lintchicum, 1988), *Anopheles triannulatus* s.l., com três membros (Rosero et al., 2012). Dessa forma, a elucidação taxonômica das espécies que compõem complexos é fundamental para delimitar estratégias de controle vetorial efetivo (Naranjo-Diaz et al., 2013) visto que espécies crípticas podem apresentar distintos níveis de susceptibilidade a patógenos e diferentes respostas a inseticidas (Mulamba et al., 2014).

1.4 ARBOVIROSES E CULICÍDEOS VETORES DE ARBOVÍRUS

Embora os mosquitos tenham competência vetorial para transmitir diversos tipos de patógenos como filárias e plasmódios, os arbovírus são, pelo número de infecções aos quais estão associados e pela gravidade dos casos, agentes etiológicos de destacada relevância epidemiológica. Os arbovírus constituem grupo de vírus que compartilham a característica de serem transmitidos a hospedeiros vertebrados por artrópodes. Estima-se que existam mais de 500 arbovírus. Quase todos esses agentes são classificados em cinco famílias: Flaviviridae, Togaviridae, Bunyaviridae, Reoviridae e Rhabdoviridae (Karabatsos, 1985; Monath, 1989). No Brasil, mais de 200 arbovírus já foram isolados, sendo que cerca de 40 são capazes de gerar manifestações clínicas em humanos (Rosa et al., 1998).

Diferentes arboviroses apresentam histórico de epidemias no mundo e, particularmente, no território brasileiro. Entre elas, uma das mais persistentes é a dengue. Primitivamente, o ciclo de transmissão do vírus da dengue ocorreu em florestas da África e Ásia envolvendo primatas e o mosquito *Aedes aegypti*. Porém, embora o deslocamento do vírus do ambiente silvestre para o urbano não seja comum, as epidemias ocorreram em função da introdução e presença do homem em ambiente natural e do contato com animais infectados, propiciando a dispersão para o meio urbano (Gubler, 1997). Assim, a problemática

da dengue pode se agravar se, semelhante à febre amarela, os vírus da doença estiverem refugiados em áreas silvestres.

Apenas em 2015, até o dia 14 de novembro, foram notificados 1.534.932 casos prováveis de dengue no Brasil, com as maiores incidências registradas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Desses, foram confirmados 1.488 casos de dengue grave e 18.832 casos de dengue com sinais de alarme, valores superiores aos registrados no mesmo período do ano anterior, quando 728 casos de Dengue grave e 8.247 casos de dengue com sinais de alarme foram confirmados. O número de mortes por dengue também aumentou no último ano. Foram 811 óbitos confirmados por dengue, o que representa aumento no país de 79% em relação ao mesmo período de 2014 (MS/SVS, 2015a).

Com cenário favorável para o completo ciclo de transmissão da dengue, o Brasil assumiu a posição de país com maior número total de casos da doença, com mais de três milhões de notificações registradas pela Organização Mundial de Saúde no período de 2000 a 2005 (Teixeira et al., 2009). Contudo, a recente aprovação pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do registro no Brasil de uma vacina contra os quatro sorotipos da dengue (Resolução 3.519, de 23 de dezembro de 2015) pode ser um caminho para a redução no número de casos da doença no país. O Brasil foi o terceiro país, depois do México e das Filipinas, a conceder aprovação regulatória para a vacina que é, atualmente, a única registrada no mundo (Sanofi Pasteur, 2015).

Além da dengue, que ocupa o primeiro lugar entre as arboviroses reemergentes no Brasil, outras infecções por arbovírus são importantes em termos de saúde pública no país e merecem atenção dos programas de vigilância epidemiológica. Entre elas estão as provocadas por Flavivírus, como zika, febre amarela, rocio, febre do Nilo Ocidental, encefalite japonesa e encefalite Saint Louis; por Togavírus (gênero *Alphavirus*), como chikungunya, mayaro,

encefalite equina venezuelana e encefalite equina do leste; e por Bunyavírus, como a febre oropouche (Figueiredo, 2007).

Os Flavivírus transmitidos por mosquitos podem ser separados em dois grupos de acordo com a apresentação clínica em humanos e a ecologia. Os Flavivírus encefalíticos, como o rocio, possuem aves como hospedeiros vertebrados naturais e mosquitos do gênero *Culex* como vetores. O outro grupo, composto pelos Flavivírus cerotrópicos, como os da dengue e da febre amarela, são os que causam febres hemorrágicas e apresentam como hospedeiros vertebrados primatas e como vetores mosquitos do gênero *Aedes*. Apesar de *Culex* e *Aedes* constituírem os gêneros mais relacionados à transmissão de Flavivírus, mosquitos de outros gêneros como *Sabethes* e *Haemagogus* também podem estar envolvidos no ciclo de transmissão destes arbovírus (Gauntet al., 2001; Gubler et al., 2007).

Entre os Flavivírus, um de atual destaque no Brasil é o vírus zika. Até o século passado, o vírus zika era mantido em ambiente silvestre nos continentes africano e asiático em ciclo zoonótico de transmissão envolvendo macacos e mosquitos *Aedes*, com casos esporádicos em humanos (Hayes, 2009; Faye et al., 2014). Porém, recentemente introduzido no Brasil, o vírus zika apresentou rápido processo de dispersão no país, com diagnóstico molecular desse patógeno em pacientes da região Nordeste, seguido de casos da doença no Norte e Sudeste do Brasil (Zanluca et al., 2015; Campos et al., 2015; Cardoso et al., 2015; Vasconcelos, 2015). Durante a trajetória da África até o continente americano, o vírus zika passou por processo de adaptação ao organismo humano. Foram selecionadas características genéticas que o tornaram mais apto para se replicar nas células do novo hospedeiro (Freire et al., 2015).

Atualmente a circulação do vírus zika no Brasil está confirmada, por meio de exames laboratoriais, em 18 Unidades da Federação, distribuídas nas cinco regiões do país (MS/SVS, 2015b) e três óbitos foram registrados, os primeiros a serem relacionados ao vírus zika no

mundo. Além disso, outra situação agravante decorre da constatação inédita da presença do genoma do vírus zika em amostras de líquido amniótico, com o uso da técnica de RT-PCR em tempo real, de duas gestantes cujos fetos tinham diagnóstico de microcefalia por meio de exames de ultrassonografia. Assim, apesar dos dados atuais não permitirem estabelecer uma relação causal entre a infecção por vírus zika e a ocorrência de microcefalia, esta hipótese é minuciosamente investigada pelo Ministério da Saúde (MS/SVS, 2015c).

A grave alteração do padrão de ocorrência de microcefalia no Brasil levou o Ministério da Saúde a declarar situação de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN). Ao mesmo tempo em que o vírus zika se dispersa pelo território brasileiro, até 28 de novembro de 2015, a epidemia de microcefalia no Brasil contava com notificação de 1.248 casos suspeitos, identificados em 311 municípios e 14 Unidades da Federação, com concentração dos casos na região Nordeste (MS/SVS, 2015c). Além da microcefalia, a síndrome de Guillain-Barré é outro agravo possivelmente associado à infecção pelo zika vírus. Esta associação é investigada no Brasil devido ao registro de casos da síndrome poucos dias após o desenvolvimento do quadro clínico da infecção por zika (Oehler et al., 2014; Musso et al., 2014; Cipriano e Monteiro, 2016).

Entre as dificuldades relativas à grave situação epidemiológica instaurada atualmente no Brasil quanto à circulação do vírus zika, além, obviamente, das relativas à gravidade dos casos, estão aquelas relacionadas ao diagnóstico da doença, diante da similaridade clínica da infecção por vírus zika com outras doenças circulantes, como a dengue, por exemplo. Além disso, não existem kits comerciais para diagnóstico laboratorial da doença e o diagnóstico molecular, além de ser dispendioso, está atualmente restrito aos poucos laboratórios de referência no Brasil. Outros desafios são ausência de vacina e tratamento específicos para a doença, possibilidade de vias alternativas de transmissão através de fluidos como sêmen, leite materno e sangue contaminado, além, sobretudo, da transmissão vetorial, que está a cargo da

espécie *Aedes aegypti*, amplamente distribuída no território brasileiro e com infestação de difícil controle (Foy et al., 2011; Besnard et al., 2014; Vasconcelos, 2015; Musso, 2015; Pinto Júnior, 2015).

Registrado recentemente no território brasileiro, o vírus Chikungunya tem atraído a atenção de pesquisadores, gestores e profissionais da área da saúde. Este Togavírus, do gênero *Alphavirus*, foi descrito pela primeira vez em 1952 (Strauss e Strauss, 1994) e, segundo relatórios da Organização Mundial de Saúde, desde 2005 se espalhou por ilhas do Oceano Índico e Índia com surtos explosivos de doença febril aguda. Além disso, casos importados da doença foram registrados em países europeus em 2006, o que caracteriza a doença como problema de saúde pública.

Semelhante ao vírus da dengue, o vírus chikungunya pode ser transmitido pelos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, o que é preocupante em relação ao território brasileiro, onde há altos níveis de infestação por estas espécies. Além disso, o vírus chikungunya têm apresentado espécies alternativas como vetores biológicos, demonstrando sua valência ecológica e possibilidade de transmissão por espécies silvestres (Lamballerie et al., 2008). Assim, são recomendadas ações de vigilância em aeroportos brasileiros internacionais a fim de investigar casos suspeitos e eliminar possíveis mosquitos infectados com o vírus (Figueiredo, 2007).

Anteriormente restrito aos continentes africano e asiático, o vírus chikungunya se disseminou por vários continentes, alcançando países ocidentais. Em 2012 foi relatado o primeiro caso importado de infecção por chikungunya no Rio de Janeiro (Albuquerque et al., 2012). No ano seguinte o continente americano registrou os primeiros casos autóctones do vírus chikungunya, transmitidos na região do Caribe (Leparc-Goffat et al., 2014). Não demorou muito para que o Brasil registrasse a primeira epidemia, no município de Feira de Santana, Bahia, na região Nordeste. Ao mesmo tempo, casos de infecção pelo vírus também

eram registrados no Oiapoque, Amapá, região Norte do país, na fronteira com a Guiana Francesa. Ao todo, no ano de 2014 foram registrados no Brasil 3.657 casos autóctones suspeitos de infecção por vírus chikungunya em oito municípios brasileiros, pertencentes aos estados da Bahia, Amapá, Roraima, Mato Grosso do Sul, e ao Distrito Federal. Em 2015, até o dia 14 de novembro, foram notificados 17.131 casos autóctones suspeitos de febre de chikungunya, dos quais 6.724 foram confirmados, sendo 6.350 por critério laboratorial e 374 por critério clínico-epidemiológico (MS/SVS, 2015a).

Análises moleculares de cepas do vírus chikungunya circulantes na epidemia no Nordeste do Brasil indicaram, surpreendentemente, a presença do genótipo africano do vírus, e não o genótipo asiático, como se esperava, já que este circula nos países das Américas que mantêm intenso turismo e comércio com o Brasil. Já os casos detectados no Amapá foram causados pela cepa asiática. Assim, a emergência do vírus chikungunya no território brasileiro está associada à circulação dos genótipos asiático e africano do vírus, e houve, no Brasil, o primeiro relato de surto pelo genótipo africano do vírus chikungunya nas Américas (Nunes et al., 2015; Teixeira et al., 2015).

Além dos vírus zika e chicungunya, o vírus do Nilo Ocidental também tem importância no cenário brasileiro. Este vírus foi isolado pela primeira vez em 1937, no sangue de uma mulher na região oeste de Uganda, às margens ocidentais do rio Nilo (Prowse, 2003) e depois foi detectado no restante da África, Oriente Médio, Ásia e Europa (Couissinier-Paris, 2006). Em meados dos anos 90, houve epidemia de febres com altas taxas de infecções neurais na Romênia (Tsai et al., 1998). Em 1999, o vírus causou seu primeiro surto no ocidente, em Nova York, e foi novamente isolado (Anderson et al., 1999). Ainda nos Estados Unidos da América, o vírus se dispersou no sentido do oeste, o que resultou em mais de 30.000 casos de infecções nos últimos 15 anos, sendo 755 em 2011, dentro os quais, 43 óbitos (CDC, 2012). O vírus se dispersou ao norte, chegando ao Canadá (Weese et al., 2003), e ao

sul, atingindo países da América Central (Morales-Betoulle et al., 2006) como Cuba (Pineda e Carmenate, 2006) e atingiu também o Caribe (Lefrancois et al., 2006) e a Argentina, onde o vírus foi encontrado em aves (Morales et al., 2006; Diaz et al., 2008). Entre os anos de 2005 e 2007, anticorpos contra o vírus foram detectados em equinos na Colômbia e Argentina e em equinos e aves na Venezuela (Lanciotti et al., 1999; Mattar et al., 2005; Morales et al., 2006; Bosch et al., 2007). Há países, como o México, em que o vírus do Nilo Ocidental não foi registrado, mas que estão em alerta quanto ao risco de epidemia devido à abundância de seus principais vetores (Diaz-Badillo et al., 2011).

No Brasil, estudos recentes mostram evidência da circulação do vírus do Nilo Ocidental no país. Anticorpos contra o vírus foram detectados em mais de 33% das amostras de soro de cavalos provenientes de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Paraíba, evidenciando, pela primeira vez, a introdução do vírus no país (Silva, 2010). Em 2011, relato confirmado de evidência sorológica da atividade do vírus no Brasil foi registrado na região do Pantanal, com positividade em cinco (3%) cavalos analisados, todos sem histórico de viagem para fora do Pantanal ou com vacinação contra o vírus (Pauvolid-Corrêa et al., 2011). Inquéritos realizados na mesma região no ano seguinte resultaram em confirmação sorológica da infecção em 8% dos cavalos e 3,2% das aves investigadas (Melandri et al., 2012). Além disso, mais recentemente foi notificado o primeiro caso humano de infecção pelo vírus do Nilo Ocidental no Brasil (Vieira et al., 2015). Assim, o cenário é preocupante visto que as condições ambientais do Brasil são favoráveis ao desenvolvimento de vetores do vírus do Nilo Ocidental (Flores e Weiblen, 2009) e a sorologia, os sintomas e o quadro neurológicos da infecção podem ser confundidos com os da dengue, doença bastante comum no Brasil (Soares et al., 2010), o que pode camuflar possíveis casos da arbovirose no país.

O vírus do Nilo Ocidental foi detectado em várias espécies de mosquitos, incluindo dez gêneros (Higgset al., 2004), sendo eles: *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Culiseta*,

Deinocerites, Mansonia, Orthopodomyia, Psorophora e *Uranotaenia* (Kobayashi et al., 2008).

A febre amarela é outro importante problema de saúde pública no Brasil, país que apresenta a maior área enzoótica da doença no mundo, equivalente a cerca de cinco milhões de km² (Brasil, 1999). O vírus desta arbovirose no Brasil apresenta dois ciclos, um urbano e outro silvestre, que diferem apenas quanto às espécies de vetores e hospedeiros vertebrados. No ciclo silvestre, ativo, os principais hospedeiros são os primatas não humanos e os vetores são mosquitos dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes*, e o homem atua como hospedeiro acidental. No ciclo urbano, extinto, o mosquito *Aedes aegypti* foi o vetor que transmitia o vírus para o homem (Vasconcelos, 2005).

Provavelmente originário da África, o vírus da febre amarela chegou ao Brasil durante o processo da colonização portuguesa e iniciou o ciclo urbano, que atingia importantes cidades. Com o tempo, o vírus se tornou endêmico em regiões tropicais da África e da América, sendo Bolívia, Equador, Peru, Colômbia e Brasil os países mais afetados nas Américas (Gardner et al., 2010). No meio urbano, desde o século XVII, diversos surtos foram descritos no Brasil. No entanto, a campanha para controle do vetor, iniciada por Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro em 1903, provocou redução do número de mortes pela doença e rompeu sua transmissão. Apesar de a febre amarela ter reaparecido naquela cidade em 1928, o emprego de vacina, desenvolvida em 1937, mostrou excelentes resultados, de modo que com o emprego dessa tecnologia o último caso humano registrado de febre amarela urbana ocorreu em 1942, em Sena Madureira, no Acre (Figueiredo, 2000). Cessada a transmissão urbana, o vírus da febre amarela passou a mostrar desafio no ambiente silvestre, sendo preocupação até o presente em ampla área do território brasileiro.

Mais recentemente, ampliou-se a preocupação com a febre amarela, pois foram registradas epizootias da forma silvestre em áreas infestadas por *Aedes albopictus*, mosquito

exótico e competente para transmissão do vírus (Lourenço-de-Oliveira et al., 2003; Johnson et al., 2003). Essa nova situação foi interpretada como facilitadora da expansão territorial do vírus silvestre, visto que potencializa as chances de infecção natural e esta espécie vetora apresenta tendência de se dispersar para o ambiente extradomiciliar, o que e pode estabelecer um elo de transferência do arbovírus enzoótico silvestre para a área urbana (Gomes et al., 2008).

Outro Flavivírus importante, o rocio, foi isolado no litoral sul do estado de São Paulo, no Vale do Ribeira, em tecido nervoso de um indivíduo que falecera vítima da encefalite. Nessa região foi registrada epidemia do vírus entre o período de 1973 e 1980. Na ocasião, 1.021 casos e cerca de 100 mortes foram registrados, com 200 sobreviventes com sequelas. Após a ocorrência desse surto, cinco casos de infecção pelo vírus foram diagnosticados no Paraná e há evidências sorológicas da circulação do arbovírus Rocio na Bahia (Lopes et al., 1978a,b; Straatmann, 1997; Straatmann, 1997; Figueiredo, 2000). Embora o ciclo de transmissão do rocio necessite de esclarecimentos, os primeiros resultados de pesquisas entomológicas publicadas após início do processo epidêmico citaram como possíveis vetores os mosquitos *Aedes serratus*, *Aedes scapularis* e *Culex (Melanoconion)* (Forattini et al., 1978a,b), além do isolamento de rocio a partir de mosquitos da espécie *Psorophora ferox* coletados durante a epidemia (Lopes et al., 1981).

O vírus da encefalite Saint Louis, amplamente distribuído nas Américas, do Canadá à Argentina, foi isolado pela primeira vez em 1960 a partir de mosquitos da espécie *Sabethes belisarioi* capturados ao longo da rodovia Belém-Brasília e tem como reservatórios aves e mamíferos selvagens e como vetores os culicídeos *Culex declarator* e *Culex coronator* (Vasconcelos et al., 1998).

No Brasil, o vírus da encefalite Saint Louis foi isolado no Estado de São Paulo pela primeira vez em 2004, em paciente com suspeita de dengue (Santos et al., 2005), e recente

evidência sorológica de circulação do vírus foi registrada no Pantanal, região Centro-Oeste do Brasil (Pauvolid-Corrêa et al., 2010).

A Febre mayaro, provocada pelo arbovírus mayaro, pertencente ao gênero *Alphavirus*, família *Togaviridae*, é comum principalmente na Amazônia e ocupa a posição de quarta arbovirose de importância em saúde pública no Brasil (Bronzoni et al., 2004). A transmissão dos vírus ocorre no ambiente silvestre ou rural, em áreas próximas a florestas com participação de primatas não humanos, aves e mosquitos *Haemagogus* spp. O potencial de dispersão desses vírus e a possibilidade de participação de espécies de mosquitos *Aedes* em seu ciclo de transmissão indicam a necessidade de estudos epidemiológicos de mayaro para prevenir os surtos rurais e também possíveis surtos urbanos.

A doença viral transmitida por artrópodes com maior prevalência no Brasil, depois da dengue, é a febre oropouche, cujo agente etiológico é o arbovírus oropouche, da família *Bunyaviridae*, gênero *Orthobunyavirus* (Vasconcelos et al., 1998). Este vírus foi isolado pela primeira vez em 1955, a partir de um trabalhador florestal febril em Trinidad (Anderson, 1961) e o primeiro surto foi registrado em Belém em 1961, com aproximadamente 11.000 casos. A transmissão do vírus oropouche mantém-se em dois diferentes ciclos, o silvestre e o urbano. O ciclo silvestre, silencioso, envolve espécies de aves, macacos, preguiças e os vetores, possivelmente *Culicoides paraensis* (maruim) e o culicídeo *Aedes serratus*. O ciclo urbano está relacionado às epidemias e tem o homem como reservatório e o *C. paraensis* como vetor (Vasconcelos et al., 1998).

Em inquérito epidemiológico realizado na região do Vale do Ribeira, em São Paulo, pesquisaram-se em moradores de reserva ecológica anticorpos para os antígenos dos vírus rocio, Ilheus, encefalite Saint Louis, encefalites equinas do leste, oeste e venezuelana, e observou-se a presença de anticorpos para todos os arbovírus testados, com exceção da encefalite equina do oeste. Nesse estudo, a ocupação e o hábito de entrar na mata constituíram

fatores estatisticamente associados às infecções por arbovírus (Romano-Lieber e Iversson, 2000). No Rio Grande do Sul, entre mosquitos das áreas silvestre, rural e urbana, foram encontradas dez espécies potencialmente vetoras do vírus Saint Louis, oropouche, aura, trocara, Ilheus, rocio, vírus do Nilo Ocidental e da encefalite equina do leste (Cardoso et al., 2010).

1.5 JUSTIFICATIVA

As estimativas da riqueza biológica do Brasil, ao mesmo tempo em que atestam a condição privilegiada do país com o maior patrimônio de biodiversidade do mundo, também apontam para a considerável proporção de espécies ainda não descritas que serão extintas antes mesmo de serem registradas. Além disso, existe a dificuldade de determinar o quanto da biodiversidade brasileira reside em áreas pouco estudadas ou subamostradas do país (Lewinsohn e Prado, 2002, 2005), como o bioma Caatinga, por exemplo. Assim, é imperativa a realização de levantamentos da biodiversidade neste ambiente diferenciado e ainda desconhecido dentro do cenário brasileiro.

Em termos de saúde pública, a Caatinga representa uma incógnita quanto à ocorrência de espécies vetoras da fauna Culicidae e, conseqüentemente, acerca da circulação de patógenos em áreas de conservação do bioma. Estas informações são fundamentais para o conhecimento dos ciclos zoonóticos de diferentes arbovírus estabelecidos no ambiente silvestre da Caatinga e nos quais o homem pode, acidentalmente, se envolver. Diversos são os exemplos, já relatados neste trabalho, de arbovírus antes restritos ao ambiente silvestre de

determinadas áreas que se disseminaram pelos continentes e alcançaram, inclusive, o ambiente urbano.

Alterações climáticas favoráveis à dispersão de culicídeos vetores, associadas ao elevado e constante fluxo de pessoas no mundo, proporcionado pelo crescente número de voos internacionais que, por extensão, propiciam intensa circulação viral, podem resultar em epidemias nas mais variadas partes do mundo (Vasconcelos, 2015). O Nordeste brasileiro, ao mesmo tempo em que abriga fauna de culicídeos totalmente desconhecida e que pode envolver incontáveis espécies potencialmente vetoras de diversos patógenos, é também uma das regiões brasileiras de maior apelo turístico. E o recente estabelecimento de parques em áreas de conservação do bioma Caatinga, com estímulo à visitação por meio de atividades ecoturísticas, além das intervenções antrópicas tipicamente predatórias como extrativismo vegetal, caça e pesca clandestinas, bem como ocupações por posseiros, propiciam o contato de pessoas com essas áreas silvestres, o que justifica a realização de estudos sobre a estrutura biocenótica das populações de mosquitos, vetores potenciais de agentes de doenças.

A lacuna no conhecimento acerca da fauna Culicidae no bioma Caatinga, atrelada à importância epidemiológica dos culicídeos, justifica a relevância deste estudo. Além de revelar a biodiversidade e discutir aspectos ecológicos e epidemiológicos de mosquitos em áreas de conservação da Caatinga, bioma pouco estudado e que é uma das maiores extensões contínuas de florestas tropicais secas do mundo, este estudo contribui também para a descrição de espécies inéditas para a ciência numa área que, por um lado, é carente de informações e, por outro, é impactada pela carga de doenças parasitárias, entre elas as infecções por patógenos transmitidos por vetores.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar a biodiversidade da fauna Culicidae em unidades de conservação do bioma caatinga no semiárido brasileiro.

2.2 ESPECÍFICOS

Inventariar a fauna de culicídeos adultos de hábitos diurno, crepuscular e noturno;

Inventariar a fauna de culicídeos associados a habitats fitotelmatas;

Investigar a ocorrência de anofelinos em criadouros de solo;

Descrever a diversidade da fauna de culicídeos adultos e imaturos;

Descrever a distribuição mensal das abundâncias da fauna de culicídeos adultos e imaturos;

Investigar a associação das variáveis meteorológicas temperatura, umidade e precipitação pluviométrica com a abundância de mosquitos adultos e imaturos;

Comparar padrões de diversidade de culicídeos imaturos em relação aos tipos de criadouros;

Comparar padrões de diversidade de culicídeos adultos em áreas com distintas fitofisionomias;

Verificar a ocorrência de espécies de mosquitos de interesse em saúde pública;

Investigar a ocorrência de espécies desconhecidas para a ciência;

Investigar a ocorrência de novos registros de espécies de culicídeos já descritas e validadas;

2.3 HIPÓTESES

Os culicídeos são insetos disseminados globalmente e ocorrem em uma variedade de biomas com características ambientais distintas. Muitas espécies de mosquitos exibem mecanismos de adaptação, selecionados durante o processo evolutivo, que lhes conferem alta plasticidade ecológica e permitem que as espécies estejam amplamente distribuídas no mundo, de modo que, independentemente das condições do meio, as espécies estão aptas para sobreviver. Assim, a hipótese nula desta tese é:

H0: a aridez característica da Caatinga não limita o desenvolvimento da fauna Culicidae no bioma.

Contudo, os mosquitos são insetos dependentes da formação de coleções hídricas para o desenvolvimento das formas imaturas. Logo, interferências externas no estabelecimento de criadouros podem refletir alterações na densidade de imaturos e, conseqüentemente, nos níveis de infestação por mosquitos adultos. Desta forma, a hipótese alternativa desta tese é:

H1: a aridez característica da Caatinga limita o desenvolvimento da fauna Culicidae no bioma.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

MANUSCRITO 1

Submetido para publicação, em inglês, à *Insect Conservation and Diversity*.

Mosquitos em fitotelmatas da Caatinga

Mosquitos da Caatinga: contribuição de bromélias e ocos de árvore para a biodiversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) no semiárido brasileiro

LETÍCIA S. MARTEIS,¹ DELSIO NATAL,¹ MARIA A. M. SALLUM,¹ ANTÔNIO R.

MEDEIROS-SOUSA¹ e ROSELI L. C. SANTOS² ¹Departamento de Epidemiologia,

Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, 01246-

904, São Paulo, SP, Brasil e ² Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Sergipe,

Avenida Marechal Rondon, S/N, 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil

Correspondência: Letícia S. Marteis, Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, 01246-904, São Paulo, SP, Brasil. Email: lmarteis@usp.br

Resumo. 1. A Caatinga é uma floresta tropical seca localizada na região do semiárido brasileiro rica em fitotelmatas, porém, desprovida de estudos sistemáticos que investiguem a fauna Culicidae associada a esses habitats em áreas de conservação do bioma.

2. Este estudo investigou, pela primeira vez, a biodiversidade e aspectos ecológicos da fauna Culicidae associada a fitotelmatas da Caatinga. Foram pesquisados, durante 19 meses consecutivos, habitats associados a bromélias e ocos de árvore em área de conservação do bioma Caatinga, com registro do volume de água armazenado e da abundância de imaturos de culicídeos por habitat.

3. Ao todo foram aspirados 127 litros de água que continham 6.764 imaturos de 16 espécies de Culicidae, das quais 11 (69%) são desconhecidas para a ciência e correspondem a 90% da abundância total de espécimes coletados.

4. As bromélias epífitas apresentaram maior número de imaturos de culicídeos, embora as bromélias terrestres fossem as mais abundantes e amplamente distribuídas na região. A riqueza de espécies de culicídeos foi similar entre bromélias terrestres e epífitas, e menor em habitats representados por ocos de árvore quando estes foram comparados com os fitotelmatas bromelícolas. Não houve similaridade na composição de espécies de culicídeos que se desenvolvem em bromélias e em ocos de árvore.

5. Temperatura e umidade foram as variáveis meteorológicas mais fortemente associadas à proporção de plantas positivas para a presença de formas imaturas de culicídeos.

6. A Caatinga concentra grande número de espécies endêmicas e desconhecidas para a ciência, portanto, é urgente a necessidade de conservação da biodiversidade desse ecossistema, bem como o estímulo a estudos taxonômicos que possibilitem preencher a lacuna no conhecimento sobre a fauna Culicidae que habita semiárido brasileiro.

Palavras-chave: floresta tropical seca; vetores; espécies novas; criadouros; fitotelmatas; ecologia de vetores.

Introdução

Os mosquitos são insetos de ampla distribuição no mundo. No Brasil ocorrem cerca de 490 espécies (WRBU, 2015) registradas, sobretudo, em biomas de floresta tropical úmida como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Com aptidão para se desenvolver em grande variedade de habitats, os mosquitos ocupam desde ambientes silvestres a águas poluídas de áreas urbanas, em ampla gama de criadouros, incluindo aqueles representados por fitotelmatas.

Fitotelmatas são habitats aquáticos formados naturalmente pela retenção de água em plantas, vivas ou mortas, ou mesmo em partes delas, destacadas ou não, como, por exemplo, buracos em árvore, tanques de bromélias, entrenós de bambu, frutos abertos e folhas caídas (Kitching, 2000). Nestes ambientes, que configuram micro ecossistemas complexos, apesar das limitações espacial e energética, coexiste alta diversidade de organismos, sobretudo artrópodes, pertencentes a distintos grupos taxonômicos, que interagem ecologicamente e contribuem para os padrões de diversidade observados na natureza (Fish, 1983; Kitching, 2000, 2001).

Os tanques de bromélias desempenham importante papel para o desenvolvimento de insetos aquáticos, inclusive mosquitos, visto que armazenam água entre as imbricações das folhas laterais e no tanque central, o que possibilita o estabelecimento de várias espécies num ambiente rico em matéria orgânica. Em fitotelmatas bromelícolas, os detritos não apenas suportam a comunidade de insetos associados, mas também servem como fonte de nutrientes para a planta (Ngai & Srivastava, 2006).

Semelhante às bromélias, os ocos de árvores configuram habitats relevantes para o desenvolvimento de ricas faunas aquáticas e já foram considerados os mais antigos criadouros

naturais de culicídeos (Jenkins & Carpenter, 1946). O destaque para esses fitotelmatas resulta da sua capacidade de armazenamento da água das chuvas, em associação com a deposição de matéria orgânica, em quantidades suficientes para formar habitats que asseguram o desenvolvimento de culicídeos mesmo após o declínio das precipitações (Jenkins & Carpenter, 1946; Gomes *et al.*, 1992). Ocos de árvore, por serem formados por partes duras das plantas, são potencialmente mais duráveis que outros fitotelmatas, persistindo por cerca de dez anos ou mais (Mogi, 2004). Quando comparados com criadouros artificiais, esse habitats naturais permitem menor mortalidade das formas imaturas de culicídeos, além de possibilitar a formação de adultos de maior tamanho corporal (Gomes *et al.*, 1995).

A Caatinga é um ecossistema de floresta tropical seca localizada na região do semiárido brasileiro cuja fauna Culicidae associada a fitotelmatas é totalmente desconhecida. A diversidade biológica na Caatinga foi subestimada durante décadas, e o bioma foi associado à pobreza de espécies de fauna e flora, de modo que escassas áreas da Caatinga foram preservadas sob a forma de unidades de proteção integral (Silva & Dinnouti, 1999; Zanella & Martins, 2003). Esta avaliação do ecossistema decorreu, provavelmente, em virtude das condições ambientais peculiares da Caatinga, com sazonalidade marcada por longos períodos de estiagem, chuvas escassas e irregulares, altas temperaturas e baixas taxas de umidade relativa do ar (Andrade-Lima, 1981; Trovão *et al.*, 2007). Todavia, embora hoje se reconheça sua riqueza e singularidade, a Caatinga ainda é um dos biomas brasileiros menos estudados e, conseqüentemente, um dos mais negligenciados na literatura, assim como as demais florestas tropicais secas do mundo (Tabarelli & Vicente, 2004; Santos *et al.*, 2011; Sunderland *et al.*, 2015).

A presença de fitotelmatas no bioma Caatinga sugere que esses habitats possam desempenhar papel na dinâmica das espécies de mosquitos adaptadas para sobreviver nesse ambiente. Porém, não há estudos sistemáticos que investiguem a diversidade ou a dinâmica de

culicídeos que colonizam fitotelmatas na Caatinga, tampouco há estudos ecológicos que permitam conhecer o comportamento e as adaptações evolutivas apresentadas pelas espécies de acordo com as pressões seletivas que enfrentam no ambiente. Deste modo, este estudo foi realizado com o objetivo de investigar a biodiversidade e aspectos ecológicos relacionados à dinâmica populacional da fauna Culicidae que coloniza bromélias e ocos de árvores no bioma Caatinga.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica (ESEC) Raso da Catarina (38°44'00" W a 39°29'20" W e 9°33'13" S a 9°54'30" S), unidade de conservação (UC) do bioma Caatinga localizada na Bahia, região Nordeste do Brasil (Fig. 1). A UC é classificada como área de proteção integral, com extensão territorial de aproximadamente 99.772 ha e 135.279 m de perímetro (Paes & Dias, 2008). Criada a partir do Decreto Federal nº 98.268 de 03/01/1984, e recategorizada para ESEC por meio da Portaria nº 373 de 11/10/2001, Raso da Catarina é a UC mais antiga da Bahia, Estado que apresenta a maior área total do bioma Caatinga no país, equivalente a 30.092.536 ha (Hauff, 2008).

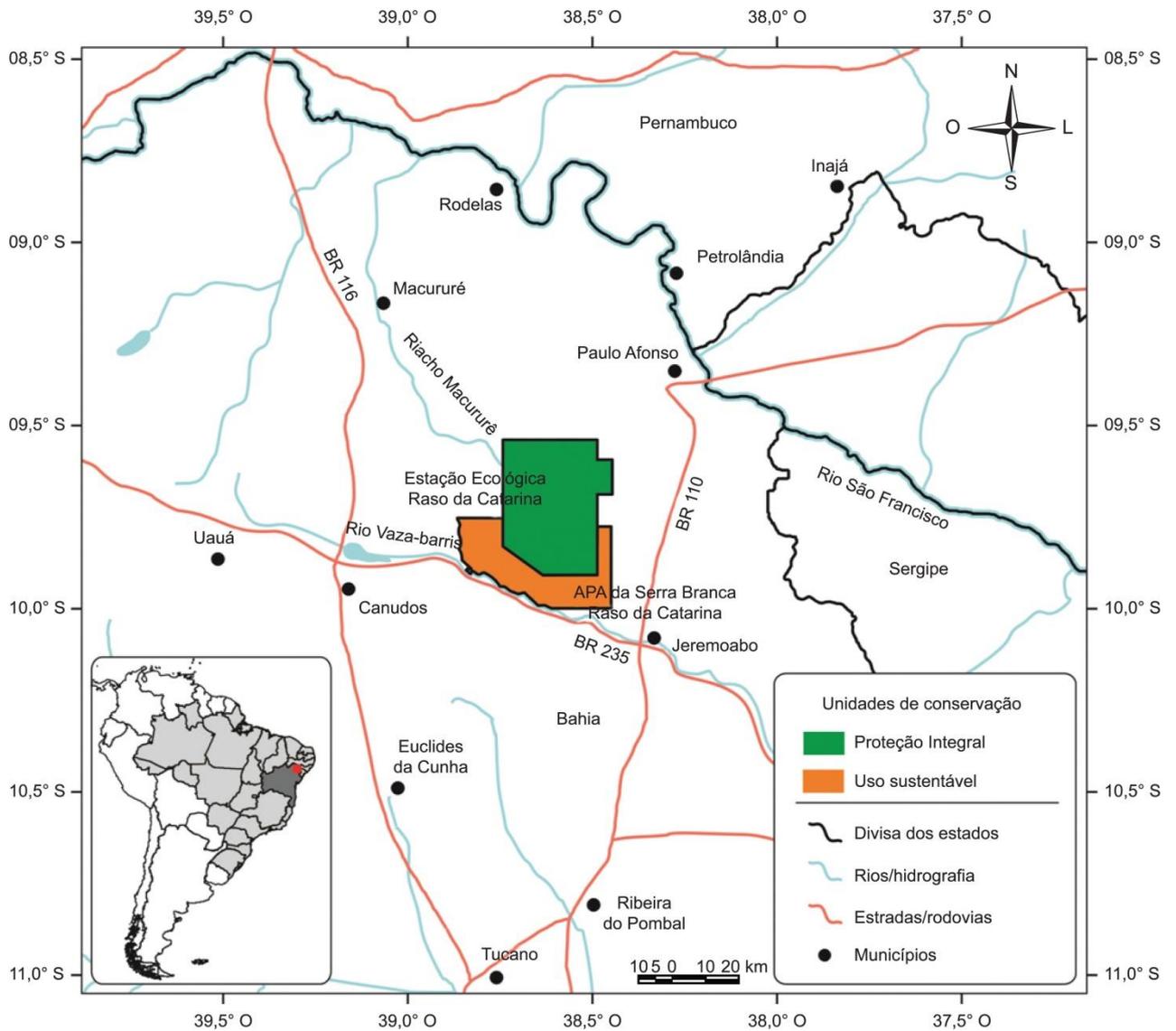


Fig. 1. Localização da ESEC Raso da Catarina. Fonte: Varjão *et al.*, 2013.

A ESEC Raso da Catarina, por estar situada nas baixas latitudes tropicais, apresenta clima semiárido quente, caracterizado pela predominância de altas temperaturas, associadas a forte insolação e baixa nebulosidade. A amplitude térmica sofre oscilações diárias pronunciadas, em torno de 12 °C, nos meses mais quentes do ano. As chuvas são escassas, irregulares, torrenciais e mal distribuídas espacial e temporalmente ao longo do ano, com uma longa estação seca e curtos períodos chuvosos, atingindo médias anuais que variam entre 300 mm e 500 mm (Almeida & Figueiroa, 1983). A água encontrada na superfície é escassa e

parte dos córregos e riachos é intermitente, o que resulta em déficit hídrico elevado. A paisagem é marcada pela vegetação sobre solo arenoso, predominantemente arbustiva, muito densa e menos espinhosa que a observada na Caatinga que recobre os solos cristalinos. A vegetação apresenta distintas fisionomias em decorrência do relevo, do solo, da disponibilidade de água e do tipo de atividades humanas praticadas (Velloso *et al.*, 2002).

Dentro da unidade de conservação são encontrados dois ambientes com distintas fitofisionomias. A primeira paisagem, com formação vegetal arbustivo-arbórea, ramificada e espinhosa, caracteriza quase toda a Estação Ecológica. Nela são encontradas euforbiáceas, bromeliáceas e cactáceas. A área é marcada pela decidualidade na época seca, com espécies arbóreas que alcançam, em média, 5 m de altura e predomínio de arbustos com altura inferior a 3 m. O segundo ambiente é uma mancha florestal do tipo mata ciliar denominada Mata da Pororoca, representada por uma mancha singular de mata isolada que ocorre em 29 ha da estação, ocupando 0,03% de sua área total, com largura variando entre 200 e 400 metros. A mancha florestal não está associada a nenhuma drenagem ou curso d'água e apresenta árvores que, excepcionalmente, alcançam 15 m de altura, com sub-bosque fechado com arbustos secos e sobre solo supostamente mais fértil que os das circunjacências. Na mancha florestal são encontrados indivíduos de espécies epífitas pertencentes às famílias Bromeliaceae e Orchidaceae, além da presença de serrapilheira e grande número de lianas, de modo que este ambiente difere, fisionômica e floristicamente, das demais áreas da ESEC (Paes & Dias, 2008).

Coleta, manutenção e identificação de culicídeos

As coletas de imaturos ocorreram durante 19 meses consecutivos e ininterruptos, no período de março de 2013 a setembro de 2014, na última semana de cada mês. Em cada coleta

foram investigados sete ocos de árvore e 40 bromélias, sendo 30 terrestres e dez epífitas. As bromélias pesquisadas encontravam-se próximas a trilhas e estradas estabelecidas dentro da UC e estavam distribuídas em três áreas localizadas em transectos distintos: bromélias terrestres presentes ao longo de uma trilha em área com formação vegetal arbustivo-arbórea e solo arenoso, na qual foram amostradas, aleatoriamente, 20 bromélias por coleta; um aglomerado de bromélias rupestres também na área de vegetação arbustivo-arbórea e distante, aproximadamente, 800 metros do aglomerado anterior, no qual foram selecionadas, aleatoriamente, dez bromélias por coleta; mancha florestal, distante aproximadamente 25 km das localidades anteriores, onde foram selecionadas, aleatoriamente, dez bromélias epífitas por coleta. Dos sete ocos investigados, seis encontravam-se na mancha florestal, em área de caatinga arbustivo-arbórea, onde as árvores de maior porte eram escassas. Outros ocos foram acompanhados durante as coletas mas, por estarem permanentemente secos, foram excluídos do estudo. Em cada coleta, as 40 bromélias amostradas eram selecionadas ao acaso, totalizando ao final do estudo 760 amostras. Já os sete ocos de árvore amostrados foram os mesmos em todos os levantamentos larvários, totalizando assim 133 investigações.

Todas as bromélias examinadas, tanto as terrestres quanto as epífitas, pertenciam à espécie *Aechmea aquilega*, abundante em toda a região da UC. Já as árvores que apresentaram habitats fitotelmatas pertenciam às espécies popularmente conhecidas como angico-manjola (*Parapiptadenia zehntneri*), araçá-bravo (*Psidium myrsinites*) e jaqueira-brava (*Richeria grandis*).

Para coletar as formas imaturas de culicídeos, o volume hídrico contido nas axilas laterais e tanque central de cada bromélia e nos ocos de árvore foi aspirado com auxílio de bomba manual de sucção com capacidade volumétrica para 700 mL. O conteúdo aspirado por planta foi medido individualmente em béqueres milimétricos e transferido cuidadosamente para bacias plásticas para facilitar a captura das formas imaturas de culicídeos. As larvas e

pupas encontradas foram quantificadas e transferidas com auxílio de pipetas para recipientes plásticos com tampa, juntamente com água do próprio criadouro, e acondicionadas em caixa de isopor para transporte até o Laboratório de Entomologia e Parasitologia Tropical (LEPaT) da Universidade Federal de Sergipe, onde ocorreu a manutenção dos imaturos. O volume aspirado e não utilizado foi devolvido para as plantas e água das chuvas oriunda de cisternas de captação foi adicionada às plantas em quantidade equivalente ao conteúdo retirado para manutenção dos imaturos.

Os espécimes coletados na forma de pupa, ou que atingiram este estágio de desenvolvimento durante o trajeto até o laboratório, foram transferidos para copos descartáveis e acondicionados em gaiolas até a emergência dos adultos. As larvas foram mantidas no mesmo recipiente utilizado para o transporte, contendo água dos respectivos criadouros, e alimentadas com ração para peixe TetraMarine Saltwater Granules® (Tetra GmbH Herrenteich, 78 – 49324 Melle – Alemanha) triturada e tamisada. Ao atingirem o quarto estágio de desenvolvimento larvário, os espécimes foram individualizados até a emergência dos mosquitos adultos, para resgate das exúvias das larvas e pupas. Parte das larvas coletadas, porém, ao atingirem o 3° e 4° estádios, tamanhos que possibilitavam a identificação, foram sacrificadas com água a 60 °C e preservadas em álcool 70% até serem montadas entre lâmina e lamínula e, a seguir, identificadas em nível de espécies ou até espécies morfológicamente semelhantes.

Para a segura identificação taxonômica dos mosquitos foram considerados os conjuntos associados das exúvias de larvas e pupas, fêmeas e genitália do macho. Para as identificações foram utilizadas as chaves dicotômicas específicas para culicídeos propostas por Lane e Cerqueira (1942), Correa e Ramalho (1956), Forattini (1962, 1965a, 1965b, 2002), Bram (1967), Cotrim & Galati (1977), Consoli & Lourenço-de-Oliveira (1994) e publicações pertinentes a cada grupo. A nomenclatura taxonômica de mosquitos adotada foi a proposta

por Harbach (2013) e Wilkerson & Linton (2015). A identificação foi apresentada com nomes abreviados de acordo com Reinert (2001). Amostras das espécies coletadas foram enviadas ao Laboratório de Entomologia em Saúde Pública – LESP, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para confirmação da identificação específica e depósito de vouchers das espécies na Coleção Entomológica de Referência.

Análise dos dados

Os resultados foram tabulados em planilha de dados e organizados de acordo com o local, data, tipo de planta, volume de água, quantidade de imaturos, espécie e sexo dos imaturos mantidos até o estágio adulto. Os dados foram analisados segundo o tipo de fitotelmata: oco de árvore, bromélia terrestre e bromélia epífita.

As espécies foram caracterizadas por meio dos índices de dominância e constância. A dominância foi definida a partir do total de mosquitos coletados em todas as amostras por meio da fórmula $D\% = (i/t)*100$, onde i = número de indivíduos de uma determinada espécie e t = número de indivíduos capturados. De acordo com o valor de D , foram obtidas cinco classificações para as espécies: eudominante (acima de 10%), dominante (de 5 a 10%), subdominante (de 2 a 5%), eventual (1 a 2%) e rara (abaixo de 1%) (Ott e Carvalho, 2001). O índice de constância foi calculado com a fórmula $C = (p/N)*100$, onde p = número de amostras de determinada espécie e N = número de amostras analisadas. De acordo com o valor de C , as espécies são classificadas em três categorias: constante ($C > 50\%$), acessória ($25 < C < 50$) e acidental ($C < 25\%$) (Silveira Neto, 1976).

As assembleias de culicídeos dos diferentes tipos de criadouros fitotelmatas foram comparadas de acordo com a riqueza de espécies (S), a abundância (n) e composição. Para análise das variações na abundância de imaturos, cada coleta foi considerada uma amostra e

considerou-se a quantidade de espécimes coletados em cada amostra. Para análise das variações na riqueza e composição considerou-se a quantidade total de espécimes identificados. Foram construídos gráficos da distribuição mensal da abundância e da riqueza total de espécies de mosquitos observadas em bromélias e em ocos de árvore e, para as espécies dominantes por tipo de criadouro, foram construídos gráficos de distribuição da abundância mensal. O índice de similaridade de Sorensen (S_s) foi utilizado para verificar a similaridade de espécies entre as assembleias (Magurran, 2004) de fitotelmatas de bromélia e de ocos de árvore e entre fitotelmatas de bromélias epífitas e de bromélias terrestres.

Com o auxílio do software EstimateS 9.1 foram desenvolvidas curvas de acúmulo de espécies e de indivíduos a partir do volume de água extraído dos criadouros fitotelmatas ao longo das coletas (Colwell, 2013). Para essa análise, cada criadouro explorado foi considerado uma amostra e para cada um deles foram verificados o volume hídrico aspirado, o total de imaturos coletados e a riqueza de espécies observada. Além disso, foram comparados os diferentes fitotelmatas segundo a variação da densidade larvária por litro de água nas amostras positivas. Uma vez que os dados de densidade larvária não apresentaram indícios de distribuição normal no teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), eles foram comparados por meio do teste não-paramétrico de Mann-Whitney e a probabilidade do valor obtido foi verificada com base no teste de aleatorização de Monte Carlo.

A força de associação entre a presença e abundância de imaturos de culicídeos nos criadouros e dados de variáveis meteorológicas foi investigada por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM's). Foram consideradas variáveis explanatórias: a precipitação acumulada de 1 a 10, 11 a 20, 21 a 30 e 1 a 30 dias pré-coleta, e as médias mensais da temperatura compensada e da umidade relativa do ar. Os valores das variáveis meteorológicas foram obtidos no banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET), a partir da estação instalada no município de Paulo Afonso, Bahia (9°36' S e 38°21' W), a mais próxima da UC.

Para avaliar a relação entre a proporção de criadouros positivos e as variáveis meteorológicas foi empregado modelo de regressão logística. As variáveis-respostas consideradas para esta análise foram: 1) total de bromélias, 2) bromélias epífitas, 3) bromélias terrestres e 4) ocos de árvores. Uma vez que os dados apresentaram sobredispersão (variância maior que a esperada) optou-se por modelos quasi-binomial para correção dos erros padrões das estimativas.

A relação entre variáveis meteorológicas e abundância de imaturos, por sua vez, foi analisada por modelos lineares com erros do tipo binomial negativo, que mostrou ajustar-se melhor aos dados. Como variáveis-respostas, foram considerados os totais de imaturos por coleta em: 1) total de criadouros fitotelmatas, 2) bromélias epífitas, 3) bromélias terrestres e 4) ocos de árvores. Por fim, também foi verificada a relação entre volume de água de cada amostra retirada de bromélias ou ocos de árvores com a abundância de culicídeos encontrada.

O efeito de cada variável explanatória sobre a variável-resposta foi testado isoladamente em modelos lineares simples ou em conjunto em modelos lineares múltiplos. Os parâmetros de inclinação da regressão que apresentaram no teste de hipóteses valor de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente diferentes sobre a hipótese H_0 de ausência de efeito (modelo nulo). O poder explanatório de cada modelo foi comparado pelo *Pseudo-R²* de McFadden (McFadden, 1974). Para os modelos múltiplos foi adotada a estratégia de obtenção do Modelo Mínimo Adequado por meio de deleção de variáveis com pouco ou nenhum poder de explicação, retendo-se nos modelos apenas aquelas cuja exclusão acarreta-se em piora significativa no poder de explicação (Crawley, 2007). Todas estas análises foram elaboradas com o auxílio do ambiente computacional R (R Development Core Team, 2015).

Resultados

Durante o período de estudo foram realizadas 893 investigações em habitats fitotelmatas, sendo 760 em bromélias e 133 em ocos de árvore. Ao todo foram aspirados 127 litros de água dos quais foram retirados 6.764 imaturos, sendo que 5.521 (82%) foram identificados (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos tipos de habitats fitotelmatas associados à fauna de mosquitos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| | Bromélias terrestres | Bromélias epífitas | Ocos de árvore | Total |
|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|
| Plantas investigadas (n) | 570 | 190 | 133 | 893 |
| Plantas secas (n) | 136 (24%) | 32 (17%) | 74 (56%) | 242 (27%) |
| Plantas com água (n) | 434 (76%) | 158 (83%) | 59 (44%) | 651 (73%) |
| Plantas com água e sem imaturos (n) | 117 (27%) | 13 (8%) | 20 (34%) | 150 (23%) |
| Plantas positivas (n) | 317 (73%) | 145 (92%) | 39 (66%) | 501 (77%) |
| Volume de água total aspirado (L) | 81 | 29 | 17 | 127 |
| Volume total aspirado por planta sem imaturo (L) | 24 (30%) | 3 (10%) | 4 (23%) | 31 (24%) |
| Volume total aspirado por planta com imaturo (L) | 57 (70%) | 26 (90%) | 13 (77%) | 96 (76%) |
| Volume médio por planta com água (mL) (mín-máx) | 187 (6-1000) | 181 (10-890) | 303 (5-2400) | 196 (5-2400) |
| Volume médio por planta positiva (mL) | 181 | 178 | 365 | 192 |
| Abundância total de imaturos coletados (n) | 3.278 | 2.883 | 603 | 6.764 |
| Abundância total de imaturos identificados (n) | 2.431 (74%) | 2.553 (88%) | 537 (89%) | 5.521 (82%) |
| Abundância média mensal de imaturos coletados | 173 | 152 | 32 | 356 |
| Abundância média de imaturos por criadouro (n) | 10 | 20 | 15 | 14 |
| Densidade larvária/litro de água total | 40 | 101 | 36 | 53 |
| Densidade larvária/litro de água dos criadouros | 57 | 111 | 46 | 70 |
| Riqueza de espécies observada (S) | 9 | 10 | 6 | 16 |

A riqueza da fauna Culicidae associada aos habitats fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina foi composta por 16 espécies distribuídas em seis gêneros: *Aedes*, *Culex*, *Haemagogus*, *Runchomyia*, *Toxorhynchites* e *Wyeomyia* (Tabela 2). Das 16 espécies encontradas neste estudo, 11 (69%) são desconhecidas para a ciência e correspondem a 90% da abundância total de espécimes coletados. Se considerada apenas a fauna de culicídeos associada a fitotelmatas bromelícolas, o percentual de espécies desconhecidas foi de 90%, correspondendo a 99% do total de imaturos coletados.

Tabela 2. Espécies acumuladas de culicídeos imaturos coletados em bromélias e ocos de árvore na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| Unidade Taxonômica | n (%) | Dominância | Constância | Tipo de criadouro | |
|---|----------------------|--------------|------------|-------------------|---------------|
| | | | | Bromélia | Oco de árvore |
| Aedini | | | | | |
| (n=516; 9,3%; S=4) | | | | | |
| <i>Haemagogus (Con.) leucocelaenus</i> | 297 (5,4) | dominante | acessória | | x |
| <i>Aedes (Pro.) terreus</i> | 175 (3,2) | subdominante | acessória | | x |
| <i>Haemagogus (Hag.) spegazzinii</i> n. sp.1 | 38 (0,7) | rara | acessória | | x |
| <i>Aedes (How.) fulvithorax</i> | 6 (0,1) | rara | acidental | | x |
| Culicini | | | | | |
| (n=1.279; 23,2%; S=5) | | | | | |
| <i>Culex (Mcx.) Gr. Imitator</i> n. sp.1 | 476 (8,6) | dominante | constante | X | |
| <i>Culex (Mcx.) xenophobus</i> n. sp.1 | 379 (6,9) | dominante | constante | X | |
| <i>Culex (And.)</i> n. sp.1 | 308 (5,6) | dominante | constante | X | |
| <i>Culex (Mcx.) imitator</i> | 35 (0,6) | rara | acessória | X | |
| <i>Culex (And.) conservator</i> | 3 (0,1) | rara | acidental | | x |
| <i>Culex (Mcx.) Gr. Imitator</i> | 78 (1,4) | eventual | constante | x | |
| Sabethini | | | | | |
| (n=3.672; 66,5%; S=5) | | | | | |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> n. sp.1 | 429 (7,8) | dominante | constante | x | |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> n. sp.2 | 378 (6,8) | dominante | constante | x | |
| <i>Runchomyia</i> n. sp.1 | 18 (0,3) | rara | acidental | x | |
| <i>Wyeomyia</i> n. sp.1 | 12 (0,2) | rara | acidental | x | |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> n. sp.3 | 11 (0,2) | rara | acidental | x | |
| <i>Wy. (Pho.)</i> n. sp.1/ <i>Wy. (Pho.)</i> n. sp.2 | 2.163 (39,2) | eudominante | constante | x | |
| <i>Wy. (Pho.)</i> n. sp.1/ <i>Wy. (Pho.)</i> n. sp.2/ <i>Wy. (Pho.)</i> n. sp.3 | 661 (12,0) | eudominante | constante | x | |
| Toxorhynchitini | | | | | |
| (n=54; 1,0%; S=2) | | | | | |
| <i>Toxorhynchites</i> n. sp.1 | 36 (0,7) | rara | acessória | x | |
| <i>Toxorhynchites</i> n. sp.2 | 18 (0,3) | rara | acessória | | x |
| Total | 5.521 (100,0) | | | | |

As unidades taxonômicas *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator*, *Wy. (Pho.) n. sp.1/Wy. (Pho.) n. sp.2* e *Wy. (Pho.) n. sp.1/Wy. (Pho.) n. sp.2/Wy. (Pho.) n. sp.3* foram designadas por representarem grupos de espécies não distinguíveis pelo estágio de desenvolvimento disponível para identificação. Os exemplares de *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator* foram representados por 78 larvas não diferenciáveis para *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator n. sp.1* e *Cx. (Mcx.) imitator* Theobald, 1903, mas distinguíveis pelas características morfológicas dos adultos e da genitália do macho nos exemplares associados. As espécies *Wy. (Pho.) n. sp.1*, *Wy. (Pho.) n. sp.2* e *Wy. (Pho.) n. sp.3*, a princípio, são distinguíveis apenas pela morfologia da genitália do macho, exceto *Wy. (Pho.) n. sp.3* que pode ser separada, também, a partir de características morfológicas dos imaturos. Desta forma, os 2.163 indivíduos registrados na unidade taxonômica *Wy. (Pho.) n. sp.1/Wy. (Pho.) n. sp.2* correspondem aos imaturos que foram sacrificados na fase larvária. As fêmeas originadas dos imaturos coletados, mas que não foram associadas com as exúvias das formas imaturas totalizaram 661 espécimes da unidade taxonômica *Wy. (Pho.) n. sp.1/Wy. (Pho.) n. sp.2/ Wy. (Pho.) n. sp.3* (Tabela 2).

Das 16 espécies identificadas neste estudo, cinco (31%) – *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator n. sp.1*, *Cx. (Mcx.) xenophobus n. sp.1*, *Cx. (And.) n.sp.1*, *Wy. (Pho.) n. sp.1* e *Wy. (Pho.) n. sp.2* – foram consideradas dominantes e constantes. Logo, cada uma representou de 5 a 10% do total de imaturos coletados e esteve presente em mais da metade das amostras. Das espécies que utilizam ocos de árvore como criadouros, apenas *Hg. (Con.) leucocelaenus* Dyar & Shannon, 1924 foi considerada dominante, porém acessória (Tabela 2). Os resultados das análises da distribuição da abundância mensal dessas espécies sugerem que, apesar da classificação delas como espécies dominantes considerando o total de imaturos coletados no estudo, nem todas foram dominantes em todas as amostras (Fig. 2).

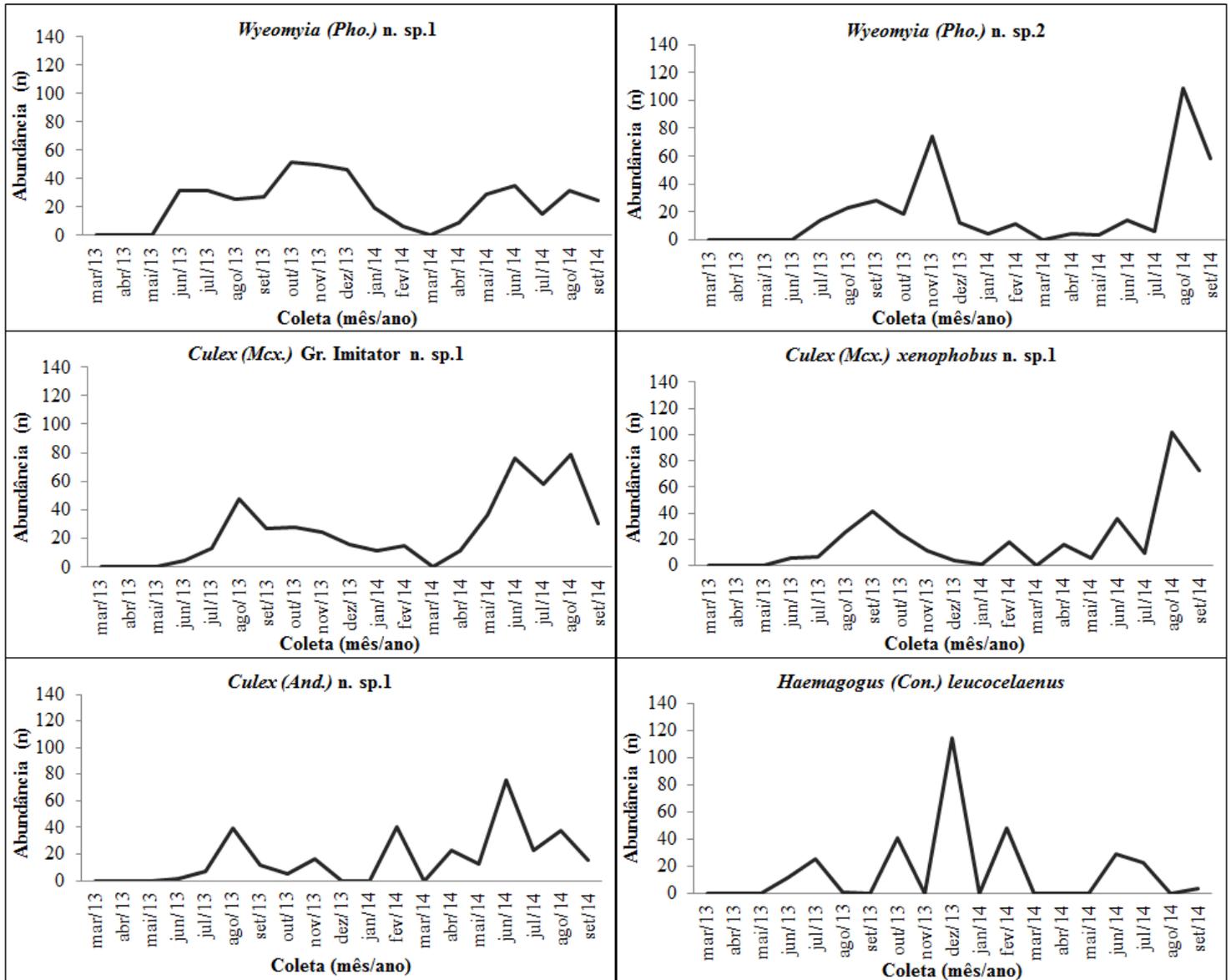


Fig. 2. Distribuição da abundância mensal das espécies dominantes ($5 < D < 10\%$) associadas a habitats fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

As bromélias epífitas apresentaram maior densidade larvária e menor proporção de plantas secas quando comparadas com bromélias terrestres e ocos de árvore. Para as bromélias epífitas houve maior otimização das plantas com água para estabelecimento de criadouros, ainda que os ocos de árvore apresentassem maior volume médio de água por planta (Tabela 1).

A análise da abundância de imaturos e da riqueza específica mensais da fauna Culicidae em bromélias e em ocos de árvore revelou padrões de distribuição diferentes entre os fitotelmatas. Para as bromélias, os meses com maior abundância de imaturos tendem a ser aqueles que apresentam maior riqueza, com registro de todas as espécies bromelícolas em uma mesma coleta, em agosto de 2014, quando foi registrada também a maior abundância de imaturos. Além disso, a presença de culicídeos em bromélias foi mantida praticamente durante todo o período de estudo, exceto nos três primeiros meses de coleta e em março de 2014, um ano após o início das investigações. Em contrapartida, nos ocos de árvore, os meses com fauna de mosquitos mais abundante não apresentaram maior riqueza específica e em nenhuma das coletas houve registro concomitante de todas as espécies de mosquitos que utilizam ocos de árvore como criadouros. Além disso, os fitotelmatas de ocos de árvores apresentaram picos de abundâncias de imaturos alternados com coletas negativas (Fig. 3).

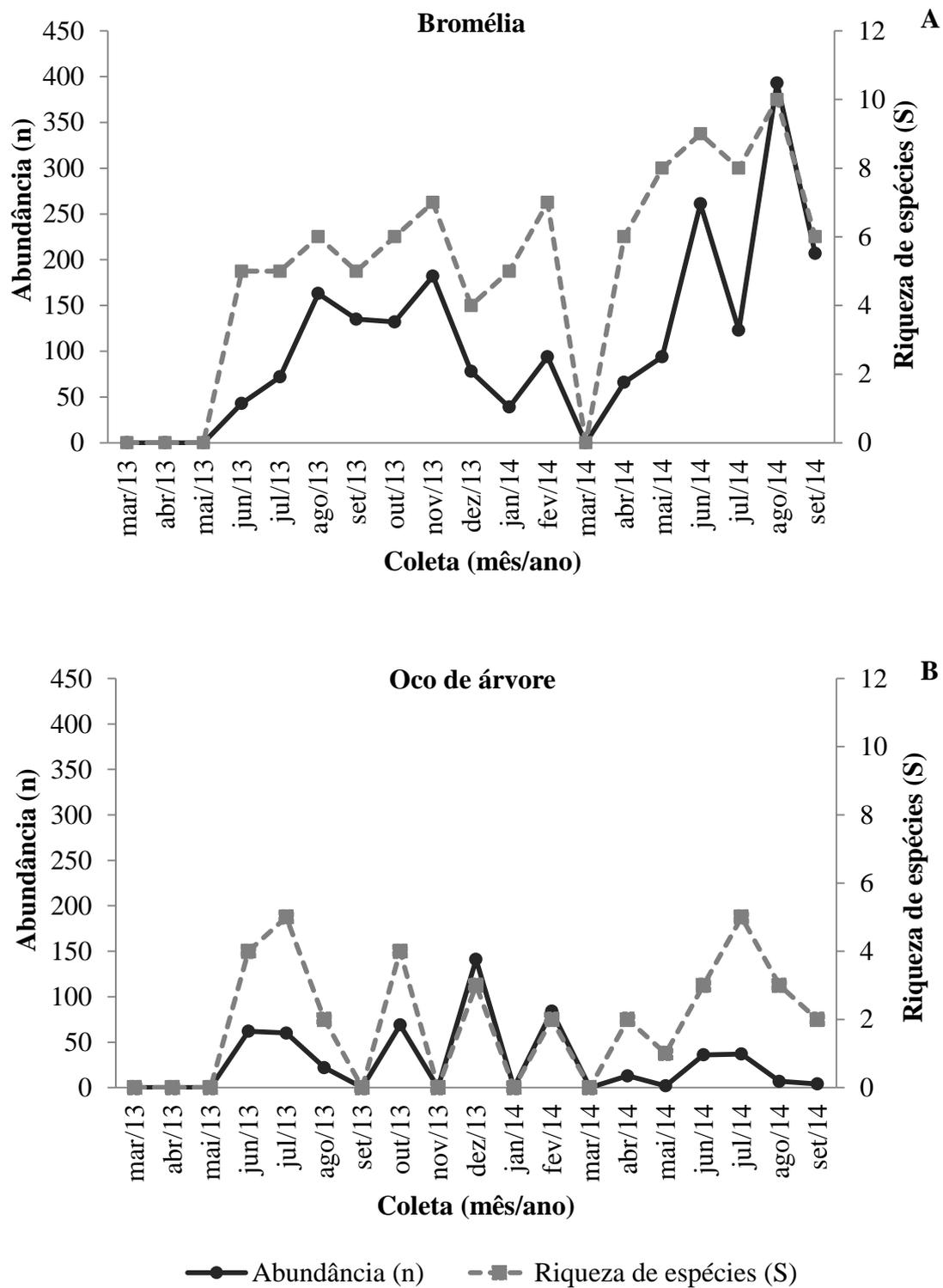


Fig. 3. Distribuição mensal da abundância e riqueza de espécies de mosquitos coletados em fitotelmatas de bromélias (A) e de ocos de árvore (B) da ESEC Raso na Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

Dos habitats fitotelmatas estabelecidos em bromélias foi aspirado maior volume de água total (110 litros) e, conseqüentemente, maior número de indivíduos ($n=6.161$) em relação à quantidade de água total aspirada (17 litros) e de imaturos coletados ($n=603$) em ocos de árvore. Porém, a eliminação das diferenças do esforço amostral por meio da análise por volume de água e por número de indivíduos (Fig. 4) mostraram que, se retirado o mesmo volume de água de ambos os tipos de fitotelmatas, as bromélias apresentariam maior riqueza específica que os ocos de árvore (A), embora a abundância de imaturos fosse semelhante nos dois ambientes (B). Além disso, se considerado o mesmo número de indivíduos, nas bromélias ainda será encontrada maior riqueza de espécies (C). Os resultados das análises comparativas, considerando as mesmas condições e os mesmos parâmetros, entre bromélias epífitas e terrestres (Fig. 5) indicaram que as primeiras se destacaram em relação às terrestres por apresentarem maior riqueza específica (A) e maior abundância de imaturos (B) quando considerado o mesmo volume hídrico nos dois ambientes. Já a riqueza observada é maior em bromélias terrestres quando considerada menor abundância de mosquitos, porém, com o aumento do número de indivíduos, o número de espécies passa a ser maior em bromélias epífitas (C).

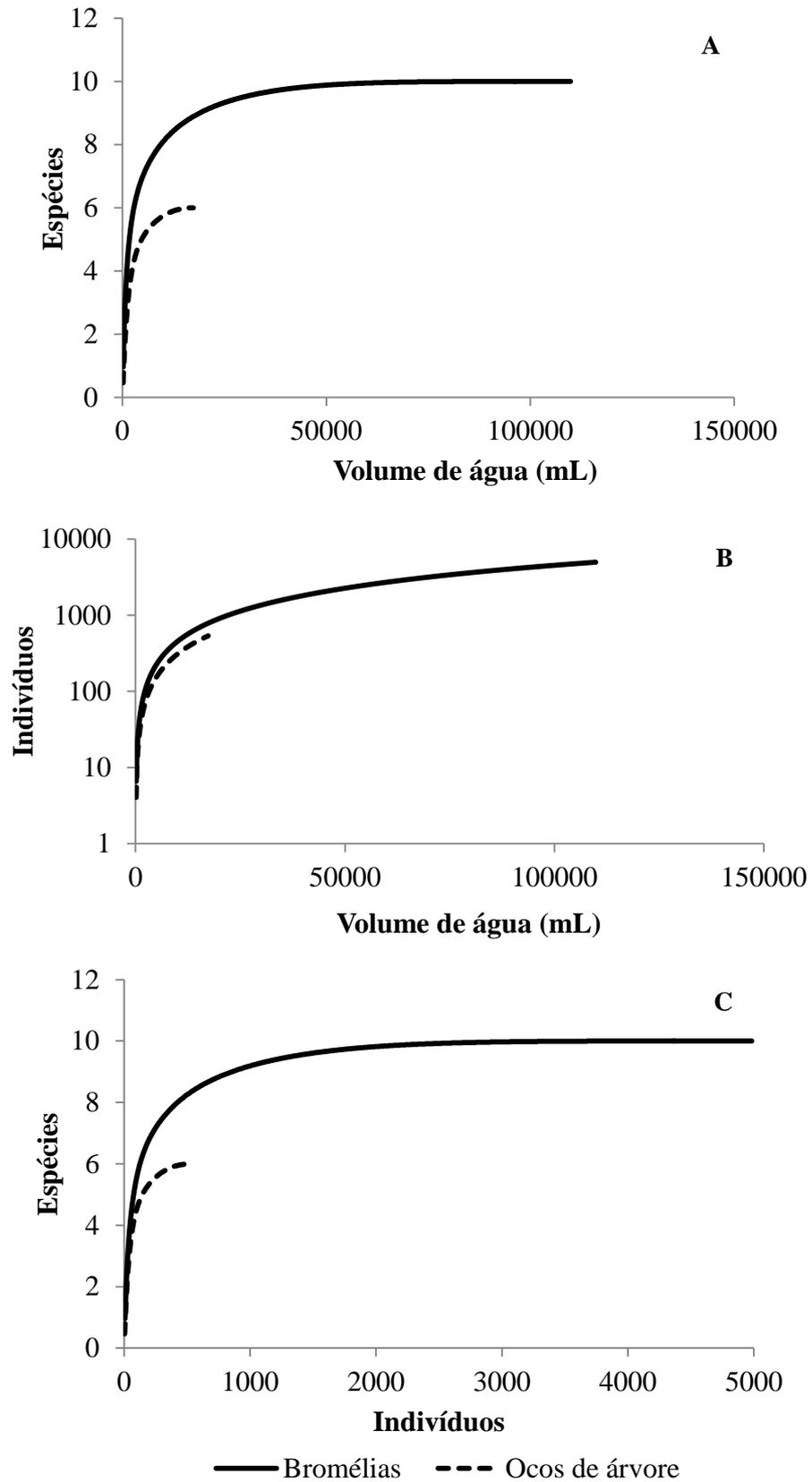


Fig. 4. Riqueza específica (A) e número de indivíduos (B) por volume de água acumulado e riqueza específica por número de indivíduos (C) em fitotelmatas de bromélias e de ocos da ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

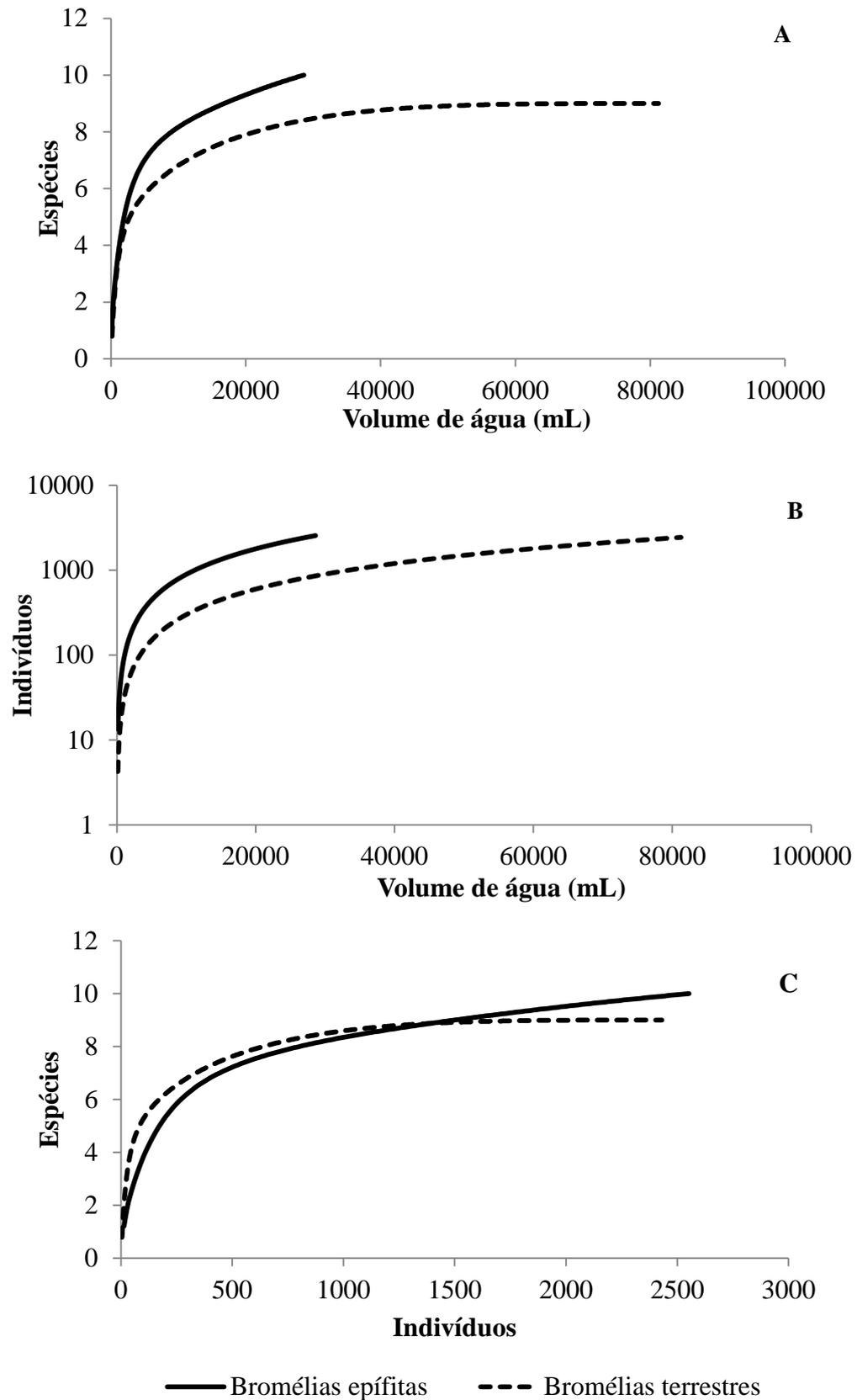


Fig. 5. Riqueza específica (A) e número de indivíduos (B) por volume de água acumulado e riqueza específica por número de indivíduos (C) em fitotelmatas de bromélias epífitas e terrestres da ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

Os dados da densidade larvária por litro de água armazenada mostraram que não há diferenças estatisticamente significativas entre as densidades registradas em habitats de bromélias e de ocos de árvore (Monte Carlo $p=0,3049$). No entanto, a distribuição da densidade larvária nas bromélias apresentou, para algumas amostras, valores mais elevados que os observados na distribuição da densidade em ocos de árvore. Em contrapartida, quando considerados os dados da densidade larvária em bromélias epífitas e terrestres, também sem distribuição normal, os criadouros em bromélias epífitas apresentaram maior densidade larvária em relação aos criadouros estabelecidos em bromélias terrestres (Monte Carlo $p=0,0001$).

Os resultados da análise da diversidade beta avaliada pelo coeficiente de similaridade de Sorensen mostrou que não houve compartilhamento de espécies entre os habitats fitotelmatas de bromélias e ocos de árvore ($S_s=0$) enquanto que, entre habitats de bromélias epífitas e bromélias terrestres, a similaridade na composição de espécies de culicídeos foi elevada ($S_s=0,92$). Apenas uma espécie – *Toxorhynchites* n. sp.1 – não ocorreu em ambos os fitotelmatas, sendo restrita aos habitats de bromélias epífitas. No entanto, embora as espécies *Wy. (Pho.)* n. sp.1 e *Wy. (Pho.)* n. sp.2 estivessem presentes nos dois tipos de bromélias, a primeira predominou (98%) em epífitas, enquanto 94% dos espécimes da segunda foram coletados em bromélias terrestres.

Entre as variáveis meteorológicas analisadas, a precipitação acumulada foi o parâmetro mais irregular, com maiores oscilações ao longo das coletas, mas sem estabelecer estações bem definidas. Em contrapartida, a temperatura média compensada mensal foi a variável mais estável, com 5,6° C de amplitude média durante todo o estudo, embora a temperatura diária tenha atingido o máximo de 38,2° C e o mínimo de 16,2° C. A média mensal da umidade relativa do ar foi o parâmetro que apresentou padrão de distribuição mais evidente, com os maiores valores, acima de 70%, registrados nos períodos de maio a agosto

de 2013 e de 2014. Após os três primeiros meses sem registro de culicídeos, a abundância mensal de imaturos nos fitotelmatas apresentou ascensão durante seis meses seguidos, quando passou a declinar até atingir abundância mínima novamente no mês de março, um ano após o início das coletas. No ano seguinte, os dados da abundância de imaturos apresentaram a mesma tendência de distribuição mensal, embora mais irregular (Fig. 6).

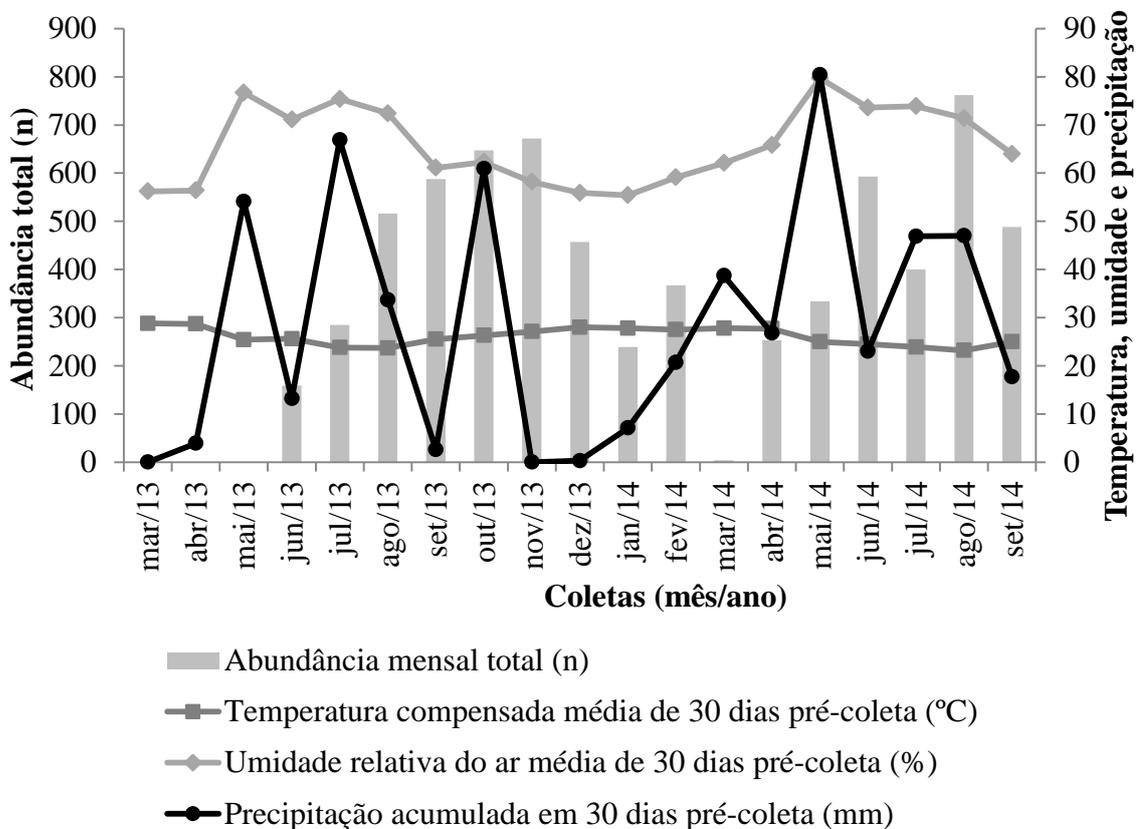


Fig. 6. Abundância mensal de mosquitos e dados das variáveis meteorológicas registrados durante 30 dias pré-coleta na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

A análise dos modelos lineares para a associação de proporção de criadouros positivos com variáveis meteorológicas apontou associação de bromélias (total, epífitas e terrestres) com temperatura média mensal, com indícios de bom poder explanatório dos modelos ao se observar os valores de *Pseudo-R*². As demais variáveis explanatórias não apresentaram evidências de associação estatisticamente significativa com proporção de criadouros positivos

em bromélias. Ocos de árvores apresentaram associação estatisticamente significativa com temperatura média mensal, umidade relativa média mensal e precipitação acumulada entre 1 a 10 dias anteriores à coleta, porém todos os modelos apresentaram poder explanatório relativamente menor do que os observados entre bromélias e temperatura média mensal (Tabela 3).

Tabela 3. Dados da Regressão logística para a relação entre variáveis meteorológicas e proporção de criadouros positivos para imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| Variável-resposta | Variável explanatória | <i>p</i> | <i>Pseudo-R²</i> |
|----------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Total de bromélias | Temperatura média | 0,009 | 0,280 |
| | Umidade relativa do ar | 0,210 | 0,066 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,410 | 0,028 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,548 | 0,015 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,579 | 0,013 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,702 | <0,001 |
| Bromélias epífitas | Temperatura média | 0,048 | 0,248 |
| | Umidade relativa do ar | 0,353 | 0,047 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,749 | 0,005 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,944 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,941 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,686 | 0,009 |
| Bromélias terrestres | Temperatura média | 0,012 | 0,263 |
| | Umidade relativa do ar | 0,206 | 0,065 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,338 | 0,037 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,445 | 0,023 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,482 | 0,020 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,734 | 0,004 |
| Ocos de árvore | Temperatura média | 0,018 | 0,188 |
| | Umidade relativa do ar | 0,026 | 0,155 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,055 | 0,110 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,018 | 0,158 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,354 | 0,025 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,568 | 0,009 |

Em negrito valores com $p < 0,05$.

Os dados de abundância mostraram pouca ou nenhuma associação com as variáveis meteorológicas, exceto entre temperatura e abundância de imaturos de bromélias terrestres que, apesar disto, indica baixo poder explanatório (Tabela 4).

Tabela 4. Relação entre variáveis meteorológicas e abundância de imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| Variável-resposta | Variável explanatória | <i>p</i> | <i>Pseudo-R²</i> |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Abundância total fitotelmatas | Temperatura média | 0,076 | 0,009 |
| | Umidade relativa do ar | 0,766 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,880 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,715 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,704 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,987 | <0,001 |
| Abundância Bromélias epífitas | Temperatura média | 0,494 | 0,001 |
| | Umidade relativa do ar | 0,629 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,928 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,438 | 0,003 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,685 | 0,001 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,815 | <0,001 |
| Abundância bromélias terrestres | Temperatura média | 0,002 | 0,029 |
| | Umidade relativa do ar | 0,259 | 0,003 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,688 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,760 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,735 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,626 | <0,001 |
| Abundância Ocos de árvore | Temperatura média | 0,928 | <0,001 |
| | Umidade relativa do ar | 0,805 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 30 | 0,933 | <0,001 |
| | Precipitação acumulada 1 a 10 | 0,735 | 0,003 |
| | Precipitação acumulada 11 a 20 | 0,459 | 0,001 |
| | Precipitação acumulada 21 a 30 | 0,105 | 0,011 |

Em negrito valor com $p < 0,05$.

A análise com múltiplas variáveis mostrou que o Modelo Mínimo Adequado para a proporção de criadouros positivos em bromélias total, bromélias epífitas e ocos de árvores contempla apenas temperatura média mensal. Considerando as bromélias epífitas, as variáveis

temperatura e umidade juntas conferiram ótimo poder explanatório ao modelo. Além disso, as análises com múltiplas variáveis mostraram que o Modelo Mínimo Adequado para explicar a abundância de imaturos encontrados no conjunto de fitotelmatas, em bromélias epífitas e em ocos de árvores é o modelo nulo (modelo com apenas a média global). Esse resultado demonstrou que nenhuma dessas variáveis explanatórias, quando retiradas das simulações realizadas a partir do modelo completo causaram piora estatisticamente significativa no modelo. Por sua vez, para as bromélias terrestres as variáveis temperatura e umidade juntas foram mantidas no modelo, contudo, o baixo valor de *Pseudo-R²* indicou baixo poder explanatório (Tabela 5).

Tabela 5. Modelos Mínimos Adequados selecionados pelo método de deleção de variáveis com pouco ou nenhum poder explanatório, ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| Variável-resposta | Variáveis explanatórias | <i>p</i> | <i>Pseudo-R²</i> |
|--|-------------------------|----------|-----------------------------|
| Presença de imaturos em bromélias (total) | temperatura | 0,009 | 0,280 |
| Presença de imaturos em bromélias epífitas | temperatura + | 0,019 | 0,399 |
| | umidade | 0,056 | |
| Presença de imaturos em bromélias terrestres | temperatura | 0,012 | 0,263 |
| Presença de imaturos em ocos de árvores | temperatura | 0,018 | 0,188 |
| Abundância de imaturos fitotelmatas (total) | nulo | - | - |
| Abundância de imaturos em bromélias epífitas | nulo | - | - |
| Abundância de imaturos em bromélias terrestres | temperatura + | <0,001 | 0,047 |
| | umidade | 0,038 | |
| Abundância de imaturos em ocos de árvores | nulo | - | - |

Entre todos os tipos de fitotelmatas, apenas as bromélias terrestres apresentaram associação, embora com pequeno ajuste, entre os dados de abundância de imaturos e o

volume de água armazenado na planta (Tabela 6). Quanto às variáveis meteorológicas, os dados de volume total de água armazenada não estavam associados aos valores da precipitação, mas apresentaram associação negativa em relação à temperatura e positiva para a umidade (Fig. 7).

Tabela 6. Relação entre volume de água retirada em cada amostra de criadouros fitotelmatas e abundância de imaturos de culicídeos na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

| Variável-resposta | Variável explanatória | <i>p</i> | <i>Pseudo-R²</i> |
|--------------------------|---|-----------------|------------------------------------|
| Abundância de culicídeos | Volume de água (mL) bromélias terrestres | 0,001 | 0,006 |
| | Volume de água (mL) bromélias epífitas | 0,162 | 0,002 |
| | Volume de água (mL) ocos de árvores | 0,468 | 0,001 |

Em negrito valor com $p < 0,05$.

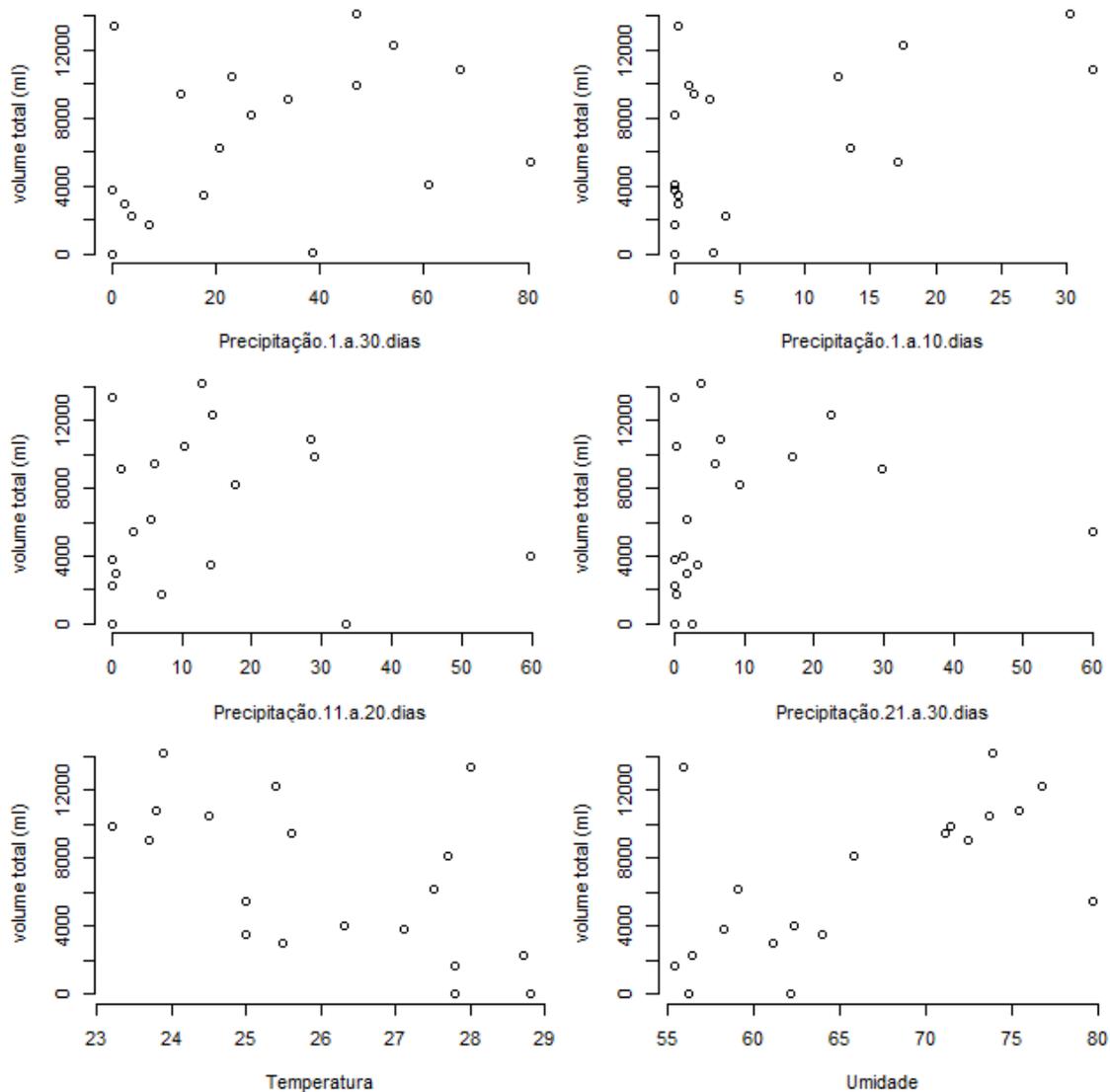


Fig. 7. Relação entre variáveis meteorológicas e volume total de água no fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina, município de Paulo Afonso, Bahia, no período de 2013 a 2014.

Discussão

A Caatinga brasileira compõe uma das maiores florestas tropicais secas do mundo. As maiores extensões dessas florestas estão concentradas na América do Sul, África Subsaariana e nordeste da Índia, além de áreas do sudeste da Ásia, norte da Austrália e partes do Pacífico,

América Central e Caribe (Mooney *et al.*, 1995; FAO, 2001). Assim como ocorre no Brasil, há notável lacuna no conhecimento acerca das florestas tropicais secas distribuídas no mundo e, em virtude da apreciável biodiversidade que concentram, essas áreas apresentam elevada prioridade de conservação diante dos altos níveis de degradação ambiental ao quais estão submetidas, especialmente em consequência de ações antrópicas (Miles *et al.*, 2006; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Sunderland *et al.*, 2015).

No bioma Caatinga, embora Diptera, juntamente com Collembola e Coleoptera, esteja entre as ordens mais abundantes (Vasconcellos *et al.*, 2010; Islair *et al.*, 2015), as informações específicas para fauna Culicidae são escassas e restritas a áreas de transição com outros biomas (Rebello *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2015). Há registro recente da fauna de imaturos em área de conservação exclusiva do bioma Caatinga, porém associada a criadouros de solo (Marteis *et al.*, 2015). Assim, o presente estudo é pioneiro, visto que não há registro da diversidade de espécies de mosquitos que utilizam bromélias e ocos de árvore como criadouros em áreas de conservação no bioma Caatinga.

Os dados obtidos neste estudo expõem o quanto a fauna Culicidae da Caatinga é ignorada. O registro expressivo de espécies desconhecidas para a ciência indica elevado grau de endemismo para o bioma. Para a fauna associada exclusivamente a fitotelmatas bromelícolas, a quantidade de espécies desconhecidas representou 90% da riqueza total e 99% da abundância total de indivíduos, com registro de apenas uma espécie – *Cx. (Mcx.) imitator* – já descrita. Outras quatro espécies já nomeadas – *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ae. (Pro.) terrens* Walker, 1856, *Ae. (How.) fulvithorax* Lutz, 1904 e *Cx. (And.) conservator* Dyar & Knab, 1906 – foram registradas nos habitats de ocos de árvore e são comumente encontradas em criadouros naturais de outros biomas brasileiros onde as condições ambientais são distintas daquelas observadas na Caatinga. Neste estudo, a distinção entre espécies próximas foi possível devido à associação das exúvias dos imaturos às respectivas fases adultas e à

genitália dos machos, que possibilitou evidenciar diferenças, sobretudo, nas características morfológicas das genitálias masculinas.

Neste estudo, 17,5% do total de imaturos são representantes de espécies de *Cx.* (*Mcx.*) e 66,5% são de espécies da tribo Sabethini, todos coletados em fitotelmatas bromelícolas. Esses grupos de espécies são comuns em levantamentos da fauna de mosquitos que habitam fitotelmatas de bromélias em outros biomas, especialmente Mata Atlântica (Silva *et al.*, 2004; Müller & Marcondes, 2006; Marques & Forattini, 2008; Mocellin *et al.*, 2009; Marques *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2015; Ceretti-Junior *et al.*, 2016) e Floresta Amazônica (Torreias *et al.*, 2010). Quanto à fauna de mosquitos encontrada habitando ocos de árvore, levantamentos entomológicos mostram diversidade de espécies similar à observada neste estudo, com registro, especialmente, de espécies das tribos Aedini e Culinini e, em menor quantidade, larvas predadoras de tribo Toxorhynchitini (Fincke *et al.*, 1997; Silva & Lozovei, 1999; Alencar *et al.*, 2010; Medeiros-Sousa *et al.*, 2015).

Na ESEC Raso da Catarina, as espécies de mosquitos dominantes e constantes foram responsáveis, sozinhas, por mais da metade do total de imaturos coletados e estavam presentes em todas as amostras. Este desempenho evidencia o sucesso evolutivo dessas espécies, altamente adaptadas para sobreviver em ambiente com características climáticas que limitam o desenvolvimento da fauna Culicidae. O armazenamento da água em fitotelmatas da Caatinga é um desafio, especialmente em função das chuvas escassas e irregulares temporal e espacialmente, associadas a temperaturas elevadas e baixas taxas de umidade, o que propicia períodos de seca prolongados. Por conseguinte, as espécies cujo desenvolvimento depende da água armazenada provavelmente apresentam estratégias de sobrevivência, selecionadas ao longo do processo evolutivo, que lhes possibilitam aptidão diante do ambiente adverso característico do ecossistema.

Em ambiente adverso como o da Caatinga há a necessidade de otimizar os recursos disponíveis, sobretudo a água armazenada nos fitotelmatas para o desenvolvimento dos culicídeos. No entanto, não foi observada nenhuma espécie de mosquito com o comportamento oportunista de colonizar tanto habitats de bromélias quanto de ocos de árvore como estratégia de sobrevivência. A ocupação de nichos ecológicos bem delimitados e distintos diminui a competição pelos recursos disponíveis no habitat. Dessa maneira, evitar processos de competição por recursos já escassos parece ser vantajoso para as comunidades de culicídeos de bromélias e de ocos de árvore. Situação similar foi observada em área de floresta tropical temperada na Nova Zelândia. Nessa região, os ocos de árvore, embora com distribuição irregular e frequentemente secos, foram caracterizados como habitats ideais para a manutenção de uma fauna de invertebrados aquáticos especialista, que evoluiu para ocupar esses micro ambientes únicos e que se distinguiu da fauna encontrada em recipientes artificiais análogos aos ocos de árvores instalados no ambiente natural (Blakely *et al.*, 2012).

Populações de *Ae. (Stg.) aegypti* Linnaeus, 1762 e *Ae. (Stg.) albopictus* Skuse, 1894 apresentam o comportamento oportunista de colonizar diferentes tipos de recipientes, tanto naturais quanto artificiais, o que contribui para o sucesso dessa espécie nos mais variados ambientes (Lazcano *et al.*, 2006; Mocelin *et al.*, 2009; Mangudo *et al.*, 2015). Contudo, na Caatinga, as espécies de mosquitos associadas a fitotelmatas provavelmente apresentam outras estratégias de sobrevivência como, por exemplo, a diapausa (Denlinger & Armbruster, 2014). Assim, a produção de ovos com capacidade de resistir à dessecação possibilitaria a manutenção das espécies mesmo durante os prolongados períodos de estiagem, com aumento das populações de mosquitos associados a fitotelmatas no período das chuvas, mantendo sazonalmente a infestação no bioma. Além disso, a capacidade de dispersão ativa através do voo possibilita aos mosquitos explorar o ambiente em busca de locais propícios à formação de criadouros.

Acerca das duas espécies dominantes em habitats fitotelmatas da Caatinga – *Wy. (Pho.) n. sp.1* e *Wy. (Pho.) n. sp.2* – foram observados distintos padrões de abundância. A partir da frequência de adultos machos, única forma de desenvolvimento do mosquito de diferenciação segura, foi observado que, embora as duas espécies apresentem abundância total semelhante, *Wy. (Pho.) n. sp.1* parece ser frequente na maior parte do tempo, enquanto *Wy. (Pho.) n. sp.2* tende a apresentar-se menos abundante com curtos períodos de picos de abundância elevada. Apesar de ambas as espécies serem encontradas nos dois tipos de bromélias, *Wy. (Pho.) n. sp.1* predominou (98%) em epífitas, enquanto 94% dos espécimes de *Wy. (Pho.) n. sp.2* foram coletados em bromélias terrestres.

As bromélias epífitas estavam restritas à mancha florestal. Nesta localidade, com fitofisionomia e microclima diferenciados em relação às demais áreas da UC, os efeitos da aridez climática são menos evidentes e a presença de árvores de maior porte, em comparação com a vegetação arbustivo-arbórea do entorno, estabelece um dossel que possibilita a formação de áreas sombreadas. Portanto, é provável que neste ambiente a água contida nas bromélias fique armazenada por período mais prolongado que o observado em bromélias terrestres, o que proporciona que os imaturos de culicídeos se desenvolvam e se mantenham em número relativamente constante na maior parte do tempo. Nas bromélias terrestres, distribuídas em áreas de vegetação arbustivo-arbórea, os efeitos da aridez tendem a ser mais intensos e o armazenamento de água é menos constante, com momentos específicos em que as condições se tornam mais favoráveis e ocorrem, então, os pontuais e destacados picos na abundância de *Wy. (Pho.) n. sp.2*, geralmente correspondentes ao dobro do número de indivíduos registrados nos picos de abundância de *Wy. (Pho.) n. sp.1*.

As características do ambiente onde estão inseridos os dois tipos de bromélia podem explicar não apenas os padrões de distribuição das espécies dominantes, mas também esclarece o destaque que as bromélias epífitas exibiram, como criadouros mais produtivos, em

relação aos demais tipos de fitotelmatas investigados. Estudos têm mostrado que as condições climáticas do ambiente onde as espécies de bromélias estão estabelecidas podem interferir na abundância e composição das comunidades da macrofauna associadas a esse fitotelmata (Kitching, 2000; Lopez & Iglesias Rios, 2001; Montero *et al.*, 2010). Além disso, características fenológicas das espécies das bromélias (Guimarães-Souza *et al.*, 2006), além de aspectos biológicos e fisiológicos das plantas, podem influenciar o metabolismo dos corpos de água acumulada em seus tanques, o que refletiria as diferenças observadas na produção de imaturos de culicídeos no bioma Caatinga. Talvez a capacidade das bromélias de estocar água durante períodos de seca prolongadas resulte não apenas das oscilações na precipitação, mas também de algum mecanismo intrínseco que lhes permita, por exemplo, captar água da umidade, por menor que seja, mas suficiente para manter o conteúdo nos tanques. É plausível que, se a água das chuvas fosse a única fonte de recurso hídrico, os tanques secariam rapidamente, semelhante a criadouros artificiais ou mesmo aos ocos de árvore, que tendem a ser mais efêmeros como reservatórios de água.

Neste estudo, as bromélias epífitas, apesar de apresentarem menor quantidade de água, mantiveram o volume hídrico por mais tempo que os ocos de árvore, favorecendo assim maiores níveis de umidade nos fitotelmatas.

Apesar das diferenças no esforço amostral, foi possível comparar os habitats por meio da análise por número de indivíduos. As diferenças entre as amostras obedeciam ao padrão de abundância de fitotelmatas observado na UC, onde há menor número de bromélias epífitas e de ocos de árvore, o que dificultou a ampliação da amostragem para esses exemplares, enquanto as bromélias terrestres são abundantes e estão dispersas por praticamente toda a extensão da área de estudo.

Tanto pela observação dos valores médios gerais quanto pelas análises por número de indivíduos, as bromélias epífitas exibiram condições mais favoráveis à formação e

manutenção de criadouros de culicídeos. Comparados com os demais fitotelmatas, as bromélias epífitas apresentaram menor percentual de plantas secas e de plantas com água, porém sem imaturos, além de apresentar, proporcionalmente, maior quantidade de criadouros e maior média geral de imaturos por criadouro. A análise conjunta do volume de água e abundância de imaturos por meio da consideração da densidade larvária por litro de água armazenada mostrou que as bromélias epífitas, em relação às terrestres, apresentam maior densidade de imaturos. Em adição, comparadas com ocos de árvore, as bromélias epífitas apresentaram maior riqueza de espécies quando considerados volume de água aspirado e número de indivíduos iguais para os dois tipos de fitotelmatas.

Contudo, embora as bromélias epífitas pareçam ser mais eficientes para a manutenção de imaturos de espécies da fauna Culicidae associadas a habitats fitotelmatas, elas aparecem em número reduzido na área de estudo e estão restritas à mancha florestal que ocupa 29 ha, o correspondente a 0,03% da área total da UC. Assim, as bromélias terrestres, abundantes e amplamente distribuídas na região, podem ser indicadas como os principais criadouros de mosquitos fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina, tendo em vista que a menor produtividade por bromélia pode ser compensada pela elevada densidade dessas plantas na região.

Embora com resultados distintos para alguns parâmetros, as bromélias epífitas e os ocos de árvore investigados encontravam-se distribuídos no mesmo ambiente, a mancha florestal, exceto um oco localizado em área de vegetação arbustivo-arbórea. Logo, de modo geral, os ocos de árvore também dispunham de condições climáticas menos áridas. No entanto, apesar da capacidade de armazenar maiores volumes de água por planta, com registro máximo de 2.400 mL aspirados em uma amostra, enquanto nas bromélias epífitas o volume máximo por planta foi de 890 mL, os ocos de árvores apresentaram menor riqueza de espécies e menor densidade larvária por litro de água armazenada, além de serem encontrados secos em 56% das coletas. Por resultados similares, os ocos de árvores já foram considerados como

criadouros de menor importância, devido à reduzida produção de mosquitos, quando comparados com outros tipos de criadouros da referida entomofauna (Bonnet & Chapman, 1956).

Em nosso estudo, porém, apesar de menores riqueza e densidade larvária em comparação com fitotelmatas bromelícolas, os ocos de árvore foram utilizados como criadouros por *Hg. (Con.) leucocelaenus*, espécie dominante na região e o vetor do vírus da febre amarela silvestre. Isto corrobora a importância epidemiológica desses criadouros naturais na manutenção de ciclos zoonóticos desse arbovírus, especialmente porque a circulação de pessoas, principalmente caçadores, pode favorecer a transferência do vírus do ambiente silvestre para o urbano, onde há altos níveis de infestação pelo *Ae. (Ste.) aegypti*, vetor do vírus da febre amarela urbana. Além disso, nesse contexto epidemiológico, a fauna Culicidae associada a bromélias na Caatinga é inédita para a ciência e não há informação sobre os patógenos que circulem no ambiente silvestre através destas espécies, que possam manter ciclos zoonóticos nos quais o homem pode, acidentalmente, se envolver.

Levantamento da fauna Culicidae associada a habitats fitotelmatas foi realizado em florestas nativas na região de Wellington, Nova Zelândia, onde as condições climáticas são distintas das observadas no bioma Caatinga e caracterizadas por precipitação média anual de 1.249 mm, quatro meses úmidos por ano e 12,8° C de temperatura média anual. Neste ambiente da Nova Zelândia, apesar da elevada abundância de bromélias epífitas *Collospermum hastatum*, não foram encontrados imaturos de culicídeos colonizando esses habitats e o único tipo relevante de criadouro fitotelmata para os mosquitos foram os ocos de árvore. Estes, porém, foram encontrados em baixa frequência e com registro de reduzidas abundância e diversidade, o que sugere que os fitotelmatas são habitats naturais pouco utilizados pela fauna Culicidae naquela região (Derraik, 2005).

O compartilhamento de espécies de culicídeos entre habitats estabelecidos em bromélias terrestres e epífitas só não foi total em função de uma única espécie – *Toxorhynchites* n. sp.1 – ser restrita às plantas epífitas. Entre os habitats de bromélias e de ocos de árvore, no entanto, não houve similaridade na composição da fauna. Estes resultados sugerem que a comunidade de mosquitos associada a bromélias e aos ocos de árvore é peculiar. Peculiaridade esta definida, provavelmente, através de processos que envolveram padrões evolutivos de adaptação e seleção de espécies com biologia e ecologia distintas que dependem de fatores bióticos e abióticos particulares a cada grupo de fitotelmata.

As variáveis meteorológicas, de modo geral, não estavam associadas à abundância de imaturos nos fitotelmatas, mas sim à proporção de criadouros positivos para culicídeos, sobretudo para os dados de temperatura e umidade. Os dados de precipitação foram os que menos se ajustaram às variáveis-respostas investigadas. Todavia, é possível que os dados utilizados nas análises não reflitam exatamente as condições da área de estudo. Assim, embora os dados das variáveis meteorológicas sejam representativos para a região na qual a ESEC Raso da Catarina está instalada, principalmente os dados de temperatura e umidade que são parâmetros mais estáveis, eles podem não corresponder às variações que ocorrem dentro da UC, especialmente para a precipitação, visto que a estação meteorológica mais próxima da área está localizada fora dos domínios da unidade e a região do semiárido brasileiro é marcada por acentuada variabilidade espaço-temporal das precipitações (Correia *et al.*, 2012). Esta suspeita é reforçada pela não associação dos dados de precipitação ao volume total de água armazenada nos fitotelmatas, embora temperatura e umidade e estivessem associadas.

Os dados sugerem que, independentemente da quantidade de precipitação, temperaturas mais baixas e taxas de umidade mais elevadas proporcionam a manutenção do volume hídrico nos fitotelmatas, favorecendo a formação de criadouros e o aumento da abundância dos imaturos. Além disso, o volume de água armazenado foi o único parâmetro

associado à abundância de imaturos nas bromélias terrestres, e a proporção de criadouros de culicídeos estabelecidos em bromélias terrestres também apresentou o melhor ajuste aos dados das variáveis meteorológicas. Por serem numerosas e amplamente distribuídas por toda a extensão da UC, as bromélias terrestres apresentam fitotelmatas que podem melhor responder às condições abióticas gerais da região.

Entre as espécies desconhecidas para a ciência e provavelmente endêmicas do bioma Caatinga, duas delas – *Toxorhynchites* n. sp.1, que ocorreu exclusivamente na mancha florestal, e *Wy. (Pho.)* n. sp.1, dominante na mesma localidade – podem ser espécies características de áreas específicas dentro do bioma nas quais as condições climáticas são mais amenas, o que restringe sua área de distribuição. Dessa forma o processo de degradação da Caatinga pode afetar mais intensamente essas espécies, favorecendo inclusive a extinção delas e de tantas outras que podem desaparecer antes mesmo de serem conhecidas. Isto reforça a importância deste estudo em apresentar informações inéditas sobre a diversidade de mosquitos na Caatinga, diante da carência de levantamentos da fauna Culicidae na região do semiárido brasileiro.

Conclusão

A riqueza da fauna Culicidae associada aos habitats fitotelmatas na ESEC Raso da Catarina é composta por pelo menos 16 espécies, distribuídas em seis gêneros, das quais 11 (69%) são desconhecidas para a ciência e correspondem a 90% da abundância total de espécimes coletados. Em relação aos fitotelmatas bromelícolas, praticamente toda a fauna Culicidae era desconhecida.

Os habitats fitotelmatas configuram sistemas complexos e não somente as características intrínsecas das plantas, mas também as condições externas, relativas ao ambiente no qual as plantas estão inseridas, determinam a formação e manutenção de criadouros de mosquitos no bioma Caatinga. Neste contexto, as bromélias epífitas foram caracterizadas como o habitat mais eficiente em otimizar os recursos disponíveis para a produção de imaturos de culicídeos, embora as bromélias terrestres, abundantes e amplamente distribuídas, sejam as mais representativas da região.

A riqueza de espécies foi similar entre os fitotelmatas bromelícolas e maior que a observada em habitats de ocos de árvore. Além disso, bromélias e ocos de árvores configuram habitats com faunas peculiares e distintas, de modo que não há similaridade na composição de espécies de culicídeos entre esses fitotelmatas.

Os dados de abundância de culicídeos apresentaram fraca ou inexistente associação com variáveis meteorológicas e volume de água, talvez por limitação dos dados de precipitação. No entanto, temperatura e umidade são parâmetros fortemente associados à proporção de criadouros positivos por tipo de habitat fitotelmata.

O surpreendente número de espécies desconhecidas para a ciência e provavelmente típicas da Caatinga, registradas neste estudo em quantidade incomum para levantamentos entomológicos em geral, indicam elevado grau de endemismo no bioma. Assim, este estudo, apresenta contribuição inédita para o conhecimento da diversidade de fauna Culicidae e evidencia a urgência de priorizar a conservação da biodiversidade das matas secas por meio da delimitação e manejo eficiente de áreas de proteção integral.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), Edital 47/2010 SISBIOTA, pelo apoio financeiro; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio/SISBIO) pela autorização e apoio logístico para atividades com finalidade científica na ESEC Raso da Catarina; ao Herbário ASE da Universidade Federal de Sergipe pela identificação dos exemplares das bromélias; ao biólogo Aristides Fernandes pela estimada assistência na identificação dos culicídeos; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de doutorado a Letícia Silva Marteis e Antônio Ralph Medeiros de Sousa, respectivamente.

Referências

- Alencar, J., Gil-Santana, H.R., Oliveira, R.F.N., Dégallier, N. & Guimarães, A.E. (2010) Natural Breeding Sites for *Haemagogus* Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Brazil. *Entomological News*, **121**, 393-396.
- Almeida, M.C.B. & Figueroa, L.A. (1983) *Estação Ecológica Raso da Catarina – Bahia*. Subprojeto: estudos geomorfológicos. Relatório de Pesquisa do Convênio Salvador: Sema/Minter/UFBA, Bahia.

- Andrade-Lima, D. (1981) The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, **4**, 149-153.
- Blakely, T.J., Harding, J.S. & Didham, R.K. (2012) Distinctive aquatic assemblages in water-filled tree holes: a novel component of freshwater biodiversity in New Zealand temperate rainforests. *Insect Conservation and Diversity*, **5**, 202-212.
- Bonnet, D.D. & Chapman, H. (1956) The importance of mosquito breeding in tree holes with special reference to the problem in Tahiti. *Mosquito News*, **16**, 301-305.
- Bram, R.A. (1967) Classification of *Culex* subgenus *Culex* in the New World (Diptera, Culicidae). *Proceedings of the United States National Museum*, **120**, 1-122.
- Cardoso, C.A.A., Lourenço-de-Oliveira, R., Codeço, C.T. & Motta, M.A. (2015) Mosquitoes in Bromeliads at Ground Level of the Brazilian Atlantic Forest: the Relationship Between Mosquito Fauna, Water Volume, and Plant Type. *Annals of the Entomological Society of America*, sav040.
- Ceretti-Junior, W., Christe, R.O., Rizzo, M., Strobel, R.C., Matos Junior, M.O., Mello, M.H.S.H., Fernandes, A., Medeiros-Sousa, A.R., Carvalho, G.C. & Marrelli, M.T. (2016) Species Composition and Ecological Aspects of Immature Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Bromeliads in Urban Parks in the City of São Paulo, Brazil. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, **10**, 102–112.
- Colwell, R.K. (2013) EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9 and earlier 2011. User's guide and application. <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>. 19 out 2015.
- Consoli, R.A.G.B. & Lourenço-de-Oliveira, R. (1994) *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro.
- Correa, R.R. & Ramalho, G.R. (1956) Revisão de *Phoniomyia* Theobald, 1903 (Diptera, Culicidae, Sabethini). *Folia Clinica et Biologica*, **25**, 1-176.

- Correia, R.C., Kiill, L.H.P., Moura, M.S.B., Cunha, T.J.F., Jesus Júnior, L A. & Araújo, J.L.P. (2012) *A região Semiárida brasileira*. TV Voltolini, Produção de Caprinos e Ovinos no Semiárido.
- Cotrim, M.D. & Galati, E.A.B. (1977) Revisão da série Pleuristriatus do subgênero *Microculex* Theobald, 1907 (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, **20**, 169-205.
- Denlinger, D.L. & Armbruster, P.A. (2014) Mosquito diapause. *Annual review of entomology*, **59**, 73-93.
- Derraik, J.G. (2005) Mosquitoes breeding in phytotelmata in native forests in the Wellington region, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 185-191.
- FAO (2001) Food and Agriculture Organization of the UN. *FRA 2000: Global ecological zoning for the global forest resources assessment 2000*. Final report, Rome.
- Fincke, O.M., Yanoviak, S.P. & Hanschu, R.D. (1997) Predation by odonates depresses mosquito abundance in water-filled tree holes in Panama. *Oecologia*, **112**, 244-253.
- Fish, D. (1983) *Phytotelmata: flora and fauna. Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities*. Plexus, New Jersey.
- Forattini, O.P. (1962) *Entomologia médica: parte geral, Diptera, Anophelini*. Faculdade de Saúde Pública/USP, São Paulo.
- Forattini, O.P. (1965a) *Entomologia médica: Culicini: Culex, Aedes e Psorophora*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Forattini, O.P. (1965b) *Entomologia médica: Culicini: Haemagogus, Mansonia, Culiseta. Sabethini. Toxorhynchitini. Arboviroses. Filariose bancroftiana. Genética*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Forattini, O.P. (2002) *Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Gomes, A.C., Forattini, O.P. & Kakitani; I. (1992) Microhabitats de *Aedes albopictus* (Skuse) na região do Vale do Paraíba, estado de São Paulo, Brasil. *Revista Saúde Pública*, **26**: 108-118.
- Gomes, A.C., Gotlieb, S.L.D., Marques, C.C., Paula, M.B. & Marques, G.R.A. (1995) Duration of larval and pupal development stages of *Aedes albopictus* in natural and artificial containers. *Revista Saúde Pública*, **29**, 15-19.
- Guimaraes-Souza, B.A., Mendes, G.B., Bento, L., Marotta, H., Santoro, A.L., Esteves, F.A., Pinho, L.; Farjalla, V.F & Enrich-Prast, A. (2006) Limnological parameters in the water accumulated in tropical bromeliads. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **18**, 47-53.
- Harbach, R.E. (2013) Traditional Mosquito Classification, September. Mosquito Taxonomic Inventory. <http://www.wrbu.org/mq_TradClass201308.html>. 19 out 2015.
- Hauff, S.N. (2008) Unidades de conservação e terras indígenas do bioma Caatinga. The Nature Conservance e Ministério do Meio Ambiente. <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/61-caatinga>>. 4 dez 2015.
- Islair, P., Carvalho, K.S., Ferreira, F.C. & Zina, J. (2015) Bromélias na Caatinga: um oásis para os invertebrados. *Biotemas*, **28**, 67-77.
- Jenkins, D.W. & Carpenter, S.J. (1946) Ecology of the tree hole breeding mosquitoes of Nearctic North America. *Ecological Monographs*, **16**, 31-47.
- Kitching, R.L. (2000) *Food webs and container habitats: the natural history and ecology of phytotelmata*. Cambridge University, UK.
- Kitching R.L. 2001. Food webs in phytotelmata: “bottom-up” and “top-down” explanations for community structure. *Annual Review of Entomology*, **46**, 729-760.
- Lazcano, J.B., Marquetti, M.C., Portillo, R., Rodríguez, M.M., Suárez, S. & Leyva, M. (2006) Factores ecológicos asociados con la presencia de larvas de *Aedes aegypti* en zonas de

- alta infestación del municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Panamericana de Salud Pública*, **19**, 379-384.
- Lane, J. & Cerqueira, N.L. (1942) Os Sabetíneos da América (Diptera: Culicidae). *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo*, **3**, 473-849.
- Lopez, L.C.S. & Iglesias Rios, R. (2001) Phytotelmata community distribution in tanks of shaded and sun-exposed terrestrial bromeliads from restinga vegetation. *Selbyana*, **22**, 219–224.
- Magurran, A.E. (2004) *Measuring biological diversity*. Oxford, UK.
- Mangudo, C., Aparicio, J.P. & Gleiser, R.M. (2015) Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in urban, suburban and forest habitats in a dengue affected area. *Bulletin of entomological research*, **105**, 679-684.
- Marques, G.R.A.M. & Forattini, O.P. (2008) Culicídeos em bromélias: diversidade de fauna segundo influência antrópica, litoral de São Paulo. *Revista Saúde Pública*, **42**, 979-985.
- Marques, T.C., Bourke, B.P., Laporta, G.Z. & Sallum, M.A.M. (2012) Mosquito (Diptera: Culicidae) assemblages associated with *Nidularium* and *Vriesea* bromeliads in Serra do Mar, Atlantic Forest, Brazil. *Parasitites and Vectors*, **5**, 1-9.
- Marteis, L.S., Sallum, M.A.M., Natal, D., Oliveira, T.M.P., Gama, R.A., Dolabella, S.S. & Santos, R.L.C. (2015) First Record of *Anopheles oryzalimnetes*, *Anopheles argyritarsis*, and *Anopheles sawyeri* (Diptera: Culicidae) in the Caatinga Biome, Semiarid Scrubland of Sergipe State, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, **52**, 858–865.
- Medeiros-Sousa, A.R., Ceretti-Júnior, W., Carvalho, G.C., Nardi, M.S., Araujo, A.B., Vendrami, D.P. & Marrelli, M.T. (2015) Diversity and abundance of mosquitoes (Diptera:Culicidae) in an urban park: Larval habitats and temporal variation. *Acta Tropica*, **150**, 200–209.

- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. & Gordon, J.E. (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, **33**, 491-505.
- Mocellin, M.G., Simões, T.C., Nascimento, T.F.S., Teixeira, M.L.F., Lounibos, L.P. & Oliveira, R.L.D. (2009) Bromeliad-inhabiting mosquitoes in an urban botanical garden of dengue endemic Rio de Janeiro-Are bromeliads productive habitats for the invasive vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*?. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **104**, 1171-1176.
- Mogi, M. (2004) Phytotelmata: hidden freshwater habitats supporting unique faunas. *Freshwater invertebrates of the Malaysian region*, 13-22.
- Montero, G., Feruglio, C. & Barberis, I.M. (2010) The phytotelmata and foliage macrofauna assemblages of a bromeliad species in different habitats and seasons. *Insect Conservation and Diversity*, **3**, 92-102.
- Mooney, H.A. & Bullock, S.H. & Medina, E. (1995) *Introduction*. In: Bullock, S.A., Mooney, H.A. & Medina, E. (eds.) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University.
- Müller, G.A. & Marcondes, C.B. (2006) Bromeliad-associated mosquitoes from Atlantic forest in Santa Catarina Island, southern Brazil (Diptera, Culicidae), with new records for the State of Santa Catarina. *Iheringia*, **96**, 315-319.
- Ngai, J.T. & Srivastava, D. (2006). Predators accelerate nutrient cycling in a bromeliad ecosystem. *Science*, **314**, 963.
- Ott, A.P. & Carvalho, G.S. 2001. Comunidade de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha) de uma área de campo do município de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Entomology*, **30**, 233-243.
- Paes, M.L.N. & Dias, I.F.O. (2008) *Plano de manejo: Estação Ecológica Raso da Catarina*. Brasília: Ibama.

- Portillo-Quintero, C.A. & Sánchez-Azofeifa, G.A. (2010) Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, **143**, 144-155.
- R Core Team. (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org/>> 20 nov 2015.
- Rebêlo, J.M.M., Moraes, J.L.P., Alves, G.A., Leonardo, F.S., Rocha, R.V., Mendes, W.A., Costa, E., Câmara, L.E.M.B., Silva, M.J.A., Pereira, Y.N.O. & Mendonça, J.A.C. (2007) Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, **23**, 2959-2971.
- Reinert, J.F. (2001) Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **17**: 51-55.
- Santos, C.F., Silva, A.C., Rodrigues, R.A., Jesus, J.S. & Borges, M.A.Z. (2015) Inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in conservation units in Brazilian tropical dry forests. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, **57**, 227-232.
- Santos, J.C., Leal, I.R., Almeida-Cortez, J.S., Fernandes, G.W. & Tabarelli, M. (2011) Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science*, **4**, 276-86.
- Silva, A.D., Nunes, V. & Lopes, J. (2004) Culicídeos associados a entrenós de bambu e bromélias, com ênfase em *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera, Culicidae) na Mata Atlântica, Paraná, Brasil. *Iheringia*, **94**, 63-66.
- Silva, J.M.C. & Dinnout, A. (1999) *Análise da representatividade das unidades de conservação federais de uso indireto na Floresta Atlântica e Campos Sulinos*. In: Pinto, L.P. (coord.) Padrões de biodiversidade da Mata Atlântica do Sul e Sudeste. Campinas, São Paulo.

- Silva, M.D. & Lozovei, A.L. (1999) Ocorrência de *Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus* (Dyar & Shannon) e *Toxorhynchites (Lynchiella) theobaldi* (Dyar & Knab) em ocos de árvore em capão de mata, Curitiba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **16**, 257-267.
- Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D. & Villa Nova, N.A. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*. Ceres, Piracicaba.
- Sunderland, T., Apgaua, D., Baldauf, C., Blackie, R., Colfer, C., Cunningham, A.B., Dexter, K., Djoudi, H., Gautier, D., Gumbo, D., Ickowitz, A., Kassa, H., Parthasarathy N., Pennington, R.T., Paumgarten, F., Pulla, S., Sola, P., Tng, D., Waeber P. & Wilmé, L. (2015) Global dry forests: a prologue. *International Forestry Review*, **17**, 1-9.
- Tabarelli, M. & Vicente, A. (2004) *Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas*. In: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T. & Lins, L.V. (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.
- Torreias, S.R.S., Ferreira-Keppler, R.L., Godoy, B.S. & Hamada, N. (2010) Mosquitoes (Diptera, Culicidae) inhabiting foliar tanks of *Guzmania brasiliensis* Ule (Bromeliaceae) in central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **54**, 618-623.
- Trovão, B.M.D.M., Fernandez, P.D., Andrade, L.A., & Neto, J.D. (2007) Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **11**, 307-311.
- Vasconcellos, A., Andreazze, R., Almeida, A.M., Araújo, H.F., Oliveira, E.S. & Oliveira, U. (2010) Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **54**, 471-476.
- Varjão, R.R., Jardim, J.G. & Conceição, A.D.S. (2013) Rubiaceae Juss. de caatinga na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil. *Biota neotropica*, **13**, 105-123.

- Velloso, A.L., Sampaio, E.V.S.B & Pareyn, F.G.S. (2002) *Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga*. Instituto de Conservação Ambiental, Recife.
- Wilkerson, R.C. & Linton, Y.M. (2015) Elevation of *Pseudoskusea*, *Rusticoidus* and *Protomacleaya* to valid subgenera in the mosquito genus *Aedes* based on taxon naming criteria recently applied to other members of the Tribe Aedini (Diptera: Culicidae). *Parasites & vectors*, **8**, 1-4.
- WRBU (2015) Walter Reed Biosystematics Unit. Systematic catalog of Culicidae. Washington, USA. <<http://www.mosquitocatalog.org/default.aspx?pgID=2>>. 4 out 2015.
- Zanella, F.C.V. & Martins, C.F. (2003) Abelhas da caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J.M.C. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Ed. Universitária da EFPE, Recife.

Mosquitos da Caatinga: diversidade e importância epidemiológica da fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) de uma floresta tropical seca endêmica do Brasil

Letícia Silva Marteis¹, Delsio Natal¹, Maria Anice Mureb Sallum¹, Antônio Ralph Medeiros de Sousa¹, Tatiane M. P. Oliveira¹ e Roseli La Corte dos Santos²

¹ Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, 01246-904, São Paulo, SP, Brasil

² Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, S/N, 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil

Correspondência:

LS Marteis

Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, 01246-904, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: lmarteis@usp.br

Resumo

A Caatinga é o ecossistema menos conhecido do Brasil em relação à família Culicidae. Estudos sistemáticos acerca da diversidade e ecologia de mosquitos nesse bioma são inexistentes, apesar da elevada importância das doenças relacionadas a patógenos transmitidos por vetores no Brasil. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar a diversidade e aspectos ecológicos de mosquitos adultos no bioma Caatinga. Para isso, foram realizadas 19 coletas mensais e consecutivas, de março/2013 a setembro/2014 em uma Unidade de Conservação do Bioma Caatinga no semiárido brasileiro, considerando dois ambientes: caatinga arbustivo-arbórea e mancha florestal. Em cada coleta foram instaladas quatro armadilhas de Shannon, as quais funcionaram no crepúsculo vespertino e início da noite, das 17h00 às 20h00 e, durante o dia, foi realizada aspiração manual para coleta de adultos de hábito diurno. Ao todo foram coletados 4.692 mosquitos, dos quais 74,4% encontravam-se na área de caatinga arbustivo-arbórea. Os dois ambientes estudados diferiram quanto à distribuição da abundância de mosquitos, mas apresentaram diversidade similar e compartilharam metade das espécies que compõem a área de estudo. Os táxons de maiores dominância e constância correspondem a espécies desconhecidas para a ciência, pertencentes aos gêneros *Wyeomyia* e *Runchomyia* e representam 80% dos indivíduos coletados. Entre as espécies de importância epidemiológica, *Haemagogus (Con.) leucocelaenus* foi a mais abundante. A interação entre umidade e temperatura registradas no mês anterior à coleta foi o parâmetro mais fortemente associado à abundância de mosquitos. Na Caatinga, a diversidade de mosquitos adultos está associada à oferta em número e tipos de criadouros naturais, proporcionada pelas distintas fitofisionomias do bioma, bem como às variações das condições de umidade e temperatura. O número de espécies desconhecidas para a ciência é um indicativo do grau de endemismo existente na área e reforça a necessidade de ampliar os estudos taxonômicos no bioma.

Palavras-chave: semiárido, fauna, ecologia de vetores, espécies novas.

1. Introdução

A fauna de mosquitos do Brasil está estimada em pouco mais de 490 espécies (WRBU, 2015). Todavia, é provável que esse número seja muito maior, considerando a presença de áreas pouco estudadas como é o caso da região semiárida brasileira. Assim, a receptividade para doenças transmitidas por vetores nessas áreas não é conhecida, bem como a ocorrência de ciclos enzoóticos de patógenos que possam ser mantidos naturalmente e eventualmente atingir homens e animais domésticos como hospedeiros acidentais.

A Caatinga é uma floresta tropical sazonal seca que está localizada no semiárido brasileiro. A região é caracterizada por déficit hídrico devido a temperatura e radiação solar elevadas, nebulosidade e umidade relativa do ar baixas, além de chuvas escassas e irregulares (Prado, 2003). Estas características restringem a disponibilidade de habitats para as formas imaturas de insetos e outros animais aquáticos, inclusive os culicídeos.

O bioma Caatinga ocupa 11,7% da extensão territorial do Brasil e 55% de toda a região Nordeste (Tabarelli et al., 2000). No entanto, somente 1,2% de sua área é de proteção integral (Capobianco, 2002), sendo o bioma brasileiro menos conservado em relação à sua área total (Castro et al., 2003). Além disso, a Caatinga é um dos ecossistemas menos estudados no Brasil e sua diversidade biológica foi subestimada durante décadas (Silva e Dinnouti, 1999; Santos et al., 2011). Para agravar esse quadro, considerando o impacto antrópico e a fragmentação observada ao longo dos anos no bioma (Castelleti, 2004), é possível que espécies tenham sido deslocadas ou mesmo extintas antes que pudessem ser conhecidas.

A fauna de culicídeos da região Nordeste do Brasil é sub-amostrada, pouco conhecida e geralmente associada a áreas de Mata Atlântica (Medeiros et al., 2009; Aragão et al., 2010) ou então envolve pesquisas não sistemáticas e sem indicação do bioma envolvido

no estudo (Ferreira, 1964; Xavier et al., 1979, 1980, 1983; Xavier e Matos, 1989). Quando se trata especificamente da Caatinga, as informações são ainda mais escassas, de modo que a biodiversidade das comunidades de mosquitos presentes no bioma é praticamente desconhecida. Existem registros antigos de ocorrência de anofelinos no Nordeste, incluindo distribuição na região semiárida (Deane et al., 1948) e, mais recentemente, alguns artigos trazem o registro de espécies de mosquitos em áreas de transição Caatinga-Mata Atlântica (Rebello et al., 2007) ou Caatinga-Cerrado (Santos et al., 2015). Porém, até o momento, somente Marteis et al. (2015) registraram a ocorrência de mosquitos em área exclusiva do bioma Caatinga.

No Brasil ocorre a transmissão endêmica de diversas doenças associadas aos mosquitos como vetores de agentes etiológicos. Como exemplos estão a malária, as filarioses, encefalites virais como dengue, febre amarela e febre mayaro, encefalite rocio e diversas outras arboviroses (Lindoso e Lindoso, 2009, Vasconcelos et al., 2001). Recentemente foram introduzidos o vírus Chikungunya e o vírus Zika que são responsáveis por grandes epidemias (Campos et al., 2015), além de ter sido notificado o primeiro caso humano de infecção pelo vírus do Nilo Ocidental (Vieira et al., 2015).

O processo contínuo de desflorestamento da Caatinga para dar lugar a padrões diversos de uso e ocupação do solo por atividades agrícolas e pecuária é fator que poderá levar à redução da biodiversidade de mosquitos e ao favorecimento de espécies adaptadas a ambientes modificados (Turrinie Knop, 2015). Dessa maneira, o favorecimento de algumas espécies de mosquitos, como consequência de alterações antrópicas nos ecossistemas naturais poderá agravar a situação epidemiológica de doenças associadas a patógenos transmitidos por vetores no Nordeste do Brasil.

Sendo assim, diante da lacuna no conhecimento acerca da fauna de mosquitos que coloniza o semiárido brasileiro, o objetivo desse estudo foi investigar a diversidade e outros aspectos da ecologia de mosquitos em área de conservação do bioma Caatinga.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica (ESEC) Raso da Catarina (38°44'00" W a 39°29'20" W e 9°33'13" S a 9°54'30" S), unidade de conservação (UC) do bioma Caatinga localizada na Bahia, região Nordeste do Brasil (Fig. 1). A UC é classificada como área de proteção integral, com extensão territorial de aproximadamente 99.772 ha e 135.279 m de perímetro (Paes e Dias, 2008). Criada a partir do Decreto Federal nº 98.268 de 03/01/1984, e recategorizada para ESEC através da Portaria nº 373 de 11/10/2001, Raso da Catarina é a UC mais antiga da Bahia, Estado que apresenta a maior área total do bioma Caatinga no país, equivalente a 30.092.536 ha (Hauff, 2008).

A ESEC Raso da Catarina apresenta clima semiárido quente, caracterizado pela predominância de altas temperaturas, associadas a forte insolação e baixa nebulosidade. A amplitude térmica sofre oscilações diárias pronunciadas, em torno de 12 °C, nos meses mais quentes do ano. As chuvas são escassas, irregulares, torrenciais e mal distribuídas espacial e temporalmente ao longo do ano, com uma longa estação seca e curtos períodos chuvosos, atingindo médias anuais que variam entre 300 mm e 500 mm (Almeida e Figueiroa, 1983). A água encontrada na superfície é escassa e parte dos córregos e riachos é intermitente, o que resulta em deficiência hídrica elevada. A paisagem é marcada pela vegetação de Caatinga

sobre areia, predominantemente arbustiva, muito densa e menos espinhosa que a observada na Caatinga que recobre os solos cristalinos. A vegetação apresenta distintas fisionomias em decorrência do relevo, do solo, da disponibilidade de água e do tipo de atividades humanas praticadas (Velloso et al., 2002).

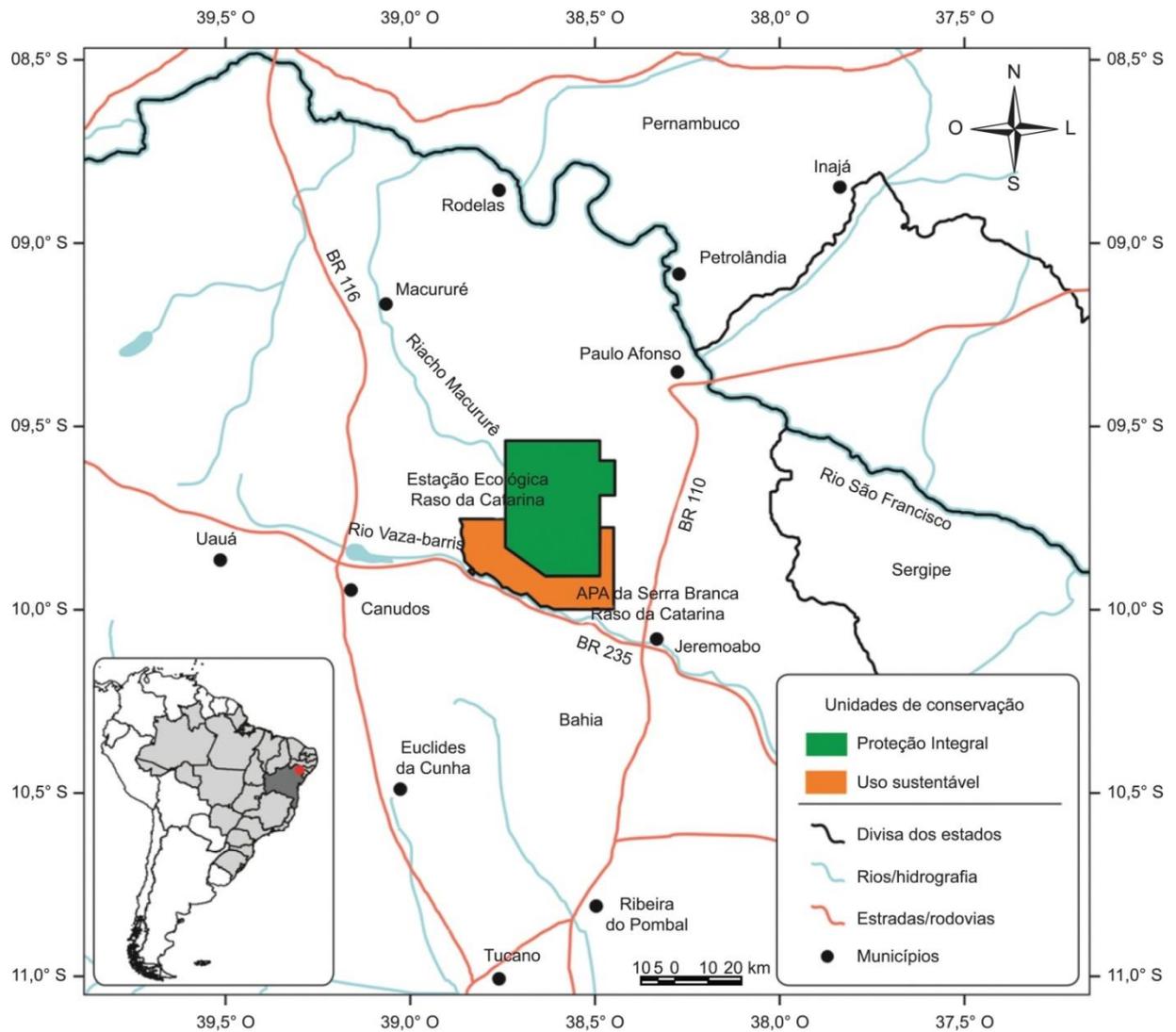


Fig. 1. Localização da ESEC Raso da Catarina. Fonte: Varjão et al., 2013.

Dentro da unidade de conservação foram considerados dois ambientes com distintas fitofisionomias. A primeira paisagem caracteriza quase toda a Estação Ecológica, com formação vegetal arbustivo-arbórea, ramificada e espinhosa, representada por euforbiáceas,

bromeliáceas e cactáceas, e marcada pela decidualidade na época seca, com espécies arbóreas que alcançam, em média, 5 m de altura e predomínio de arbustos com altura inferior a 3 m. O segundo ambiente é a mancha florestal do tipo mata ciliar denominada mata da Pororoca. Esta é representada por uma mancha singular de mata isolada que ocorre em 29 ha da estação (0,029% de sua área total), com largura variando entre 200 e 400 metros, não estando associada a nenhuma drenagem ou curso d'água e que apresenta árvores que, excepcionalmente, alcançam 15 m de altura, com sub-bosque fechado com arbustos secos e sobre solos supostamente mais férteis que os das circunjacências. Nesta área são encontrados indivíduos de espécies epífitas pertencentes às famílias Bromeliaceae e Orchidaceae, além da presença de serrapilheira e grande número de lianas, de modo que este ambiente difere, fisionômica e floristicamente, das demais áreas da Estação (Paes e Dias, 2008). Dessa forma, foi investigada a diversidade de Culicidae nas duas áreas, no intuito de melhor representar a fauna, tendo como pressuposto que a diversidade de mosquitos poderia diferir entre as áreas da mesma maneira que a fitofisionomia.

2.2 Coleta e identificação de culicídeos

Foram realizadas 19 coletas, na última semana de cada mês, durante o período de março de 2013 a setembro de 2014. Foram coletados mosquitos adultos de hábitos diurno, crepuscular vespertino e noturno nos dois ambientes delimitados na UC: a área de caatinga arbustivo-arbórea e a mancha florestal.

Para a coleta dos mosquitos adultos de hábitos crepusculares vespertinos e noturnos foram utilizadas quatro armadilhas de Shannon, duas por ambiente, iscadas com luz proveniente de luminária a gás tipo lampião e na presença de dois coletores equipados com aspiradores elétricos manuais no período das 17 às 20h. As armadilhas foram instaladas

distantes aproximadamente 400 metros, para que não houvesse interferência de uma sobre a outra. Os mosquitos capturados foram separados segundo ambiente, horário e armadilha.

Durante o dia, a coleta foi realizada com auxílio de aspirador elétrico manual enquanto os pesquisadores se dispersavam por duas trilhas estabelecidas na unidade, uma em cada ambiente. A partir do ponto inicial, a cada 10 m percorridos, o coletor fazia uma pausa de cinco minutos para capturar os mosquitos que, devido ao efeito de intrusão, dispersavam-se em decorrência da presença humana, sendo capturados ainda em voo ou quando em repouso, antes de realizarem o repasto sanguíneo (Mogi e Yamamura, 1981; Marques e Gomes, 1997; Reis et al., 2010) com total de 30 pontos de capturas por ambiente. As coletas foram realizadas no período diurno das 8h às 10h e o trajeto percorrido foi o mesmo em todos os meses. Foram mantidos 300 metros de intervalo a cada 10 pontos de capturas para ampliar a área da amostragem.

Ao longo do estudo, o esforço amostral total foi de 323 horas de coleta ativa de mosquitos adultos (228 horas em armadilha de Shannon e 95 horas de aspiração diurna). Os mosquitos coletados foram transferidos para gaiolas, mortos em freezer a -5°C e armazenados em tubos entomológicos preparados com sílica. Todos os tubos contendo mosquitos foram devidamente identificados com o tipo de ambiente e a data, técnica e horário da coleta (17-18h, 18-19h e 19-20h).

A identificação taxonômica dos mosquitos foi realizada com auxílio de chaves dicotômicas específicas para culicídeos propostas por Lane e Cerqueira (1942), Galindo et al. (1954), Correa e Ramalho (1956), Forattini (1962, 1965a, 1965b, 2002), Bram (1967), Consoli e Lourenço-de-Oliveira (1994) e publicações pertinentes a cada grupo. A identificação dos anofelinos que formam complexos de espécies foi realizada por meio de análise molecular. A nomenclatura taxonômica de mosquitos adotada foi a proposta por Harbach (2013) e a identificação foi apresentada com nomes abreviados de acordo com

Reinert (2001). Amostras das espécies coletadas foram enviadas ao Laboratório de Entomologia em Saúde Pública – LESP, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para confirmação da identificação específica e depósito de vouchers das espécies na Coleção Entomológica de Referência.

2.3 Análise molecular para identificação de espécies de *Anopheles*

Para a confirmação da identificação específica dos indivíduos que compunham complexos de espécies do gênero *Anopheles*, foram realizadas extrações de DNA a partir de uma ou duas pernas de cada mosquito (n=7). Para cada extração, o material biológico foi macerado em 10 µL NaCl 0,9%, seguido da adição de 10 µL de *Chelex*® 100 5% (m/v). Após a homogeneização (vórtex), a solução foi incubada a 99° C por 10 min e centrifugada por 15 min a 13.000 rpm, a 25° C. Uma alíquota do sobrenadante foi armazenada a -20° C e utilizada nas reações de cadeia da polimerase (PCR). O restante foi preservado a -70° C na Coleção Entomológica de Referência, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Brasil para referência futura.

Os primers LCO1490 (5' GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G 3') e HCO2198 (5' TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA 3') (Folmer et al. 1994) foram utilizados para amplificar 658 pb da subunidade I do gene citocromo *c* oxidase (*COI* - região barcode). Para cada PCR foram utilizados 2 µL do DNA extraído, 1 × PCR buffer (Invitrogen), 1,5 mM MgCl₂ (Invitrogen), 0,1 µM de cada primer, 200 µM de cada dNTPs (Amresco), 0,625 U da enzima *Platinum*® *Taq* DNA Polymerase (Invitrogen) e água ultrapura até completar o volume final de 25 µL. O protocolo de amplificação consistiu em uma desnaturação inicial de 3 min a 94° C, 5 ciclos de 94° C por 30 segundos, 45° C por 90 segundos, 68° C por 60 segundos, seguidos por 35 ciclos de 94° C por 30 segundos, 51° C por

30 segundos, 68° C por 60 segundos e uma extensão final de 68° C por 10 segundos. Os produtos amplificados foram purificados com polietilenoglicol (PEG) (20 % Polietilenoglicol 8000 / 2,5 M NaCl).

Reações de sequenciamento foram realizadas em ambas as direções utilizando o kit ABI Big Dye Terminator v.3.2 (PE Applied Biosystems, Warrington, England) e os primers empregados na PCR. Cada reação de sequenciamento consistiu de 0,5 µL de Big Dye Terminator Ready Reaction Mix, 1 x tampão de sequenciamento (Applied Biosystems), 3,6 picomoles de primer (senso ou antisenso), 1 µL do produto purificado por PEG e água ultrapura até completar o volume final de 10 µL. O produto do sequenciamento foi purificado em colunas Sephadex G50® (GE Healthcare). Sequências foram analisadas no equipamento ABI Prism 3130 - Avant Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, U.S.A.), e editadas no programa Sequencher® para Windows versão 5.1 (Gene Codes Corporation, Ann Arbor, USA).

A similaridade das sequências de *COI* obtidas neste estudo, com sequências anteriormente disponíveis no GenBank, foi investigada através da ferramenta de alinhamento local (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>). As sequências *COI* de todos os anofelinos foram depositadas no GenBank e estão disponíveis sob os códigos de acesso KU671365, KU671366, KU671367, KU671368, KU671369, KU671370 e KU671371.

2.4 Análise dos dados

Os resultados foram tabulados em planilha de e organizados de acordo com o local, data, técnica de captura, horário, espécie, quantidade e sexo. Os dados foram comparados segundo o tipo de ambiente (área de caatinga arbustivo-arbórea e mancha florestal) e de acordo com as variáveis meteorológicas precipitação, temperatura e umidade.

A curva de acúmulo de espécies, baseada no número esperado de indivíduos acumulados ao longo das amostras, foi desenvolvida com auxílio do software EstimateS 9.1 (Colwell, 2013) e a diversidade alfa foi estimada através da riqueza específica (S) e abundância (n) observadas e dos índices de diversidade de Shannon e de Simpson (1-D). Todos esses parâmetros foram calculados para todas as amostras e cada coleta foi considerada uma réplica. A diversidade beta, utilizada para verificar a similaridade entre os ambientes, foi mensurada pelo índice de Jaccard (IJ) (Magurran, 2004).

Testes estatísticos foram utilizados para verificar se a abundância e diversidade de mosquitos diferem estatisticamente entre a caatinga arbustivo-arbórea e a mancha florestal e para comparar a abundância de mosquitos coletados em diferentes horários na armadilha de Shannon e destes em relação aos coletados durante o dia. Para os dados de abundância e índices de diversidade foi realizado o teste estatístico de Shapiro-Wilk para investigar a normalidade dos dados e o teste F para verificar a homogeneidade das variâncias e foram realizados os testes *t* e de Welch, este último aplicado apenas para os dados de abundância que não apresentaram homogeneidade de variâncias ($p < 0,05$).

A dominância das espécies foi definida a partir do total de mosquitos coletados em todas as amostras através da fórmula $D\% = (i/t) * 100$, onde *i* = número de indivíduos de uma determinada espécie e *t* = número de indivíduos capturados. De acordo com o valor de *D*, são obtidas cinco classificações para as espécies: eudominante (acima de 10%), dominante (de 5 a 10%), subdominante (de 2 a 5%) eventual (1 a 2%) e rara (abaixo de 1%) (Ott e Carvalho, 2001).

O índice de constância foi calculado através da fórmula $C = (p/N) * 100$, onde *p* = número de amostras de determinada espécie e *N* = número de amostras analisadas. De acordo com o valor de *C*, as espécies são classificadas em três categorias de constância: constante ($C > 50\%$), acessória ($25 < C < 50$) e acidental ($C < 25\%$) (Silveira Neto, 1976).

A força de associação entre a abundância de mosquitos adultos e as variáveis meteorológicas no período de estudo foi verificada por meio de modelos lineares. A precipitação acumulada mensal e as médias de temperatura e umidade relativa do ar foram consideradas como variáveis explanatórias e para cada uma foi verificada a associação para dados registrados no mês da coleta, no mês anterior e dois meses antes das coletas. Os valores da precipitação, da temperatura e da umidade relativa do ar foram obtidos no banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir da estação instalada no município de Paulo Afonso/BA (9°36' S e 38°21' W), a mais próxima da unidade de conservação. As variáveis-respostas consideradas foram: 1) variações na abundância total de mosquitos adultos; 2) na abundância de mosquitos na área de caatinga arbóreo-arbustiva; 3) na abundância de mosquitos na mancha florestal e 4) na abundância da espécie mais dominante.

Uma vez que nenhuma das variáveis-respostas sofreu desvios significantes em relação à distribuição normal ($p > 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk), optou-se pela análise de regressão linear simples e múltipla (com efeito de adição ou interação entre variáveis explanatórias). Modelos que apresentaram $p < 0,05$ foram considerados significativos e a força de associação e ajuste do modelo foi calculada pelo coeficiente de determinação R^2 . Todas estas análises foram elaboradas com o auxílio do ambiente computacional R (R Development Core Team, 2015).

3. Resultados

No período de estudo foram coletados e identificados morfológicamente 4.692 mosquitos (4.675 fêmeas e 17 machos) pertencentes a 22 unidades taxonômicas distribuídas

em oito gêneros e envolvendo sete espécies desconhecidas para a ciência – *Haemagogus* (*Hag.*) *spgazzinii* n. sp.1, *Culex* (*Mcx.*) *Gr. Imitator* n. sp.1, *Cx.* (*Mcx.*) *xenophobus* n. sp.1, *Cx.* (*And.*) n. sp.1, *Wyeomyia* (*Pho.*) n. sp.1, *Runchomyia* n. sp.1 e *Wyeomyia* n. sp.1 – que, juntas, representavam 84,5% do total de mosquitos coletados. A análise molecular indicou anofelinos do Complexo Albitarsis que pertenciam à espécie *Anopheles* (*Nys.*) *oryzalimnetes*, do Complexo Argyritarsis que pertenciam às espécies *An.* (*Nys.*) *argyritarsis* e *An.* (*Nys.*) *sawyeri*, além da espécie *An.* (*Nys.*) *triannulatus* do Complexo Triannulatus (Tabela 1).

A maior abundância foi observada na área de caatinga arbustivo-arbórea (n=3.493; 74,4%), onde houve o registro do maior número de espécimes do táxon mais dominante, *Wy.* (*Pho.*) n. sp.1 (n=2.781), seguido de *Cx.* (*Mcx.*) *Gr. Imitator* n. sp.1 (n=139) e *Ru.* n. sp.1 (n=353). Em contrapartida, *Hg.* (*Con.*) *leucocelaenus* (n=423) foi a espécie de maior dominância na mancha florestal. Seis espécies apresentaram-se constantes nos ambientes, ocorrendo em mais da metade das coletas, com destaque para as espécies da tribo Sabethini, todas constantes, até mesmo *Wy.* n. sp.1, considerada rara. De 22 espécies de mosquitos identificadas na ESEC Raso da Catarina, dez (45%) – *An.* (*Nys.*) *oryzalimnetes*, *An.* (*Nys.*) *sawyeri*, *An.* (*Nys.*) *triannulatus*, *An.* (*Nys.*) *argyritarsis*, *Cx.* (*Cux.*) *maxi*, *Cx.* (*Cux.*) *saltanensis*, *Cx.* (*Mcx.*) *xenophobus* n. sp.1, *Cx.* (*And.*) n. sp.1, *Cx.* (*Cux.*) *nigripalpus* e *Ur.* (*Ura.*) *lowii* – foram classificadas como raras e acidentais, ou seja, cada uma delas representou menos de 1% do total de mosquitos coletados e ocorreu em menos de 25% das coletas (Tabela 1).

Tabela 1

Espécies acumuladas de culicídeos adultos coletados em diferentes ambientes e segundo a técnica de coleta, Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014.

| Unidade taxonômica | Caatinga arbustivo- arbórea | | Mancha florestal | | N | % | Dominância | Constância |
|--|--------------------------------|-----------|------------------|-----------|-----|------|--------------|------------|
| | Shannon | Aspiração | Shannon | Aspiração | | | | |
| ANOPHELINAE | | | | | | | | |
| Anophelini (n=7; 0,15%; S=3) | | | | | | | | |
| <i>Anopheles (Nys.) oryzalimnetes</i> | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0,09 | rara | acidental |
| <i>Anopheles (Nys.) sawyeri</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| <i>Anopheles (Nys.) argyritarsis</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| <i>Anopheles (Nys.) triannulatus</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| CULICINAE | | | | | | | | |
| Aedini (n=540; 11,51%; S=5) | | | | | | | | |
| <i>Haemagogus (Con.) leucocelaenus</i> | 0 | 17 | 97 | 326 | 440 | 9,38 | dominante | constante |
| <i>Aedes (How.) fulvithorax</i> | 0 | 0 | 22 | 41 | 63 | 1,34 | eventual | acessória |
| <i>Aedes (Pro.) terrens</i> | 0 | 0 | 10 | 6 | 16 | 0,34 | rara | acessória |
| <i>Haemagogus (Hag.) spegazzinii</i> n. sp.1 | 0 | 11 | 0 | 1 | 12 | 0,26 | rara | acessória |
| <i>Aedes (Och.) scapularis</i> | 2 | 0 | 7 | 0 | 9 | 0,19 | rara | acessória |
| Culicini (n=261; 5,56%; S=8) | | | | | | | | |
| <i>Culex (Mcx.) Gr. Imitator</i> n. sp.1 | 138 | 1 | 1 | 0 | 140 | 2,98 | subdominante | constante |
| <i>Culex (Mel.)</i> sp. | 75 | 3 | 0 | 0 | 78 | 1,66 | eventual | acessória |
| <i>Culex (Cux.)</i> sp. | 23 | 0 | 7 | 0 | 30 | 0,64 | rara | acessória |
| <i>Culex (Cux.) maxi</i> | 6 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0,15 | rara | acidental |

Tabela 1 (continuação)

| Unidade taxonômica | Caatinga arbustivo- arbórea | | Mancha florestal | | N | % | Dominância | Constância |
|--|--------------------------------|-----------|------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|------------|
| | Shannon | Aspiração | Shannon | Aspiração | | | | |
| <i>Culex (Cux.) saltanensis</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0,04 | rara | acidental |
| <i>Culex (Mcx.) xenophobus</i> n. sp.1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0,04 | rara | acidental |
| <i>Culex (And.)</i> n. sp.1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| <i>Culex (Cux.) nigripalpus</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| Mansoniini (n=71; 1,51%; S=1) | | | | | | | | |
| <i>Mansonia (Man.) indubitans</i> | 34 | 0 | 37 | 0 | 71 | 1,51 | eventual | constante |
| Sabethini (n=3.812; 81,24%; S=3) | | | | | | | | |
| <i>Wyeomyia (Pho.)</i> n. sp.1 | 560 | 2.221 | 134 | 448 | 3.363 | 71,68 | eudominante | constante |
| <i>Runchomyia</i> n. sp.1 | 279 | 74 | 48 | 6 | 407 | 8,67 | dominante | constante |
| <i>Wyeomyia</i> n. sp.1 | 1 | 41 | 0 | 0 | 42 | 0,90 | rara | constante |
| Uranotaennini (n=1; 0,02%; S=1) | | | | | | | | |
| <i>Uranotaenia (Ura.) lowii</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,02 | rara | acidental |
| Total | 1.124 | 2.369 | 371 | 828 | 4.692 | 100,00 | | |

A maior abundância de mosquitos foi registrada no período diurno, com aspiração de 3.197 (68,1%) espécimes, restando 1.495 (31,9%) mosquitos de hábitos crepuscular vespertino ou noturno coletados nas armadilhas de Shannon (Tabela 1). Destes últimos, a maior abundância (n=1.148) foi registrada das 17h00 – 18h00, e houve diferença estatística ($p < 0,05$) na comparação entre todos os horários da armadilha de Shannon, com redução da abundância de mosquitos no decorrer dos horários da armadilha (Fig. 2). O segundo horário apresentou maior riqueza específica (S=15), seguido do primeiro (S=13) e do terceiro horário (S=8). As espécies *Ae. (Och.) scapularis*, *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator n. sp.1*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ma. (Man.) indubitans*, *Ru. n. sp.1*, *Cx. (Cux.) sp.* e *Cx. (Mel.) sp.* foram comuns aos três horários da armadilha de Shannon.

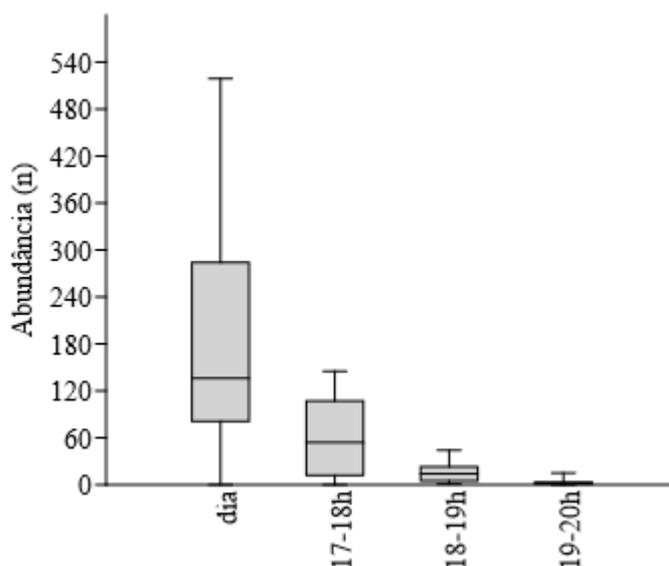


Fig. 2. Abundância de mosquitos adultos acumulados por horário de coleta na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 e 2014.

A mancha florestal apresentou valores médios e máximos dos índices de Shannon e de Simpson maiores (Tabela 2), porém, não diferentes estatisticamente dos valores calculados para a área de caatinga arbustivo-arbórea, quando considerada a variação dos valores dos índices de Shannon ($p=0,304$) e de Simpson ($p=0,126$) ao longo do período de estudo. Em

contrapartida, em relação à variação da abundância de mosquitos adultos, a área de caatinga arbustivo-arbórea difere estatisticamente da mancha florestal ($p=0,002$).

Tabela 2

Diversidade alfa de mosquitos adultos segundo ambiente da Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014.

| | Caatinga arbustivo-arbórea | Mancha florestal |
|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Riqueza observada (S) | 16 | 15 |
| Abundância total | 3.493 | 1.199 |
| Abundância máxima | 460 | 147 |
| Abundância média mensal | 183,8 | 63,1 |
| Shannon H' máximo | 1,534 | 1,685 |
| Shannon H' médio | 0,749 | 0,890 |
| Simpson 1-D máximo | 0,735 | 0,771 |
| Simpson 1-D médio | 0,370 | 0,480 |

A análise da similaridade na composição das espécies dos dois ambientes indica que as áreas compartilham metade das espécies de mosquitos adultos encontrados na unidade de conservação (IJ=0,5). Da riqueza observada de 22 espécies, 10 foram comuns aos dois ambientes, sendo que a área de caatinga arbustivo-arbórea apresentou seis espécies exclusivas – *Cx. (Mel.)* sp., *Cx. (And.)* n. sp.1, *Cx. (Mcx.) xenophobus* n. sp.1, *Cx. (Cux.) nigripalpus*, *Ur. (Ura.) lowii* e *Wy.* n. sp.1, enquanto outras cinco espécies – *An. (Nys.) oryzalimnetes*, *Anopheles (Nys.) triannulatus*, *Ae. (How.) fulvithorax*, *Ae. (Pro.) terreus*, e *Cx. (Cux.) saltanensis* – só foram registradas na mancha florestal (Tabela 1).

Embora a área de caatinga arbustivo-arbórea apresente riqueza específica total ($S=16$) e abundância ($n=3.493$) de mosquitos maiores que a riqueza ($S=15$) e a abundância ($n=1.199$) observadas na mancha florestal, se considerado o mesmo número de indivíduos coletados para cada ambiente, estima-se maior riqueza na localidade da mancha florestal (Fig. 3).

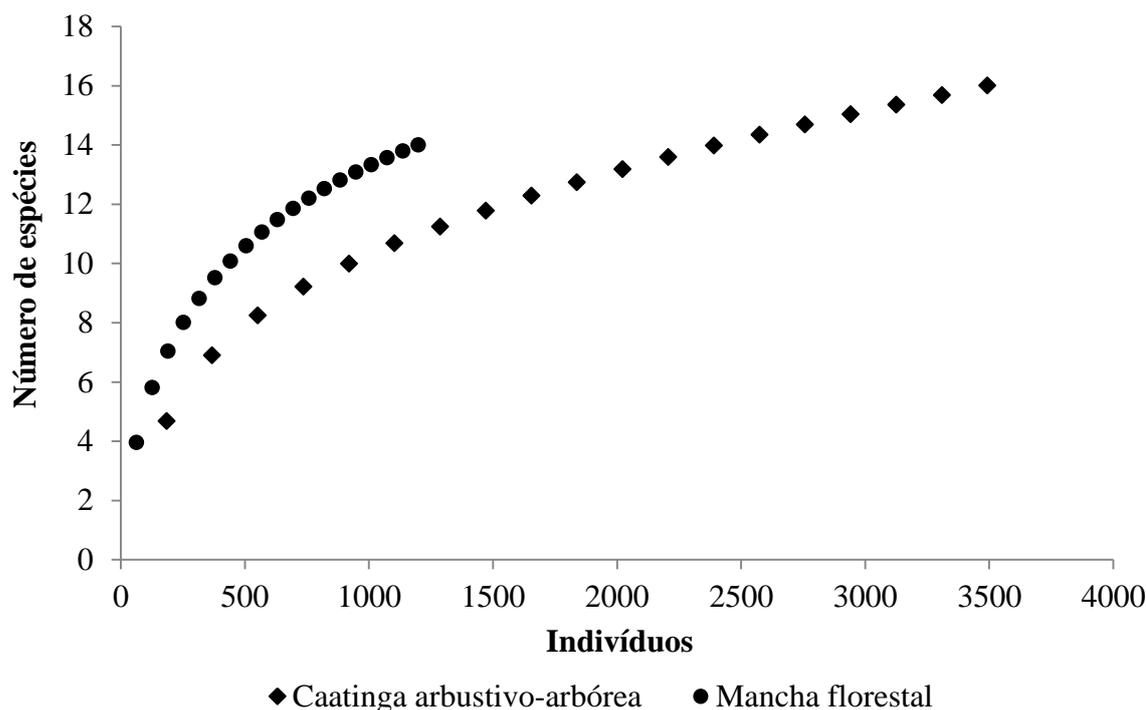


Fig. 3. Número de indivíduos e quantidade de espécies de mosquitos adultos segundo ambiente da Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 e 2014.

A abundância mensal de culicídeos adultos oscilou de forma irregular no decorrer das coletas. O valor mais expressivo foi registrado no mês de setembro de 2013 ($n=582$), enquanto a menor abundância foi observada nos meses de março e abril do mesmo ano ($n=1$). Entre as variáveis meteorológicas, a precipitação pluviométrica acumulada foi o parâmetro mais irregular ao longo da pesquisa, com picos de chuva nos meses de julho de 2013 e julho de 2014, com 80,4 mm, 74,2 mm, respectivamente, e ausência de precipitação em março e dezembro de 2013. Todavia, a temperatura compensada média mensal oscilou com amplitude

térmica de 5,4° C em todo o período do estudo, o que lhe caracterizou como a variável analisada mais constante no decorrer do tempo. A umidade relativa do ar, por sua vez, embora com pouca variação (55,5% -77,4%), pareceu apresentar um padrão em sua distribuição com os maiores valores, acima de 70%, registrados nos meses de maio a agosto de 2013 e de 2014 (Fig. 4).

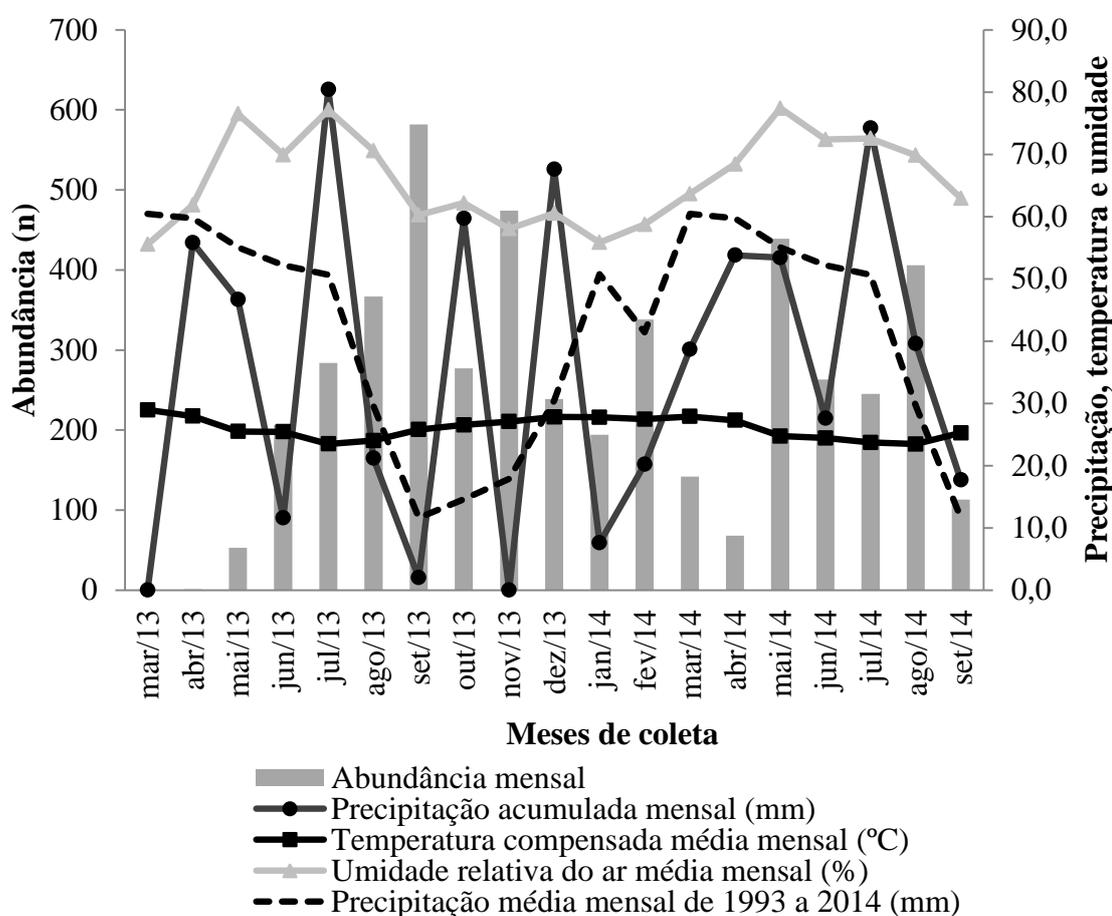


Fig. 4. Dados mensais da abundância de mosquitos e variáveis meteorológicas registradas na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014.

As espécies mais dominantes e constantes ao longo do período do estudo – *Wy. (Pho.) n. sp.1*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ru. n. sp.1* e *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator n. sp.1* – apresentaram padrões de distribuição de abundância mensal diferenciados, com períodos de maior abundância seguidos de períodos com registro de menor número de indivíduos (Fig. 5).

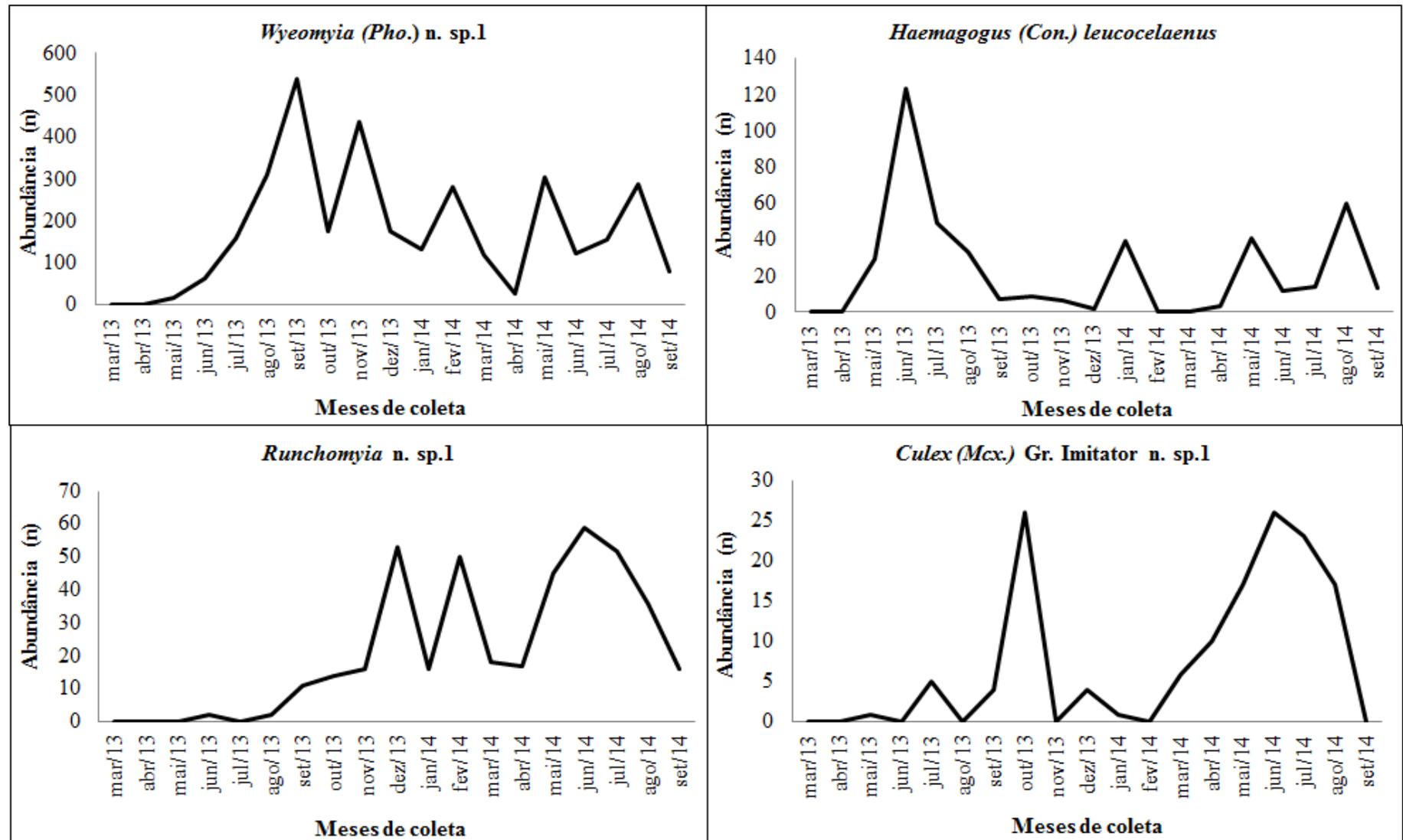


Fig. 5. Distribuição da abundância mensal das espécies de mosquitos adultos mais dominantes e constantes considerando os dois ambientes da Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014.

A partir da confirmação da normalidade na distribuição dos dados de abundância geral de mosquitos ($W=0,97$, $p=0,86$), da observada na mata de caatinga arbóreo-arbustiva ($W=0,93$, $p=0,19$) e na mancha florestal ($W=0,94$, $p=0,23$), além da registrada para *Wy. (Pho.) n. sp.1* ($W=0,91$, $p=0,10$), a investigação da força de associação entre a abundância e as variáveis meteorológicas através de análise de regressão linear revelou que nenhum parâmetro, quando considerados os valores registrados no mês da coleta, mostrou associação com a abundância de mosquitos ($p>0,05$), diferente do observado quando considerados os valores para um mês e dois meses antes das coletas. A precipitação, porém, de todas as formas analisadas, foi o único parâmetro não associado à abundância total de mosquitos adultos ($p>0,05$). A umidade e a temperatura do mês anterior e de dois meses antes das coletas mostraram-se associadas à abundância de mosquitos, sobretudo quando considerada a análise múltipla da interação das duas variáveis um mês antes das coletas. A análise da associação entre os fatores climáticos e a abundância de *Wy. (Pho.) n. sp.1* mostrou que este táxon, que representa 71,68% dos indivíduos coletados na unidade, apresenta o mesmo padrão de associação às variáveis meteorológicas observado para abundância geral (Tabela 3).

Tabela 3

Força de associação (R^2 e p -valor) entre variáveis meteorológicas e abundância de mosquitos adultos, na Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia, Brasil, 2013 a 2014.

| Variável-resposta | Variável explanatória | p | R^2 |
|---------------------------------------|---|-----------------|-------|
| Abundância geral | Umidade 1 mês antes | 0,02 | 0,25 |
| Abundância geral | Umidade 2 meses antes | 0,04 | 0,21 |
| Abundância geral | Umidade 1 mês antes + 2 meses antes | 0,06 | 0,29 |
| Abundância geral | Temperatura 1 mês antes | 0,01 | 0,31 |
| Abundância geral | Temperatura 2 meses antes | 0,04 | 0,22 |
| Abundância geral | Temperatura 1 mês antes + 2 meses antes | <0,01 | 0,55 |
| Abundância geral | Umidade + temperatura 1 mês antes | 0,02 | 0,60 |
| Abundância caatinga arbustivo-arbórea | Umidade + temperatura 1 mês antes | <0,01 | 0,53 |
| Abundância floresta ciliar | Umidade + temperatura 1 mês antes | 0,01 | 0,48 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Umidade 1 mês antes | 0,06 | 0,19 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Umidade 2 meses antes | 0,03 | 0,23 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Umidade 1 mês antes + 2 meses antes | 0,09 | 0,26 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Temperatura 1 mês antes | 0,01 | 0,28 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Temperatura 2 meses antes | 0,02 | 0,25 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Temperatura 1 mês antes + 2 meses antes | 0,04 | 0,31 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Umidade + temperatura 1 mês antes | <0,01 | 0,56 |
| Abundância <i>Wy. (Pho.) n. sp.1</i> | Umidade + temperatura 2 meses antes | 0,04 | 0,41 |

Em negrito valores de $p < 0,05$.

4. Discussão

A identificação das espécies é fundamental para a compreensão não apenas da diversidade, mas também dos processos ecológicos, evolutivos e epidemiológicos estabelecidos nos ecossistemas naturais. Atualmente é crescente a necessidade de preservar as espécies existentes na biosfera, especialmente aquelas ameaçadas de extinção. E apesar de conhecer as espécies ser um pressuposto para preservá-las, a Caatinga é um bioma no qual a

fauna Culicidae permanece substancialmente desconhecida e subamostrada. Este é o primeiro artigo com registro dos resultados de estudo sistemático desenvolvido em área de conservação exclusivamente do bioma Caatinga.

Neste estudo foram identificadas pelos menos 22 espécies de mosquitos adultos, das quais treze são comuns a outros tipos de bioma, com características climáticas bem distintas das observadas no semiárido brasileiro, como Mata Atlântica e Floresta Amazônica. Outras sete espécies (35% do total de espécies identificadas) – *Hg. (Hag.) spegazzinii* n. sp.1, *Cx. (Mcx.) Gr. Imitator* n. sp.1, *Cx. (Mcx.) xenophobus* n. sp.1, *Cx. (And.)* n. sp.1, *Wy. (Pho.)* n. sp.1, *Ru.* n. sp.1 e *Wy.* n. sp.1 – são desconhecidas para a ciência e provavelmente endêmicas do bioma Caatinga.

O registro de pelo menos dez espécies de mosquitos adultos cujas formas imaturas se desenvolvem caracteristicamente em coleções hídricas de solo, sugere que esse tipo de criadouro é importante para a produção de mosquitos na Caatinga. No entanto, a inexistência, na ESEC Raso da Catarina, de cursos de água naturais, nascentes ou qualquer forma de afloramento do lençol freático, nem mesmo nos curtos períodos chuvosos, somada a altas temperaturas, durante grande parte do ano (Paes e Dias, 2008), configuram um panorama que afeta sobremaneira a formação e manutenção de criadouros dessas espécies e interfere na dinâmica dos níveis de infestação por mosquitos adultos no bioma.

Desta forma, embora espécies características de criadouros de solo componham a fauna de mosquitos da Caatinga, elas aparecem em baixa densidade na ESEC Raso da Catarina. Estas espécies correspondem a quase metade dos táxons encontrados nas amostras, contudo, representaram 4% da abundância geral de mosquitos coletados, possivelmente em consequência da característica efêmera dos criadouros de solo no bioma, que limita o desenvolvimento das formas imaturas dessas espécies de mosquitos. Em levantamento da fauna de mosquitos adultos de hábitos diurno e noturno realizado em área de transição

Caatinga-Cerrado no estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil, as espécies *Ae. (Och.) scapularis*, *Ma. (Man.) humeralis*, *Ma. (Man.) indubitans*, *Ma. (Man.) pseudotitilans* e *Ma. (Man.) titilans*, todas características de criadouros de solo, representaram 11% (5/45) das espécies coletadas e 66% (7.484/11.291) da abundância total de mosquitos (Santos et al., 2015), o que reflete a existência de criadouros permanentes e não se harmoniza com a paisagem semiárida da área de conservação do bioma Caatinga.

A composição da fauna de mosquitos em determinada área pode refletir o processo de degradação imposto pela ação antrópica no ambiente. O registro de *Ae. (Och.) scapularis*, por exemplo, está associado a áreas impactadas devido ao caráter sinantrópico desta espécie que se apresenta abundante em áreas modificadas e rara em florestas nativas (Forattini et al., 1995, 1978; Dorviillé, 1996; Taípe-Lagos e Natal, 2003). Neste levantamento entomológico foi raro o registro de *Ae. (Och.) scapularis*, o que pode ser indicador de ambiente pouco impactado, visto tratar-se de uma área preservada, ou a baixa densidade desta espécie pode ser consequência da sua dinâmica natural na Caatinga, uma vez que depende da formação de coleções hídricas de solo para estabelecer seus criadouros.

Exemplares de *Cx. (Cux.)* sp. e *Cx. (Mel.)* sp. não tiveram a identificação até o nível de espécie devido à limitação de ter disponível apenas características da morfologia externa das fêmeas adultas para análise, o que dificultou a segura identificação específica, especialmente para os exemplares de *Cx. (Cux.)* sp. (Almirón e Harbach, 1996). Além disso, deve-se considerar a elevada probabilidade de se tratarem de espécies desconhecidas da ciência.

A investigação dos parâmetros de diversidade alfa para o período de estudo revelou valores médios e máximos dos índices de Shannon e Simpson maiores para a mancha florestal (Tabela 2), o que poderia sugerir maior uniformidade na distribuição das espécies, facilitando assim o encontro de espécies raras, quando comparado com a área de caatinga arbustivo-arbórea (Magurran, 2004; Melo, 2008). Corroborando isso, a análise gráfica da curva de

acúmulo de espécies indica maior riqueza na mancha florestal quando considerado o mesmo número de indivíduos para cada ambiente (Fig. 3). Todavia, embora a estimativa seja de que a mancha florestal apresente maior diversidade, não há diferença estatística significativa entre a diversidade baseada nos índices de Shannon e de Simpson das duas áreas. A sobreposição na variação dos valores dos índices de diversidade observados nas amostras de cada localidade indica que em diferentes períodos podem ser encontrados padrões de diversidade semelhantes ou mesmo inversos entre as áreas de estudo.

O registro de elevado número de espécies consideradas raras e acidentais (45%) revela que a metodologia utilizada neste estudo foi sensível para detectar espécies cujos indivíduos representavam menos de 1% da abundância total de mosquitos coletados nas amostras. Essa quantidade de espécies raras se reflete nos valores dos índices de diversidade de Shannon e de Simpson. O primeiro atribui maior valor à riqueza de espécies, logo, para ele, o registro de espécies raras tem maior peso proporcional, visto que não faz distinção entre espécies muito abundantes e espécies extremamente raras. Já para o índice de Simpson, que dá maior ênfase à equabilidade, as espécies raras têm menor valor proporcional (Magurram, 2004). Em contrapartida ao elevado número de espécies raras, um único táxon, *Wy. (Pho.) n. sp.1*, foi responsável por 71,68% (n=3.363) da abundância total de mosquitos adultos, e a presença de espécies muito dominantes tende a refletir menor diversidade no ambiente. Todavia, é possível que este táxon envolva não apenas uma espécie, mas sim um grupo de espécies diferenciáveis apenas pelas características morfológicas dos imaturos ou da genitália do macho, formas que não estavam disponíveis para análise neste estudo.

Durante o estudo não foram observados período seco ou período chuvoso bem determinados na região da UC. A precipitação acumulada mensal mostrou-se irregular, com meses de chuva alternados com meses secos, mas sem estações definidas. Assim, embora os valores da precipitação média mensal e do acumulado anual registrados durante o estudo

estejam dentro do padrão observado para a localidade (INMET), a distribuição do acumulado mensal no período do estudo parece atípica quando consideradas as médias mensais dos 22 anos que antecedem a pesquisa (Figura 4). Contudo, a precipitação média mensal é muito influenciada pelos extremos dos dias muito chuvosos e dias secos de cada mês, e a irregularidade é uma característica marcante do bioma Caatinga quando se tratam de variáveis meteorológicas. Além disso, apesar das chuvas parecerem mais bem distribuídas, a precipitação média mensal durante todo o estudo apresentou valores abaixo do limiar de 100 mm/mês que caracteriza a época de estiagem em florestas tropicais secas (Sánchez-Azofeifa et al., 2005). No entanto, vale ressaltar que a estação da qual foram usados os registros das variáveis meteorológicas, embora seja a mais próxima, não está localizada dentro da UC. Assim, apesar de os dados serem representativos para a região, especialmente no entorno da ESEC, podem ser diferentes do observado dentro da UC, inclusive não permitindo obter dados para áreas específicas dentro da unidade, como a mancha florestal.

A investigação da força de associação entre as variáveis meteorológicas e a abundância de mosquitos adultos mostrou o quanto a interação entre a umidade e a temperatura registradas no mês anterior às coletas pode influenciar na produção de mosquitos adultos na Caatinga, em detrimento da precipitação acumulada no mesmo período. É sabido que o ciclo de vida dos mosquitos é dependente de água, sobretudo para o desenvolvimento das formas imaturas. Logo, a precipitação é essencial para a formação de criadouros naturais de mosquitos no ambiente silvestre. Porém, em bioma como a Caatinga, caracterizado por condições climáticas extremas, a precipitação pode ser pouco determinante para a produção de mosquitos adultos se não houver fatores, como temperatura reduzida e aumento na umidade, que diminuam a taxa de evaporação e favoreçam o acúmulo da água das chuvas para estabelecimento e manutenção dos criadouros. Desta forma, mesmo se ocorrer precipitação, mas a água das chuvas não for armazenada por tempo suficiente, o ciclo de vida

dos mosquitos será interrompido e não haverá tempo para que os imaturos alcancem a fase adulta.

A temperatura e a umidade são fatores abióticos que interferem no ciclo de vida dos mosquitos influenciando em aspectos como a longevidade das fêmeas (Tsuda e Tagaki, 2001; Strickman, 2006; Harrington et al., 2008) e a eclosão e viabilidade dos ovos (Dellate et al., 2009). Estudos realizados com *Ae. (Stg.) aegypti*, espécie de ampla distribuição geográfica e, portanto, sujeita a diferentes condições ambientais, revelaram que pequenas variações nos valores da umidade e da temperatura podem afetar a biologia e a ecologia das populações desta espécie. Temperaturas altas e baixa umidade refletiram em menores taxa de oviposição, de sobrevivência dos adultos e de fecundidade das fêmeas, o que interfere na dinâmica populacional reduzindo a densidade de mosquitos no ambiente (Canyon et al., 1999; Miciele e Campos, 2003; Costa et al., 2010). O decréscimo da oviposição pode estar relacionado ao custo reprodutivo, uma vez que, sob condições ambientais estressantes, os nutrientes que seriam destinados à produção de ovos foram investidos na sobrevivência dos indivíduos (Chadee, 1997).

A fauna de mosquitos adultos observada na ESEC Raso da Catarina está fortemente relacionada à oferta de criadouros naturais, de modo que a fitofisionomia do ambiente é decisiva na determinação da abundância e da riqueza específica de mosquitos adultos. A abundância total de mosquitos na área de caatinga arbustivo-arbórea (n=3.493; 74,4%) foi expressiva devido à grande oferta de bromélias de solo que são utilizadas como criadouros das formas imaturas dos mosquitos, diferente do observado na mancha florestal (n=1.199; 25,6%), onde as bromélias são epífitas e presentes em menor número. Em contrapartida, na mancha florestal, caracterizada pela presença de árvores de maior porte e em maior quantidade que no restante da UC, a oferta de ocos de árvore capazes de funcionar como criadouros de formas imaturas de mosquitos é maior. Dessa forma, não somente a abundância,

mas também a composição de espécies de mosquitos adultos refletiu a influência da fitofisionomia. Na área de caatinga arbóreo-arbustiva predominam os sabetíneos, que se desenvolvem especialmente em bromélias (Mocellin et al., 2009; Cardoso et al., 2015; Ceretti-Junior et al., 2016), enquanto na mancha florestal a espécie mais dominante foi *Hg. (Con.) leucocelaenus*, que utiliza ocos de árvores como criadouro natural (Silva e Lozovei, 1999; Alencar et al., 2010; Medeiros-Sousa et al., 2015). Assim, a heterogeneidade ambiental é importante fator preditor dos padrões de diversidade de mosquitos e está associada à disponibilidade de habitats larvários para a fauna de culicídeos (Chaves et al., 2011).

A mancha florestal, a princípio, sugeria maior abundância e riqueza de mosquitos. Neste ambiente, os efeitos da aridez eram menos evidentes e, assim, ofereciam um microclima diferenciado. De modo geral, a abundância e as atividades dos insetos são vulneráveis a flutuações sazonais severas, como caracteristicamente é observado na Caatinga (Vasconcellos et al., 2010). No entanto, mesmo com condições ambientais menos hostis, a diversidade de mosquitos não se destacou na mancha florestal e a abundância de mosquitos foi significativamente inferior àquela observada na área de caatinga arbóreo-arbustiva, onde a vegetação é baixa, pouco densa e o ambiente mais exposto à aridez do clima. Assim, é possível que a fitofisionomia, através dos criadouros naturais que oferece, exerça maior influência na abundância de mosquitos que as variáveis meteorológicas. Sem reservatórios naturais onde a água das chuvas possa ser acumulada e mantida, a precipitação sozinha será pouco determinante para a fauna de mosquitos adultos no bioma Caatinga, o que reforça o padrão encontrado de associação da abundância de mosquitos às variáveis meteorológicas e também explica a baixa densidade de espécies cujas formas imaturas se desenvolvem em criadouros de solo, dado o elevado déficit hídrico que restringe a formação de áreas de brejos e alagadiços, além dos escassos períodos em que as chuvas são constantes.

A distribuição da abundância de mosquitos ao longo dos três horários da armadilha de Shannon também reflete a influência dos criadouros naturais proporcionados pela fitofisionomia da área. O primeiro horário, das 17h00 às 18h00, apresentou o maior número de mosquitos. Nesse momento, os mosquitos sabetíneos, criados em bromélias e caracteristicamente de hábito diurno, ainda estavam ativos e representaram 81% das espécies coletadas. Nos horários seguintes, com a redução dos sabetíneos, houve diminuição também da abundância total por horário, sendo os eventos de captura esporádicos, sobretudo das 19h00 às 20h00.

Durante o período de estudo, os meses mais chuvosos não foram, necessariamente, os mais quentes, como em outros ecossistemas. Na Caatinga, a amplitude térmica diária é em torno de 12° C, especialmente nos meses mais quentes, quando a temperatura é alta durante o dia e diminui muito na madrugada (Almeida e Figueiroa, 1983). Durante o período de estudo, porém, a amplitude térmica das médias mensais da temperatura compensada foi de 5,4° C. Assim, embora a temperatura não tenha variado muito ao longo dos meses de estudo, a amplitude diária mostra que as populações de mosquitos da Caatinga apresentam adaptações para sobreviver nessas condições de variação na temperatura no curto espaço de tempo de um dia.

O registro da fauna Culicidae em área de conservação do bioma Caatinga contribui para o conhecimento da valência ecológica de espécies como *Ae. (Och.) scapularis*, *Ae. (How.) fulvithorax*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Cx. (Cux.) nigripalpus*, *Ur. (Ura.) lowii*, *Ma. (Man.) indubitans*, *Ae. (Pro.) terreus*, *An. (Nys.) sawyeri*, *An. (Nys.) oryzalimnetes* e *Anopheles (Nys.) triannulatus* pois embora sejam comuns em ambientes de condições climáticas mais favoráveis, como a Mata Atlântica nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Alencar et al., 2015; Paula et al., 2015; Cardoso et al., 2011) e a Floresta Amazônica no Norte do país (Hutchings et al., 2011, 2013), estas espécies apresentam a capacidade de se

desenvolver também em ambiente sujeito a condições ambientais extremas, atingindo a fase adulta, responsável pela reprodução e dispersão dos mosquitos.

Os valores da precipitação mensal e do acumulado anual registrados na Caatinga durante o período de estudo foram bem inferiores aos observados em biomas tropicais úmidos como Mata Atlântica e Floresta Amazônica. Na região amazônica, o clima é quente e úmido e a precipitação média anual é de aproximadamente 2.300 mm, embora cheguem a ser registrados 3.500 mm/ano em algumas regiões de fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela. Além disso, não existe estação seca e, nos períodos de maior precipitação, são registrados até 900 mm/mês (Fisch et al, 2006). Já na Mata Atlântica, onde o clima predominante é o tropical úmido, as áreas costeiras recebem grandes quantidades de chuva durante todo o ano, podendo atingir 4.000 mm anuais (Hueck, 1972; Câmara, 2003).

A sobrevivência das populações depende das adaptações, selecionadas ao longo do processo evolutivo, que conferem a habilidade de resistir às condições e características do ambiente. Este ajustamento depende tanto de mecanismos endógenos, próprios dos organismos que compõem as populações, quanto exógenos, relativos aos estímulos do meio, o que é decisivo no processo de evolução, resultando em caracteres de ordem morfológica, fisiológica e comportamental que propiciam a capacidade de sobrevivência ou aptidão, em nível individual e populacional (Forattini, 1996). Dessa forma, entre as espécies de mosquitos encontradas na Caatinga, sobretudo aquelas desconhecidas para a ciência e possivelmente endêmicas do bioma, pode ter ocorrido seleção diferenciada de aptidão que lhes permitiu explorar os recursos disponíveis de acordo com as necessidades biológicas de cada estágio do ciclo de vida dos mosquitos (Vellend, 2010). Do ponto de vista ecológico, cada espécie de mosquito representa duas populações distintas, ocupando ecótopos diferentes e uma sucedendo à outra, com a fase imatura em ambiente aquático seguida do estágio dos adultos em ambiente terrestre (Forattini, 1996). Logo, a seleção de mecanismos de sobrevivência

específicos, nos diferentes estágios de desenvolvimento dos mosquitos, é determinante para o sucesso das espécies em ambiente caracterizado pela irregularidade das chuvas, associada à escassez hídrica e de alimentos em determinados períodos do ano.

Em ambientes como a Caatinga, não apenas as populações de mosquito podem apresentar adaptações que lhes permitem sobreviver diante das extremas flutuações sazonais. Em situações nas quais as espécies de mosquitos vetores estão disponíveis apenas em períodos específicos, populações de parasitas também podem apresentar estratégias de sobrevivência, selecionadas durante o processo evolutivo, que possibilitam oportunidades sazonais de transmissão. Estudos desenvolvidos com parasitas da malária mostram que esses patógenos providos de mecanismos capazes de detectar a disponibilidade de mosquitos, a partir de percepções das alterações ambientais, e assim podem responder ativando o investimento na transmissão, com aumento na taxa de replicação, por exemplo. Esta plasticidade fenotípica, embora represente um custo, evita o desperdício de recursos durante períodos em que o investimento na transmissão não seria recompensado (Reece e Mideo, 2014). É possível que estratégias similares de sobrevivência tenham sido selecionadas, ao longo do processo evolutivo, em populações de outros tipos de patógenos, como cepas de diferentes arbovírus.

É relevante o papel epidemiológico dos culicídeos como vetores biológicos de diferentes tipos de patógenos, sobretudo arbovírus. Neste estudo foram identificadas para a área de Caatinga as seguintes espécies de importância médico-epidemiológica: *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *An. (Nys.) oryzalimnetes* e *Ae. (Och.) scapularis*, sendo a primeira dominante na área estudada. Todavia, 35% da riqueza é composta de espécies novas para a ciência e cuja competência vetorial não é conhecida.

O estudo da diversidade de mosquitos juntamente com a investigação da infecção por arbovírus é fundamental para avaliar o risco de transmissão de patógenos em bioma pouco

estudado como a Caatinga. A biodiversidade pode ter efeitos tanto positivos quanto negativos sobre o risco de doenças infecciosas. Assim, embora a perda de espécies possa reduzir a transmissão de patógenos, visto que pode reduzir a quantidade de agente etiológico e de hospedeiro e, conseqüentemente, diminuir a taxa de contato entre eles, o mais evidente é que a perda da biodiversidade resulte na emergência de doenças. Isto porque a preservação dos ecossistemas naturais e sua biodiversidade endêmica reduzem a prevalência de doenças através do efeito diluição, ou seja, o aumento da biodiversidade de vetores e hospedeiros menos competentes dilui o risco de infecção no hospedeiro final, o que pode resultar, inclusive, em interrupção do ciclo de transmissão (Keesing et al., 2010). Além disso, estudos mostram que comunidades com baixa diversidade de hospedeiros tendem a ser dominadas por espécies que amplificam os patógenos (Allan et al., 2009; Swaddle e Calos, 2008). Assim, comunidades de maior riqueza específica de mosquito estariam menos sujeitas ao risco de transmissão de arbovírus (Chaves et al., 2011).

Na Amazônia brasileira, o desmatamento provocado pela construção de estradas, incêndios e extração seletiva de madeira são fatores de risco para a ocorrência de malária nos municípios que compõem a região (Hahn et al., 2014). As perturbações ambientais provocadas pela interferência humana no ambiente natural contribuem para a redução da biodiversidade ao mesmo tempo em que favorecem a formação de criadouros de *Anopheles darlingi*, principal vetor de plasmódios na região, o que tende a aumentar sua abundância e, conseqüentemente, aumenta a incidência da malária em humanos (Vittor et al., 2009; Laporta et al., 2013). Portanto, o monitoramento ambiental é fundamental para preservação das espécies nos ecossistemas naturais e reforça a importância da preservação da biodiversidade da Caatinga e de estudos taxonômicos, genéticos e ecológicos para se conhecer a real diversidade de espécies e o papel que elas desempenham no bioma.

5. Conclusão

Na unidade de conservação do bioma Caatinga ESEC Raso da Catarina a riqueza observada de mosquitos adultos está representada por, pelo menos, 20 espécies distribuídas nos gêneros *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Haemagogus*, *Mansonia*, *Runchomyia*, *Uranotaenia* e *Wyeomyia*.

Ambientes com distintas fitofisionomias dentro da unidade de conservação não apresentaram diferença estatística significativa quanto aos índices de diversidade de Shannon e de Simpson, mas apresentam respostas diferentes para a variação da abundância de mosquitos ao longo das amostras. A abundância e a composição das espécies de mosquitos estão relacionadas à heterogeneidade ambiental, possivelmente devido às diferenças na oferta de criadouros naturais de cada localidade.

A interação entre as duas variáveis meteorológicas, umidade e precipitação registradas no mês anterior às coletas é o parâmetro ambiental de maior força de associação com a abundância de mosquitos adultos, enquanto a precipitação não está significativamente associada.

A riqueza em espécies desconhecidas para a ciência é indicativa do grau de endemismo existente na área. Além disso, a presença de espécies de mosquitos adultos cujas formas imaturas se desenvolvem em diferentes tipos de coleções hídricas reforça a necessidade de investigar a contribuição dos diversos tipos de criadouros para a produção de mosquitos adultos no bioma Caatinga.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), Edital 47/2010 SISBIOTA, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2014/26229-7 pelo apoio financeiro; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à FAPESP pela concessão de bolsa de doutorado a Letícia Silva Marteis e Antônio Ralph Medeiros de Sousa, respectivamente; e ao biólogo Aristides Fernandes pelo valioso auxílio na identificação dos espécimes coletados.

Referências

- Alencar J, Gil-Santana HR, Oliveira RFN, Dégallier N, Guimarães AE. 2010. Natural breeding sites for *Haemagogus* mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Brazil. *Entomol. News*, 121(4):393-396.
- Alencar J, Mello CF, Guimarães AÉ, Gil-Santana HR, Silva JS, Santos-Mallet JR, Gleiser RM. 2015. Culicidae Community Composition and Temporal Dynamics in Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil. *PloS one*, 10(3):e0122268.
- Allan BF, Langerhans B, Ryberg WA, Landesman WJ, Griffin NW, Katz RS et al. 2009. Ecological correlates of risk and incidence of West Nile virus in the United States. *Oecologia*, 155:699-708.

- Almeida MCB, Figueroa LA. 1983. Estação Ecológica Raso da Catarina – Bahia. Subprojeto: estudos geomorfológicos. Relatório de Pesquisa do Convênio Salvador: Sema/Minter/UFBA, 26p.
- Almirón WR, Harbach RE. 1996. Taxonomy and biological of *Culex (Culex) maxi* Dyar (Diptera: Culicidae) in South America. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 91(5):579-588.
- Aragão NC, Müller GA, Balbino VQ, Costa Junior CRL, Figueirêdo Júnior CS, Marcondes CB. 2010. A list of mosquito species of the Brazilian State of Pernambuco, including the first report of *Haemagogus janthinomys* (Diptera: Culicidae), yellow fever vector and 14 other species (Diptera: Culicidae). Rev. Soc. Bras. Med. Trop., 43(4):458-459.
- Bram RA. 1967. Classification of *Culex* subgenus *Culex* in the New World (Diptera, Culicidae). Proc. U.S. Nat. Hist. Mus., 120(3557):1-122.
- Câmara IG. 2003. Brief history of conservation in the atlantic forest. In: Galindo-Leal C, Câmara IG. The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook, chapter 4:31-42.
- Campos GS, Bandeira AC, Sardi SI. 2015. Zika Virus Outbreak, Bahia, Brazil. Emerg. Infect. Dis., 21(10):1885-1886.
- Canyon DV, Hii JLK, Müller R. 1999. Adaptation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition behavior in response to humidity and diet. J. Insect Physiol., 45:959-964.
- Capobianco JPR. 2002. Artigo Sobre os Biomas Brasileiros. In: Camargo A, Capobianco JPR, Oliveira JAP (Orgs.). Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92. Estação Liberdade/Instituto Socioambiental/Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.
- Cardoso CAA, Lourenço-de-Oliveira R, Codeço CT, Motta MA. 2015. Mosquitoes in bromeliads at ground level of the Brazilian atlantic forest: the relationship between

mosquito fauna, water Volume, and plant type. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 108(4):449-458.

- Cardoso JDC, Paula MB, Fernandes A, Santos E, Almeida MAB, Fonseca DF, Sallum MAM. 2011. Ecological aspects of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an Atlantic forest area on the north coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *J. Vector Ecol.*, 36(1):175-186.
- Castelleti CHM, Silva JMC, Tabarelli M, Santos AMM. 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (Orgs.). *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 91-100.
- Castro R, Reed GP, Ferreira MSL, Amaral AOM. 2003. Caatinga: um bioma brasileiro desprotegido. In: *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*. Fortaleza: Editora UFC.
- Ceretti-Junior W, Christe RO, Rizzo M, Strobel RC, Matos Junior MO, Mello MHSH, Fernandes A, Medeiros-Sousa AR, Carvalho GC, Marrelli MT. 2016. Species Composition and Ecological Aspects of Immature Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Bromeliads in Urban Parks in the City of São Paulo, Brazil. *J Arthropod-Borne Dis*, 10(1):102–112.
- Chaves LF, Hamer GL, Walker ED, Brown WM, Ruiz MO, Kitron UD. 2011. Climatic variability and landscape heterogeneity impact urban mosquito diversity and vector abundance and infection. *Ecosphere*, 2(6):1-21.
- Chadee DD. 1997. Effects of forced egg-retention on the oviposition patterns of female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Bulletin of Entomological Research* 87:649–651.
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9 and earlier 2011. User's guide and application. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>. Acesso em: 19 out 2015.

- Consoli RAGB, Lourenço-de-Oliveira R. 1994. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ.
- Correa RR, Ramalho GR. 1956. Revisão de *Phoniomyia* Theobald, 1903 (Diptera, Culicidae, Sabethini). Folia Clinica Biologica, 25(1):1-176.
- Costa EAPA, Santos EMM, Correia JC, Albuquerque CMR. 2010. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). Rev. Bras. Entomol., 54(3):488-493.
- Deane LM, Causey OR, Deane MP. 1948. Notas sobre a distribuição e a Biologia dos anofelinos das Regiões Nordeste e Amazônica do Brasil. Revista do Serviço Especial de Saúde Pública, 4:827-966.
- Dellate H, Gimonneau G, Triboire A, Fontenille D. 2009. Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of Chikungunya and dengue in the Indian Ocean. J. Med. Entomol., 46(1):33-41.
- Dorvillé LFM. 1996. Mosquitoes as bioindicators of forest degradation in southeastern Brazil, a statistical evaluation of published data in the literature. Stud Neotrop Fauna E, 31:68-78.
- Ferreira E. 1964. Distribuição geográfica dos anofelinos no Brasil e sua relação com o estado atual da erradicação da malária. Rev. Bras. Malariol. Doenças Trop., 329-348.
- Fisch G, Marengo JA, Nobre CA. 2006. Clima da Amazônia. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática - Edição Comemorativa, v.10.
- Forattini OP. 1962. Entomologia médica: parte geral, Diptera, Anophelini. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, v.1.
- Forattini OP. 1965a. Entomologia médica: Culicini: *Culex*, *Aedes* e *Psorophora*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1965. v.2.

- Forattini OP. 1965b. Entomologia médica: Culicini: *Haemagogus*, *Mansonia*, *Culiseta*. Sabethini. Toxorhynchitini. Arboviroses. Filariose bancroftiana. Genética. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.3.
- Forattini OP, Gomes AC, Galati EAB, Rabelo EX, Iversson LB. 1978. Estudos ecológicos sobre mosquitos Culicidae no Sistema da Serra do Mar, Brasil. 1 - Observações no ambiente extradomiciliar. Rev. Saúde Públ.,12:297-325.
- Forattini OP, Kakitani I, Massad E, Marucci D. 1995. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and antropic environment. 9- Synanthropy and epidemiological vector role of *Aedes scapularis* in South-Eastern Brazil. Rev Saúde Pública, 29:199-207.
- Forattini OP. 1996. Culicidologia médica, princípios gerais, morfologia, glossário taxonômico. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.1.
- Forattini OP. 2002. Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.2.
- Harbach RE. 2013. Traditional Mosquito Classification, September. Mosquito Taxonomic Inventory. Disponível em: <http://www.wrbu.org/mq_TradClass201308.html>. Acesso em 19 out 2015.
- Harrington LC, Evermeylen F, Jones JJ, Kitthawee S, Sithiprasasna R, Edman JD, Scott TW. 2008. Age-dependent survival of the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Demonstrated by Simultaneous Release-Recapture of Different Age Cohorts. J. Med. Entomol., 45(2):307-313.
- Hahn MB, Gangnon RE, Barcellos C, Asner GP, Patz JA. 2014. Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the Brazilian Amazon. PloS one 9(1): e85725.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 19 out 2015.

- Hauff SN. 2008. Unidades de conservação e terras indígenas do bioma Caatinga. The Nature Conservancy e Ministério do Meio Ambiente.
- Hueck K. 1972. As florestas da América do Sul. São Paulo, Editora Polígono: 206-239.
- Hutchings RSG, Sallum MAM, Hutchings RW. 2011. Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity of a forest-fragment mosaic in the Amazon rain forest. *J. Med. Entomol.*, 48(2):173-187.
- Hutchings RSG, Honegger RWH, Sallum MAM. 2013. Culicidae (Diptera: Culicomorpha) from the central Brazilian Amazon: Nhamundá and Abacaxis Rivers. *Zoologia (Curitiba)*, 30(1):1-14.
- Keesing F, Belden LK, Daszak P, Dobson A, Harvell CD, Holt RD, Hudson P, Jolles A, Jones KE, Mitchell CE, Myers SS, Bogich T, Ostfeld RS. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468:647-652.
- Lane J, Cerqueira NL. 1942. Os Sabetíneos da América (Diptera: Culicidae). *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo*, 3:473-849.
- Laporta GZ, Lopez de Prado PI, Kraenkel RA, Coutinho RM, Sallum MAM. 2013. Biodiversity can help prevent malaria outbreaks in tropical forests. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 7(3): e2139.
- Lindoso JA, Lindoso AA. 2009. Neglected tropical diseases in Brazil. *Rev Inst Med Trop. São Paulo*, 51(5):247-253.
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Marques GRAM, Gomes AC. 1997. Comportamento antropofílico de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) na região do Vale do Paraíba, sudeste do Brasil. *Rev. Saúde Públ.*, 31(2):125-130.
- Marteis LS, Sallum MAM, Natal D, Oliveira TMP, Gama RA, Dolabella SS, Santos RLC. 2015. First Record of *Anopheles oryzalimnetes*, *Anopheles argyritarsis*, and *Anopheles*

- sawyeri* (Diptera: Culicidae) in the Caatinga Biome, Semiarid Scrubland of Sergipe State, Brazil. *J. Med. Entomol.*, 52(5):858–865.
- Medeiros AS, Marcondes CB, Azevedo PRM, Jerônimo SM, Macedo, Silva VP, Ximenes MFFM. 2009. Seasonal variation of potential flavivirus vectors in an urban biological reserve in northeastern Brazil. *J. Med. Entomol.*, 46:1450-1457.
- Medeiros-Sousa AR, Ceretti-Júnior W, Carvalho GC, Nardi MS, Araujo AB, Vendrami DP, Marrelli MT. 2015. Diversity and abundance of mosquitoes (Diptera:Culicidae) in an urban park: Larval habitats and temporal variation. *Acta Tropica*, 150:200–209.
- Mieli MV, Campos RE. 2003. Oviposition activity and seasonal pattern of a population of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in subtropical Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 98(5):659-663.
- Melo AS. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade. *Biota Neotropica*. 2008; 8(3):21-27.
- Mocellin MG, Simões TC, Nascimento TFS, Teixeira MLF, Lounibos LP, Lourenço-de-Oliveira R. 2009. Bromeliad-inhabiting mosquitoes in an urban botanical garden of dengue endemic Rio de Janeiro. Are bromeliads productive habitats for the invasive vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*? *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 104(8):1171-1176.
- Mogi M, Yamamura NY. 1981. Estimation of the attraction range of a human bait for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) adults and its absolute density by a new removal method applicable to populations with immigrants. *Res. Popul. Ecol.*, 23:328-343.
- Ott AP, Carvalho GS. 2001. Comunidade de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha) de uma área de campo do município de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotrop. Entomol.*, 30:233-243.

- Paes MLN, Dias IFO. 2008. Plano de manejo: Estação Ecológica Raso da Catarina. Brasília: Ibama, 32p.
- Paula MB, Fernandes A, Medeiros-Sousa AR, Ceretti-Júnior W, Christe R, Stroebel RC, Pedrosa L, Almeida RMMS, Carvalho GC, Pereira UD, Jacintho MCO, Natal D, Marrelli, MT. 2015. Mosquito (Diptera: Culicidae) fauna in parks in greater São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, 15(3):1-9.
- Prado D. 2003. As caatingas da América do Sul. *In*: Leal IR, Tabarelli M e Silva JMC (Eds). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife: 3-73.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>.
- Rebêlo JMM, Moraes JLP, Alves GA, Leonardo FS, Rocha RV, Mendes WA, Costa E, Câmara LEMB, Silva MJA, Pereira YNO, Mendonça JAC. 2007. Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, 23(12):2959-2971.
- Reece SE, Mideo N. 2014. Malaria parasites prepare for flight. *Trends Parasitol.*, 30(12):551-553.
- Reinert JF. 2001. Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 17:51-55.
- Reis M, Muller GA, Marcondes CB. 2010. Inventário de mosquitos (Diptera: Culicidae) da Unidade de Conservação Ambiental Desterro, Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Biota Neotrop.*, 10(3):333-337.

- Sánchez-Azofeifa GA, Quesada M, Rodríguez JP, Nassar JM, Stoner KE, Castillo A, Garvin T, Zent EL, Calvo-Alvarado JC, Kalacska MER, Fajardo L, Gamon JA, Cuevas-Reyes, P. 2005. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica*, 37(4):477-485.
- Santos AF, Andrade JA. 1992. Caracterização e delimitação do semi-árido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS.
- Santos CF, Silva AC, Rodrigues RA, Jesus JS, Borges MAZ. 2015. Inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in conservation units in Brazilian tropical dry forests. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, 57(3):227-232.
- Santos JC, Leal IR, Almeida-Cortez JS, Fernandes GW, Tabarelli M. 2011. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science*, 4:276-286.
- Silva JMC, Dinnot A. 1999. Análise da representatividade das unidades de conservação federais de uso indireto na Floresta Atlântica e Campos Sulinos. In: Pinto LP (coord.). Padrões de biodiversidade da Mata Atlântica do Sul e Sudeste. Campinas, São Paulo: 1-16.
- Silva MAN, Lozovei AL. 1999. Ocorrência de *Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus* (Dyar & Shannon) e *Toxorhynchites (Lynchiella) theobaldi* (Dyar & Knab) em ocos de árvore em Capão de Mata, Curitiba, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 16(Supl.1):257-267.
- Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Villa Nova NA. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba: Ceres, 419p.
- Strickman D. 2006. Longevity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) compared in cages and field under ambient conditions in rural Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*, 37(3):456-462.

- Swaddle J, Calos P. 2008. Increased avian diversity is associated with lower incidence of human West Nile infection: observation of the dilution effect. *PloS one*, 3(6):e2488.
- Tabarelli M, Silva JMC, Santos AM. 2000. Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar. In: Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco, 13p.
- Taípe-Lagos BC, Natal D. 2003. Abundância de culicídeos em área metropolitana preservada e suas implicações epidemiológicas. *Rev. Saúde Pública*, 37:275-279.
- Tsuada Y, Tagaki M. 2001. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. *Environ. Entomol.*, 3(5):855-860.
- Turrini T, Knop E. 2015. A landscape ecology approach identifies important drivers of urban biodiversity. *Global Change Biol.*, 21(4):1652–1667.
- Varjão RR, Jardim JG, Conceição ADS. 2013. Rubiaceae Juss. de caatinga na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*, 13:105-123.
- Vasconcellos A, Andreazze R, Almeida AM, Araújo HFP, Oliveira ES, Oliveira U. 2010. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Rev. Bras. Entomol.*, 54(3):471–476.
- Vasconcelos PFC, Travassos da Rosa APA, Rodrigues SG, Travassos da Rosa ES, Dégallier N, Travassos da Rosa JFS. 2001. Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad. Saúde Pública*, 17(Suppl.):S155-S164.
- Vellend M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review Of Biology*, 85(2):183-206.

- Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGS (Ed). 2002. Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga. Recife: PNE Associação Plantas do Nordeste: Instituto de Conservação Ambiental, 76p.
- Vieira MACS, Romano APM, Borba AS, Silva EVP, Chiang JO, Eulálio KD, Azevedo RSS, Rodrigues SG, Almeida-Neto WS, Vasconcelos PFC. 2015. Case Report: West Nile Virus Encephalitis: The First Human Case Recorded in Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 93:377-379.
- Vittor AY, Pan W, Gilman RH, Tielsch J, Glass G, Shields T, Sánchez-Lozano W, Pinedo VV, Salas-Cobos E, Flores S, Patz JA. 2009. Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 81(1):5-12.
- WRBU, Walter Reed Biosystematics Unit. 2015. Systematic catalog of Culicidae. Washington, USA. Disponível em: <<http://www.mosquitocatalog.org/default.aspx?pgID=2>>. Acesso em 28 out 2015.
- Xavier SH, Calabria PV, Cerqueira E, Matos SS. 1979. Geographical Distribution of Culicinae in Brazil - V. State of Piauí (Diptera, Culicidae). *Mosquito Systematics*, 11(1):1-10.
- Xavier SH, Matos SS, Cerqueira E, Calabria PV. 1980. Geographical Distribution of Culicinae in Brazil - VI. State of Rio Grande do Norte (Diptera: Culicidae). *Mosquito Systematics*, 12(3):356-366.
- Xavier SH, Matos SS, Calabria PV, Cerqueira E. 1983. Geographical Distribution of Culicinae in Brazil - VII. State of Ceará (Diptera, Culicidae). *Mosquito Systematics*, 15(2):127-140.
- Xavier SH, Matos SS. 1989. Lista das espécies e gêneros de culicídeos encontrados nos estados do Brasil. IX. Maranhão (Diptera, Culicidae). *Acta Amaz.*, 19:295-305.

Publicado no periódico Journal of Medical Entomology*

Marteis et al.: First record of *Anopheles*
mosquitoes in the Caatinga biome

Morphology, Systematics, Evolution

R. L. C. SANTOS
Departamento de Morfologia,
Universidade Federal de Sergipe, Avenida
Marechal Rondon, S/N, 49100-000, São
Cristóvão, SE, Brasil
Phone: 79 2105-6626
Fax: 79 2105-6626
E-mail: rlacorte@ufs.br

First record of *Anopheles oryzalimnetes*, *Anopheles argyritarsis* and *Anopheles sawyeri* (Diptera: Culicidae) in the Caatinga biome, semiarid scrubland of Sergipe state, Brazil

L. S. Marteis¹, M. A. M. Sallum¹, D. Natal¹, T. M. P. Oliveira¹, R. A. Gama², S. S. Dolabella³ and R. L. C. Santos³

1 Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, 01246-904, São Paulo, SP, Brasil.

2 Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Salgado Filho, S/N, 59078-900, Natal, RN, Brasil.

3 Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, S/N, 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil.

*Marteis LS, Sallum MAM, Natal D, Oliveira TMP, Gama RA, Dolabella SS, Santos RLC. 2015. First Record of *Anopheles oryzalimnetes*, *Anopheles argyritarsis*, and *Anopheles sawyeri* (Diptera: Culicidae) in the Caatinga Biome, Semiarid Scrubland of Sergipe State, Brazil. Journal of Medical Entomology, 52, 858–865.

ABSTRACT Caatinga is one of the least known biomes of Brazil in relation to biodiversity. The dry condition of semiarid areas has been associated in the past with low richness of fauna and flora, not encouraging studies in this region. There is a lack of mosquito records including anophelines. Thus, in order to investigate the biodiversity of *Anopheles* mosquitoes in the Caatinga biome we collected immature mosquitoes in aquatic habitats in a conservation reserve located in the northwestern portion of the State of Sergipe. The captured specimens were initially identified as *Anopheles albitarsis* l.s. and *An. argyritarsis* l.s. In order to confirm the morphological identification sequences were generated by cytochrome oxidase subunit I (COI) mitochondrial gene. The results showed that the specimens belong to the species *An. oryzalimnetes*, *An. argyritarsis* and *An. sawyeri*. These are the first records of these species in this region. The presence of *Anopheles* in Caatinga biome, which is characterized by arid and semiarid climatic conditions, encourages the interest in the study of biological, physiological, and behavioral adaptations, selected over time, which allow these mosquito populations survive through the long periods of drought characteristic of this region.

KEY WORDS *Anopheles*, Caatinga, mosquito distribution, semiarid, vector ecology.

RESUMO A Caatinga é um dos biomas menos conhecidos do Brasil em relação à biodiversidade. A característica semiárida da região contribuiu para a associação da seca à baixa riqueza de fauna e flora. Existe carência de registros de ocorrência de culicídeos incluindo os anofelíneos. Assim, a fim de investigar a biodiversidade de mosquitos do gênero *Anopheles* no bioma Caatinga, foram realizadas capturas de mosquitos imaturos em coleções hídricas de solo em uma área de conservação localizada na porção noroeste do Estado de Sergipe. Os espécimes capturados foram identificados inicialmente como *Anopheles albitarsis* l.s e *An. argyritarsis* l.s. Para confirmar a identificação específica foram geradas sequências do gene citocromo oxidase subunidade I (COI) do genoma mitocondrial. Os resultados mostraram que as amostras pertencem às espécies *An. oryzalimnetes*, *An. argyritarsis* e *An. sawyeri*. Estes são os primeiros registros das espécies na região. A presença de anofelíneos na Caatinga, bioma caracterizado por clima árido e semiárido, incentiva o interesse em estudar as adaptações biológicas, fisiológicas e comportamentais, selecionados ao longo do tempo, que permitem que essas populações de mosquitos sobrevivam durante períodos de estiagem prolongados, característicos desta região.

Introduction

Caatinga is a biome that occupies 11.7% of the Brazilian territory and 55% of the Northeast region (Tabarelli et al. 2000). Located in a semiarid region, Caatinga is characterized by high temperature, high solar radiation, low cloud cover and low relative humidity. The average annual rainfall varies from 214 to 1,500 mm, however, half of the region receives less than 750 mm annually, and in some central areas, precipitation does not reach 500 mm (Andrade-Lima 198, Prado 2003). Consequently the hydric deficit is high throughout the year (Trovão et al. 2007). These conditions limit the size and duration of the ground water reservoirs (Santos and Andrade 1992) and thus restrict the availability of habitats for immature stages of insects and other aquatic animals, including mosquitoes.

Similar to any other biome, Caatinga is vulnerable to anthropogenic degradation (Leal et al. 2005). The landscape in this ecosystem is characterized by forest fragments interspersed with areas dominated by livestock (Castelleti et al. 2004) and urban areas. Only 1.2% of the Caatinga area is strictly protected (Capobianco, 2002) with biodiversity conservation as its main objective. Caatinga biome is the least conserved ecosystem in relation to its total area in Brazil (Castro et al. 2003). The semiarid climate and the landscape had falsely led to the idea that this biome would harbor low richness of fauna and flora (Zanella and Martins 2003). However, because it is the least studied biome in Brazil, its biological diversity has been underestimated (Silva and Dinnouti 1999). The list of species of the Caatinga is incomplete and it is estimated that over 40% of its area has not been sampled and about 80% of the studied localities have been sub sampled (Tabarelli and Vicente 2004). Even with the lack of information about biodiversity compared with humid ecosystems such

as Atlantic Forest and Amazon, Caatinga biome remains scientifically neglected (Santos et al. 2011).

The mosquito biodiversity in the Caatinga is practically unknown. Regarding Anophelinae, the information available is scarce. Data from the fight against the invasive species identified at the time as *An. gambiae* Giles, and recently recognized as *An. arabiensis* Patton (Parmakelis et al. 2008) indicate the presence of various species of *Anopheles* mosquitoes in the Brazilian Northeast, but there were no precise indication of the collection sites (Deane et al. 1948, Ferreira 1964). Consequently, it is not possible to target any phytogeographic association from the published data. The few recent reports of northeast mosquito fauna are limited to coastal areas of the Atlantic Forest (Medeiros et al. 2009, Consuelo et al. 2010). The present study was performed to investigate the biodiversity of the species of *Anopheles* mosquitoes that inhabit the Caatinga biome and to accurately identify the Anophelinae species in this poorly studied region.

Materials and methods

Mosquito Sampling. Monthly collections of immature mosquitoes were made at the Monumento Natural Grota do Angico (09° 39 'S, 37 40' W), with a land area of 2,138 hectares. The Monumento Natural Grota do Angico is a state conservation reserve of the Caatinga biome located in the northwestern portion of the Sergipe state, between the cities of Poço Redondo and Canindé de São Francisco (Fig. 1). The reserve is classified as a strictly protected area with typical characteristics of the semiarid biome. The reserve is located at the top hinterland Sergipe and presents scarce and irregular rainfall with an annual historical

average of around 500 mm, resulting in periodic and severe droughts.

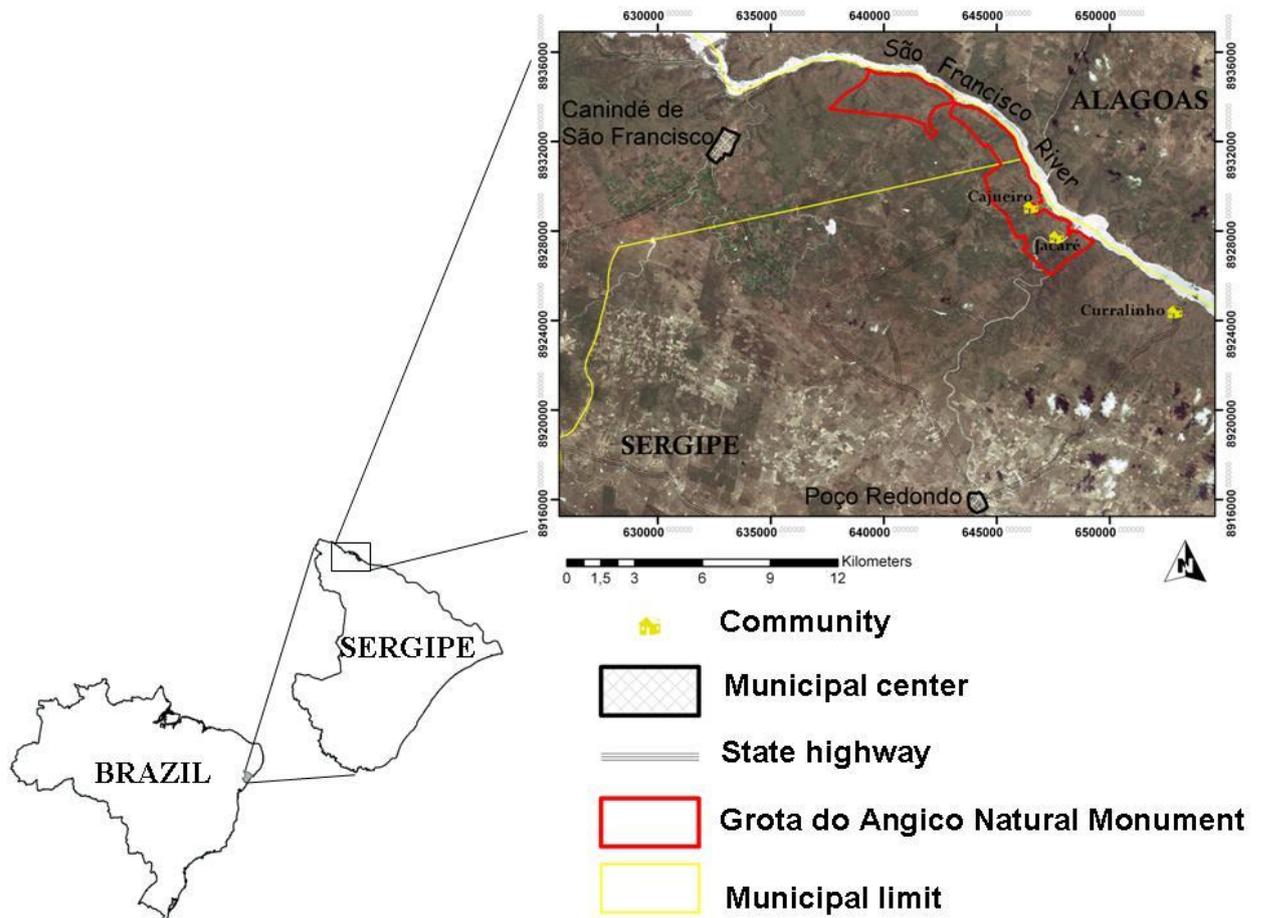


Figure 1. Map showing the geographical location of Monumento Natural Grota do Angico, Sergipe state, Brazil. Source: Ruiz-Esparza et al. 2011.

The area has a Mediterranean type climate, with dry summers and wet winters. Rainfall is concentrated between April to August, a period which coincides roughly with the local winter. According to the Information System of Water Resources of Sergipe state (SIRHSE), rainfall in the semiarid reaches values around 30 mm in the summer months, with high evaporation of 2,100 mm/year. The average annual temperature is 27 °C, ranging between 19 °C and 33 °C, reaching 43 °C during the dry summers. The relative humidity is on average 65%.

The sampling of larvae and pupae of *Anopheles* mosquitoes included habitats represented by temporary ground pools and water reservoirs, which collected water during the rainy season. Field collections were conducted within the limits of the Caatinga protected area both in areas of mature forest, with preserved vegetation, and in inhabited rural areas that were visibly impacted by human activities. A standardized pan with volume of 350 ml. was used to collect immature mosquitoes. In the ponds, two collectors sampled every meter (Ministry of Health 2006), in order to collect along the entire perimeter of the pond. All rocky depressions filled with water were sampled, with three dips per hole using a cup or a pan depending on the size, shape and volume of water. Larvae and pupae were collected from the pan or cup using Pasteur pipets until the limit of 50 specimens by hole and were transferred to plastic containers with a lid. Specimens were packed in polystyrene boxes and transported to the Laboratório de Entomologia e Parasitologia Tropical (LEPaT) at Universidade Federal de Sergipe. Larvae were maintained in the water of the respective habitats and fed TetraMarine Saltwater Granules® (Tetra GmbH Herrenteich, 78-49324 Melle - Germany) finely crushed and sieved. When a larva reached the fourth instar, it was separated to maintain an association between the adult mosquito and its larval and pupal exuviae. This enabled a comparison of male and female adults associated with their immature forms for accurate molecular identification.

During the months of July to September 2013, a total of 81 anophelines were collected and reared. From these, 35 survived until adults and provided suitable material for the taxonomic study, with life cycle stages associated. They were initially identified as *An. albitarsis* l.s. and *An. argyritarsis* l.s. Exuviae from larvae and pupae were mounted in slides and adult forms were sent for identification at the Laboratório de Sistemática Molecular, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Brazil where sequences of the

cytochrome oxidase subunit I (COI) mitochondrial gene were generated. All specimens were deposited in the entomological collection at the same laboratory.

COI mt DNA amplification and sequencing. Genomic DNA was extracted from 13 adult mosquitoes, selected randomly from 35, following the insect DNA extraction protocol provided by the QIAgen DNeasy® Blood and Tissue Kit (QIAgen Ltd., Crawley, UK). The primers LCO1490 (5' GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G 3') and HCO2198 (5' TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA 3') (Folmer et al. 1994) were used to amplify ~658 base pairs of the mitochondrial cytochrome subunit I (COI mtDNA). Each PCR reaction contained 1 µl DNA extraction solution, 1 × PCR buffer (Invitrogen), 1.5 mM MgCl₂ (Invitrogen), 0.1 µM of each primer, 200 µM each dNTPs (Amresco) and 0.625 U Taq Platinum polymerase (Invitrogen); and finalizing the volume to 25 µL with ultrapure water. PCR amplification protocol consisted of a 3-min denaturation at 94 °C and 35 cycles at 94 °C, 55 °C and 72 °C for 1 min each, followed by a 7 min extension at 72 °C.

Sequencing reactions were carried out in both directions using ABI Big Dye Terminator Kit v.3.2 (PE Applied Biosystems, Warrington, England) and the same set of primers employed for PCR amplification. Sequencing reactions consisted of 0.5 µL of Big Dye Terminator Ready Reaction Mix; , 1 x Sequencing Buffer (Applied Biosystems), 3.6 picomoles of each primer; 10 ng of PEG purified PCR product, ultrapure water up to 10 µL. Sequencing reactions were purified in Sephadex G50® columns (GE Healthcare). Sequences were analyzed on an ABI Prism 3130 - Avant Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, U.S.A.), and edited using Sequencher® for Windows version 5.1 (Gene Codes Corporation, Ann Arbor, USA).

Sequence data preparation and analysis. Sequences were edited using Sequencher™ version 5.1 (Genes Codes Corporation, Ann Arbor, Michigan) and aligned in CLUSTAL X (Larkin et al. 2007). *COI* sequence similarity, with those previously available in

GenBank, was assessed using BLAST search (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>). Template DNA was stored at -70 °C at Coleção Entomológica de Referência, Universidade de São Paulo, Brasil for future reference.

DNA sequences were translated into aminoacids with MacClade v 4.08a (Maddison and Maddinson 2005) using the appropriate genetic code to verify either the absence or presence of stop codons. Inspection of the alignments showed that *COI* gene had a reliable alignment and there was no evidence of stop codons in any sequence. Using Pairwise Kimura 2-Parameter (K2P) (Kimura, 1980) pairwise distances were calculated from the aligned *COI* barcode region, without outgroup, using MEGA software (Tamura et al. 2013). Trees were constructed under the Maximum Likelihood (ML) methods [66], as implemented in MEGA v6 (Tamura et al. 2013) using the K2P model. Statistical support was addressed using bootstrap analysis present in K2P model using a ML approach.

Results and Discussion

From July to September 2013, a total of 81 anophelines were collected in habitats represented by shallow artificial ponds built for animal water supplies. The ponds had approximately 94 meters of perimeter (Fig. 2). Immature mosquitoes were also found in shallow depressions and cavities on the rocks as well as from rock holes of varied shape and deepness. These habitats were transitory not or partially shaded and varying between 2 to 28 meters in perimeter (Fig. 3).



Figure 2. Larval and pupal habitats of *An. oryzalimnetes* in artificial water reservoirs in the Caatinga biome. On the left side are shown the semi permanent larval habitats that are present during rainy season. On the right side, the same habitats are shown during dry season, in Monumento Natural Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe state, Brazil, 2013.



Figure 3. Larval habitats of *An. sawyeri* and *An. argyritarsis* in rocky depressions of the Caatinga biome. On the left side are the ground habitats found in the rainy season, on right side, are the same habitats during the drought. Monumento Natural Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe state, 2013.

The *COI* barcode region was sequenced for 13 mosquitoes (GenBank accession codes KM456051 and KM456052). The *COI* sequences were consistent for 658 base pairs (bp) (excluding the primer regions). A FASTA search revealed that the *COI* barcode sequences belong to three species: *An. oryzalimnetes*, *An. argyritarsis*, and *An. sawyeri* Causey, Deane, Deane and Sampaio. Results of phylogenetic analyses confirmed that the all specimens of the same species clustered together in strongly supported monophyletic groupings representing the three species (Fig. 4). This is the first register of the presence of *An. oryzalimnetes*, *An. argyritarsis* and *An. sawyeri* in the Caatinga biome. In addition, we

found specimens of *An. triannulatus* Neiva and Pinto co-existing in the same habitat with *An. oryzalimnetes*. In contrast, *An. sawyeri* and *An. argyritarsis* were taken from water accumulated in rock depressions and holes during the raining season.

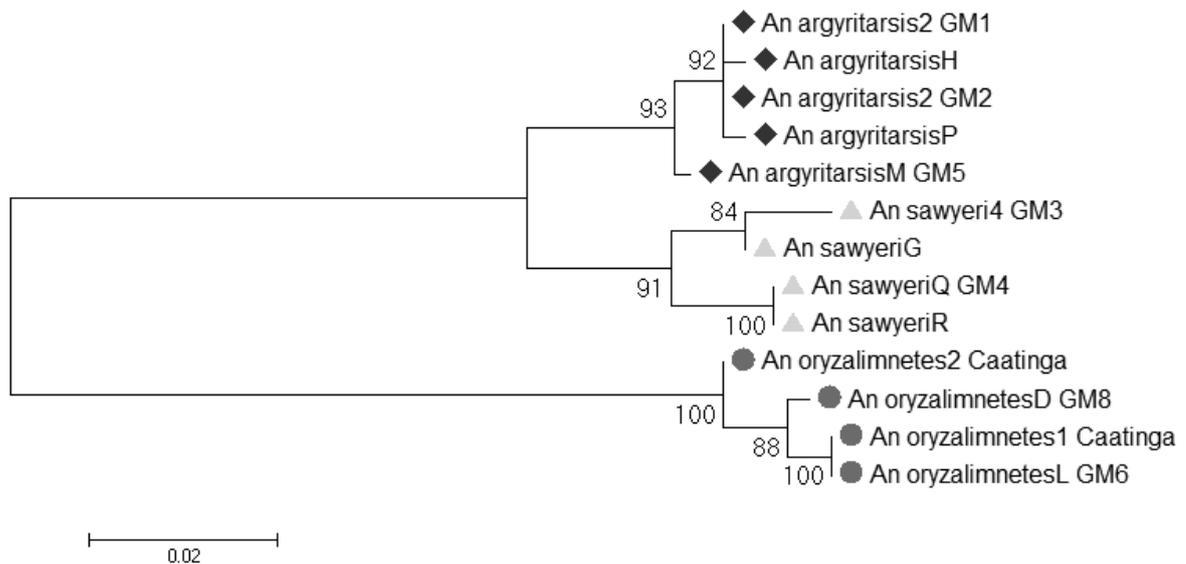


Figure 4. Maximum likelihood topology obtained under the K2P model for species of *Anopheles* genus found in the Caatinga biome. Statistical support for phylogenetic groups was calculated using bootstrap analysis under the K2P model. Numbers below the branches indicate the bootstrap support values for that specific group. Topology was unrooted.

Anopheles oryzalimnetes belongs to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* complex. This species has been commonly found in irrigated areas for rice cultivation (Forattini et al. 1995). This species has been recorded in the states of Espírito Santo, São Paulo, Pará, Paraná, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Pará and Rio de Janeiro (Foley et al. 2014), in Brazil. It has also been recorded in the municipality of Hernandierias, Paraguay (Wilkerson et al. 1995a, 1995b; Motoki et al. 2009). Because *An. oryzalimnetes* has been largely misidentified as *An. albitarsis*, its medical importance is unknown; however, females are anthropophilic (Motoki et al. 2009).

Mosquitoes of the *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* complex, except for *An. deaneorum* Rosa-Freitas, are indistinguishable by external morphological characteristics commonly used for identification. Thus, the use of molecular techniques for specific identification is required. Largely distributed in South America, where some species are involved in malaria transmission (Conn et al. 2002, Póvoa et al. 2006), the *Albitarsis* Complex comprises *An. albitarsis* Lynch Arribálzaga, *An. deaneorum*, *An. janconnae* Sallum and Wilkerson, *An. marajoara* Galvão and Daniels, *An. oryzalimnetes* Wilkerson and Motoki, *An. albitarsis* F, *An. albitarsis* G and *An. albitarsis* I (Foley et al. 2014), and mitochondrial lineage, *An. albitarsis* H (Ruiz-Lopes et al. 2012). Thus, the identification of morphologically similar species of epidemiological importance is a key step in entomological studies, since the species may have behavioral differences, including their susceptibility to infection by pathogens and response to control measures. Investigations in this direction have greater relevance when held in biomes little explored as the Caatinga.

Studies focusing on the influence of environmental and climate variables on habitats occupied by the immature life stages of *An. oryzalimnetes* revealed that the abundance of larvae and pupae can be positively associated with water parameters and exposure to sun light. Despite its wide distribution, *An. oryzalimnetes* does not seem to be tolerant of extreme environmental variation (McKeon et al. 2013). However, the consistent correlation between the abundance of *An. oryzalimnetes* and the chemical composition of water may indicate important local adaptation to more saline water and help explain the record of this species in ground pools present in soils under constant hydric stress as found in the Caatinga ecosystem. When compared to other species of the complex, *An. oryzalimnetes* is distinct with respect to its association with climate and environmental characteristics, suggesting the exploitation of a specific niche of slightly salt water, but not geographically limited.

Based on the current distribution of the species of *An. albitarsis* complex, the presence of *An. oryzalimnetes* in dry environments, similar to that found in the Caatinga, indicates that an adaptation that may have played a role in the evolution of this species (Foley et al. 2014). In addition, phylogenetic information on the ecological niche and the geological history of past climate scenarios can show habitat suitability standards of *Anopheles*, which helps to explain the factors involved in speciation of both *An. albitarsis* (Foley et al. 2014) and *An. sawyeri*.

Knowledge about the distribution of *An. sawyeri* is limited to few publications. The species was described in 1943 from specimens collected in Serra da Ibiapaba, near the city of São Benedito, Ceará state (Causey et al. 1943). Since then, only a single occurrence of the species was recorded in the urban area of Cerrado of São José do Rio Preto, north of São Paulo (Dibo et al. 2011). Serra de Ibiapaba comprises an ecoregion designated as “Brejos nordestinos de altitude” (Northeastern swamps of altitude), characterized by patches of Atlantic Forest within the Caatinga (Andrade-Lima 1966), which provides favorable conditions for maintenance of mosquito communities in contrast to the dry observed in the adjacent Caatinga.

The hydrology of the Caatinga, as well as the origin and evolutionary processes of the development of Brejos nordestinos, however, may help to explain the presence of *An. sawyeri* in the region. During the Upper Cretaceous, between 100 and 65 million years ago, South America was a large island containing a fragment of ancient Gondwana, precursor of the Atlantic Forest (Andrade-Lima 1982). During the Pleistocene period, from two million to 10,000 years ago, there were extreme climatic variations that caused changes in the paleo-environment, especially in the vegetation of northeastern Brazil (Andrade-Lima 1982). It is estimated that, with the binding of water in the northern hemisphere glaciers during the last ice age, sea level fell 140 meters, which resulted in the reduction of circulating water in the

atmosphere which led to decrease of precipitation and expansion of arid and semiarid areas (Andrade-Lima 1966). Thus, there was fragmentation of forests and the isolation of patches of Atlantic Forest that formed the “Brejos Nordestinos,” characterized as rainforest islands situated in the semiarid region that is surrounded by the scrubland vegetation of the Caatinga (Andrade-Lima, 1966).

Environmental changes during the glacial and interglacial periods may have impacted *An. sawyeri* populations by allowing them to disperse and contract into and out of adjacent areas selecting for populations adapted to semiarid habitats. In addition the area of Caatinga presented a more humid paleo-climatic period, unlike the current environmental conditions. Although the typical semiarid climate of the Caatinga limited watershed development, its rivers were not always intermittent and seasonal, as evidenced today by the presence of springs located in semiarid backlands (Ab'Sáber 1957), thus these rivers may played a role in maintaining conditions that made possible the dispersion and establishment of mosquito species that may further remained isolated when the weather became drier and the scheme of the rivers changed. Presently, Caatinga is crossed by a few rivers such as the Caninde, Poty and Longá, which have their headwaters located in Sierra de Ibiapaba and drain along areas of Caatinga (Rosa et al. 2003). Thus it is likely that rivers act as corridors that facilitate dispersion of species between the Atlantic Forest and Caatinga biome understanding the processes that allow both *An. oryzalimnetes* and *An. sawyeri* survivorship in Caatinga is essential to the knowledge of the ecological plasticity of different populations established in environments with extreme environmental characteristics. However, despite the major differences between environments, the larval habitats occupied by *Anopheles* species in the Caatinga are similar to those found in Atlantic Forest, i.e., ground pools, lakes, fish ponds and depressions on rocks that accumulate water during the rainy season (Urbinatti et al. 2001). The main difference in this case is the fact the Caatinga exhibits long periods of drought and

erratic rainfall. Thus, the survival of mosquitoes in areas of continuous water stress, especially populations adapted to moist environments requires the acquisition of adaptive survivorship strategies. There is some restriction on the number of *Anopheles* species that might disperse and establish themselves in environments subject to intense ecological disturbance. Therefore, it is possible that populations of *Anopheles* in Caatinga have diverged in a remote period of time, so that there was enough time for their adaptation.

Records of *Anopheles* mosquitoes in the Caatinga, an arid and semiarid environment, stimulate an interest in knowing the selection mechanisms that allowed these species to survive long periods of drought. Finally, although Caatinga does not represent an endemic area for malaria transmission, the spread of plasmodium in the area is a possibility due to continuous migration and movement of human carriers of pathogens to the location where there is constant presence of hunters, fishermen, and tourists.

Acknowledgments

We thank to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), Edital 47/2010 SISBIOTA; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP 2011/20397-7 (to MAMS). Leticia Silva Marteis is a recipient of doctorate fellowship from Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

References Cited

- Ab'Sáber, A. N. 1957.** Significado geomorfológico da rede hidrográfica do Nordeste oriental brasileiro. *Boletim Geográfico* 15: 459-464.
- Andrade-Lima, D. 1966.** Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. *Boletim Técnico. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco*, 8:3-9.
- Andrade-Lima, D. 1981.** The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 149-153.
- Andrade-Lima, D. 1982.** Present day forest refuges in Northeastern Brazil. *Biological Diversification in the Tropics. Columbia University Press, New York*: 245-254.
- Capobianco, J. P. R. 2002.** Artigo Sobre os Biomas Brasileiros, pp. 117-155. *In* A. Camargo, J. P. R. Capobianco and J. A. P. Oliveira (orgs.), *Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92. Estação Liberdade/Instituto Socioambiental/Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.*
- Castelletti, C. H. M., J. M. C. Silva, M. Tabarelli, and A. M. M. Santos. 2004.** Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar, pp. 91-100. *In*: J. M. C. Silva, M. Tabarelli, M. T. Fonseca and L. V. Lins (orgs.), *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação Ministério do Meio, Brasília.*
- Castro, R., G. P. Reedm, M. S. L. Ferreira, and A. O. M. Amaral. 2003.** Caatinga: um bioma brasileiro desprotegido, pp. 68-69. *In*: VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza.
- Causey, O. R., L. M. Deane, M. P. Deane, and M. M. Sampaio. 1943.** *Anopheles (Nyssorhynchus) sawyeri*, a new anophelinae mosquito from Ceará, Brazil. *Ann. Entomol. Soc. Am.* XXXVI: 11-20.

- Consuelo, A. N., G. A. Müller, V. Q. Balbino, C. R. L. Costa-Junior, C. S. Figueirêdo-Júnior, J Alencar, and, C. B. Marcondes. 2010.** A list of mosquito species of the Brazilian State of Pernambuco, including the first report of *Haemagogus janthinomys* (Diptera: Culicidae), yellow fever vector and 14 other species (Diptera: Culicidae). Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 43: 458-459.
- Conn, J. E., R. C. Wilkerson, N .O. Segura, R. T. L. Souza, C. D. Schlichting, R. A. Wirtz, and M. M. Póvoa. 2002.** Emergence of a new Neotropical malaria vector facilitated by human migration and changes in land use. Am. J. Trop. Med. Hyg. 66: 18-22.
- Deane, L.M., O. R. Causey, and. M. P. Deane. 1948.** Notas sobre a distribuição e a Biologia dos anofelinos das Regiões Nordeste e Amazônica do Brasil. Revista do Serviço Especial de Saúde Pública 4:827-966.
- Dibo, M. R., R. M. T. Menezes, C. P. Ghirardelli, A. L. Mendonça, and F. Chiaravalloti Neto. 2011.** Presença de culicídeos em município de porte médio do Estado de São Paulo e risco de ocorrência de febre do Nilo Ocidental e outras arboviroses. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 44:496-503.
- Ferreira, E. 1964.** Distribuição geográfica dos anofelinos no Brasil e sua relação com o estado atual da erradicação da malária. Rev. Bras. Malar. Doenças Trop. 16:329-348.
- Foley, D. H., Y. M. Linton, J. F. Ruiz-Lopez, J. E. Conn, M. A. M. Sallum, M. M. Póvoa, E. S. Bergo, T. M. P. Oliveira, I. Sucupira, and R. C. Wilkerson. 2014.** Geographic distribution, evolution, and disease importance of species within the Neotropical *Anopheles albitarsis* Group (Diptera, Culicidae). J. Vector Ecol. 39:168–181.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, and, R. Vrijenhoek. 1994.** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol. Mar. Biol. Biotechnol. 3: 294-299.

- Forattini, O. P, I. Kakitani, E. Massad, and D. Marucci. 1995.** Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 7-behaviour of adults *Nyssorhynchus* anophelines with special reference to *Anopheles albitarsis* s.l. in South-Eastern Brazil. *Rev. Saúde Públ.* 29: 20-26.
- Kimura, M. 1980.** A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.* 16:111-120.
- Larkin, M. A., G. Blackshields, N. P. Brown, R. Chenna, P. A. McGettigan, H. McWilliam, F. Valentin, I. M. Wallace, A. Wilm, R. Lopez, J. D. Thompson, T. J. Gibson, and D. G. Higgins. 2007.** Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics* 23: 2947-2948.
- Leal, I. R., J. M. C. Silva, M. Tabarelli, and T. E. Lacher-Junior. 2005.** Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1: 136-146.
- Maddison, D. R. and W. P. Maddison. 2005.** MacClade 4: Analysis of phylogeny and character evolution. Version 4.08a. Disponível em:< <http://macclade.org>>
- McKeon, S. N., C. D. Schlichting, M. M. Pova, and J. E. Conn. 2013.** Ecological suitability and spatial distribution of Five *Anopheles* species in Amazonian Brasil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 88: 1079-1086.
- Medeiros, A. S., C. B. Marcondes, P. R. Azevedo, S. M. Jerônimo, V. P. Silva, and M. F. Ximenes. 2009.** Seasonal variation of potential flavivirus vectors in an urban biological reserve in northeastern Brazil. *J. Med. Entomol.* 46:1450-1457.
- Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 2006.** Guia de vigilância e manejo de culicídeos. Brasília, DF.
- Motoki, M. T., R. C. Wilkerson, and M. A. M. Sallum. 2009.** The *Anopheles albitarsis* complex with the recognition of *Anopheles oryzalimnetes* Wilkerson and Motoki, n. sp.

and *Anopheles janconnae* Wilkerson and Sallum, n. sp. (Diptera: Culicidae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz 104: 823-850.

Parmakelis, A., M. A. Russello, A. Caccone, C. B. Marcondes, J. Costa, O. P. Forattini, M. A. M. Sallum, R. C. Wilkerson, and J. R. Powell. 2008. Historical analysis of a near disaster: *Anopheles gambiae* in Brazil. Am. J. Trop. Med. Hyg. 78:176-178.

Póvoa, M. M., R. T. L. Souza, R. N. L. Lacerda, E. S. Rosa, D. Galiza, J. R. Souza, C. D. Wirtz, C. D. Schiliching, and J. E. Conn. 2006. The importance of *Anopheles albitarsis* E and *An. darlingi* in human malaria transmission in Boa Vista, state of Roraima, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 101: 163-168.

Prado, D. 2003. As caatingas da América do Sul, pp. 3-73. In I. R. Leal, M. Tabarelli and J. M. C. Silva (eds.), Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Rosa, R. S., N. A. Menezes, H. A. Britski, W. J. E. M. Costa, and F. Groth. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da caatinga, pp. 135-180. In I. R. Leal, M. Tabarelli and J. M. C. Silva (eds.), Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Ruiz-Lopes, F., R. C. Wilkerson, J. E. Conn, S. N. McKeon, D. M. Levin, M. L. Quiñones, M. M. Póvoa, and Y. M. Linton. 2012. DNA barcoding reveals both known and novel taxa in the Albitarsis Group (*Anopheles: Nyssorhynchus*) of Neotropical malaria vectors. Parasit Vectors 5: 44.

Ruiz-Esparza, J., S. F. Gouveia, P. A. Rocha, R. Beltrão-Mendes, A. S. Ribeiro, and S. F. Ferrari. 2011. Birds of the Grota do Angico Natural Monument in the semi-arid Caatinga scrublands of northeastern Brazil. Biota Neotrop 11: 269-276.

Santos, A. F., and J. A. Andrade. 1992. Caracterização e delimitação do semiárido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS.

Santos, J. C., I. R. Leal, J. S. Almeida-Cortez, G. W. Fernandes, and M. Tabarelli. 2011.

Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science* 4: 276-286.

Silva, J. M. C., and A. Dinnout. 1999. Análise da representatividade das unidades de

conservação federais de uso indireto na Floresta Atlântica e Campos Sulinos. In: Padrões de biodiversidade da Mata Atlântica do Sul e Sudeste (Pinto, L.P., coord.). Campinas, São Paulo, 1-16.

Tabarelli, M., J. M. C Silva, and A. M. Santos. 2000. Análise de representatividade das

unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar. In: Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco, p.13.

Tabarelli, M., and A. Vicente 2004. Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga:

lacunas geográficas e ecológicas. In: Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação (Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T. & Lins, L.V., orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 101-111.

Tamura K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski, and S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular

Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30: 2725-2729.

Trovão, B. M. D. M., P. D. Fernandez, L. A. Andrade, and J. D. Neto. 2007. Variações

sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11: 307-311.

Urbinnati, P. R., S. Sendacz, D. Natal. 2001. Imaturos de mosquitos (Diptera: Culicidae) em

parque de área metropolitana aberto à visitação pública. *Rev. Saúde Públ.* 35: 461-6.

- Wilkerson, R. C., T. V. Gaffigan, and J. B. Lima. 1995a.** Identification of species related to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* by random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction (Diptera: Culicidae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz 90: 721-732.
- Wilkerson, R. C., T. J. Parsons, T. A. Klein, T. V. Gaffigan, E. Bergo, and J. Consolim 1995b.** Diagnosis by random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction of four cryptic species related to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* (Diptera: Culicidae) from Paraguai, Argentina and Brazil. J. Med. Entomol. 32: 697-704.
- Zanella, F. C. V., and C. F. Martins. 2003.** Abelhas da caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: Ecologia e Conservação da Caatinga. Leal, I. R., M. Tabarelli, and J. M. C. Silva. Recife: Ed. Universitária da UFPE: 75-113.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os manuscritos que compõem esta tese apresentam as primeiras informações acerca da fauna Culicidae em áreas de conservação da Caatinga, sobretudo quanto às espécies associadas a habitats fitotelmatas no bioma, e revelam uma fauna rica e desconhecida, inédita para a ciência.

Não apenas em relação à Caatinga, mas considerando também as demais florestas tropicais secas distribuídas no mundo, há a infeliz constatação de que os ambientes naturais mais desconhecidos são, também, os mais ameaçados (Sánchez-Azofeifa et al., 2005; Sunderland et al., 2015). A biodiversidade nos diferentes ecossistemas tende a ser afetada pelo processo de degradação dos recursos naturais. Apesar da necessidade de se estabelecer estratégias de conservação de acordo com as peculiaridades de cada região, a Caatinga é uma formação florestal única e endêmica do Brasil que, ao mesmo tempo em que enfrenta processo de degradação ambiental, é um dos biomas com menor conhecimento acerca da diversidade de espécies e das interações ecológicas destas com o ambiente.

As condições climáticas existentes na Caatinga, um ambiente estressado sazonalmente, com restrição de água e imprevisibilidade de chuvas, podem moldar características peculiares na diversidade da fauna Culicidae do bioma, visto que a composição de espécies de uma comunidade tende a refletir o contexto do ambiente, incluindo a estrutura e as condições físicas, além das interações com outros organismos (Begon et al., 2007).

Neste estudo, a fauna de mosquitos adultos na ESEC Raso da Catarina foi composta por, pelo menos, 21 espécies, distribuídas em oito gêneros – *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Haemagogus*, *Mansonia*, *Wyeomyia*, *Runchomyia* e *Uranotaenia* – e das quais sete eram

espécies novas para a ciência. Enquanto que a fauna de imaturos que se desenvolvem em habitats fitotelmatas apresentou, pelo menos, 16 espécies, distribuídas nos gêneros *Aedes*, *Culex*, *Haemagogus*, *Runchomyia*, *Toxorhynchites* e *Wyeomyia*, e das quais onze eram espécies desconhecidas da comunidade científica. Pelo menos onze espécies foram coletadas na forma adulta e não compunham a fauna de culicídeos coletados em bromélias e ocos de árvore, sugerindo a participação de outros tipos de criadouros na produção de mosquitos adultos na Caatinga, possivelmente criadouros de solo. Outras sete espécies, pelo menos, foram comuns às faunas de mosquitos adultos e de imaturos associados a fitotelmatas. Entre elas estão as unidades taxonômicas mais abundantes, como *Wy. (Pho.) n. sp.1/Wy. (Pho.) n. sp.2* e *Hg. (Con.) leucocelaenus*, indicando a forte influência dos criadouros fitotelmatas na composição da fauna de culicídeos adultos. Todas as espécies novas para a ciência coletadas na forma adulta compunham a fauna desconhecida coletada nos habitats fitotelmatas.

A distribuição mensal das abundâncias de culicídeos coletados corrobora a relação entre a fauna de imaturos dos fitotelmatas e a composição da fauna de adultos na Caatinga. No decorrer do estudo, as duas faunas apresentaram similar padrão, embora irregular, de distribuição de abundância. Nas primeiras coletas foram observados poucos indivíduos, seguido de um período de ascensão e, depois, de declínio gradativo no número de espécimes.

Contudo, o padrão observado na distribuição das abundâncias tanto de imaturos quanto de adultos não apresentou correlação com os dados de precipitação, contrariando a lógica de que, em ambiente castigado pela aridez climática, os períodos com maiores taxas de precipitação seriam também os mais propícios para a abundância de mosquitos. Assim, além das questões discutidas nos manuscritos acerca da possível limitação dos dados de precipitação e do efeito de borda, há de se destacar a característica irregular e a variabilidade espacial da precipitação no bioma Caatinga, propiciando locais nos quais os totais

pluviométricos estejam dentro dos valores médios para um ano considerado seco, ao mesmo tempo em que outras áreas há valores de chuva superiores à média, de modo que seria difícil encontrar uma associação não enviesada entre os parâmetros precipitação e abundância. Entretanto, os dados de temperatura e umidade, mais estáveis no bioma, exibiram significativa associação com a densidade de mosquitos imaturos e adultos na Caatinga, deixando a precipitação com importância secundária para a manutenção da fauna Culicidae no bioma. Isto acontece provavelmente porque, independente da quantidade de chuvas, se não houver temperatura e umidade favoráveis ao estoque de água nos mais variados habitats, não há formação de criadouros e, conseqüentemente não há mosquitos adultos. Assim, pouco influenciam as chuvas na fauna de mosquitos da Caatinga se a água não é armazenada por tempo suficiente para possibilitar o desenvolvimento dos culicídeos.

No semiárido brasileiro, o valor total anual da precipitação pode não representar muito sobre a qualidade da estação chuvosa. Mesmo em anos em que o total de chuva é próximo ou acima da média, podem ocorrer períodos de seca prolongados, intercalados com episódios de chuvas mais intensas. A acentuada variabilidade espacial e temporal das precipitações, além da grande homogeneidade térmica, são características marcantes do semiárido brasileiro (Correia et al., 2012) que podem interferir de formas diferentes na associação entre variáveis climáticas e abundância de culicídeos.

Além dos parâmetros temperatura e umidade, as características fitofisionômicas do ambiente também refletem o sucesso da fauna Culicidae na Caatinga. A presença de habitats fitotelmatas como bromélias, especialmente as epífitas, em áreas sombreadas pela copa das árvores de maior porte, favorece a produção de culicídeos. Os ocos de árvore, proporcionalmente, formaram criadouros menos produtivos que a bromélias, talvez por armazenarem água por menos tempo em seus fitotelmatas. Talvez por questões fisiológicas próprias das plantas, as bromélias armazenem água em seu interior por período superior ao do

armazenamento nos ocos de árvore. Com ciclo de vida mais curto que árvore de maior porte, as bromélias também precisam sobreviver à aridez da Caatinga e água armazenada em seu interior, utilizada para sua própria nutrição, é uma estratégia de sobrevivência importante da planta que se reflete na abundância de mosquitos do ambiente. Dessa forma, áreas com diferentes fitofisionomias tendem a apresentar diferentes faunas de mosquitos adultos devido ao tipo de fitotelmata predominante, que proporciona criadouros para uma fauna de imaturos específica.

Quanto aos criadouros de solo, no MONA Grota do Angico foram encontradas quatro espécies de anofelinos, sendo três delas – *An. (Nys.) oryzalimnetes*, *An. (Nys.) argyritarsis* e *An. (Nys.) sawyeri* – novos registros de ocorrência, ampliando assim a distribuição dessas espécies para a região do semiárido brasileiro. As duas unidades de conservação apresentavam padrões diferentes de criadouros de solo. Na ESEC Raso da Catarina, os lagos intermitentes encontravam-se permanentemente secos durante todo o período do estudo, enquanto no MONA Grota do Angico as condições eram mais favoráveis, de modo que os resultados aqui apresentados sobre esses criadouros referem-se apenas a esta unidade de conservação.

Além de *An. (Nys.) oryzalimnetes*, outras espécies de interesse em saúde pública foram encontradas na área de estudo, como *Ae. (Och.) scapularis* e *Hg. (Con.) leucocelaenus*, esta última em alta abundância. Associadas a estas, existem ainda, pelos menos, outras onze espécies, todas novas para a ciência, cuja importância epidemiológica é desconhecida, visto que não há informação sobre a possível competência dessas espécies para transmitir agentes etiológicos entre hospedeiros vertebrados.

Entre os biomas brasileiros, a Caatinga sempre foi vista como espaço pouco importante, sem prioridade e sem necessidade de conservação. Na literatura, a Caatinga foi, por muito tempo, descrita com pouca diversidade de fauna e flora e com poucos endemismos.

No entanto, essa afirmação era decorrente do pouco conhecimento da área, e recentes levantamentos da biodiversidade no bioma constataram riqueza considerável de espécies, inclusive endêmicas, na região. As frequentes descrições de novas espécies endêmicas, como as registradas no presente estudo quanto à fauna Culicidae, indicam o quão pouco se conhece sobre a diversidade de espécies e seus processos ecológicos na Caatinga (Castelleti et al., 2004).

A fauna Culicidae da Caatinga é diversificada e sua riqueza é formada por espécies singulares, diferenciadas das encontradas em outros biomas, pois são dotadas de complexos mecanismos de adaptação que lhes possibilitam aptidão em um ambiente onde, um dia, acreditou-se que sua existência não seria possível.

Estudo foi desenvolvido durante um período de seca, se considerado os níveis de precipitação mensais abaixo de 100 mm (Sánchez-Azofeifa et al., 2005). Ainda assim, ao todo foram coletados 11.456 indivíduos, distribuídos em 28 espécies de culicídeos. Assim, a partir deste estudo inicial, a análise dos padrões de diversidade e da associação entre abundância e variáveis ambientais sugere que a clima semiárido da Caatinga não limita o desenvolvimento da fauna Culicidae no bioma, visto que as espécies apresentam adaptações à condição ambiental extrema do meio e são aptas para sobreviver e manter a infestação mesmo atravessando longos períodos de estiagem, o que conduz à aceitação da hipótese nula desta tese. Contudo, este estudo pode não ser suficiente para aceitar ou refutar esta hipótese.

Os resultados apresentados nesta tese contemplam apenas parte dos dados do levantamento da fauna Culicidae no bioma Caatinga e não envolvem a totalidade de espécies coletadas neste estudo. Estão excluídas aqui informações trabalhadas em outros manuscritos que estão em andamento, referente à diversidade total de imaturos em habitats de solo, e acerca da fauna de mosquitos adultos e dos imaturos de criadouros fitotelmatas na unidade de conservação MONA Grota do Angico.

A fauna Culicidae da Caatinga representa um universo a ser descoberto. As condições ambientais características do bioma Caatinga, tão diferentes das observadas em outros biomas brasileiros, associada ao considerável número de espécies desconhecidas para a ciência que compõe esse bioma, incentiva a realização de mais estudos na área para melhor compreender a biodiversidade de culicídeos e os mecanismos que regem a vida nesse ecossistema.

5 REFERÊNCIAS

Albuquerque IGC et al. Chikungunya virus infection: report of the first case diagnosed in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2012;45(1):128-9.

Albuquerque UP et al. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal.* 2012.

Allan BF et al. Ecological correlates of risk and incidence of West Nile virus in the United States. *Oecologia.* 2009;155:699-708.

Almeida MCB, Figueroa LA. Estação Ecológica Raso da Catarina – Bahia. Subprojeto: estudos geomorfológicos. Relatório de Pesquisa do Convênio Salvador: Sema/Minter/UFBA,1983.

Anderson CR, Spence I, Downs WG, Aitken THG. Oropouche virus: a new human disease agent from Trinidad, West Indies. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.*1961;10:574-78.

Anderson JF et al. Isolation of West Nile virus from mosquitoes, crows, and a Cooper's hawk in Connecticut. *Science.*1999;286:2331-33.

Andrade-Lima D. The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica.* 1981;4:149-53.

Apgaua DMG et al. Floristic variation within Seasonally Dry Tropical Forests of the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its conservation implications. *International Forestry Review – Special Issue: Global Dry Forests.* 2015;17(S2),33–43.

Aragão NC et al. A list of mosquito species of the Brazilian State of Pernambuco, including the first report of *Haemagogus janthinomys* (Diptera: Culicidae), yellow fever vector and 14 other species (Diptera: Culicidae). *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2010;43(4):458-59.

Begon M, Townsend CR, Harper JL. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

Besnard M, Last`ere S, Teissier A, Cao-Lormeau V, Musso D. Evidence of perinatal transmission of Zika virus, French Polynesia, December 2013 and February 2014. *Eurosurveillance*. 2014;19(13):20751.

Biergaard Junior RO, Lovejoy TE, Kapos V, Santos AA, Hutchings RW. The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. *BioScience*. 1992; 42:859-66.

Blackie R et al. *As florestas tropicais secas: O estado de conhecimento global e recomendações para futuras pesquisas* (No. CIFOR Discussion Paper, p. 30). Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. 2014.

Bosch I et al. West Nile virus, Venezuela. *Emerg Infect Dis*. 2007;13:651-3.

Bronzoni RMV, Baleotti FG, Nogueira RMR, Nunes M, Figueiredo LTM. Duplex reverse transcription-PCR followed by Nested PCR assays for detection and identification of Brazilian alphaviruses and flaviviruses. *J. Clin. Microbiol*. 2005;3(2):696-702.

Burnham KP, Overton WS. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*. 1979; 60(5):927-36.

Campos GS, Bandeira AC, Sardi SI. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerg Infect Dis*. 2015;21(10):1885.

Capobianco JPR. Artigo Sobre os Biomas Brasileiros. In: Camargo A, Capobianco JPR, Oliveira JAP. (Orgs.) *Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92*. Estação Liberdade/Instituto Socioambiental/Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2002.

Cardoso JC et al. Novos registros e potencial epidemiológico de algumas espécies de mosquitos (Diptera: Culicidae) no estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*. 2010;43:552-56.

Castelletti CHM, Silva JMC, Tabarelli M, Santos AMM. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. (J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins, orgs.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

Castro R, Reed GP, Ferreira MSL, Amaral AOM. Caatinga: um bioma brasileiro desprotegido. In: Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza: Editora UFC, 2003.

CDC. Center Disease Control and Prevention. West Nile virus. Disponível em: [<http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/index.htm>]. Acesso em: 04 dez 2015.

Cipriano R, Monteiro CC. A report about zika virus in Brazil. Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção. 2016;6(1).

Cogliatti-Carvalho L, Rocha-Pessôa TC, Nunes-Freitas AF, Rocha CFD. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira. Acta Bot Bras. 2010;24(1),84-95.

Colwell RK, Mao CX, Chang J. Interpolating, extrapolating and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology. 2004;85(10):2717-27.

Colwell RK. *EstimateS*, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. 2011. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>. Acesso em: 20 fev 2013.

Consoli RAGB, Lourenço-de-Oliveira R. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994.

Cook S et al. Isolation of a novel species of flavivirus and new strain of Culexflavivirus (Flaviviridae) from a natural mosquito population in Uganda. J Gen Virol. 2009;90:2669-78.

Correia RC, Kiill LHP, Moura MSB, Cunha TJF, Jesus Júnior LA, Araújo JLP. A região Semiárida brasileira. TV Voltolini, produção de Caprinos e Ovinos no Semiárido. 2012.

Correa RR, Ramalho GR. Revisão de *Phoniomyia* Theobald, 1903 (Diptera, Culicidae, Sabethini). *Folia Clinica et Biologica*. 1956;25(1):1-176.

Couissinier-Paris P. West Nile virus in Europe and Africa: still minor pathogen, or potential threat to public health? *Bull Soc Pathol Exot*. 2006;99:348-54

Deane LM, Causey OR, Deane MP. Notas sobre a distribuição e a Biologia dos anofelinos das Regiões Nordeste e Amazônica do Brasil. *Revista do Serviço Especial de Saúde Pública* 1948;4:827-966.

Diaz-Badillo A et al. The distribution of potential West Nile virus vectors, *Culex pipiens pipiens* and *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). Mexico City. *Parasites & Vectors*. 2011;4(1):1-12.

Diaz LA, Komar N, Visintin A, Júri MJD, Stein M, Allende RL et al. West Nile virus in birds, Argentina. *Emerg Infect Dis*. 2008;14:689-91.

FAO. Food and Agriculture Organization of the UN. FRA 2000: Global ecological zoning for the global forest resources assessment. Rome: Final report, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the UN. Global ecological zones for FAO forest reporting: 2010 update. Forest Resources Assessment Working Paper 179. Rome: FAO. 2012; Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/017/ap861e/ap861e00.pdf>>. Acesso em 04 dez 2015.

Faye O et al. Molecular evolution of Zika virus during its emergence in the 20(th) century. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2014;8(1):e2636.

Fernández Z, Richartz R, Travassos da Rosa A, Soccol VT. Identificação do vírus causador da encefalomielite equina, Paraná, Brasil. *Rev Saúde Pública*. 2000;34:232-35.

Ferreira E. Distribuição geográfica dos anofelinos no Brasil e sua relação com o estado atual da erradicação da malária. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*. 1964:329-48.

Figueiredo LTM. The brazilian flaviviruses. *Microbes and Infection*. 2000;2:1643-9.

Figueiredo LTM. Emergent arboviruses in Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*. 2007;40:224-9.

Flores EF, Weiblen R. O vírus do Nilo Ocidental. *Cienc Rur*. 2009;39(2)604-12.

Forattini OP. Entomologia médica: parte geral, Diptera, Anophelini. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 1962.

Forattini OP, Gomes AC, Galati EAB, Rabelo EX, Iversson LB. Estudos ecológicos sobre mosquitos Culicidae no Sistema da Serra do Mar, Brasil. 1 - Observações no ambiente extradomiciliar. *Rev Saúde Pública*. 1978a;12:297-325.

Forattini OP, Gomes AC, Galati EAB, Rabelo EX, Iversson LB. Estudos ecológicos sobre mosquitos Culicidae no Sistema da Serra do Mar, Brasil. 2 - Observações no ambiente domiciliar. *Rev Saúde Pública*. 1978b;12:476-96.

Forattini OP. Culicidologia médica, princípios gerais, morfologia, glossário taxonômico. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

Forattini OP. Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; 2002.

Foy BD et al. Probable Non-Vector-borne Transmission of Zika Virus, Colorado, USA. *Emerg Infect Dis*. 2011;17(5):880-2.

Freire CCM, Iamarino A, Lima Neto DF, Zanotto PMA. Spread of the pandemic Zika virus lineage is associated with NS1 codon usage adaptation in humans. *bioRxiv*. 2015;032839.

George S, Gourie-Devi M, Rao JA, Prasad SR, Pavri KM. Isolation of West Nile virus from the brains of children who had died of encephalitis. *B W He Org*. 1984; 62:879-82.

Gubler DJ. Dengue and Dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. In: Gluber DJ (Eds), Dengue and Dengue hemorrhagic fever. Cab International. 1997:1-22.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>, 4(1): 9p. Acesso em: 20 fev 2013.

Hayes, EB. Zika Virus Outside Africa. *Emerg Infect Dis*. 2009;15(9):1347-50.

Harbach RE. 2015. Mosquito Taxonomic Inventory. Disponível em: <<http://mosquito-taxonomic-inventory.info/simpletaxonomy/term/6045>>. Acesso em: 04 dez 2015.

Hauff SN. 2008. Unidades de conservação e terras indígenas do bioma Caatinga. The Nature Conservance e Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/61-caatinga>>. Acesso em: 04 dez 2015.

Henriques DA. Caracterização molecular de arbovírus isolados da fauna díptera nematocera do estado de Rondônia (Amazônia ocidental brasileira). Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo: Departamento de Microbiologia, 2008.

Higgs S, Snow K, Gould EA. The potential for West Nile virus to establish outside of its natural range: A consideration of potential mosquito vectors in the United Kingdom. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2004;98:82-7.

Holdridge LR. Life zone ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica. 1967.

IBGE 2004. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil; Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 04 dez 2015.

Jenkins DW, Carpenter SJ. Ecology of the tree hole breeding mosquitoes of Nearctic North America. *Ecol. Monogr.* 1946;16:31-47.

Karabtsos N. International catalogue of arboviruses including certain other viruses of vertebrates. 3rd edition. American Society of Tropical Medicine and Hygiene, San Antonio, Texas, 1985.

Keesing F et al. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature.* 2010;468:647-652.

Klingenberg CP, McIntyre GS, Zaklan SD. 1998. Left-right asymmetry of fly wings and the evolution of body axes. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences,* 265:1255-9.

Knight K.L, Stone, A. A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). [S.l.]: The Thomas Say Foundation. 1977.

Kobayashi M, Kasai S, Sawabe K, Tsuda Y. Distribution and Ecology of Potential Vector Mosquitoes of West Nile Fever in Japan. *AIRIES*, 2008.

Lamballerie X, Leroy E, Charrel RN, Tsetsarkin K, Higgs S, Gould EA. Chikungunya virus adapts to tiger mosquito via evolutionary convergence: a sign of things to come? *Virology Journal.* 2008;5(1):1.

Lanciotti RS, Ebel GD, Deubel V, Kerst AJ, Murri S, Meyer R et al. Complete genome sequences and phylogenetic analysis of West Nile virus strains isolated from the United States, Europe, and Middle East. *Virology.* 2002; 298:96-105.

Lanciotti RS et al. Origin of the West Nile virus responsible for an outbreak of encephalitis in the Northeastern United States. *Science.* 1999;286:2333-7.

Lane J, Cerqueira NL. Os Sabetíneos da América (Diptera: Culicidae). *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo.* 1942;3:473-849.

Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M, Lacher-Junior TE. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, 2005;1:139-146.

Lefrancois T et al. West Nile virus in Guadeloupe: introduction, spread, and decrease in circulation level: 2002-2005. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2006;1081:206-15.

Leparc-Goffart I, Nougairede A, Cassadou S, Prat C, de Lamballerie X. Chikungunya in the Americas. *Lancet*. 2014;383:514.

Lewinsohn, TM, Prado PI. Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. São Paulo: Editora Contexto. 2002.

Lewinsohn TM, Prado PI. How many species are there in Brazil?. *Conservation Biology*. 2005;19(3):619-624.

Linthicum K. A revision of the *Argyritarsis* Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles* (Diptera: Culicidae). Army Medical Research Inst of Infectious Diseases Fort Detrick Md. 1988.

Lopes OS, Coimbra TLM, Sacchetta LA, Calisher CH. Emergence of a new arbovirus disease in Brazil. Isolation and characterization of the etiologic agent, Rocio virus. *American Journal of Epidemiology*. 1978a;107(5):444-9.

Lopes OS, Sacchetta LA, Coimbra TLM, Pinto GH, Glasser CM. Emergence of a new arbovirus disease in Brazil. Epidemiologic studies on 1975 epidemic. *American Journal of Epidemiology*. 1978b;108(5):394-401.

Lopes OS, Sacchetta LA, Francy DB, Jakob WL, Calisher CH. Emergency of a New arbovirus disease in Brazil. Isolation of Rocio virus from *Psorophora ferox* (Humboldt, 1819). *American Journal of Epidemiology*. 1981;113(2):122-25.

Magurran AE. Ecological diversity and its measurement. Princeton, NJ: Princeton university press, 1988.

Malafrente RS, Calvo E, James AA, Marinotti O. The major salivary gland antigens of *Culex quinquefasciatus* are D7-related proteins. *Insect Biochem Mol Biol*. 2003;33:63-71.

Marcondes CB, Alencar J, Balbino VQ, Guimarães AE. Description of three practical and inexpensive devices for the collection of mosquitoes and other small insects. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2007;23:84-86.

Marcondes CB, Tauil PL. Dengue silvestre: devemos nos preocupar? *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*. 2011;44:263-4.

Marengo JA. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 2006.

Marques GRAM, Gomes AC. Comportamento antropofílico de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) na região do Vale do Paraíba, sudeste do Brasil. *Rev. Saúde Pública*. 1997;31(2):125-130.

Mattar S, Edwards E, Laguado J, González M, Alvarez J, Komar N. West Nile virus antibodies in Colombian horses. *Emerg Infect Dis*. 2005;9:1497-8.

Medeiros AS, Marcondes CB, Azevedo PRM, Jerônimo SM, Macedo e Silva VP, Ximenes MFFM. Seasonal variation of potential flavivirus vectors in an urban biological reserve in northeastern Brazil. *Journal of Medical Entomology*. 2009;46:1450-7.

Melandri V et al. Sorological detection of West Nile Virus in horses and chicken from Pantanal, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2012;107(8):1073-1075.

Miles L et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*. 2006;33:491-505.

MMA. Ministério de Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Biodiversidade Brasileira. Brasília, DF, 2000.

Mogi M, Yamamura NY. Estimation of the attraction range of a human bait for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) adults and its absolute density by a new removal method applicable to populations with immigrants. *Res. Popul. Ecol.* 1981;23:328-43.

Monath TP. Yellow fever. In.: Monath TP, ed. *The arboviruses: epidemiology and ecology*. Boca Raton, CRC Press, Inc., 1989.

Morales-Betoulle ME et al. West Nile virus in horses, Guatemala. *Emerg. Infect. Dis.* 2006;12(6):1038-9.

Morales MA et al. West Nile virus isolation from equines in Argentina. *Emerg. Infect. Dis.* 2006;12(10):1559-61.

Moureau G et al. A real-time RT-PCR method for the universal detection and identification of flaviviruses. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases.* 2007;7(4):467-477.

Mooney HA, Bullock SH, Medina E. Introduction. *Seasonally dry tropical forests* (ed. by S.H. Bullock, H.A. Mooney and E. Medina), Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

MS/SVS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Guia de vigilância e manejo de culicídeos*. Brasília, DF, 2006.

MS/SVS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 45, 2015*. *Boletim epidemiológico.* 2015a;46(36):1-9.

MS/SVS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil, até a semana epidemiológica 46, 2015*. *Boletim epidemiológico.* 2015b; 46(37):1-5.

MS/SVS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil até a Semana Epidemiológica 47*. *Boletim epidemiológico.* 2015c; 46(38):1-4.

Mulamba C et al. Contrasting Plasmodium infection rates and insecticide susceptibility profiles between the sympatric sibling species *Anopheles parensis* and *Anopheles funestus* ss: a potential challenge for malaria vector control in Uganda. *Parasit Vectors*. 2014;7(71).

Murphy P, Lugo A. Dry Forests of Central America and the Caribbean. In: Bullock B, Mooney H, Medina E. (Eds). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press. 1995.

Musso D, Nilles EJ, Cao-Lormeau VM. Rapid spread of emerging Zika virus in the Pacific area. *Clin Microbiol Infect*. 2014;20:595-6.

Musso D, Cao-Lormeau VM, Gubler DJ. Zika virus: following the path of dengue and chikungunya? *The Lancet*. 2015;386(9990):243-4.

Nunes MRT et al. Emergence and potential for spread of Chikungunya virus in Brazil. *BMC Med*. 2015;13(102):1-11.

Oehler E et al. Zika virus infection complicated by Guillain-Barre syndrome--case report, French Polynesia, December 2013. *Euro Surveill*. 2014;19.

Paes MLN, Dias IFO. *Plano de manejo: Estação Ecológica Raso da Catarina*. Brasília: Ibama, 2008.

Palmer AR, Strobeck C. Fluctuating asymmetry analysis revisited. In: *Developmental Instability: Causes and Consequences* (M.Polak, ed.). Oxford: Oxford University Press, 2003.

Paramasivan R, Mishra AC, Mourya DT. West Nilevirus: the Indian scenario. *Ind J Med Res*. 2003;118:101-08.

Pauvolid-Corrêa A et al. Serologic evidence of the recent circulation of Saint Louis encephalitis virus and high prevalence of equine encephalitis viruses in horses in the Nhecolândia sub-region in South Pantanal, Central-West Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2010;105(6):829-33.

Pauvolid-Corrêa A, Morales MA, Levis S, et al. West Nile Virus in horses from Brazilian Pantanal. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2011;106(4):467-74.

Pineda CAC, Carmentate MVC. Caracterización entomológica-ecológica de casos y sospechosos del virus del Nilo Occidental en la provincia Sancti Spiritus, Cuba. *Rev Cub Med Top*. 2006;58(3):235-40.

Pinto Junior VL. Zika vírus na boleia da globalização. *Rev. Med. Saúde Brasília*. 2014;4(2):142-3.

Portillo-Quintero CA, Sánchez-Azofeifa GA. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*. 2010;143:144-55.

Prado D. As caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M e Silva JMC (Eds). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2003.

Prowse CV. An ABC for West Nile virus. *Transfus Med*. 2003;13:1-7.

Queiroz LP, Pennington RT, Lewis GP, Ratter JA. Neotropical Savanas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation. *Neotropical Savanas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation*. 2006.

Reinert JF. Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2001;17:51-55.

Reis M, Muller GA, Marcondes CB. Inventário de mosquitos (Diptera: Culicidae) da Unidade de Conservação Ambiental Desterro, Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Biota Neotrop*. 2010;10(3).

Rocha CFD, Cogliatti-Carvalho L, Almeida DR, Freitas ANF. Bromeliads: Biodiversity amplifiers. *Journal of Bromeliad Society*. 2000;50(2):81-83.

Rocha CFD, Cogliatti-Carvalho L, Nunes-Freitas AF, Rocha-Pessôa TC, Dias AS, Ariani CV, Morgado LN. Conservando uma larga porção da biodiversidade biológica da conservação de Bromeliaceae. *Vidália*. 2004;2(1):52-72.

Romano-Lieber NS, Iversson LB. Inquérito soropidemiológico para pesquisa de infecções por arbovírus em moradores de reserva ecológica. *Rev. Saúde Pública* 2000;34:236-42.

Rosa JFST et al. Arboviruses isolated in the Evandro Chagas Institute, including some described for the first time in the Brazilian Amazon region, their known hosts, and their pathology for man. In: Rosa APAT, Vasconcelos PFC, Rosa JFST (eds). *An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries*. Belém: Instituto Evandro Chagas, 1998.

Rosero DA, Jaramillo L, Gutierrez L, Conn J, Correa M. Genetic diversity of *Anopheles triannulatus* s.l. (Diptera: Culicidae) from Northwestern and Southeastern Colombia. *Am J Trop Med Hyg*. 87:910-920.

Ruiz-Lopez F et al. DNA barcoding reveals both known and novel taxa in the Albitarsis group (Anopheles: Nyssorhynchus) of neotropical malaria vectors. *Parasite & Vectors*. 2012;(5)44.

Sampaio EVSB, Giulietti AM, Virgínio J, Gamarra-Rojas CFL (orgs.). *Vegetação e flora da Caatinga*. Recife: APNE /CNIP, 2002.

Sánchez-Azofeifa GA et al. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica*. 2005;37(4):477-485.

Sánchez-Seco MP et al. Generic RT-nested-PCR for detection of flaviviruses using degenerated primers and internal control followed by sequencing for specific identification. *Journal of Virological Method*. 2005;126:101-109.

Sanofi Pasteur. A vacina contra dengue da Sanofi Pasteur é aprovada no Brasil. Lyon, França: Comunicado de imprensa, 2015.

Santos ACA, Santos LMJ, Neco EC. Riqueza, abundância e composição de artrópodes em diferentes estágios de sucessão na Caatinga. *Revista de Biologia e Farmácia*. 2012;8(2).

Santos AF, Andrade JA. Caracterização e delimitação do semi-árido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS, 1992.

Santos CL et al. Louis encephalitis virus: first isolation from a human in Sao Paulo State, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 2005;47:281-5.

Santos JC, Leal IR, Almeida-Cortez JS, Fernandes GW, Tabarelli M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical florest. *Tropical Conservation Science*. 2011;4:276-86.

Service MW. *Medical entomology for students*. London, Chapman & Hall. 1996.

Silva HHG, Silva IG. Influência do período de quiescência dos ovos sobre o ciclo de vida de *Aedes aegypti* em condições de laboratório. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 1999;32(4):349-55.

Silva JMC, Dinnout A. Análise da representatividade das unidades de conservação federais de uso indireto na Floresta Atlântica e Campos Sulinos. In: Pinto LP (Coord.). *Padrões de biodiversidade da Mata Atlântica do Sul e Sudeste*. Campinas, São Paulo, 1999.

Silva JR. Pesquisa de infecções de Flavivírus da encefalite de Saint Louis, Rocio e Oeste do Nilo em cavalos, por inquérito sorológico e isolamento viral [dissertação de mestrado]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2010.

Soares CN, Castro MJC, Peralta JM, Freitas MRG, Puccioni-Sohler M. Is West Nile virus a potential cause of central nervous system infection in Brazil? *Arq Neuropsiquiatr*. 2010;68(5):761-3.

Straatmann A, Santos-Torres S, Vasconcelos PFC, Rosa APAT, Rodrigues SG, Tavares-Neto J. Evidências sorológicas da circulação do arbovírus Rocio (Flaviviridae) na Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 1997;30(6):511-515.

Strauss JH, Strauss EG. Alphaviruses. *Microbiology Reviews*. 1994;58:491-562.

Sunderland T, Apgaua D, Baldauf C, Blackie R, Colfer C, Cunningham AB, Dexter K, Djoudi H, Gautier D, Gumbo D, Ickowitz A, Kassa H, Parthasarathy N, Pennington RT, Paumgarten F, Pulla S, Sola P, Tng D, Waeber P, Wilmé L. Global dry forests: a prologue. *International Forestry Review*. 2015;17:1-9.

Swaddle J, Calos P. Increased avian diversity is associated with lower incidence of human West Nile infection: observation of the dilution effect. *PLoS ONE*. 2008; 3(6):e2488.

Tabarelli M, Silva JMC, Santos AM. Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar. In: Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco, 2000, p.13.

Tabarelli M, Vicente A. Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas. In: Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

Teixeira MG, Costa MDCN, Barreto F, Barreto ML. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. *Cad Saúde Pública*. 2009;25:S7-S18.

Teixeira MG et al. East/Central/South African Genotype Chikungunya Virus, Brazil, 2014. *Emerg Infect Dis*. 2015;21(5):906.

Trovão BMDM, Fernandez PD, Andrade LA, Neto JD. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2007;11(3):307-11.

Tsai TF, Popovici F, Cernescu C, Campbell GL, Nedelcu NI. West Nile encephalitis epidemic in southeastern Romania. *Lancet*. 1998;352:767-71.

Turell MJ et al. Isolation of viruses from mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected in the Amazon basin region of Peru. *Journal of Medical Entomology* 2005;42:891-898.

Vasconcelos PFC et al. Arboviruses pathogenic for man in Brazil. In: Rosa APAT, Vasconcelos PFC, Rosa JFST (eds) An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries, Belém: Instituto Evandro Chagas, 1998.

Vasconcelos PFDC. Doença pelo vírus Zika: um novo problema emergente nas Américas?. Revista Pan-Amazônica de Saúde. 2015;6(2):9-10.

Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGS. (Ed). Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga. Recife: PNE Associação Plantas do Nordeste: Instituto de Conservação Ambiental; The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

Vieira MACS et al. Case Report: West Nile Virus Encephalitis: The First Human Case Recorded in Brazil. Am. J. Trop. Med. Hyg. 2015;93:377-9.

Weese JS, Baird JD, DeLay J, Kenney DG, Staempfli HR, Laurent V et al. West Nile virus encephalomyelitis in horses in Ontario: 28 cases. Can. Vet. J. 2003;44(6):469-73.

WRBU. Walter Reed Biosystematics Unit. Systematic catalog of Culicidae. Washington, USA. 2015. Disponível em: <<http://www.mosquitocatalog.org/default.aspx?pgID=2>>. Acesso em 10 out 2015.

Zanella FCV, Martins CF. Abelhas da caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

Zanluca C, Melo VCAD, Mosimann ALP, Santos GIVD, Santos CNDD, Luz K. First report of autochthonous transmission of Zika virus in Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. 2015;110(4):569-572.

Zarvortink TJ. Mosquito studies XXIX. A review of the subgenus *Kertessia* of *Anopheles*. Contr Amer Entomol Inst. 1973;9(3):1-54.

ANEXOS**Ambientes das coletas**



Anexo 1. Paisagem do MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe, durante a época da estiagem. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 2. Paisagem do MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe, durante a época chuvosa. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 3. Criadouro de solo durante a época de estiagem localizado no MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 4. Criadouro de solo durante a época chuvosa localizado no MONA Grota do Angico, Poço Redondo, Sergipe. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 5. Paisagem da vegetação arbustivo-arbórea predominante na ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 6. Vista aérea da mancha florestal, denominada mata da Pororoca, na ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Kilma Manso, 2005. Fonte: Paes e Dias, 2008.



Anexo 7. Bromélia epífita localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 8. Bromélias terrestres localizadas na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 9. Árvore com buraco com armazenamento de água localizada na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 10. Árvore com buraco com armazenamento de água localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 11. Trilha das coletas de mosquitos de hábito diurno localizada na área arbustivo-arbórea da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.



Anexo 12. Trilha das coletas de mosquitos de hábito diurno localizada na mancha florestal da ESEC Raso da Catarina, Paulo Afonso, Bahia. Foto: Letícia Marteis.

CURRÍCULO LATTES

[Dados gerais](#) [Formação](#) [Atuação](#) [Projetos](#) [Produções](#) [Eventos](#) +

Letícia Silva Marteis

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0144500143022462>

Última atualização do currículo em 17/11/2015

Doutoranda em Saúde Pública - Epidemiologia pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ecologia e Conservação (2012) pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) com atuação em Entomologia e Ecologia de Vetores. Especialista em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, Rio de Janeiro (2013). Graduada em Ciências Biológicas - Licenciatura (2010) pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

Letícia Silva Marteis

Nome em citações bibliográficas

MARTEIS, L. S.;LS Marteis

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2012

Doutorado em andamento em Saúde Pública (Conceito CAPES 6).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) e circulação de arbovírus em área de conservação do bioma caatinga,
Orientador: Delsio Natal.
Coorientador: Roseli La Corte dos Santos.
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
Palavras-chave: Culicídeos; Arbovírus; Caatinga; Vetores; Ecologia.

2010 - 2012

Mestrado em Ecologia e Conservação (Conceito CAPES 4).
Universidade Federal de Sergipe, UFS, Brasil.
Título: Aspectos da capacidade vetorial e resistência ao temephós de populações de *Aedes aegypti* de diferentes regiões de Sergipe, Brasil, Ano de Obtenção: 2012.
Orientador:  Roseli La Corte dos Santos.
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
Palavras-chave: *Aedes aegypti*; Ecologia; Inseticidas.

2010 - 2013

Especialização em Entomologia Médica. (Carga Horária: 510h).
Instituto Oswaldo Cruz, IOC, Brasil.
Título: Status de susceptibilidade ao organofosforado temephós de populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) do estado de Sergipe, Brasil.
Orientador: José Bento Pereira Lima.

2005 - 2010

Graduação em Ciências Biológicas.
Universidade Federal de Sergipe, UFS, Brasil.
Título: Análise de cartilhas educativas para subsidiar a abordagem sobre Dengue na Educação Básica.
Orientador: Roseli La Corte dos Santos.
Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil.

Formação Complementar

2015 - 2015

Situação dos animais silvestres em São Paulo. (Carga horária: 3h).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

2014 - 2014

CNPq | Uma agência do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Dados gerais Formação Atuação Produções Eventos Orientações Bancas Citações +



Delsio Natal

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/2025787312261734>

Última atualização do currículo em 02/12/2014

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (1977), mestrado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (1982) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (1986). Atualmente é professor associado da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Epidemiologia, atuando principalmente nos seguintes temas: culicidae, aedes aegypti, dengue, culex quinquefasciatus e controle. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

Delsio Natal

Nome em citações bibliográficas

Natal D; Natal D; Natal, Delsio

Endereço

Endereço Profissional

Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Epidemiologia.
Av. Dr. Arnaldo, 715
Cerqueira Cesar
01246-904 - Sao Paulo, SP - Brasil
Telefone: (11) 30667113
Fax: (11) 30812108

Formação acadêmica/titulação

1983 - 1986

Doutorado em Saúde Pública (Conceito CAPES 6).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Observações sobre o comportamento de mosquitos (Diptera: Culicidae) em áreas de matas residuais no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil., Ano de obtenção: 1986.
Orientador: Oswaldo Paulo Forattini.
Palavras-chave: Atividades de Mosquitos; Ecologia de Mosquitos; matas residuais; distribuição espacial; Acre, Brasil.
Grande área: Ciências Biológicas / Área: Ecologia / Subárea: Ecologia Aplicada / Especialidade: Entomologia Médica.
Setores de atividade: Saúde Humana.

1980 - 1982

Mestrado em Saúde Pública (Conceito CAPES 6).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: IMPORTANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE CULEX DO SUBGÊNERO MELANOCONION (DIPTERA, CULICIDAE), Ano de Obtenção: 1982.
Orientador: OSWALDO PAULO FORATTINI.
Palavras-chave: Arbovirose; Distribuicao Geografica; Distribuicao Vertical, Horizontal, Sazonal; matas residuais; Melanoconion (Subgenero de Culex); Mosquitos (Diptera, Culicidae).
Grande área: Ciências da Saúde / Área: Saúde Coletiva / Subárea: Epidemiologia.
Grande Área: Ciências Biológicas / Área: Ecologia / Subárea: Ecologia Aplicada / Especialidade: Entomologia Médica.

1982 - 1982

Especialização em X Curso de Esp. Em Entomologia Epidemiológica.
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

1979 - 1979

Especialização em Curso de Saúde Pública Para Graduados. (Carga Horária: 1000h).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

1972 - 1977

Graduação em Ciências Biológicas.
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Dados gerais Formação Atuação Projetos Produções Patentes e Registros Inovação Eventos Orientações Bancas Citações +



Roseli La Corte dos Santos

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/1043836205907613>

Última atualização do currículo em 29/01/2016

Possui graduação em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências-USP (1993), mestrado e doutorado em Doutorado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública-USP (2001) e pós-doutoramento na London School of Hygiene and Tropical Medicine. Atualmente é professora permanente do Programa de Mestrado em Biologia Parasitária e do Programa de Mestrado e Doutorado em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe. Tem experiência na área de entomologia médica com ênfase em controle e ecologia de vetores, atuando principalmente nos seguintes temas: Ecologia de Culicidae, Malaria, controle de vetores, Arboviroses. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

Roseli La Corte dos Santos

Nome em citações bibliográficas

dos Santos RL; Dos Santos RLC; Santos RLC; SANTOS, R La C.; LA CORTE SANTOS, ROSELI

Endereço

Endereço Profissional

Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.
Av Marechal Rondon s/n
Rosa Elze
49100-000 - Sao Cristovao, SE - Brasil
Telefone: (079) 21056626
Ramal: 6626
Fax: (079) 21056626

Formação acadêmica/titulação

1997 - 2001

Doutorado em Doutorado em Saúde Pública.
Faculdade de Saúde Pública-USP, FSP, Brasil.
Título: Medida da Capacidade Vetorial de Anopheles albiparvus e Anopheles (Kerteszia) no Vale do Ribeira, São Paulo., Ano de obtenção: 2001.
Orientador:  Oswaldo Paulo Forattini.
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Brasil.

1993 - 1996

Mestrado em Mestrado em Saúde Pública.
Faculdade de Saúde Pública-USP, FSP, Brasil.
Título: Domiciação de Aedes scapularis no sudeste do Brasil., Ano de Obtenção: 1996.
Orientador:  Oswaldo Paulo Forattini.
Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil.

1989 - 1993

Graduação em Bacharel em Ciências Biológicas.
Instituto de Biociências-USP, IB, Brasil.
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Brasil.

Pós-doutorado

2014 - 2015

Pós-Doutorado.
London School of Hygiene and Tropical Medicine, LSHTM, Inglaterra.
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
Grande área: Ciências Biológicas
Grande Área: Ciências Biológicas / Área: Parasitologia / Subárea: controle de vetores.