



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA DA
REDE BIONORTE



HELIANA TRINDADE MARINHO SANTANA

ECOLOGIA DE FLEBOTOMÍNEOS EM ÁREAS RURAIS ANTIGAS E RECENTES,
COM DIFERENTES GRAUS DE DESMATAMENTOS FLORESTAIS, EM BIOMA DE
CERRADO DO ESTADO DO MARANHÃO

São Luís – MA

2020

HELIANA TRINDADE MARINHO SANTANA

ECOLOGIA DE FLEBOTOMÍNEOS EM ÁREAS RURAIS ANTIGAS E RECENTES,
COM DIFERENTES GRAUS DE DESMATAMENTOS FLORESTAIS, EM BIOMA DE
CERRADO DO ESTADO DO MARANHÃO

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BONORTE, na Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo (UFMA)

São Luís – MA

2020

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

Santana, Heliana Trindade Marinho.

ECOLOGIA DE FLEBOTOMÍNEOS EM ÁREAS RURAIS ANTIGAS E
RECENTES, COM DIFERENTES GRAUS DE DESMATAMENTOS
FLORESTAIS, EM BIOMA DE CERRADO DO ESTADO DO MARANHÃO /
Heliana Trindade Marinho Santana. - 2019.

89 p.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede -
Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia
Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2019.

1. Ecologia. 2. Flebotomíneos. 3. Leishmaniose. I.
Rebêlo, José Manuel Macário. II. Título.

HELIANA TRINDADE MARINHO SANTANA

ECOLOGIA DE FLEBOTOMÍNEOS EM ÁREAS RURAIS ANTIGAS E RECENTES,
COM DIFERENTES GRAUS DE DESMATAMENTOS FLORESTAIS, EM BIOMA DE
CERRADO DO ESTADO DO MARANHÃO

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e
Biotecnologia da Rede BONORTE, na Universidade Federal
do Maranhão como requisito para a obtenção do Título de
Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo
(UFMA)

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo
ORIENTADOR

Prof. Dr. Luís Cláudio Nascimento da Silva
EXAMINADOR 01

Profª. Dra. Haíssa Oliveira Brito
EXAMINADOR 02

Prof. Dr. Rui Miguel Gil da Costa
EXAMINADOR 03

Prof. Dr. Silvio Monteiro Gomes
EXAMINADOR 04

São Luís – MA
2020

Dedico este trabalho aos meus amados filhos Matheus (*in memorian*) e João Felipe, por vocês, tudo valeu a pena. Ao meu amado marido Francisco pelo total apoio em cada passo dado na minha profissão, na minha vida, sem nunca medir esforços. A vitória desta conquista dedico com muito amor a vocês três.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meus caminhos com muita luz e fé e conduzir minhas vitórias e conquistas. Obrigada Senhor, por me manter de pé nos momentos mais difíceis da minha caminhada.

Ao Prof Dr. José Manuel Macário Rebêlo, meu orientador, pelos ensinamentos, suporte intelectual através de sua experiência, disponibilidade e competência. Obrigada pela oportunidade em abrir as portas do seu laboratório e por toda atenção dispensada nos momentos mais difíceis. O senhor tem a minha eterna gratidão.

Ao Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), em especial à Mariza Bandeira pela ajuda necessária na elaboração dos artigos e ao Jorge Luiz Pinto Moraes pela concessão dos dados e por sua grande generosidade, ensinamentos e valiosas considerações.

À todos da Unidade Mista do Coroadinho, em especial aos diretores Lucinete e Eduardo, além dos meus grandes amigos Flávio Donalwan, Ana Maria e Maria Creane, pela ajuda constante durante todos esses anos, sem a ajuda de vocês, não conseguiria dar continuidade ao Doutorado. Obrigada pela amizade durante todos esses anos.

Ao Prof Dr Marcos Grisotto, meu primeiro orientador, serei sempre grata a oportunidade dada para o ingresso no Doutorado. Obrigada pelo apoio dispensado durante todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Luis Cláudio, Profa. Dra Haissa Brito e Prof. Dr Rui Costa meu agradecimento pelas valiosas contribuições na banca do exame de qualificação. Agradeço ainda o Prof Dr Glécio Siqueira e Prof Dr Silvio Monteiro pela participação como membros da banca examinadora da defesa.

Aos meus pais Fernando e Élide, pelo apoio, por todo amor, incentivo e por cuidar do meu filho para que eu pudesse estudar e progredir na carreira acadêmica e profissional. Ao meu irmão Fernando, minha cunhada Raquel e minha sobrinha Ana Marcela pela amizade inabalável que com certeza é bem mais antiga do que pensamos. A vocês toda minha gratidão, carinho e admiração. Amo vocês!

A minha família Santana, que por diversos momentos estivemos juntos, sempre acreditando em mim, me encorajando a seguir em frente e obter êxito nesta grande empreitada em minha vida. Dona Jesus, Sr. Francisco, Laura, Eliana, Daniela, Lilia e Dina, meus sobrinhos Vinicius, Julya, Thiago, Emanuelle e Maria Eduarda, além dos meus cunhados queridos Elias e Carlos, obrigada por tanto carinho. Amo vocês minha querida família!

Um agradecimento especial ao meu filho Matheus, que ainda criança retornou para a morada do Senhor. Meu amado filho, você iniciou comigo esta jornada do Doutorado,

infelizmente, não o tenho fisicamente para comemorarmos essa vitória. Seu pai foi incansável e seu irmão João o nosso alento. Obrigada por mudar a minha vida!

“Tudo o que acontece no universo tem uma razão de ser; um objetivo. Nós como seres humanos, temos uma só lição na vida: seguir em frente e ter a certeza de que apesar de às vezes estar no escuro, o sol vai voltar a brilhar.”

Irmã Dulce

RESUMO

A leishmaniose tegumentar americana (LTA), doença inflamatória do tegumento e/ou das mucosas, é uma doença endêmica no estado do Maranhão, em especial nos povoados inseridos na região do Bioma Cerrado. As extensas áreas de cerrado dos municípios de Chapadinha e Barreirinhas vêm sofrendo degradação pelos processos de ocupação humana como a urbanização, agricultura, pecuária, produção de carvão, entre outras atividades, favorecendo a ocorrência da LTA por eliminação ou redução dos habitats naturais tanto para reservatórios como para os vetores. Nesse sentido, o trabalho buscou investigar aspectos ecológicos da fauna flebotomínica em ambientes antropogênicos e silvestres no Bioma do Cerrado. Foram capturados flebotomíneos em fragmentos florestais e em ambientes peridomésticos de duas áreas florestais dentro do bioma cerrado nos municípios de Barreirinhas (área antiga) e Chapadinha (área recente). As coletas ocorreram durante os anos de 2012 e 2014. O estudo resultou na coleta de 21.708 espécimes e 33 espécies de *Lutzomyia* e 2 de *Brumptomyia*. A riqueza e abundância das espécies foram maiores na área mais conservada (31 espécies; 61,7%) do que na mais degradada (17 espécies; 38,3%). Os machos predominaram sobre as fêmeas tanto na área antiga (machos: 60,35%; fêmeas: 39,65%) quanto recente (machos: 56,95%; fêmeas: 43,05%). Observa-se que na área antiga as espécies dominantes foram *L. longipalpis* (47,52%), *L. whitmani* (27,34%) e *L. evandroi* (5,03%), *L. trinidadensis* (3,17%) e *L. lenti* (3,15%). Na área recente, as duas espécies dominantes foram às mesmas (*L. longipalpis*: 38,03%; *L. whitmani*: 23,89%), mas houve mudança na ordem de dominância das espécies seguintes, a partir do terceiro posto, com *L. lenti* (22,94%), *L. acanthopharinx* (4,23%), *L. termitophila* (3,52%), *L. goiana* (2,21%) e *L. evandroi* (2,2%). Na área recente, mais conservada, a riqueza de espécies de flebotomíneos foi maior na floresta (30 espécies) do que nos intradomicílios (12) e peridomicílios (21). Ao passo que na área antiga, onde a vegetação é mais degradada, a riqueza foi maior nos peridomicílios (17) do que na floresta (16) e intradomicílio (12). No computo geral a abundância foi maior na estação chuvosa em ambas localidades, diminuindo na transição com a estação seca, voltando a aumentar no final desta última estação, evidenciando clara sazonalidade. Esses resultados indicam que a abundância foi significativamente maior nos peridomicílios e muitas espécies podem ser encontradas em todos os meses do ano, mas a riqueza e abundância são maiores na estação chuvosa, quando os índices pluviométricos e de umidade são mais elevados e as médias de temperatura mais amenas. Este estudo mostrou que o desmatamento que causa degradação florestal afeta a estrutura da comunidade dos flebotomíneos, pois a riqueza de espécies aumenta na floresta conservada e diminui na floresta degradada; enquanto a abundância diminui na floresta degradada e aumenta nos ambientes peridomiciliares dos assentamentos. Esse resultado requer urgência no desenvolvimento de políticas públicas de conservação florestal e monitoramento e vigilância entomológica nas áreas estudadas.

Palavras-chave: Ecologia; Flebotomíneos; Leishmaniose; Sazonalidade.

ABSTRACT

American tegumentary leishmaniasis (ATL), a tegument and/or mucous membranes inflammatory disease, is an endemic disease in Maranhão state, especially in villages within the cerrado biome region. Extensive areas of cerrado located in the municipalities of Chapadinha and Barreirinhas suffer degradation caused by human occupation processes such as urbanization, agricultural activity, livestock and coal production that enable the occurrence of ATL by elimination or reduction of natural habitats for both reservoirs and the vectors. The research investigated ecological aspects of phlebotomic fauna in anthropogenic and wild environments in the cerrado biome. Sandflies samples were captured in forest fragments and peridomestic environments of two forest areas into the cerrado biome in the municipalities of Barreirinhas (old area) and Chapadinha (recent area). Specimen collection was carried between 2012 and 2014. In total, 21.708 specimens and 33 species of *Lutzomyia* and 02 *Brumptomyia* were collected. The richness and abundance of species were higher in more preserved area (31 species; 61.7%) than degraded area (17 species; 38.3%). Males predominated over females both in the old area (males: 60.35%; females: 39.65%) and recent area (males: 56.95%; females: 43.05%). In the old area, the dominant species were *L. longipalpis* (47.52%), *L. whitmani* (27.34%) and *L. evandroi* (5.03%), *L. trinidadensis* (3.17%) and *L. lenti* (3.15%). In the recent area, the two dominant species were the same (*L. longipalpis*: 38.03%; *L. whitmani*: 23.89%), but there was a change in the dominance order of the following species: *L. lenti* (22.94%), *L. acanthopharinx* (4.23%), *L. termitophila* (3.52%), *L. goiana* (2.21%) and *L. evandroi* (2.2%). In the recent area, more preserved area, the richness of sandflies species was higher in the forest (30 species) than in the intradomiciles (12) and peridomiciles (21). While, in the old area, where the vegetation is more degraded, the richness of sandflies species was higher in the peridomiciles (17) than in the forest (16) and intradomiciles (12). On the whole, the abundance of sandflies species was higher in the rainy season in both localities, reducing in the transition to dry season, increasing again at the end of this last season, evidencing clear seasonality. These results indicate that the abundance was significantly higher in the peridomiciles and many species can be found in all months of the year, but the richness and abundance are higher in the rainy season, when the rainfall and humidity rates are higher and the temperature is milder. This study showed that deforestation that causes forest degradation affects the community structure of sandflies, as the species richness increases in the conserved forest and decreases in the degraded forest; while the abundance decreases in the degraded forest and increases in the peridomiciliar environments of the settlements. This result requires urgency in the development of public policies for forest conservation and entomological monitoring and surveillance in the areas studied.

Keywords: Ecology; Phlebotomines; Leishmaniasis; Seasonality.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II	Pág.
Figura 1. Flebotomíneos do gênero <i>Phlebotomus</i> (a) e <i>Lutzomyia</i> (b).	23
Figura 2. Representação do ciclo biológico dos flebotomíneos; o ovo, as quatro fases larvares, o estágio de pupa, e a forma adulta.	25
Figura 3. Figura esquemática mostrando o núcleo, cinetoplasto, blefaroplasto, flagelo e mitocôndria de forma amastigota (direita) e promastigota (esquerda).	28
Figura 4. Ciclo biológico das espécies de <i>Leishmania</i> nos hospedeiros vertebrados e invertebrados.	31
Figura 5. Distribuição das principais espécies de flebotomíneos vetoradas da leishmaniose tegumentar no Brasil, 2015.	32
Figura 6. Distribuição mundial da leishmaniose tegumentar.	33
Figura 7. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN), Maranhão, Brasil, 2007 à 2017.	36
Figura 8. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN) nos municípios de Chapadinha e Barreirinhas, Maranhão, Brasil, 2007 à 2017.	36
CAPÍTULO III	Pág.
Figure 1. Map of the state of Maranhão showing the location of the municipality of Barreirinhas and Chapadinha and the settlements studied. Phlebotomines were collected in the intradomicile, peridomicile and forest fragment. A) Settlement of Palmeira dos Eduardos, municipality of Barreirinhas - long term area with degraded forest. B) Settlement of Bom Jesus, municipality of Chapadinha – short term area with conserved forest.	52
Figure 2. Comparison of abundance averages of male and female sandflies captured in intradomicile, peridomicile and forest, from May 2012 to April 2014, in the municipalities of Barreirinhas (blue line) and Chapadinha. (red line a).	57
Figure 3. Dominant species of sand flies captured from May 2012 to April 2014, in the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, according to the Kato index.	58
Figure 4. Diversity profile through the Renyi series applied to the numbers of sand flies captured in areas of long term (a) and short term (b) occupation, in Maranhão State, Brazil, May / 2012 to April / 2014. B = Barreirinhas; C = Chapadinha	59

Figure 5. Dendrogram of similarity (Bray-Curtis) between intradomicile (I), peridomicile (P) and forest of the long term (B) and short term (C) occupation areas, State of Maranhão, from May 2012 to April 2014. B = Barreirinhas; C = Chapadinha. 60

Figure 6. Interaction between total average abundance/environments (a) and environments/areas (b). The bars are the confidence intervals. Whenever two confidence intervals overlap there are no significant statistical differences. Barreirinhas = blue; Chapadinha = red. 61

CAPÍTULO IV

Pág.

Figura 1. Comparação da abundância de flebotomíneos entre o intradomicílio, peridomicílio e fragmento florestal no município de Barreirinhas. As barras são os intervalos de confiança, sempre que dois intervalos de confiança são sobrepostos não há diferenças estatísticas significativas. 79

Figura 2. Variação mensal da abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais nas estações seca e chuvosa, no município de Barreirinhas, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril de 2014. 80

Figura 3. Comparação da abundância de flebotomíneos entre o intradomicílios, peridomicílios, fragmento florestal, nas estações seca e chuvosa, no município de Chapadinha (área conservada). As barras são os intervalos de confiança 82

Figura 4. Variação mensal na abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área conservada do município de Chapadinha, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014. 83

Figura 5. Ordenação das espécies de flebotomíneos em função da sua abundância, do tipo de ambiente e estação em Barreirinhas (a) e Chapadinha (b) pela Análise de Componente Principal (PCA). 84

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II	Pág.
Tabela 1. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN), segundo região de notificação, Brasil, 2007 à 2017.	35
CAPÍTULO III	Pág.
Table 1. Taxonomic groups of sand flies present in the wild and anthropized environments of the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, state of Maranhão, Brazil, from May/2012 to April/2014.	55
Table 2. Richness and abundance of sand flies species captured in the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, State of Maranhão, from May 2012 to April 2014	56
CAPÍTULO IV	Pág.
Tabela 1. Riqueza e abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área de ocupação antiga do município de Barreirinhas, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.	78
Tabela 2. Riqueza e abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área conservada do município de Chapadinha, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.	81

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	Pág.
1. APRESENTAÇÃO	16
2. INTRODUÇÃO	18
3. JUSTIFICATIVA	20
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo geral	29
4.2 Objetivos específicos	29
CAPÍTULO II	Pág.
5 REVISÃO DA LITERATURA	23
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO III	Pág.
Artigo 01: FOREST DEGRADATION AND EFFECT ON THE SAND FLIES COMMUNITY IN NORTHEAST BRAZIL	49
INTRODUCTION	50
MATERIAL AND METHODS	52
RESULTS	54
DISCUSSION	62
REFERENCES	65
CAPÍTULO IV	Pág.
Artigo 02: DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA: PSYCHODIDAE) EM ÁREAS DE CERRADO, COM DIFERENTES TEMPOS DE OCUPAÇÃO HUMANA	73
INTRODUÇÃO	75
MATERIAL E MÉTODOS	76
RESULTADOS	77
DISCUSSÃO	84
REFERENCIAS	87

CAPÍTULO I

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho expõe os aspectos ecológicos da fauna de flebotomíneos com base em uma ampla análise de meta-dados entomológicos de forma sistematizada e planejada envolvendo os vetores das leishmanioses nos municípios de Barreirinhas e Chapadinha, ambos situados em áreas de cerrado do estado do Maranhão e que vêm sofrendo ao longo do tempo degradação pelos processos de ocupação humana como a urbanização, atividade agrícolas, entre outros.

O estudo foi realizado nos anos de 2012 a 2014, em áreas rurais e florestais de dois assentamentos rurais, um antigo (30 anos) e outro recente (10 anos), cujos fragmentos florestais encontram-se em diferentes estados de conservação. O intuito foi compreender os efeitos antropogênicos e da sazonalidade sobre a estrutura de comunidade desses insetos na região de cerrado. Assim, o objetivo inicial foi conhecer a fauna na região de cerrado e em uma segunda etapa, definir as espécies que transmitem agentes etiológicos das leishmanioses, nas suas diversas formas, em ambas as áreas.

A tese foi apresentada de acordo com as normas e proposições recomendadas pelo Programa de Pós-Graduação da Rede Bionorte. Em consonância com as recomendações de escrita, estruturou-se a quatro capítulos. O Capítulo I foi composto pela Apresentação do trabalho, Introdução, Justificativa e Objetivos (geral e específicos). No Capítulo II apresentou-se a Revisão de Literatura. No Capítulo III apresentou-se o manuscrito “DEGRADAÇÃO FLORESTAL E EFEITO SOBRE A COMUNIDADE DE FLEBOTOMÍNEOS NO NORDESTE DO BRASIL” de autoria de Jorge Luiz Pinto Moraes, Heliana Trindade Marinho Santana, Maria da Conceição Abreu Bandeira & José Manuel Macário Rebêlo, que foi aceito para publicação no *Journal of Vector Ecology*, qualificado com Qualis A3 e fator de impacto = 1,39. O Capítulo IV apresenta o manuscrito “DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA: PSYCHODIDAE) EM ÁREAS DE CERRADO, COM DIFERENTES TEMPOS DE OCUPAÇÃO HUMANA” de autoria de Heliana Trindade Marinho Santana, Jorge Luiz Pinto Moraes, Maria da Conceição Abreu Bandeira & José Manuel Macário Rebêlo, que será submetido ao *Journal of Vector Ecology*, qualificado com Qualis A3 e fator de impacto = 1,39.

Para efeito de esclarecimento, o capítulo I e II foi regido pelas normas da ABNT, enquanto os capítulos III e IV seguiram as normas da revista para a qual os respectivos manuscritos foram submetidos.

2 INTRODUÇÃO

As leishmanioses podem manifestar-se clinicamente nas formas visceral e tegumentar, dependendo da interação agente-hospedeiro e da saliva do vetor modulando a resposta deste (SACKS; KAMHAWI, 2001). A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) é uma doença causada por protozoários do gênero *Leishmania*, e transmitida ao homem pela picada de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae). No Brasil existem seis espécies de *Leishmania* responsáveis pela gênese da doença humana, e mais de 260 espécies de flebotomíneos, distribuídas em todas as regiões geográficas (SHIMABUKURO; GALATI, 2011), mas com grande número, sobretudo, na bacia amazônica e no nordeste brasileiro (REBÊLO et al., 2010).

A LTA é uma doença que acompanha o homem desde a antiguidade, existindo relatos e descrições encontrados na literatura desde o séc. I d.C. (LAINSON, 1997; CAMARGO, BARCINSKI, 2003). A primeira referência de LTA no Brasil encontra-se no documento da Pastoral Religiosa Político-Geográfica de 1827, citado no livro de Tello intitulado "Antigüedad de la Syphilis em el Peru", onde ele relata a viagem de Frei Dom Hipólito Sanches de Fayas y Quiros de Tabatinga (AM) até o Peru, percorrendo as regiões do vale amazônico (PARAGUASSU-CHAVES, 2001).

Entretanto, no Brasil, a natureza leishmaniótica das lesões cutâneas e nasofaríngeas só foi confirmada, pela primeira vez, em 1909, por Lindenberg, que encontrou formas de *Leishmania* idênticas à *Leishmania tropica* da leishmaniose do Velho Mundo, em lesões cutâneas de indivíduos que trabalhavam nas matas do interior do Estado de São Paulo (PESSÔA, 1982).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), há aproximadamente de 0,7 a 1,3 milhão de casos por leishmaniose tegumentar no mundo. No Brasil, a LTA apresenta elevada frequência, além de ampla expansão territorial e transmissão essencialmente focal (MS, 2002). No Brasil, analisando a cronologia da doença de 2007 até 2018, é possível observar que existem 252.044 casos notificados de LTA nas cinco regiões e em todos os estados brasileiros. As regiões Norte e Nordeste são as mais acometidas pela doença, respectivamente com 109.331 e 76.633 notificações (SINAN, 2020).

Os flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) são insetos ectoparasitos que se alimentam de sangue de vertebrados. Ao realizarem o repasto sanguíneo, as fêmeas desses insetos, quando infectadas, podem transmitir entre os mamíferos os protozoários do gênero *Leishmania*, causadores das formas visceral e tegumentar da leishmaniose (ALVAR et al., 2012).

No Maranhão, foram identificadas mais de 90 espécies de flebotomíneos, distribuídas numa área que atravessa o estado desde a porção nordeste até o extremo sudoeste (REBÊLO et al., 2010). Nas últimas décadas, análises epidemiológicas têm sugerido mudanças no padrão de transmissão, ocorrendo em zonas rurais praticamente desmatadas, e em regiões periurbanas (GOMES et al., 1983; REBÊLO et al., 2019). Dentro dessa região, muitas espécies têm sido encontradas nas áreas silvestres (MARINHO et al., 2008; REBÊLO et al., 2000), porém algumas delas vêm invadindo as áreas rurais e a elas se adaptando (MARTIN; REBÊLO, 2006), assim como às semiurbanas (ARAÚJO et al., 2000; CARVALHO et al., 2000) e, progressivamente, colonizando a periferia e até mesmo os centros urbanos de alguns municípios (GUIMARÃES-E-SILVA et al., 2012; PENHA et al., 2013).

3. JUSTIFICATIVA

O cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 22% do território brasileiro (BRASIL, 2014). Extensas áreas do bioma são degradadas pelos processos de ocupação humana como a urbanização, atividade agropecuária e de produção de carvão. Mais de 50% da área total do cerrado brasileiro já foi ocupada para atividades produtivas (WWF, 2014).

A região dos cerrados no Maranhão tem sido alvo de atividades de controle do Programa de Leishmaniose desenvolvido no Estado, principalmente, por causa do surgimento de casos autóctones de LTA nas periferias urbanas e áreas de ocupação da população de baixa renda (FNS, 1997).

Dentre essas regiões de cerrado, destacam-se os municípios de Barreirinhas e Chapadinha. O município de Chapadinha apresenta vegetação predominante do tipo cerrado constituída por árvores e arbustos com altura variando de três a quatro metros, estruturada em dois estratos: um arbóreo/arbustivo com árvores esparsas e retorcidas e outro herbáceo/gramíneo (CORREIA FILHO, 2011). Já o município de Barreirinhas, que faz parte da Região do Parque Nacional dos Lençóis, apresenta vegetação de dunas e restingas, que por sua vez se mistura a vegetação de cerrado, tornando-se uma vegetação muito densa, constituindo-se em um espesso e emaranhado de plantas lenhosas subarbustivas e até mesmo arbustivas (POMPEO; MOSCHINI-CARLOS, 2019)

Ambos os municípios vêm sofrendo grandes mudanças nos últimos anos. Em Chapadinha, as maiores mudanças estão na vegetação, que está sendo substituída por plantações de soja, com crescente ampliação dos plantios de eucalipto (SELBACH; LEITE, 2008). Já o município de Barreirinhas tornou-se um importante polo turístico do Maranhão, sofrendo também grandes modificações sócio-econômicas-ambientais (GRAÇA, 2005).

De certa maneira, essas modificações sócio-econômicas-ambientais que aconteceram nos últimos anos, podem justificar os achados em trabalhos realizados nos municípios de Chapadinha e Barreirinhas, estado do Maranhão, sobre levantamento de casos e monitoramento da fauna flebotomínica, que apontam para um aumento dos vetores e dos casos de leishmaniose tegumentar americana nesses municípios com o passar dos anos, que

segundo dados do SINAN, nesses dois municípios foram registrados 1.785 casos entre 2007 e 2017 sendo, portanto, consideradas áreas endêmicas para leishmaniose.

O controle das leishmanioses, em especial da leishmaniose tegumentar americana, em áreas endêmicas como os municípios alvo desta pesquisa, requer o conhecimento da ecologia dos flebotomíneos bem como da própria epidemiologia da doença, pois há indícios que mudanças antrópicas no cerrado podem alterar a composição das populações de flebotomíneos e os ciclos de transmissão de patógenos aos humanos.

Além disso, as perspectivas de controle utilizando dados de vigilância epidemiológica, medidas de atuação na cadeia de transmissão, medidas educativas e medidas administrativas a serem adotadas podem ser mais racionais, à medida que passam a ser mais específicas conforme a situação epidemiológica local.

Assim, este trabalho que ora se apresenta, torna-se relevante, pois colabora com a investigação entomológica, levando em consideração as mudanças ocasionadas nessas regiões do cerrado e o novo perfil epidemiológico da leishmaniose tegumentar americana, fornecendo subsídios mais sólidos para o entendimento desta doença tão grave e incidente em nossa população.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Investigar aspectos ecológicos da fauna flebotomínica em ambientes antropogênicos e silvestres no Bioma do Cerrado.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Estudar o efeito da degradação florestal em área de assentamentos rurais e efeito na estrutura da comunidade de flebotomíneos
- ✓ Avaliar a distribuição temporal de populações de flebotomíneos em áreas florestais e antropogênicas, com diferentes tempos de ocupação humana

CAPÍTULO II

5 REVISÃO DA LITERATURA

Classificação e Taxonomia. Os flebotomíneos constituem uma subfamília de dípteros da subordem Nematocera, família Psychodidae. De acordo com Lewis et al.(1977), a subfamília Phlebotominae é dividida em cinco gêneros: *Phlebotomus* Rondani & Berté, 1840 e *Sergentomyia* França & Parrot, 1920, presentes no Velho Mundo; *Brumptomyia* França & Parrot, 1921, *Warileya* Hertig, 1948 e *Lutzomyia* França, 1924 restritas ao Novo Mundo. Adotaremos esta classificação no presente trabalho.

Morfologia. Os flebotomíneos são constituídos por dípteros de pequeno porte que variam de 1,5 a 3 mm, olhos grandes, muito pilosos e cor palha e castanho-claros, facilmente reconhecidos pela atitude que adotam quando pousados, pois as asas permanecem entreabertas e ligeiramente levantadas, em vez de cruzarem sobre o dorso. Das subfamílias, a Phlebotominae inclui espécies hematófagas e com grande interesse médico por serem vetores das leishmanioses (SOUZA, 2000; DEUJEUX, 2004) (Figura 1).



Figura 1. Flebotomíneos do gênero *Phlebotomus* (a) e *Lutzomyia* (b).
Fonte: <http://fpslivroaberto.blogspot.com>

Nomes populares. Os flebotomíneos são conhecidos popularmente nos países de língua inglesa como *sandfly*. Nos países de língua latina sulamericanos são denominados *chitre*, *palomilla*, *manta blanca*, *quemador*, *pringador*, *jején*, *angoleta* e *titira* e, no Brasil, como mosquito palha, asa dura, asa branca, bererê, birigui, cangalhinha, anjinho, catuqui, murutinga. Na Região Amazônica do Maranhão são designados tatuquira e tatuira, enquanto

no Baixo Parnaíba são chamados de péla-égua e na ilha de São Luís são conhecidos como arrupiado e furrupa (REBÊLO, 2001). O termo arrupiado indica o excesso de pelos eretos que os adultos, machos e fêmeas apresentam.

Distribuição. Os flebotomíneos distribuem-se por quase todas as regiões do mundo, sendo que os gêneros *Lutzomyia*, *Brumptomyia* e *Warileya* ocorrem somente no Novo Mundo e são mais abundantes na Região Neotropical (YOUNG; DUNCAN, 1994). A área de distribuição geográfica do gênero *Phlebotomus* estende-se do Mediterrâneo à região Afrotropical, Oriente Médio e Região Oriental à Ásia Central. Eles são encontrados em uma área que varia de altitudes de Jericó na Palestina (~300 metros abaixo do nível do mar) à Mashad no Irã (3.600 metros acima do nível do mar). Apenas umas poucas espécies de *Phlebotomus* estão presentes em áreas intertropicais, tais como sub-Saara na África, Sudeste da Ásia ou na região do Pacífico. O gênero *Sergentomyia* (FRANCA; PARROT, 1920) está distribuído no Velho Mundo, sendo dominante em áreas tropicais, onde espécies de *Phlebotomus* são escassas. Sua distribuição compreende as regiões Afrotropical, Oriental, e australiana, a Índia, o sub-Saara africano, e Ásia. Muitas espécies se alimentam de lagartos, mas algumas espécies ocasionalmente picam mamíferos (LEWIS, 1975). Alguns espécimes de *Sergentomyia* são encontrados infectados com *Sauroleishmania* (um subgênero de *Leishmania*) e *Trypanosoma* que são frequentemente identificados de lagartos (LAINSON; SHAW, 1987). Evidências atuais indicam que parasitas do gênero *Leishmania* não são transmissíveis por espécies de *Sergentomyia* (SADLOVA et al., 2013).

Diversidade. Em todo o mundo são conhecidas, aproximadamente, 900 espécies de flebotomíneos, das quais, mais de 500 estão presentes na região Neotropical e destas, mais de 229 já foram registradas no Brasil, representando 25,44% do total e 45,8% das que ocorrem na Região Neotropical (GALATI, 2003; READY, 2013). Nas Américas as primeiras espécies registradas de flebotomíneos foram descritas em 1907, e até 1940, somente 33 espécies eram conhecidas. A partir da descoberta de que algumas espécies de flebotomíneos estariam participando do ciclo de transmissão de agentes patogênicos ao homem e a outros animais, os estudos sobre esses insetos aumentaram consideravelmente, visando entre outras coisas conhecer o seu ciclo de vida e identificar qual espécie de flebotomíneo atuaria como vetora de agentes patogênicos em determinadas regiões (Aragão, 1922; Barretto, 1943; Forattini, 1973).

Ciclo de vida. O desenvolvimento dos flebotomíneos é do tipo holometábolo ou completo, passando pelas fases de ovo, quatro estádios larvários, pupa e adultos. Entre quatro e dez dias, os ovos eclodem e liberam as larvas de primeiro estágio. As larvas alimentam-se

de restos de matéria orgânica presente nos substratos e com o passar dos dias vão se desenvolvendo até atingirem o quarto estágio, em um tempo decorrido entre 30 e 60 dias. Uma vez na quarta fase larvar, esta libera o conteúdo gastrointestinal e fixa-se a um substrato para realizar a em pupação. Após sete a dez dias, a forma adulta emerge desta pupa através de uma fissura longitudinal ao longo do dorso da pupa. As formas adultas desses insetos vivem entre quinze e vinte sete dias em condições de laboratório (PESSOA; MARTINS, 1978). O ciclo biológico dos flebotomíneos tem um tempo aproximado entre 30 e 70 dias (PESSOA; MARTINS, 1978; LEITE. WILLIAM, 1997; MARCONDES, 2001) (Figura 2).

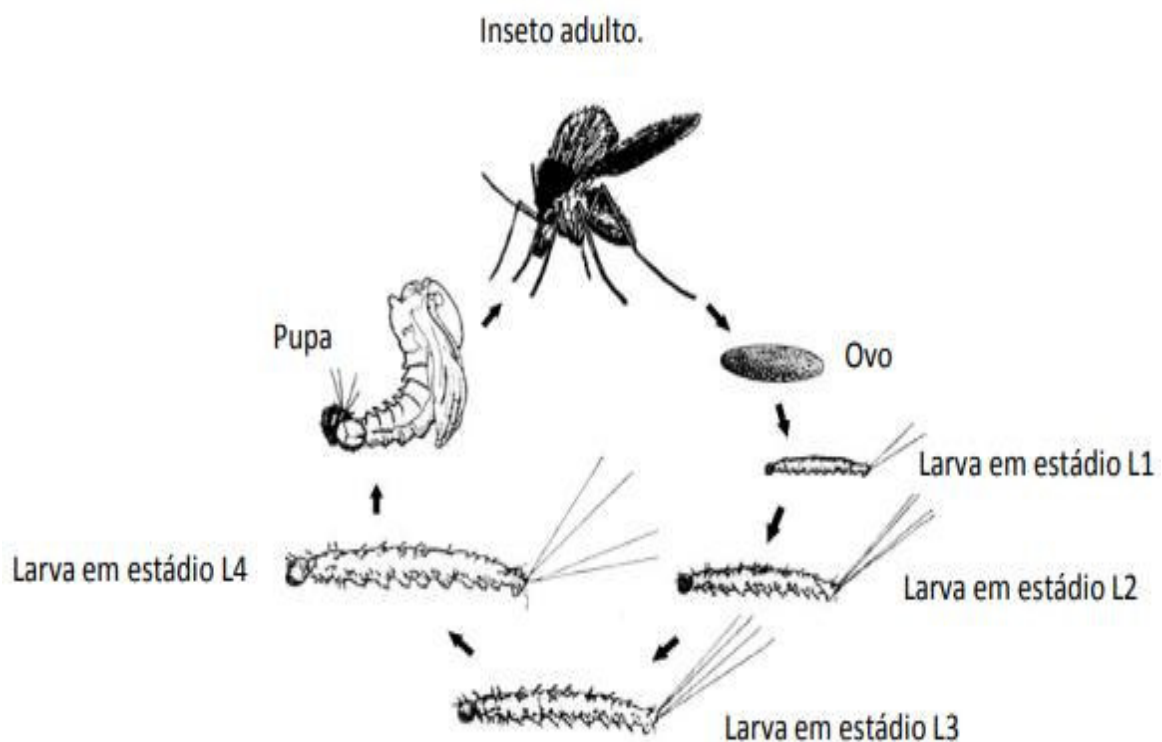


Figura 2. Representação do ciclo biológico dos flebotomíneos; o ovo, as quatro fases larvares, o estágio de pupa, e a forma adulta. Fonte: http://pcwww.liv.ac.uk/leishmania/life_cycle__habitats.htm

Alimentação. Quanto à alimentação, ambos os sexos são fitófagos, sugam sucos vegetais, néctar de flores, frutos e soluções açucaradas (SMITH; HALDER; AHMED, 1940,1941; PESSOA; BARRETO, 1948; DEANE; DEANE; ALENCAR, 1955; SHERLOCK; SHERLOCK, 1961, 1972; ALEXANDER; USMA, 1994). Estes carboidratos funcionam como fontes energia e mantêm a homeostasia (AZEVEDO et al., 2011). Quando os flebotomíneos ingerem o açúcar, este é estocado no divertículo, onde é levado ao trato digestório e então absorvido (BRAZIL; BRAZIL, 2003).

Diferente dos machos, as fêmeas também são hematófagas, necessitam de sangue na alimentação, para possibilitar a maturação de seus ovos (MONTEIRO, 2012). Nesse caso, a saliva possibilita o repasto sanguíneo realizado pelas fêmeas, pois possui substâncias anticoagulantes e indutoras de vasodilatação. As fêmeas iniciam sua alimentação sanguínea entre 24 e 48 horas após a sua emergência da pupa, e como possuem peças bucais relativamente curtas, acabam realizando um procedimento diferenciado dos demais insetos para conseguir alimentar-se. Inicialmente dilaceram a pele e os capilares sanguíneos, formando um coágulo subcutâneo, onde a fêmea é capaz de sugá-lo. Este exercício pode custar para a fêmea cerca de um a cinco minutos para atingir um repasto completo (BRAZIL; BRAZIL, 2003).

Estudos demonstraram que algumas espécies podem ser ecléticas quanto à fonte sanguínea, entretanto outras possuem preferência restrita a uma espécie de hospedeiro (ADLER; THEODOR, 1957; TESH, 1988). Como exemplo, temos *L. longipalpis*, *L. intermedia*, *L. migonei* e *L. fischeri* consideradas menos seletivas quanto à fonte, podendo picar o homem, cães, gatos, aves e outros animais com muita avidez no mesmo ecótopo, e exemplificando a situação oposta, a espécie *L. quinquefer* alimenta-se de sangue de répteis (DANTAS TORRES et al., 2006; ALVES, 2008).

Há aquelas fêmeas que são autógenas, isto é, não sugam sangue e mesmo assim conseguem reproduzir, mas esse é um caso raro (FORATTINI et al., 1976; SHERLOCK, 2003).

Atividade. Os flebotomíneos, com algumas exceções, caracterizam-se por apresentar atividade crepuscular ou noturna (e permanecem em seus nichos de repouso durante a maior parte do dia (BRAZIL; BRAZIL 2003), com os horários preferidos para suas atividades sendo bastante variáveis de um local para outro e até mesmo de uma espécie para outra dentro de um mesmo local (BARROS et al., 2000; SOUZA et al., 2001). A atividade noturna está relacionada ao fato desses insetos, que são muito pequenos, aproveitarem as temperaturas mais baixas do período noturno para suas atividades, ficando dessa forma, protegidos da dessecação (GIBSON; TORR 1999). Estudos têm demonstrado que em áreas amazônicas, onde o clima é quente e úmido, os flebotomíneos podem permanecer ativos a noite inteira, tendendo a uma frequência significativamente maior na primeira metade da noite (GAMA NETO et al., 2013). A título de informação, as espécies *L. anduzei*, *L. umbratilis*, *L. flaviscutellata*, *L. georgii*, *L. eurypyga*, *L. davisii* e *L. rorotaensis* podem ser encontradas a noite toda, com variação no pico de abundância.

Habitat. Estes insetos são insetos primariamente silvestres, sendo encontrados em áreas florestais e não florestais e de acordo com Rebêlo et al. (2019) o desmatamento vem contribuindo para modificar a ecologia desses dípteros selecionando espécies com capacidade de sobreviver nessas novas áreas, inclusive nos peridomicílios de povoados estabelecidos nas proximidades de matas secundárias. A presença de animais domésticos influencia na densidade dos flebotomíneos dentro ou próximo a habitações humanas e, conseqüentemente, aumenta os riscos de transmissão de espécies de *Leishmania* para humanos (XIMENES et al., 1999). Alguns estudos têm mostrado que a agregação de flebotomíneos em ambiente peridomiciliar está relacionada com a liberação de feromônios pelos insetos e caimomônios pelos hospedeiros (DOUGHERTY et al., 1993; QUINNELL; DYE, 1994).

Vetor de *Leishmania*. No gênero americano *Lutzomyia*, várias espécies são consideradas efetivas transmissoras das espécies de protozoários tripanosomatídeos do gênero *Leishmania* aos seres humanos, destacando-se: *Lutzomyia (Nyssomyia) intermedia* (LUTZ, NEIVA, 1912); *Lu. (N.) neivai* (PINTO, 1926); *Lu. (N.) whitmani*(ANTUNES; COUTINHO, 1939); *Lu. (N.) umbratilis* (WARD; FRAIHA, 1977); *Lu. (N.) flaviscutellata* (MANGABEIRA, 1942); *Lu. (N.) antonesi* (COUTINHO, 1939); *Lu. migonei* (FRANÇA, 1920); *Lu. (Pintomyia) fischeri* (PINTO, 1926); *Lu. (P.) ayrozai* (BARRETO; COUTINHO, 1940); *Lu. (P.) wellcomei*; *Lu. (P.) complexa* (MANGABEIRA, 1941); *Lu. (P.) ayrozai* (BARRETO; COUTINHO, 1940); *Lu. (P.) paraensis* (COSTA LIMA, 1941); *Lu. (P.) amazonensis* (ROOT. 1934); *Lu. (P.) hirsuta* (MANGABEIRA, 1942); *Lu. (Trichophoromyia) ubiquitousalis* (MANGABEIRA, 1942) (RANGEL; LAISON, 2009).

Flebotomíneos do Maranhão. No Brasil, os flebotomíneos ocorrem nos mais variados tipos de habitats e já foram registrados em todas as unidades federativas do país (AGUIAR; MEDEIROS, 2003). No estado do Maranhão, a fauna de flebotomíneos mostra-se rica e distribuída de forma heterogênea, concordando com a complexidade fitogeográfica do estado, manifestando grande riqueza de ecossistemas e de zonas climáticas (FREIRE, 2016). Até o momento, foram encontradas no Maranhão 91 espécies de flebotomíneos, das quais quatro pertenciam ao gênero *Brumptomyia* e 87 ao gênero *Lutzomyia*, distribuído entre os seguintes subgêneros e grupos: *Evandromyia* (6), *Lutzomyia* (5), *Micropygomyia* (2), *Nyssomyia* (9), *Pintomyia* (2), *Pressatia* (3), *Psathyromyia*(6), *Psychodopygus* (14), *Sciopemyia* (4), *Trichophoromyia*(2), *Viannamyia* (2); grupos de espécies: *Aragaoi* (2), *Baityi*(1), *Dreisbachi* (1), *Migonei* (12), *Oswaldoi* (8), *Pilosa* (1), *Saulensis* (2), *Verrucarum* (4) e não agrupada (1) (RÊBELO et al., 2010).

Aspectos gerais das leishmanioses. As leishmanioses são zoonoses provocadas por parasitos unicelulares do gênero *Leishmania* (ROSS, 1903), pertencentes à família Trypanosomatidae. O parasito é transmitido pela picada de fêmeas de Phlebotominae (Diptera: Psicodidae) dos gêneros *Phlebotomus* Loew, 1845 (Velho Mundo) e *Lutzomyia* França, 1924 (Novo Mundo) (FURUSAWA; BORGES, 2014). As leishmânias são parasitas digenéticos intercalando seu ciclo de vida entre hospedeiros vertebrados e invertebrados (CAMARGO; BARCINSKI, 2003; MINISTERIO DA SAÚDE, 2007). Estes parasitas apresentam em seu ciclo de vida apenas duas formas evolutivas: a forma promastigota, que é flagelada e extracelular, e a forma amastigota, que é intracelular e sem movimentos. As promastigotas apresentam corpo alongado, medindo entre 14 e 20 μm e flagelo livre. As amastigotas têm corpo ovóide, medindo entre 2,1 e 3,2 μm e flagelo interno (PÊSSOA; MARTINS, 1982) (Figura 3).



Figura 3. Figura esquemática mostrando o núcleo, cinetoplasto, blefaroplasto, flagelo e mitocôndria de forma amastigota (direita) e promastigota (esquerda). Fonte: <http://www.dbbm.fiocruz.br>, 1997

A Organização Mundial de Saúde (OMS) divide as leishmanioses em quatro grupos clínicos: cutânea, mucocutânea, cutâneo-difusa e visceral. A leishmaniose cutânea é uma doença de baixa gravidade; já a forma mucocutânea pode causar lesões extremamente mutilantes na face, enquanto a forma cutâneo-difusa apresenta um aspecto hanseniforme, além de ser um grande desafio terapêutico. As formas cutâneas da doença resultam da multiplicação do parasito em células do Sistema Fagocitário Mononuclear da pele (GARNHAM, 1987).

Basicamente, as duas formas clínicas de maior interesse são: a leishmaniose visceral ou calazar e a leishmaniose tegumentar, que diferem nas manifestações clínicas, agentes etiológicos, insetos vetores e reservatórios envolvidos em diferentes ciclos de transmissão (LAINSON; SHAW, 2005; MARZOCHI et al., 1999).

A doença apresenta uma variedade em manifestações clínicas que dependem da espécie do parasita e da resposta imune do hospedeiro, tendo como aspectos clínicos desde formas inaparentes, com lesões discretas de pele com tendência à cura espontânea, a ulcerações múltiplas ou lesões mucosas de curso lento e difícil tratamento (MEDEIROS; ROSELINO, 1999).

A leishmaniose tegumentar caracteriza-se por feridas na pele que se localizam com maior frequência nas partes descobertas do corpo. Tardiamente, podem surgir feridas nas mucosas do nariz, da boca e da garganta. Essa forma de leishmaniose é conhecida como “ferida brava”. A leishmaniose visceral é uma doença sistêmica, pois, acomete vários órgãos internos, principalmente o fígado, o baço e a medula óssea. Esse tipo de leishmaniose acomete essencialmente crianças de até dez anos; após esta idade se torna menos frequente. É uma doença de evolução longa, podendo durar alguns meses ou até ultrapassar o período de um ano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Em 1993, a Organização Mundial da Saúde considerou as leishmanioses como a segunda doença causada por protozoários de maior importância em saúde pública (FURUSAWA; BORGES, 2014). Na América Latina, a doença apresenta dois padrões epidemiológicos: surtos epidêmicos associados à derrubada de florestas em regiões pioneiras, que constitui o padrão clássico da enfermidade, e a transmissão em regiões de colonização antiga, associada às formas de ocupação do espaço, particularmente do espaço rural, embora também possa ocorrer em áreas urbanas (NEGRÃO; FERREIRA, 2009).

Nas últimas décadas, se tem observado um aumento da incidência em todas as regiões do Brasil, com um registro anual de cerca de 35.000 casos, ocupando o segundo lugar entre as protozooses transmitidas por vetores no país, superada apenas pela malária (AZULAY; AZULAY, 2004).

Leishmaniose tegumentar americana. A leishmaniose tegumentar americana (LTA) é uma doença que acompanha o homem desde a antiguidade, existindo relatos e descrições encontrados na literatura desde o séc. I d.C (LAINSON, 1997; CAMARGO;

BARCINSKI, 2003). A primeira referência de LTA no Brasil encontra-se no documento da Pastoral Religiosa Político-Geográfica de 1827, citado no livro de Tello intitulado “*Antigüedad de la Syphilis en el Peru*”, onde ele relata a viagem de Frei Dom Hipólito Sanches de Fayas y Quiros de Tabatinga (AM) até o Peru, percorrendo as regiões do vale amazônico (PARAGUASSU-CHAVES, 2001)

As teorias sobre a origem e difusão das leishmanioses evoluíram principalmente durante as eras bacteriológica e epidemiológica. Assim, a partir de 1890, Juliano Moreira e Aguiar Pupo propunham a primeira teoria de origem mediterrânea, enfatizando que os casos observados em pacientes da Bahia, doença chamada 'botão da Bahia' eram parecidos ao 'botão do Oriente' (LINDENBERG, 1909). Esta comparação fez inferir, inclusive, que as LTA teriam sido introduzidas pelos fenícios ou sírios que supostamente chegaram ao nordeste do Brasil ainda na Antiguidade. Muito embora tais viagens na antiguidade jamais tenham sido provadas historicamente ou arqueologicamente (MOREIRA, 1906, 1895; PUPO, 1926)

A segunda teoria é de origem andina. Esta começa a formular-se a partir dos descobrimentos de peças de cerâmica pré-colombiana ou *huacos* peruanos em 1895 e reforçada pelos documentos do século XVI (VIRCHOW, 1895; NEIVA et al., 1917; RABELLO, 1925)

Gaspar Vianna, por considerar o parasito diferente da *L. tropica*, o batizou de *L. braziliensis*, ficando assim denominado o agente etiológico da "úlceras de Bauru", "feridas brava" ou "nariz de tapir" (SILVEIRA et al., 1997). No Brasil, até a década de setenta, todos os casos de LTA eram atribuídos a *L. braziliensis*. Com o aprimoramento das técnicas de análise e a intensificação dos estudos ecológicos e epidemiológicos, outras espécies foram descritas, sendo registradas até o momento seis espécies causadoras da LTA (MARZOCHI, 1992; LAISON, 1997; SILVEIRA et al., 1997; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000).

A LTA é uma doença inflamatória do tegumento e/ou das membranas mucosas (MCADAM; SHARPE, 2010), causada por protozoários parasitos do gênero *Leishmania* (ROSS, 1903), transmitida a partir de animais para o ser humano, através da picada da fêmea infectada de vetores flebotomíneos (DIAS, 2011) (Figura 4).

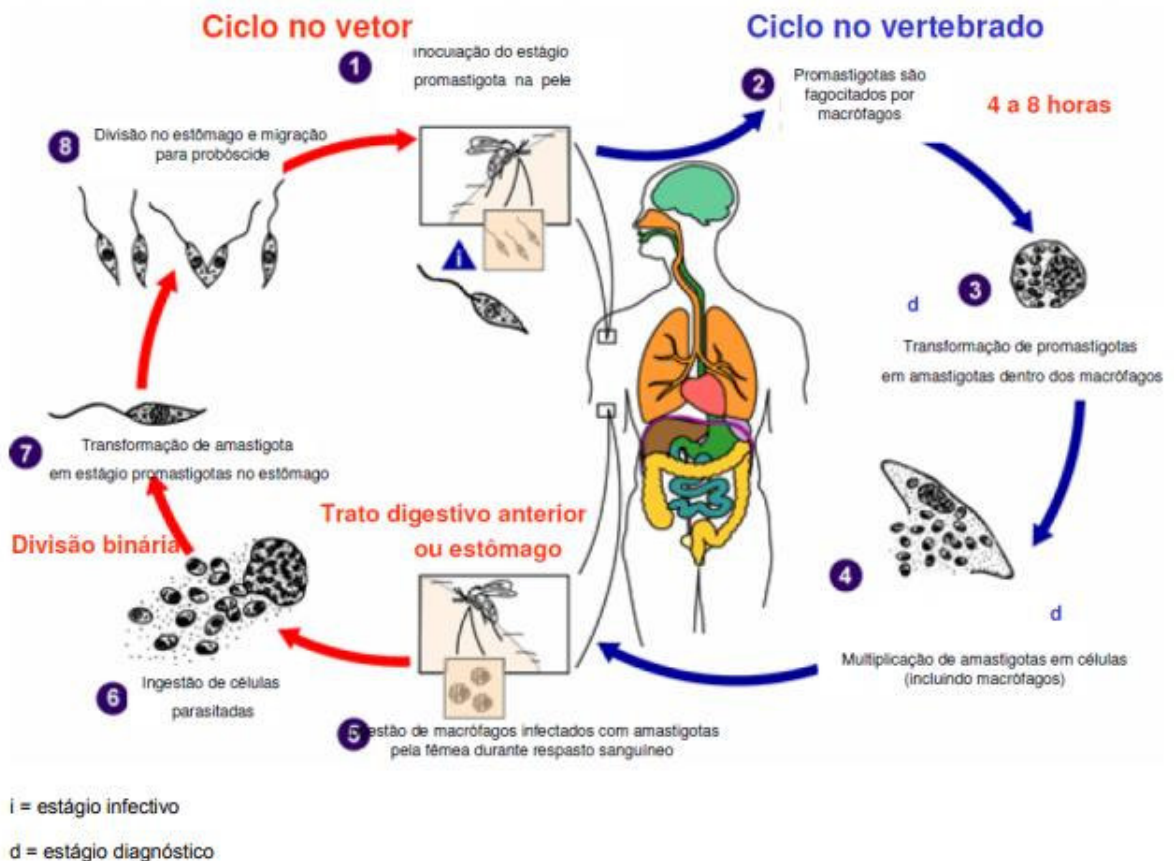


Figura 4. Ciclo biológico das espécies de *Leishmania* sp. nos hospedeiros vertebrados e invertebrados. (*Centers for Disease Control & Prevention / Center for Global Health*)

A LTA pode ocasionar infecções subclínicas ou determinar lesões tegumentares. Sabe-se da existência de indivíduos naturalmente resistentes à infecção (assintomáticos) e outros com diferentes graus de suscetibilidade (sintomáticos). No homem, a evolução da infecção depende da natureza da resposta imunológica do hospedeiro, assim como da virulência e/ou composição antigênica da cepa do parasito (FRANÇA, 1999).

No Brasil, as principais espécies envolvidas na transmissão da leishmaniose tegumentar são: *Lutzomyia flaviscutellata*, *Lu. whitmani*, *Lu. umbratilis*, *Lu. intermedia*, *Lu. wellcomei* e *Lu. migonei*. Essas espécies de flebotomíneos foram definidas como vetoras por atenderem aos critérios que atribuem a uma espécie a competência vetorial. Embora ainda não tenha sido comprovado o papel da *Lu. neivai* e *Lu. fischeri* como vetores da leishmaniose tegumentar, estas espécies têm sido encontradas com frequência em ambientes domiciliares em áreas de transmissão da doença (BRASIL, 2010). (Figura 5).

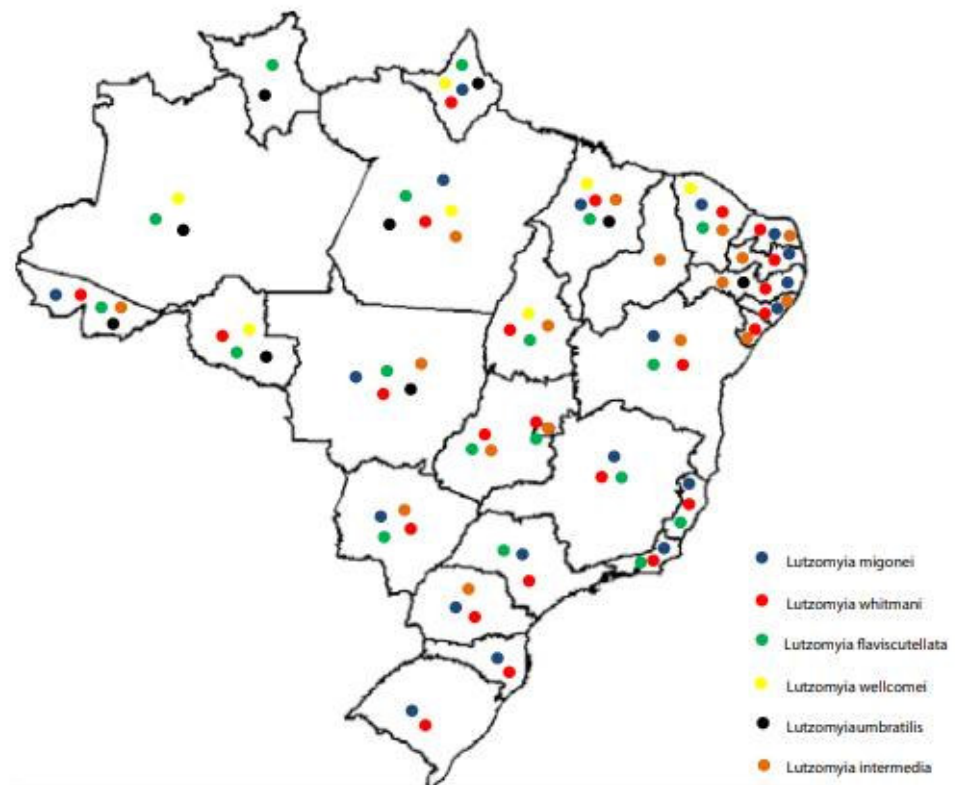


Figura 5. Distribuição das principais espécies de flebotomíneos vetoras da leishmaniose tegumentar no Brasil, 2015. Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017.

Estima-se que, em todo o mundo, 350 milhões de pessoas estão expostas a contrair a enfermidade e 12 milhões estão infectadas. Em todo o mundo, a incidência anual é de 1,5 a 2 milhões de novos casos de leishmaniose tegumentar, atingindo 88 países (BRASIL, 2017) (Figura 6).

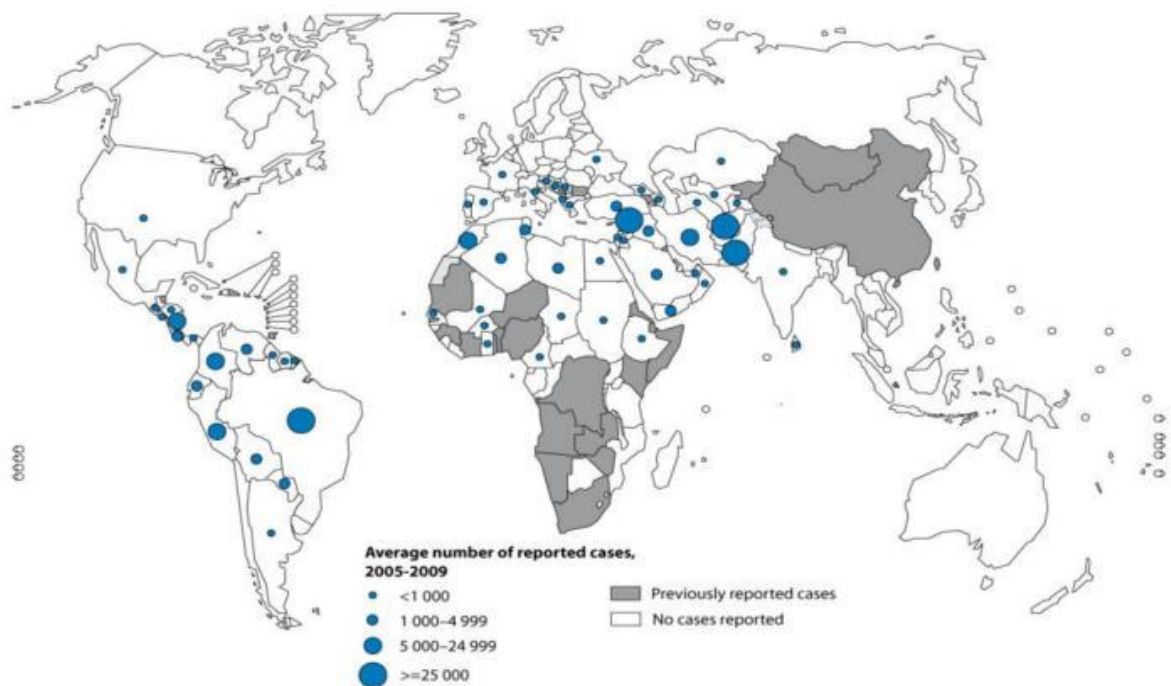


Figura 6. Distribuição mundial da leishmaniose tegumentar. Fonte: OMS, 2012

A LTA ocorre nas Américas desde o Sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina (MONTENEGRO, 1926). O foco mais importante é o sul-americano, que compreende todos os países, com exceção do Uruguai e do Chile. A incidência de LTA no Brasil tem aumentado nos últimos 20 anos, em praticamente todos os Estados. Surtos epidêmicos têm ocorrido nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e, mais recentemente, na região Amazônica, relacionados ao processo predatório de colonização (MARZOCHI, 1992). Nos últimos anos, o Ministério da Saúde registrou média anual de 35 mil novos casos de LTA no país (GOTINJO; CARVALHO, 2003).

A LTA no Brasil tem diferentes aspectos epidemiológicos, de acordo com as características biogeográficas das regiões onde a doença é assinalada. Acreditava-se, até recentemente, que a incidência da leishmaniose tegumentar tenderia a diminuir no país, acompanhando a diminuição das florestas tropicais, até ficar restrita a regiões próximas das matas residuais. No entanto, essa doença pode ser encontrada não somente em regiões florestais, com vegetação abundante, propícias às colonizações dos vetores e mamíferos silvestres infectados, como também em regiões desmatadas, com adaptação de vetores e reservatórios a ambientes modificados, em áreas rurais e urbanas, com transmissão peridomiciliar (TOLEZANO et al., 2003).

No Brasil, analisando a cronologia da doença de 2007 até 2018, é possível observar que existem 252.044 casos notificados de LTA nas cinco regiões e em todos os estados brasileiros (Tabela 1). As regiões Norte e Nordeste são as mais acometidas pela doença, respectivamente com 109.331 e 76.633 notificações. Os estados do Pará e Amazonas, no norte do país, apresentam 58% (58.761) dos casos da região. No Nordeste, os estados do Maranhão, Ceará, Bahia e Pernambuco apresentam 95,73% (69.306) dos casos da região (SINAN, 2020).

Tabela 1. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN), segundo região de notificação, Brasil, 2007 à 2018.

Região de notificação	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Norte	10.386	9.349	8.886	7.725	9.220	11.014	9.082	11.168	9.630	5.861	8.822	8.188	109.331
Nordeste	6.272	6.605	7.349	9.415	8.504	8.860	5.757	5.408	5.577	3.761	4.907	4.218	76.633
Sudeste	2.112	1.791	1.791	2.639	2.432	1.616	1.371	1.701	1.993	1.675	2.106	2.255	23.482
Sul	562	672	519	307	362	484	344	416	540	316	293	238	5053
Centro-oeste	3.313	3.248	4.748	3.437	2.504	3.361	3.150	3.278	3.188	2.308	2.790	2382	37.707
Total	22.645	21.665	23.293	23.523	23.022	25.335	19.704	21.971	20.928	13.921	18.918	17.119	252.044

Através de análise separada dos dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificações em 2019, para o estado do Maranhão, é possível observar que a doença apresentou 2.335 notificações no ano de 2007, com decréscimo dos números de casos até 2009, quando em 2010 a 2012 foram registrados 8.099 casos. De 2013 a 2017 houve 8004 casos, demonstrando uma redução dos números. Em 2016 foi o ano que houve uma diminuição ainda mais expressiva dos casos, com 1.062 notificações (SINAN, 2019) (Figura 7).

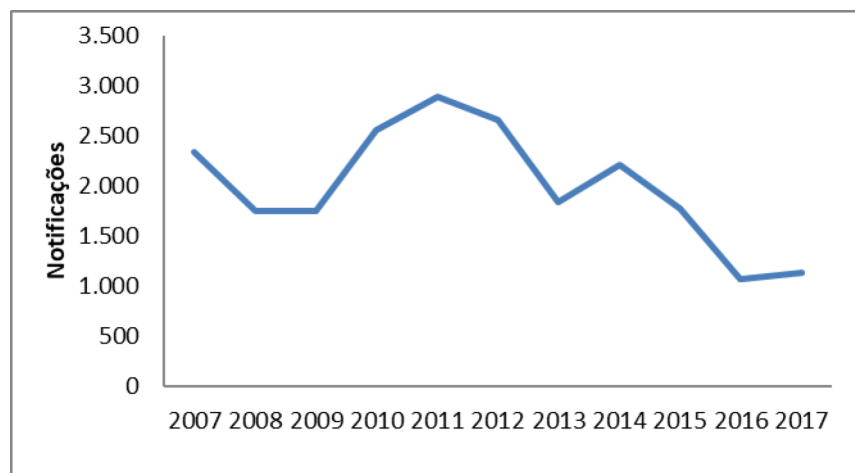


Figura 7. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN), Maranhão, Brasil, 2007 à 2017.

Segundo dados do SINAN, nesses dois municípios foram registrados 1.785 casos entre 2007 e 2017 (Figura 10), destes, 1.214 casos registrados somente no município de Barreirinhas contra 571 casos registrados em Chapadinha, demonstrando que a leishmaniose é uma doença endêmica em ambos os municípios (SINAN, 2019).

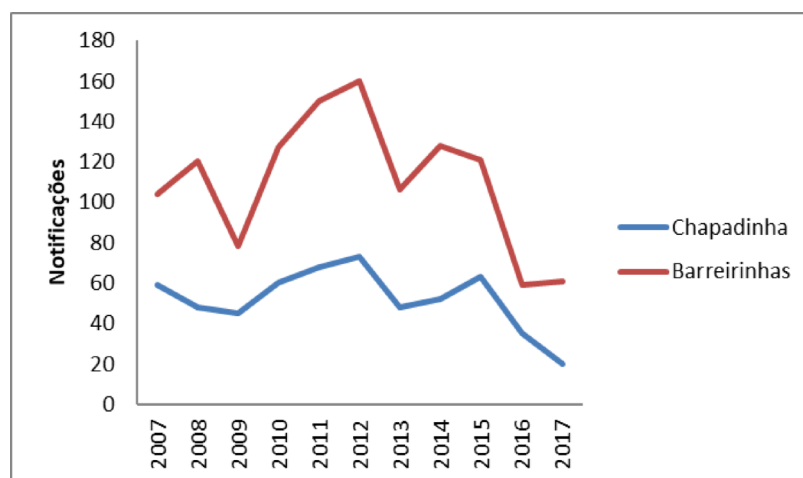


Figura 8. Casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana (LTA), notificados no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN) nos municípios de Chapadinha e Barreirinhas, Maranhão, Brasil, 2007 à 2017.

REFERÊNCIAS

- ADLER, S.; THEODOR, O. Transmission of disease agents by phlebotomine sandflies. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 2, p. 203-226, 1957.
- AGUIAR, G. M.; MEDEIROS, W. M. Distribuição regional e habitats das espécies de flebotomíneos do Brasil, In: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. (Org.). *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. cap. 3, p. 207-255.
- AGUIAR, G.M.; VILELA, M.L.; LIMA, R.B. Ecology of the sandflies of Itaguaí in area of cutaneous leishmaniasis in the State of Rio de Janeiro. Food preferences (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.82, p.583-584, 1987.
- ALEXANDER, B.; USMA, M.C. Potential source of sugar for the phlebotomines and fly *Lutzomyia youngi* (Diptera: Psychodidae) in a Colombian coffee plantation. *Annals of Trop Med and Parasitology*, v.88, p. 543-549, 1994.
- ALVAR, J.; VÉLEZ, I.D.; BERN, C.; HERRERO, M.; DESJEUX, P.; CANO, J.; JANNIN, J.; DEN BOER, M. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS ONE* v.7,n.2, 2012.
- ALVES, J. R. C.; Espécies de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) da fazenda São José, município de Carmo, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2008. 133f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ARAÚJO, J. C.; REBÊLO, J. M. M.; CARVALHO, M. L.; BARROS, V. L. L. Composição dos flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do município da Raposa-MA, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. *Entomología y Vectores*, v. 7, n.1, p. 33-47, 2000.
- AZEVEDO, P.C.B.; LOPES, G.N.; FONTELES, R.S.; VASCONCELOS, G.C.; MORAES, J.L.P.; REBÊLO, J.M.M. The effect of fragmentation on Phlebotomine communities (Diptera: Psychodidae) in areas of ombrophilous forest in São Luís, State of Maranhão, Brazil. *Neotrop. Entomol.* v.40, n.2, p.271-277, 2011.
- AZULAY, R.D.; AZULAY, D.R. *Dermatologia*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

BARROS, V.L.; RÊBELO, J.M.M; SILVA, F.S. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) de capoeira do município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil. Área endêmica de Leishmaniose. *Entomologia y Vectores*. Rio de Janeiro, v.7, n.1, p.19-32, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de Vigilância da Leishmaniose Tegumentar Americana / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – 2. ed. atual. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010. 180 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Manual de vigilância da leishmaniose tegumentar [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017. 189 p.

BRASIL, Ministério Do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

BRAZIL, R.P.; BRAZIL, B.G. Bionomia. In: RANGEL, E.F., LAINSON, R. (orgs) Flebotomíneos do Brasil. Editora da Fundação Oswaldo Cruz, 2003, p. 257-274.

CAMARGO, L.M.A.; BARCINSKI, M.A. Leishmanioses, feridas bravas e kalazar. *Ciência e Cultura*, v.1, p.34-37, 2003.

CARVALHO, R.W. M.B.; SOUZA, N.M.; SERRA-FREIRE, C.S.; PONTES, N.F.; CONCEIÇÃO, A.B.; ALMEIDA. Flebotomíneos (Diptera, Psycodidae) da Ilha do Araújo, município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Comportamento da fauna gente à variação horária e ao ciclo lunar. *Entomol. Vector.*, v.7, p.143-153, 2000.

CORREIA FILHO, F. L. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Chapadinha. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31 p.

DANTAS-TORRES, F.; BRANDAO-FILHO, S. P. Visceral leishmaniasis in Brazil: revisiting paradigms of epidemiology and control. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 151-156, 2006.

DEANE, L.M.; DEANE, M.P.; ALENCAR, J,E. Observações sobre o combate ao *Phlebotomus longipalpis* pela desinsetização domiciliária, em focos endêmicos de calazar no Ceará. *Rev Bras Malar Doen Trop*, v.7, p.131-141, 1955.

- DESJEUX, P. Leishmaniose: current situation and new perspectives. *Comp. Immunol. Microb.*v.27, p.305-318, 2004.
- DIAS, E.S. Psychodidae. In: NEVES, D.P., MELO, A.L., LINARDI, P.M., VITOR, R.W.A. *Parasitologia Humana*. Atheneu, 12 ed., p.377-385, 2011.
- DOUGHERTY, M.J.; HAMILTON, J.G.; WARD, R.D. Semiochemical mediation of oviposition by the phlebotomine sandfly *Lutzomyia longipalpis*. *Med Vet Entomol.*, v.7, p.219-224, 1993.
- FORATTINI, O.P. Observações feitas sobre a transmissão da Leishmaniose Tegumentar no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.10, p.31-43, 1976.
- FRANÇA, E.R. *Dermatologia*. 1ª ed. Recife: Janssen-Cilag, p. 135-143, 1999.
- FREIRE, P.C. Comunidade de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em área rural endêmica de Leishmaniose, na região do cerrado maranhense. 2016. 100 f. Dissertação (Mestre em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FNS). Relatório Anual. São Luís: Serviço de Epidemiologia/Coordenação Regional do Maranhão/Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 1997.
- FURUSAWA, G.P.; BORGES, M.B. Colaboração para o conhecimento do histórico da Leishmaniose Tegumentar Americana no Brasil: possíveis casos entre escravos na vila de vassouras-rj, nos anos 1820 a 1880. *Rev. Patol. Trop.*, v. 43, n.1, p. 7-25, 2014.
- GALATI, E.A.B. Phylogenetic systematics of Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) with emphasis on American groups. *Bol. Dir. Malariol. y Amb.*, v. 35, n.1, p.133-142, 1995.
- GALATI, E.A.B. Classificação de Phlebotominae. In: *Flebotomíneos do Brasil* (RANGEL, E.F.; LAINSON, R. eds.). Rio de Janeiro - Editora Fiocruz, p.23-52, 2003.
- GAMA NETO, J.L.; BAIMA, J.M.; FREITAS, R.A.; PASSOS, M.A.B. Fauna flebotomínica (Diptera: Psychodidae) em floresta preservada e alterada do Município de Caroebe, Estado de Roraima, Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 3, p.41-46, 2013.
- GARNHAM, P.C.C. Introduction. In: Peters W, Killick-Kendrick R. *The Leishmaniasis in Biology and Medicine*, cap. 1, p. 13-25, 1987.

GIBSON, G.; TORR, S.J. Visual and olfactory responses haematophagous Diptera to host stimuli. *Medical and Veterinary Entomology*, v.13, p. 2-23, 1999.

GOMES AC, RABELLO EX, SANTOS JLF, GALATI EAB. Aspectos epidemiológicos da Leishmaniose Tegumentar Americana. 3. Observações naturais sobre o ritmo diário de *Psychodopigus intermedius* em ambiente florestal e extra-florestal. *Revista de Saúde Pública* 17: 23-30, 1983.

GONTIJO, B.; CARVALHO, M.L.R. Leishmaniose tegumentar americana. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v. 36, n. 1, p. 71-80, 2003.

GRAÇA, I. M. A política do turismo como inserção do Maranhão na economia mundializada: os Lençóis Maranhenses em foco. In:II JORNADA INTERNACIONAL DE POLITICAS PUBLICAS, 2005, São Luís.

GUIMARES E SILVA, A.S.; LEONARDO, F.S.; COSTA, E.R.S.; ALCANTARA, S.H., PINHEIRO, V.C.S.; REBELO, J.M.M. The occurrence of flebotomines(Dipterapshychodae) in a Leishmaniasis Endemic Area. *Revista Paranaense de Medicina*, v.26 (2) abril-junho, p. 23-28, 2012

LAINSON R. Leishmânia e leishmaniose, com particular referência à região Amazônica do Brasil. *Revista Paraense de Medicina*, v.11, n.1, p.29-40, 1997.

LAINSON, R.; SHAW, J. J. Evolution, classification and geographical distribution. In: Peters, W., Killick-Kendrick, R., (Eds), *The Leishmaniasis in Biology and Medicine*. London, Academic Press, p. 1-121, 1987.

LAINSON, R.; SHAW, J. J. Leishmaniasis in the New World. In: COLLIER, L.; BALOWS, A.; SUSSMAN, M. (Ed.). *Topley and Wilson's microbiology and microbial infections*. 10th ed. London: Hodder Arnold., v. 5, p. 313-349, 2005.

LEITE, A.C.R.; WILLIAM, P. The first instar larva of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Phlebotomidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz.*, v. 91, p. 571-578, 1997.

LEWIS, D.J.. Functional morphology of the mouth parts in New World phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae), *Trans. R. Entomol. Soc, Lond.*, v. 126, p.497-532, 1975.

LEWIS, D.J.; YOUNG, D.G.; FAIRCHILD, G.B.; MINTER, D.M. Proposals for a stable classification of phlebotomine sandflies. *Systematic Entomology*, v.2, p.319-332, 1977.

LINDENBERG, A. 'L'ulcère de Bauru ou le bouton d'Orientau Brésil'. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, n.2, p. 252-254, 1909.

MARINHO, R.M.R.S.; FONTELES, G.C.; VASCONCELOS, P.C.B.; AZEVÊDO, J.L.P.; REBELO, J.M.M. REBELO. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em reservas florestais da área metropolitana de São Luis, Maranhão, Brasil. Ver. Bras. Entomol., v.52, p.112-116, 2008.

MARTINS, A.V.; WILLIAMS, P.; FALCÃO, A.L. American sand flies (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1978.

MARTIN, A.M.C.; REBELO, J.M.M. Dinâmica espaço-temporal de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do município de Santa Quitéria, área de cerrado do Estado do Maranhão, Brasil. Iheringia, v.96, p.273-384, 2006.

MARZOCHI, M.C.A. Leishmanioses no Brasil (As Leishmanioses Tegumentares). JBM, v.63, p.81-105. 1992.

MARZOCHI, M. C. A.; SCHUBACH, A. O.; MARZOCHI, K. F. Leishmaniose tegumentar americana. In: CIMERMAN, B.; CIMERMAN, S. Parasitologia humana e seus fundamentos gerais, 1. ed. São Paulo: Atheneu, p. 39-64, 1999.

MARCONDES, C.B. Entomologia médica e veterinária. 1st ed., Atheneu, São Paulo, p.432, 2001.

MCADAM, A.J; SHARPE, A.H. Doenças infecciosas. In: KUMAR et al. Robbins e Cotran: bases patológicas das doenças. Rio de Janeiro: Elsevier. 2010.

MEDEIROS, A.C.R.; ROSELINO, A.M.F. Leishmaniose tegumentar americana: do histórico aos dias de hoje (1999). Anais Brasileiros de Dermatologia, v. 74, n. 4, p. 329-336, jul./ago. 1999.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de Controle da Leishmaniose Tegumentar Americana. Brasília; 2000.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de Controle da Leishmaniose Tegumentar Americana. Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Saúde Brasil 2011: uma análise da situação de saúde e a vigilância da saúde da mulher. Brasília: Editora MS; 2012.

MINISTERIO DA SAUDE. Leishmaniose. 2015. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br>. Acesso em 03 de julho de 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de vigilância da leishmanio - se tegumentar americana. Versão eletrônica. http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_leishmaniose_tegumentar.pdf (Acesso em : 09/Mai/2017).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Leishmaniose Tegumentar (LT): o que é, causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/leishmaniose-tegumentar>. Acesso em: 15 de julho de 2019.

MONTEIRO, C. C. O papel da microbiota intestinal na competência vetorial do *Lutzomyia longipalpis* para a *Leishmania (Leishmania) infantum chagasi* e a transmissão do parasito ao vertebrado pela da picada. 2012. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Centro de Pesquisa René Rachou, Belo Horizonte.

MONTENEGRO, J. Cutaneous reactions in leishmaniasis. Archives of Dermatology and Syphilology, v.13, p.187,1926.

MOREIRA, J. 'Botão endêmico dos países quentes'. O Brasil Médico, n. 1, p. 100-101, 1906

MOREIRA, J. 'Existe na Bahia o botão de Biskra?'. Gazeta Médica da Bahia, p. 254-256, 1895.

NEIVA, A. et al. 'Leishmaniasis tegumentaria americana'. Primera Conferencia de La Sociedad Sudamericana de Higiene, Microbiologia y Patologia. Buenos Aires, v.72, p. 311-373, 1917.

NEGRÃO, G.N.; FERREIRA, M.E.M.C. Considerações sobre a dispersão da Leishmaniose Tegumentar Americana nas Américas. Revista Percurso - NEMO Maringá, v. 1, p. 85-103, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Primeiro relatório da OMS sobre doenças tropicais negligenciadas: Avanços para superar o impacto global de doenças tropicais negligenciadas. Organização Pan-Americana de Saúde: 184 p., 2012.

PARAGUASSU-CHAVES, C.A. Geografia Médica ou da Saúde (Espaço e doença na Amazônia Ocidental). Rondônia: Edufro; 2001.

- PENHA, T.A.; SANTOS, A.C.G., REBELO, J.M.M.; MORAES, J.L.P.; GUERRA, R.M.S.N.V. Fauna de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em área endêmica de leishmaniose visceral canina na região metropolitana de São Luís-MA. *Biotemas*, v. 26, p.121-127, 2013.
- PESSOA, S.B.; BARRETO, M.P. *Leishmaniose Tegumentar Americana*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional/São Paulo: Serviço de Parasitologia, Departamento de Medicina, Faculdade de São Paulo, 1948.
- PESSOA, S.B.; MARTINS, A.V. *Parasitologia médica*. 10 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1978.
- PESSOA, S.B.; MARTINS, A.V. *Parasitologia Médica*. 11 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1982.
- POMPÊO, M.L; MOSCHINI-CARLOS, V. Características gerais da Região do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=410. Acesso em: 04 de abril de 2019.
- QUINNELL, R. J.; DYE, C. Correlates of the peridomestic abundance of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) in Amazonian Brazil. *Med. Vet. Entomol.* v. 8, p.219–224, 1994.
- RABELLO, E. Contribuição ao estudo da leishmaniose tegumentar no Brasil I. História e sinonímia. *Anais Brasileiros de Dermatologia e Sifilografia*, n. 1, p. 3-29, 1925
- READY, P. Biology of Phlebotomine Sand Flies as Vectors of Disease Agents. *Annual Rev Entomology*, v.58, p.227-250, 2013.
- REBELO, J.M.M.; OLIVEIRA, S.T.; BARROS, V.L.L.; SILVA, F.S. Flebotomíneos da Amazônia Maranhense. III- Frequência horária das espécies em área de colonização recente. *Entomologia y Vectores*, Rio de Janeiro, v.7, n.1, p.1-18, 2000.
- REBÊLO, J.M.M. Frequência horária e sazonalidade de *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) na Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil, v.17, n.1, p.221-227, 2001.

- REBÊLO, J.M.M.; DA ROCHA, R.V.; MORAES, J.L.P.; DA SILVA, C.R.M.; LEONARDO, F.S.; ALVES, G.A. The distribution of phlebotomines (Diptera; Psychodidae) in municipalities in different phytogeographic. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.54, n.3, p.494-500, 2010.
- REBÊLO, J.M.M.; MORAES, J.L.P.; CRUZ, G.B.V.; ANDRADE-SILVA, J.; BANDEIRA, M.C.A.; OLIVEIRA PEREIRA, Y.N.; SANTOS, C.L.C. Influence of Deforestation on the Community Structure of Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Eastern Amazonia. *Journal of Medical Entomology*, v. 56, p. 1, 2019.
- ROTUREAU, B. Ecology of the *Leishmania* species in the Guianan ecoregion complex. *Am J Trop. Med. Hyg.*, v.74, n.1, p.81-96, 2006.
- SACKS, D.; KAMHAWI, S. Molecular aspects of parasite-vector and vector-host interactions in leishmaniasis. *Annu Rev Microbiol*, v. 55, p.453-483, 2001.
- SAMPAIO, S.; RIVITTI, E. *Dermatologia*. 2.ed.São Paulo: Artes Médicas. 2001.
- SANDLOVA, J.; DVORAK, V.; SEBLOVA, V.; WARBURG, A. VOTYPKA, J.; VOLF, P. *Sergentomya schwetzi* is not a competent vector for *Leishmania donovani* and other leishmania species pathogenic to humans. *Parasites and vectors*, v.6, p.2-10, 2013.
- SELBACH, J.F.; LEITE, J.R.S.A. Meio ambiente no Baixo Parnaíba: olhos no mundo, pés na região. São Luis/MA: EDUFMA, 2008.
- SHERLOCK, I.A.; SHERLOCK, V.A. Sobre a infecção experimental do *Phlebotomus longipalpis* pela *Leishmania donovani*. *Revista Brasileira de Biologia*. v.21, p. 409-418, 1961.
- SHERLOCK, I.A.; SHERLOCK, V.A. Métodos práticos para criação de flebotomíneos em laboratório. *Rev. Bras. Biol.*, v.32,p. 209–217, 1972.
- SHERLOCK, I. A. Importância Médico-Veterinária. In: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. (Org.). *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, cap. 1, p. 15- 22, 2003.
- SHIMABUKURO, P.H.F.; GALATI, E.A.B. Checklist dos Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) do Estado de São Paulo, Brasil, com comentários sobre sua distribuição geográfica. *Biota Neotropica*, v. 11, n.1^a, p.1-20, 2010.

SILVEIRA, F.T.; LAINSON, R.; BRITO, A.C.; OLIVEIRA, M.R.F.; PAES, M.G.; SOUZA, A.A.A.; SILVA, B.M. Leishmaniose Tegumentar Americana. In: Leão RNQ. Doenças Infecciosas e Parasitárias: Enfoque Amazônico. Belém: Editora CEJUP; 1997.

SILVEIRA, F.T. LAINSON, R.; CORBETT, C.E.P. Clinical and immunopathological spectrum of American cutaneous leishmaniasis with special reference to the disease in Amazonian Brazil – A review. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, v. 99, p. 239-251, 2004.

SINAN. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Disponível em: <http://www.portalsinan.saude.gov.br>. Acesso em 14 de julho de 2019.

SINAN. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Disponível em: <http://www.portalsinan.saude.gov.br>. Acesso em 05 de janeiro de 2020.

SMITH, R.O.A.; HALDER, K.C.; AHMED, I. Further investigations on the transmission of kalaazar. Part III: The transmission of kala-azar by the bite of the sandfly *P. argentipes*. Indian Journal of Medical Research, v. 28, p. 585-591, 1940.

SMITH, R.O.A.; HALDER, K.C.; AHMED, I. Further investigations on the transmission of kalaazar. Part VI: A second series of transmissions of *L. donovani* by *P. argentipes*. Indian Journal of Medical Research, v.29, p.799-802, 1941.

SOUZA, M.B. Vetores de leishmanioses no município do Rio de Janeiro. Boletim de Divulgação Técnica e Científica, n.9 – dezembro de 2000. Secretaria Municipal de Saúde – Superintendência de Controle de Zoonoses, Vigilância e Fiscalização Sanitária/SCZ-Centro de Estudos-Prefeitura do Rio de Janeiro, 2000.

SOUZA, N.A.; ANDRADE-COELHO, C.A.; VILELA, M.L.; RANGEL, E.F. The Phlebotominae sandfly (Diptera: Psychodidae) fauna of two atlantic rain forest reserves in the state of Rio de Janeiro, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz, v. 96, p. 319-324, 2001.

TOLEZANO, J.E.; TANIGUCHI ELIAS, C.R.; LOROSA, R. Epidemiologia da leishmaniose tegumentar americana (LTA) no estado de São Paulo. Influência da ação antrópica a sucessão vetorial da LTA. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.66, p.709-717, 2001.

TOLEZANO, J.E. et al. Expansão da Leishmaniose visceral por terras paulistas. Focos de transmissão de LV canina em municípios da região metropolitana de São Paulo. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 36, p. 360, 2003.

VIANA, Luciano Beltrão dos Reis et al. Incidência de Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) no Estado do Maranhão entre 2007 e 2017. In: XXVI Jornada de Parasitologia e Medicina Tropical do Maranhão - São Luís - MA, 2018. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/xxvi-jornada-de-parasitologia/trabalho/75946>>. Acesso em: 13 de maio de 2019.

VIRCHOW, R. Sobre las cerámicas antropomorfas de los antiguos peruanos. 1895 Sesión extraordinaria por el jubileo del prof. Georges Lewin del 22 de nov. de Sociedad de Dermatologia de Berlin.

VERONESI, R. FOCCACIA, R. Tratado de Infectologia. 2 ed. Ed Atheneu, Rio de Janeiro, p.1496-1497, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Control of the leishmaniasis. World Health Organ Tech Rep., v.949, p.1-202, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Leishmaniasis. Disponível em: <http://www.who.int/emc/disease/leish/index.html>. Acesso em 24 de julho de 2019.

WWF – BRASIL. Nas mãos do mercado, o futuro do cerrado; é preciso interromper o desmatamento. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado. Acesso em: 13 de maio de 2019.

YOUNG, D.G.; DUNCAN, M.A. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in the Mexico, the West Indies, Central and the South America (Diptera:Psychodidae). Mem. Am. Entomol. Inst., v.54, p. 881, 1994.

TESH, R. B. The genus Phlebovirus and its vectors. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 33, p. 169–181, 1988.

XIMENES, M.F.F.M; SOUZA, M.F.; CASTELLÓN, E.G. Density of sand flies (Diptera: Psychodidae) in domestic and wild animal shelters in an area of visceral leishmaniasis in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, v. 94, p. 427-432, 1999.

CAPÍTULO III

(Journal of Vector Ecology)

COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO ARTIGO

Author Dashboard

2 Manuscripts I Have Co-Authored >

[Start New Submission](#) >

[Legacy Instructions](#) >

[5 Most Recent E-mails](#) >

[Before You Submit](#) >

Manuscripts I Have Co-Authored

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
EIC: Klowden, Marc ADM: Klowden, Marc	JVE-RA-Nov-19-098.R1	FOREST DEGRADATION AND EFFECT ON THE SANDFLIES COMMUNITY IN NORTHEAST BRAZIL View Submission Submitting Author: Bandeira, Maria	10-Mar-2020	31-Mar-2020
<ul style="list-style-type: none"> Accept (02-Apr-2020) Complete Final File Updates 		Cover Letter		
EIC: Klowden, Marc ADM: Klowden, Marc	JVE-RA-Nov-19-098	FOREST DEGRADATION AND EFFECT ON THE SANDFLIES COMMUNITY IN NORTHEAST BRAZIL View Submission Submitting Author: Bandeira, Maria	28-Nov-2019	11-Dec-2019
<ul style="list-style-type: none"> Major Revision (04-Mar-2020) 		Cover Letter		

De: Marc Klowden <onbehalf@manuscriptcentral.com>

Enviado: quinta-feira, 2 de abril de 2020 17:24

Para: mariza_bandeira@hotmail.com; helianamarinho@yahoo.com.br.

Assunto: Journal of Vector Ecology - Decision on Manuscript ID JVE-RA-Nov-19-098.R1

[email ref: DL-RW-1-a]

02-Apr-2020

Dear Ms. Bandeira:

It is a pleasure to accept your manuscript entitled "FOREST DEGRADATION AND EFFECT ON SAND FLY COMMUNITIES IN NORTHEAST BRAZIL" in its current form for publication in the Journal of Vector Ecology.

The manuscript revision will incur an additional cost of \$80. Billing information will accompany the page proof when returned to you for your approval. Although the manuscript is accepted the files will now be checked to ensure that everything is ready for publication, and you may be contacted if final versions of files for publication are required.

Thank you for your fine contribution. We look forward to your continued contributions to the Journal.

Sincerely,

Prof. Marc Klowden

Editor in Chief, Journal of Vector Ecology

mklowden@uidaho.edu

FOREST DEGRADATION AND EFFECT ON THE SAND FLIES COMMUNITY IN NORTHEAST BRAZIL

Jorge Luiz Pinto Moraes^{1,2}, Heliana Trindade Marinho Santana², Maria da Conceição Abreu Bandeira¹ and José Manuel Macário Rebêlo^{1,2}

¹Laboratório de Entomologia e Vetores – Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão,

²Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses 1966, Campus do Bacanga, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil. email adress: macariorebello@uol.com.br +Corresponding author.

Abstract. The richness and abundance of sand fly species were studied in northeastern Brazil, in areas of leishmaniasis transmission. The study was carried out in two forest areas with different deforestation times for agricultural and livestock activities: one more modified by long-term settlement (more than 50 years of occupation); and another less impacted by short-term settlement (10 years). The sand flies were captured with CDC light traps from 6 pm to 6 am for three consecutive nights, once a month, from May 2012 to April 2014. The study resulted in the capture of 21,708 specimens and 33 species of *Lutzomyia* and two of *Brumptomyia*. Species richness and abundance were higher in the more conserved area of short-term occupation (31 species; 61.7%) than in the more degraded area, with long-term occupation (17 species; 38.3%). In most conserved area, the species richness was higher in the forest fragment than in the rural settlement. Whereas in the degraded area, the richness was higher in the peridomicile than in the forest. The diversity was higher in the degraded area forest. There were significant statistical differences when comparing the means of total abundance with the environments - intradomicile, peridomicile and forest. The average abundance is statistically higher in the peridomicile compared to the forest ($p = 0.009$), but there are no statistically significant differences between intradomicile-peridomicile ($p = 0.11$) and forest-intradomicile ($p = 0.87$). In conclusion, the change in vegetation cover negatively affects the richness and abundance of sand flies in the natural environment.

Keywords: Biological vector, Environmental changes, Tropical diseases, Ecology

INTRODUCTION

Sand flies (Diptera, Psychodidae) are distributed in all biomas of the Brazilian territory, reaching great diversity in the forest areas of the Amazon biome (Young and Duncan, 1994). However, many species are described from Cerrado biome (Aguiar and Medeiros, 2003).

In the Maranhão, sand flies reach great diversity and distribution in the broad territory of the state (Rebêlo et al. 2010). However, most species occur in the Amazon biome forest. In this type of environment 72 species are found, corresponding to 79.1% of the fauna (Rebêlo et al. 2000ab, Marinho et al. 2008, Azevedo et al. 2011, Rebêlo et al. 2010). In areas whose vegetation is more open with the presence of cerrado and the climate is semi-humid, the diversity is smaller, but even so, 45 species have been found, representing 49.5% of the state fauna (Rebêlo et al. 2010, Martins et al. 2011, Silva et al. 2015).

The vast areas of cerrado in the state of Maranhão have been degraded by processes of human occupation such as urbanization, agricultural activities, livestock and coal production (WWF 2014). In general, anthropogenic modifications favor the cycles of certain pathogens through the elimination or reduction of natural habitats for their reservoirs and vectors. These become adapted to living with humans (Gomes and Neves 1998, Correa Antonialli, 2007). This process occurs in the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, inserted in the Cerrado biome. From 2012 to 2014, in Barreirinhas, 625 cases of cutaneous leishmaniasis and 30 cases of visceral leishmaniasis were reported; while in Chapadinha 535 of cutaneous leishmaniasis and 136 of visceral leishmaniasis were reported (SINAN 2018).

Sand flies are primarily wild insects and according to Rebêlo et al. (2019) deforestation has contributed to modifying the ecology of these dipterans by selecting species capable of surviving in these new areas, even in peridomicile of settlements near secondary forests. These changes in the ecology of sandflies has modified the epidemiology of leishmaniasis (Walsh et al 1993, Gottwalt 2013). Agriculture is the most important economic activity that contributes to modify the vegetation cover in the state of Maranhão. The search for arable land led the first families to explore Maranhão land. Agricultural activities are subsistence, but in some areas there is the use of advanced machinery and techniques. The

livestock came later, with the progress in the process of occupation by agriculture. The areas that were fallow were occupied by cattle breeders who arrived from other regions and contributed to increase the pasture areas (Souza et al. 2013).

It was thought that with the progressive modification of the natural landscape, over time diseases such as leishmaniasis would be extinguished by the exclusion of sand flies and their hosts from the modified areas (Gomes et al. 1992). What has been observed is the adaptation of species in these new environments: rural and periurban (Rebêlo et al. 2019).

Studies have shown a great species richness and abundance of sand flies in the peridomicile environments of several municipalities of the state of Maranhão (Silva et al. 2010, 2012, 2015, Campos et al. 2013, Rebêlo et al. 2019). Some of these sand fly species are infected with different *Leishmania* species (Guimarães-e-Silva et al. 2017, Pereira Filho et al. 2018, Fonteles et al. 2018). In these areas, cases of cutaneous and visceral leishmaniasis are reported (Martins et al. 2004, Costa et al. 1998). The impacts of land use and occupation on forests affect disease vector ecology, and advancement in natural areas has a strong implication for human health and well-being (Gottwalt, 2013). The northeast of Maranhão, where leishmaniasis are incident, is dominated by savannah and semi-humid climate. Considering the progressive degradation of the original vegetation and the notification of cases of leishmaniasis in rural settlements (SINAN 2015), it is assumed that the composition, richness and abundance of sand fly species have been decreasing in modified wild environments and increasing in anthropized areas. To test whether these variables vary due to environmental changes we conducted a systematic survey of sand flies for two years in these two types of environments, forest and anthropogenic (rural settlements), in two areas, one more modified, with long-term occupation; and another more preserved with short-term occupation.

MATERIAL AND METHODS

Study area

Two areas were selected within the Cerrado biome, with different histories of human occupation and case reports of leishmaniasis (Figure 1). In both areas, situated at sea level altitudes and governed by the semi-humid climate, we selected two forest sites, two intradomiciliaries and two peridomiciliaries that contained domestic animal shelters.

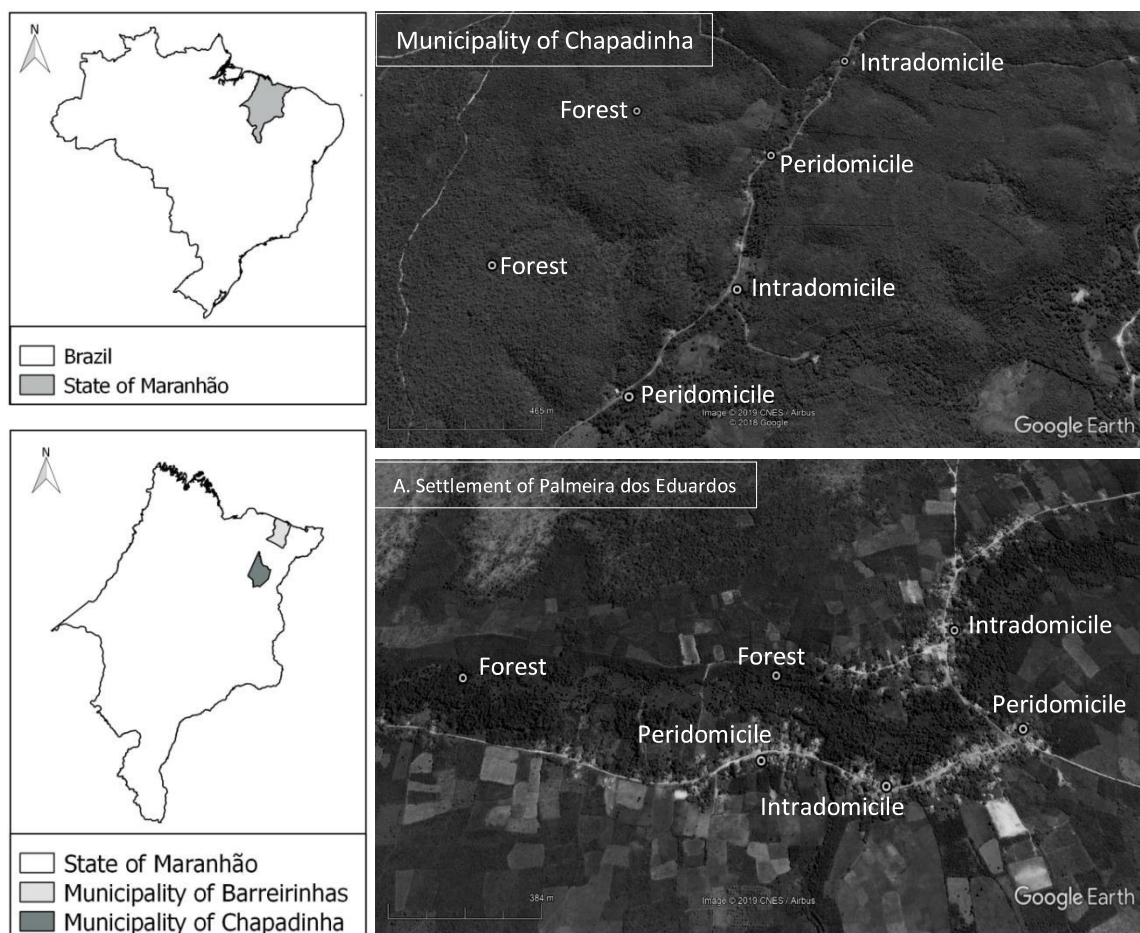


Figure 1. Map of the state of Maranhão showing the location of the municipality of Barreirinhas and Chapadinha and the settlements studied. Phlebotomines were collected in the intradomicile, peridomicile and forest fragment. A) Settlement of Palmeira dos Eduardos, municipality of Barreirinhas - long term area with degraded forest. B) Settlement of Bom Jesus, municipality of Chapadinha – short term area with conserved forest.

The long-term area has been occupied for over 50 years: is represented by the settlement Palmeira dos Eduardos ($2^{\circ}56'40.51''\text{S}$; $42^{\circ}59'11.30''\text{W}$), belonging to the municipality of Barreirinhas. The forest fragment (40 ha) was more severely affected by deforestation. Sand fly capture sites were about 150 and 80 meters from the rural settlement. Average temperature ranging from 26.6°C to 28.3°C and annual precipitation is 1,541 mm.

Dry season occurs from July to December (143mm) and rainy season from January to June (1,398mm).

The short-term area was implanted 10 years ago, being represented by the Bom Jesus settlement (3°50'23.60"S; 43°15'57.72"W), belonging to the municipality of Chapadinha. The forest fragment (220 ha) was more conserved, with the capture sites about 800 to 1500 m away from the settlement. Average temperature ranging from 26°C to 28.3°C and annual precipitation around 1,667 mm. Dry season occurs from July to December (222mm) and the rainy season from January to June (1,445mm).

Procedure

In each area the sand flies were captured with six CDC light traps, installed at a height of 1.5m, two inside the forest fragments, two inside the houses and two in chicken coops available in backyards. The traps worked once a month from 6 pm to 6 am, three consecutive days for two years (May 2012 and April 2014). The capture effort was 6 traps x 12 hours x 3 nights x 24 months = 5,184 hours. The captured sand flies were killed in ethyl acetate chambers and taken to the UFMA Laboratory of Entomology and Vectors in São Luís for identification according to the key proposed by Young and Duncan (1994) and Galati (2003).

Ethics Statement

Phlebotomine collection was authorized by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) registry: Sisbio/ ICMBio 46319-1.

Data analysis

In this paper species richness simply consisted of the number of species obtained in the study area (Peet 1974, Wilsey et al. 2005). The species abundance rank was determined by index of Kato et al. (1952), being dominant those species whose lower confidence limit was higher than the upper limit for absent species. To determine the diversity in each environment, Renyi's diversity profile was used. Finally, the Anova factorial with Tukey's posterior test were used to compare the total abundance between the two areas. The analyzes were conducted in Statistica 8.0 and Past 3.1 software.

RESULTS

Species richness and taxonomic categories

In general computer, 33 species of sand flies were found in the two areas studied, one of the genus *Brumptomyia* and 32 of the genus *Lutzomyia*. In the long-term area, where the forest is most degraded, 17 species were found, one of the genus *Brumptomyia* and 16 of the genus *Lutzomyia*, distributed in seven subgenera: *Nyssomyia* (3), *Evandromyia* (2), *Lutzomyia* (1), *Viannamyia* (1), *Psathyromyia* (1), *Psychodopygus* (1), *Sciopemyia* (1); and two groups: Migonei (4) and Oswaldoi (2). In the short-term area, where the forest is most conserved, 31 species were found, one of the genus *Brumptomyia* and 30 of the genus *Lutzomyia*, distributed in seven subgenera: *Nyssomyia* (6), *Evandromyia* (3), *Lutzomyia* (2), *Micropygomyia* (2), *Psathyromyia* (2), *Psychodopygus* (2), *Sciopemyia* (2); and five groups: Migonei (5), Oswaldoi (3), Aragaoi (1), Dreisbachi (1) e Saulensis (1) (Table 1).

Table 1. Taxonomic groups of sand flies present in the wild and anthropized environments of the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, state of Maranhão, Brazil, from May/2012 to April/2014.

Municipalities	Species Numbers	
	Barreirinhas	Chapadinha
Gênero <i>Lutzomyia</i>		
Subgêneros		
<i>Evandromyia</i>	2	3
<i>Lutzomyia</i>	1	2
<i>Nyssomyia</i>	3	6
<i>Micropygomyia</i>		2
<i>Viannamyia</i>	1	
<i>Psathyromyia</i>	1	2
<i>Psychodopygus</i>	1	2
<i>Sciopemyia</i>	1	2
Grupos		
Aragoi		1
Dreisbachi		1
Migonei	4	5
Oswaldoi	2	3
Saulensis		1
Gênero <i>Brumptomyia</i>	1	1
Total	17	31

Abundance of specimens

The study resulted in the capture of 21,708 individuals. The abundance was greater in the short-term area (61.68%; 13,390 specimens) than in the long-term area (38.32%; 8,318 specimens) (Table 2). Males predominated over females both in long-term (males: 60.35%; females: 39.65%) and short-term (males: 56.95%; females: 43.05%) areas. However, when the average numbers of males and females of the total fauna were compared, there was no significant difference ($p = 0.408$). Similarly, when comparing the sexes by long-term and short-term area, no significant differences were found ($p = 0.868$), as shown in Figure 2.

Table 2. Richness and abundance of sand flies species captured in the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, State of Maranhão, from May 2012 to April 2014.

Municipalities Species/Sex	Barreirinhas			Chapadinha			Total	
	♂	♀	N	♂	♀	N	N	%
<i>L. longipalpis</i>	2396	1557	3953	3094	1998	5092	9045	41.67
<i>L. whitmani</i>	1399	875	2274	1827	1372	3199	5473	25.21
<i>L. evandroi</i>	265	153	418	83	212	295	713	3.28
<i>L. lenti</i>	138	124	262	1910	1161	3071	3333	15.35
<i>L. trinidadensis</i>	175	89	264	108	10	118	382	1.76
<i>L. termitophila</i>	105	73	178	131	340	471	649	2.99
<i>L. goiana</i>		39	39	106	190	296	335	1.54
<i>L. sordellii</i>	74	120	194	18	27	45	239	1.10
<i>L. antunesi</i>	88	46	134	14	23	37	171	0.79
<i>B. avellari</i>	46	25	71		7	7	78	0.36
<i>L. flaviscutellata</i>	75	46	121	13	40	53	174	0.80
<i>L. monstrosa</i>	23		23	1	2	3	26	0.12
<i>L. shannoni sensu lato</i>	38		38	8	14	22	60	0.28
<i>L. infraspinosa</i>	58	64	122		3	3	125	0.58
<i>L. wellcomei</i>	68	42	110		1	1	111	0.51
<i>L. migonei</i>	59	9	68				68	0.31
<i>L. furcata</i>	13	36	49				49	0.23
<i>L. richardiwardi</i>				26	1	27	27	0.12
<i>L. shawi</i>				20	1	21	21	0.10
<i>L. walkeri</i>				14	4	18	18	0.08
<i>L. chagasi</i>					7	7	7	0.03
<i>L. saulensis</i>				1	7	8	8	0.04
<i>L. acanthopharinx</i>				239	328	567	567	2.61
<i>L. bacula</i>				2	3	5	5	0.02
<i>L. micropiga</i>				4	1	5	5	0.02
<i>L. dreisbachi</i>					4	4	4	0.02
<i>L. umbratilis</i>				4		4	4	0.02
<i>L. teratodes</i>					3	3	3	0.01
<i>L. longipennis</i>				2		2	2	0.01
<i>L. punctigeniculata</i>					2	2	2	0.01
<i>L. servulolimai</i>					2	2	2	0.01
<i>L. brasiliensis</i>				1		1	1	0.00
<i>L. gomezi</i>					1	1	1	0.00
Individuals numbers	5020	3298	8318	7626	5764	13390	21708	100.00
Percentage numbers	60.35	39.65	38.32	56.95	43.05	61.68	100	
Species numbers	16	15	17	22	28	31	33	

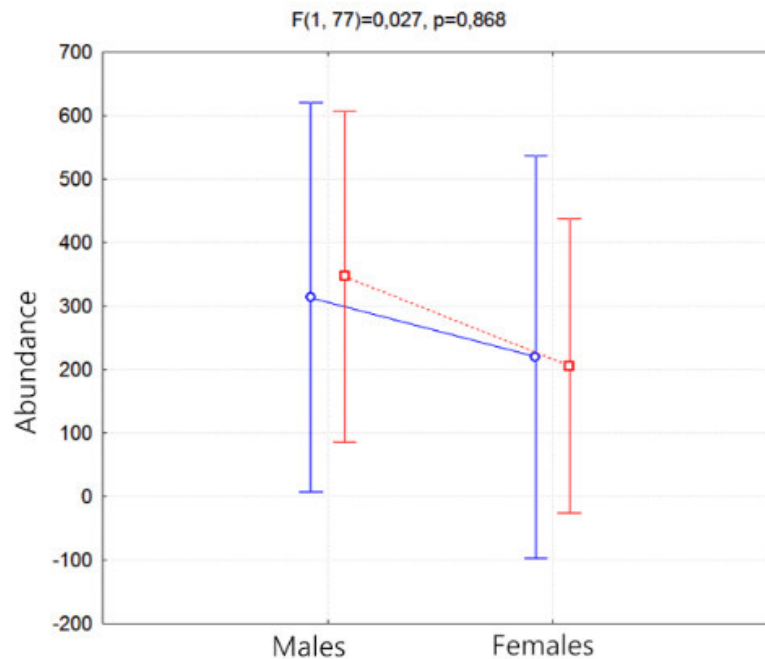


Figure 2. Comparison of abundance averages of male and female sandflies captured in intradomicile, peridomicile and forest, from May 2012 to April 2014, in the municipalities of Barreirinhas (blue line) and Chapadinha. (red line a).

Dominant species

Figure 3 shows that in long-term area the dominant species were *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (47.52%), *L. whitmani* (Antunes & Coutinho, 1939) (27.34%) and *L. evandroi* (Costa Lima & Antunes, 1936) (5.03%), *L. trinidadensis* (Newstead) (3.17%) and *L. lenti* (Mangabeira) (3.15%). The other species represented less than 3% each (Figure 3). In short-term area the two dominant species were the same (*L. longipalpis*: 38.03%; *L. whitmani*: 23.89%), but there was a change in the order of dominance of the following species from the third rank with *L. lenti* (22.94%), *L. acanthopharynx* (Martins Falcão & Silva) (4.23%), *L. termitophila* (Martins Falcão & Silva) (3.52%), *L. goiana* (Martins Falcão & Silva) (2.21%) and *L. evandroi* (2.2%). The remaining species represented less than 2% each.

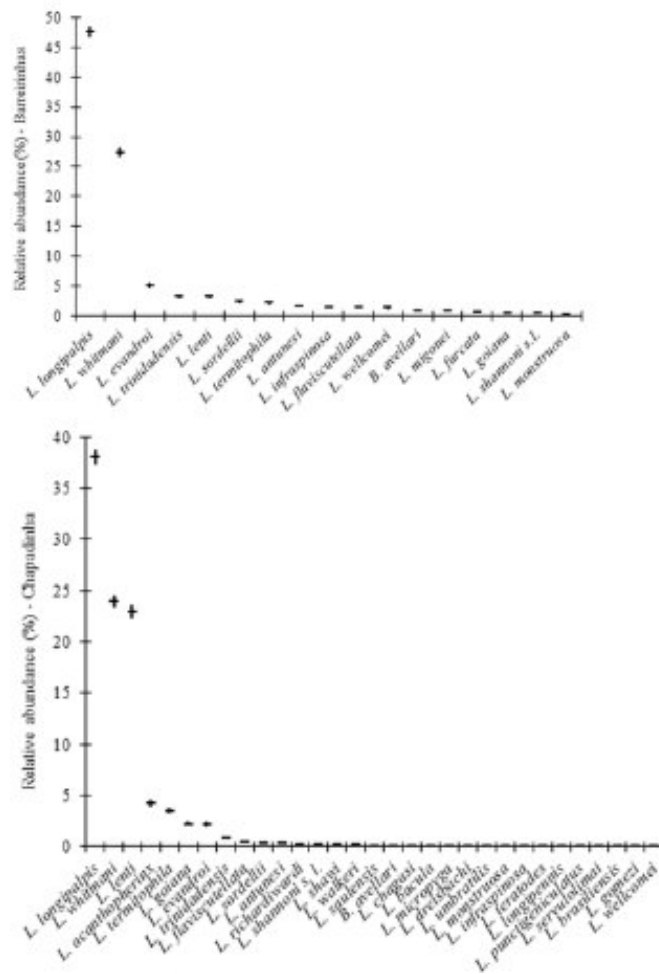


Figure 3. Dominant species of sand flies captured from May 2012 to April 2014, in the municipalities of Barreirinhas and Chapadinha, according to the Kato index.

Association with Environments

The sampled areas are distinct in the composition of insect species, considering their presence or absence (Table 2). In short-term area, the species richness of sand flies was higher in the forest (30 species) than in the intradomestic (12) and peridomestic (21). Whereas in long-term area, the richness was higher in the peridomestic (17) than in the forest (16) and in the intradomestic (12). Rényi's profile revealed the diversity was higher in the long-term settlement forest (Figure 4).

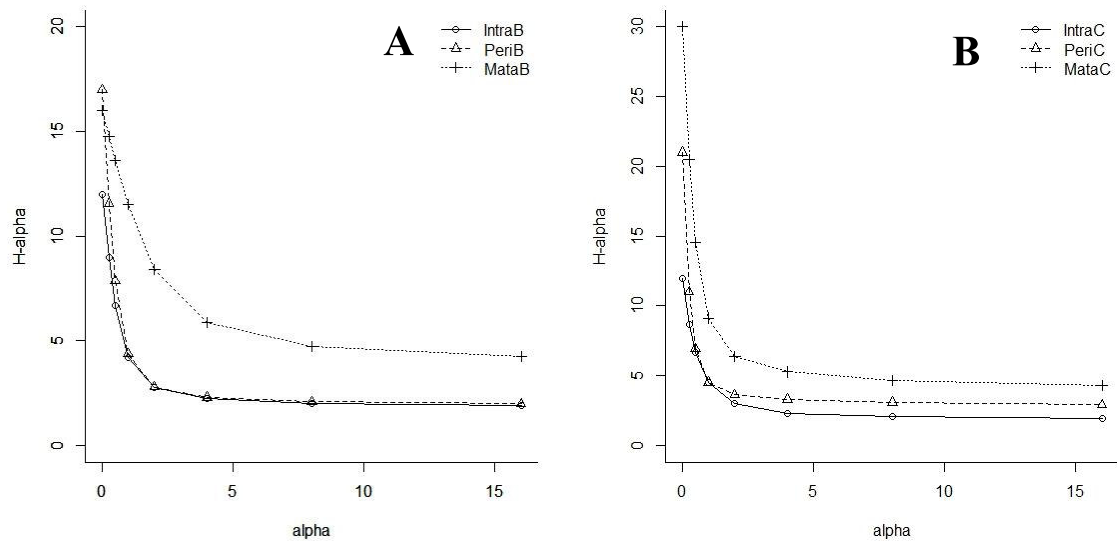


Figure 4. Diversity profile through the Renyi series applied to the numbers of sand flies captured in areas of long term (a) and short term (b) occupation, in Maranhão State, Brazil, May / 2012 to April / 2014. B = Barreirinhas; C = Chapadinha.

Fifteen species were considered opportunistic, being found in both areas, of which eleven occurred strictly in all environments; sixteen others were only found in the short-term area; and two species were recorded only in the long-term area. According to the Bray-Curtis index, the peridomiciles formed a cluster, while the forests formed a cluster with the intradomiciles (Figure 5). In terms of abundance of individuals, the peridomicile were more frequent, with more than 70% of the individuals captured in both areas. Analyzing the most important species in determining the abundance pattern of these environments, *L. longipalpis* was the most determinant, followed by *L. whitmani* and *L. lenti*. All other species had a secondary role in determining the abundance pattern. Thus, the peridomicile had high abundance values for these three species. The Anova factorial showed significant statistical differences when comparing the means of total abundance with the environments - intradomicile, peridomicile and forest. Tukey's a posteriori test (Figure 6a) showed that the average abundance is statistically higher in the peridomicile compared to the forest ($p = 0.009$), but there are no statistically significant differences between intradomicile-peridomicile ($p = 0.11$) and forest-intradomicile ($p = 0.87$) (Figure 6b).

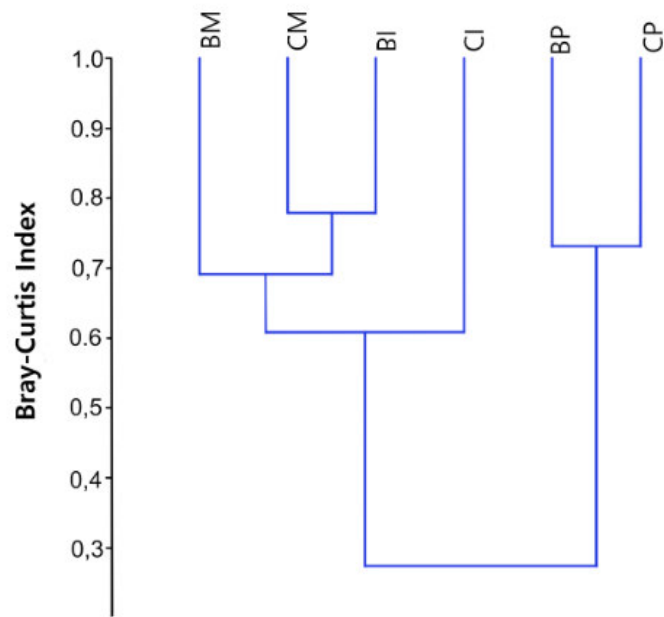
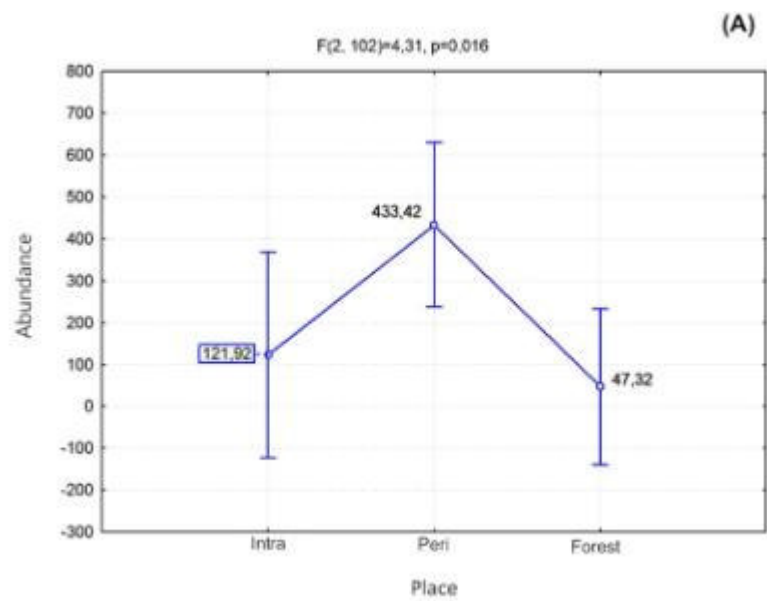


Figure 5. Dendrogram of similarity (Bray-Curtis) between intradomicile (I), peridomicile (P) and forest of the long term (B) and short term (C) occupation areas, State of Maranhão, from May 2012 to April 2014. B = Barreirinhas; C = Chapadinha.



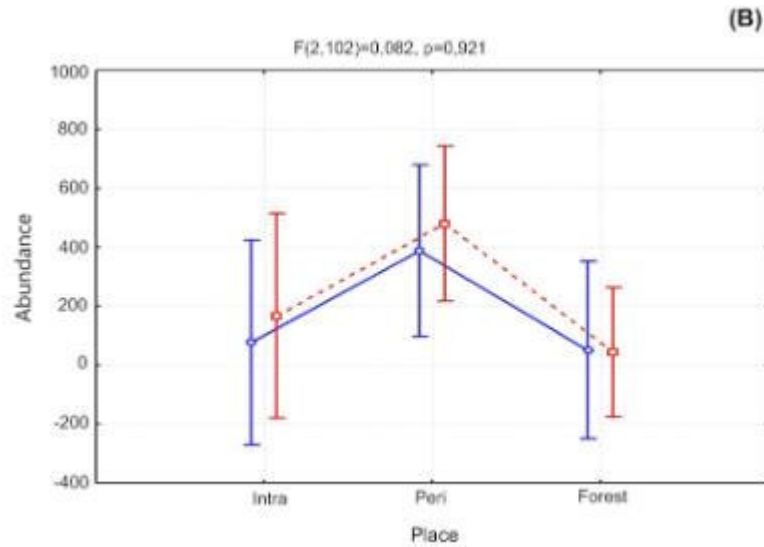


Figure 6. Interaction between total average abundance/environments (a) and environments/areas (b). The bars are the confidence intervals. Whenever two confidence intervals overlap there are no significant statistical differences. Barreirinhas = blue; Chapadinha = red.

DISCUSSION

In this study, species richness was not homogeneous. One third of the species were found exclusively in short-term area. Richness was high in the conserved forest fragment, comparable found in dense rainforest (Marinho et al. 2008, Rebêlo et al. 2019) and open (Campos et al. 2013, Moraes et al. 2015), being greater (almost twice) than in degraded forest and quite different from the anthropogenic environment. So much so that nine species were not found in the both peridomicile or in the intradomicile environments of short-term area. This result suggests that in the conserved forest there should be resources available for the survival of sand flies, such as ecotopes for immature breeding and adult shelters, as well as vertebrates as blood sources for hematophagous females, enhancing the reproduction and proliferation of sand flies.

The reduction in species richness in the degraded forest of the long-term settlements area is due to the progressive destruction of habitats, the main threat to biodiversity (IUCN, 2002). High demographic pressures, economic needs and intensive land use for agricultural crop and livestock production transform and compromise the conservation of biodiversity in these forest fragments (Gascon et al. 1999). As a result, they negatively affect vital resources for the development of sand flies (Rebêlo et al. 2019). Mammals, which

represent an important source of food for sand flies, must be affected because of environmental change. Mammals that need large areas and have longer life cycles are generally more sensitive (Morris et al. 2008). They need more resources and energy than smaller mammals to complete their life cycles, occur at low densities, and are exploited by humans (Cardilho et al. 2005). Environments located around forest fragments, in turn, have negative effects, acting as isolation agents for the fauna. Even so, the number of species obtained in this study, with a 24-month effort, was double that found in the same area by Pereira Filho (2015), in 12 months of collection.

In the areas of short-term settlements, over time the advance of deforestation and settlements over degraded forest favored the displacement of wild sand fly populations to rural peridomicile environments. So much so that there was a decline in species richness in the forest and an increase in the peridomicile resulting in a balance between both wild and anthropogenic environments.

Species abundance was higher in the peridomiciles than in the forests, in both long-term and short-term areas. In the forests, the traps were not associated with animal shelters. The specimens were randomly captured as they flew within the range of the light sources of the traps installed in the tree branches. Already in the peridomicile environments, the traps were installed in the shelters of domestic animals built in the backyards of the houses. Animal shelters help to attract both males and females of sand flies. While females frequent them for blood meal (Dias et al. 2003, Oliveira-Pereira et al. 2008, Fonteles et al. 2009), males seek females for copulation. In this case, backyards can be the breeding grounds for some of these species, at least the most abundant. Shelters installed without the necessary hygiene and protection are important factors that justify the greater abundance of sand fly species in the backyards of houses (Pereira Filho et al. 2015, Bandeira et al. 2017). In these shelters were found sand flies with stomach content containing blood of domestic animals – dogs, pigs, horses and chicken and synanthropic – rodents and marsupials (Dias et al. 2003, Oliveira-Pereira et al. 2008, Fonteles et al. 2009, Guimarães-e-Silva et al. 2017, Pereira Filho et al. 2018, Fonteles et al. 2018). However, the peridomicile sites where sand flies breed should be studied in detail with specific methodologies, as immature ones are not easy to find. In addition, adult sand flies spread up to 200 meters from their emergence sites, even in forested, as seen in Panama (Chaniotis et al. 1974, Alexander 1987, Alexander and Young 1992, Morrison et al. 1993). In the Brazilian territory, vectors of cutaneous

leishmaniasis (*L. neivai* and *L. whitmani*) disperse short distances, less than 130 meters (Casanova et al. 2005); while *L. longipalpis* disperses close to 500 meters in peridomiciliar areas (Brazil & Brazil, 2003).

From the point of view of public health, the interaction of sand flies with wild, domestic animals and humans has caused the appearance of leishmaniasis. From 2007 to 2018, 535 cases of cutaneous leishmaniasis and 136 cases of visceral leishmaniasis were reported in Chapadinha. In the same period, 695 of cutaneous leishmaniasis and 30 cases of visceral leishmaniasis were reported in Barreirinhas. The dominant sand fly species in both areas (long-term and short-term settlements) were the same as those found in Maranhão areas of tegumentary (*L. whitmani*) and visceral leishmaniasis (*L. longipalpis*) transmission. These two species are the main vectors in Brazil (Rangel and Lainson 2013). They have great adaptability in anthropized areas and coexistence with domestic animals in the peridomicile and resist well the environmental variations, judging by the abundance with which they occurred in these environments (Rebêlo et al. 2010, Assunção Junior et al. 2000). The dominance of these species enables greater contact with humans and justifies the notification of cases of visceral and cutaneous leishmaniasis in the municipalities studied, changing the epidemiological profile of previously wild leishmaniasis, and now it's peridomestic (Assunção Júnior et al. 2000). The etiological agents of visceral (*Le. infantum chagasi*) and cutaneous (*L. amazonensis*, *Le. braziliensis*, *L. guyanensis*, *L. naiffi* and *L. shawi*) leishmaniasis have already been isolated in the rural areas of Barreirinhas (Pereira Filho et al. 2018, Fonteles et al. 2018).

In conclusion, this study showed that deforestation causing forest degradation affects the structure of the sand fly community. Species richness remains high in conserved forest and decreases in degraded forest; while abundance decreases in altered forest and increases in the peridomicile environments of long-term settlement. The richness and abundance of sand flies in the studied areas refer to the urgent need to develop public policies for forest conservation and entomological monitoring and surveillance in rural villages. In the first case to allow the full development of the sand fly community in their natural environment. In the second, to contain the adaptation of these insects to anthropized environments in order to prevent outbreaks of leishmaniasis in humans and domestic animals. While these measures are not implemented it is advisable to perform environmental management in the peridomicile environments (cleaning the yards and shelters of pets)

because it is cheap and easy to perform and does not cause environmental damage. These measures can be effective, as shown by Teodoro et al. (2004) for the control of sandflies in southern Brazil, and by Bandeira et al. (2017) for the control of sand fly in the municipality of Barreirinhas, state of Maranhão.

Acknowledgments

We thank the Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the scholar-ship granted.

REFERENCES

- Aguiar G.M. and W.M. Medeiros. 2003. Distribuição e habitats. In: Rangel EF, Lainson R, organizadores. Flebotomíneos do Brasil. Rio de Janeiro. Editora Fiocruz. p. 207-55.
- Assunção Jr. A.N., O. Silva, J.L.P. Moraes, F.R.F. Nascimento, Y.N.O. Pereira, J.M.L. Costa. 2009. Foco emergente de leishmaniose tegumentar no entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Nordeste, Brasil. *Gaz Méd Bahia* 79: 103-109.
- Alexander, J.B. 1987. Dispersal of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in a Colombia coffee plantation. *J Med Entomol* 24: 552–558.
- Alexander, J.B. and D.G. Young. 1992. Dispersal of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in a Colombian focus of *Leishmania (Viannia) braziliensis*. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 87: 397–403.
- Azevedo, P.C.B., G.N. Lopes, R.S. Fonteles, G.C. Vasconcelos, J.L.P. Moraes, and J.M.M. Rebêlo. 2011. The effect of fragmentation on phlebotomine communities (Diptera: Psychodidae) in areas of ombrophilous forest in São Luís, state of Maranhão, Brazil. *Neotrop. entomol.* 40: 271-277.

- Bandeira, M.C.A.; G.A. Brito, A. Penha, C.L.C. Santos, and J.M.M. Rebêlo. 2017. The influence of environmental management and animal shelters in vector control of *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) in northeastern Brazil. *J. Vect Ecol* 42: 113-119.
- Brazil, R. P., B.G. Brazil. 2003. *Biologia de flebotomíneos do Brasil*, In: Rangel, E. F.; Lainson, R. (Org.). *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz, cap. 4, p.257–274
- Campos, A.M., R. Matavelli, C.L.C. Santos, L.S. Moraes, and J.M.M. Rebêlo, 2013. Ecology of Phlebotomines (Diptera: Psychodidae) in a Transitional Area Between the Amazon and the Cerrado in the State of Maranhão, Brazil. *J Med Entomol*, 50: 52–58.
- Cardillo, M., G.M. Mace, K.E. Jones, J. Bielby, O.R.P. Bininda-Emonds, W. Sechrest, D.D.L. Orme, and A. Purvis. 2005. Multiple Causes of High Extinction Risk in Large Mammal Species. *Science* 309:1239–1241.
- Casanova, C., A. Costa, I.P. Antonio, and D. Natal. 2005. Dispersal pattern of the sand fly *Lutzomyia neivai* (Diptera: Psychodidae) in a cutaneous leishmaniasis endemic rural area in Southeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 100: 719-724.
- Chaniotis, B.N., M.A. Correa, R.D. Tesh, and K.M. Johnson. 1974. Horizontal and vertical movements of phlebotomine sand flies in a Panamanian rain forest. *J Med Entomol* 11: 363–375.
- Correa, A.S.A, T.G.Torres, A.C. Paranhos Filho, and J.E. Tolezano. 2007. Spatial analysis of American visceral leishmaniasis in Mato Grosso do Sul state, Central Brazil. *J Infect* 54 : 509-514.
- Costa, J.M.L., Ii.t.a. Balby, E.J.S. Rocha, A.R. Silva, J.M.M. Rebêlo, L.A. Ferreira et al. 1998. Estudo comparativo da Leishmaniose Tegumentar americana em crianças e adolescentes procedentes das áreas endêmicas de Buriticupu (Maranhão) e Corte de Pedra (Bahia), Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 31: 279-88.
- Dias, F.O.P., E.S. Lorosa, and J.M.M. Rebêlo. 2003. Fonte Alimentar Sangüínea e a Peridomiciliação de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Psychodidae, Phlebotominae). *Cad Saúde Pública* 19:1373–1380.

Fonteles RS, G.C. Vasconcelos, P.C.B. Azevêdo, G.N. Lopes, J.L.P. Moraes, E.S. Lorosa, O. Kuppinger and J.M.M. Rebêlo. 2009. Preferência alimentar sanguínea de *Lutzomyia whitmani* (Diptera, Psychodidae) em área de transmissão de leishmaniose cutânea americana, no Estado do Maranhão, Brasil. Rev Soc Bras Med Trop 42: 647-650.

Fonteles, RS; Pereira Filho, AA, Moraes, JLP; Pereira, SRF; Rodrigues, BL e Rebêlo, JMM. 2018. Detection of *Leishmania* DNA and Blood Meal Identification in Sand Flies (Diptera: Psychodidae) From Lençóis Maranhenses National Park Region, Brazil. J Med Entomol 55: 445–451.

Galati EAB 2003. Morfologia, terminologia de adultos e identificação dos táxons da América. In EF Rangel, R Lainson (eds.), Flebotomíneos do Brasil , Editora Fiocruz, Rio do Janeiro, 368 pp

Gascon, C., T.E. Lovejoy, R.O. Bierregaard, J.R. Malcolm, P.C. Stouffer, H.L. Vasconcelos, W.F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher, and S. Borges. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. Biol Conserv 91:223–229.

Gomes, A.C. and Neves, V.L.F.C., 1998. Estratégia e perspectiva de controle da leishmaniose tegumentar no Estado de São Paulo. Rev Soc Bras Med Trop 6:553-558.

Gomes, A.C., I.Y.

Yoshimi, A.N. Capinzaiki, N.M.M. Amaral, A.J.G. Guimarães. 1992. Aspectos ecológicos da leishmaniose tegumentar americana nº 9. Prevalência/incidência da infecção humana nos municípios de Pedro de Toledo e Miracatu, São Paulo, Brasil. Rev Inst Med Trop, 34: 149-158.

Gottwalt, A. 2013. Impacts of deforestation on vector-borne disease incidence. Glob. J. Health Sc. p.6.

Guimarães-e-Silva, A.S., S.D.O. Silva, R.C da Silva, V.C.S. Pinheiro, J.M.M. Rebêlo, and M.N.Melo. 2017. *Leishmania* infection and blood food sources of phlebotomines in an area of Brazil endemic for visceral and tegumentary leishmaniasis. PLoS One 12:e0179052.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. (Acessado em: 04 março de 2016).

- IUCN. 2002. 2002 red list of threatened species. The IUCN species survival commission. Disponível em: <<http://www.redlist.org>> Acesso em: 20.09.2004.
- Kato, M., T. Matsuda, and Z. Yamashita. 1952. Associative ecology of insects found in paddy field cultivated by various planting forms. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 19: 291-301.
- Marinho, R.M., R.S. Fonteles, G.C. Vasconcelos, P.C.B. Azevêdo, J.L.P. Moraes, and J.M.M. Rebêlo. 2008. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em reservas florestais da área metropolitana de São Luís, Maranhão, Brasil. *Rev Bras Entomol* 52: 112–116.
- Martins, L.M., J.M.M. Rebêlo, M.C.F.V. Santos, J.M.L. Costa, A.R. Silva, and L.A. Ferreira. 2004. Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil, 1996 a 1998. *Cad Saúde Pública* 20: 735-743.
- Martins, F.C., J.L.P. Moraes, N. Figueiredo, and J.M.M. Rebêlo. 2011. Estrutura da comunidade de Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) em mata ciliar do município de Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia* 101: 109–114.
- Moraes, J.L.P., C.L.C. Santos, V.J.C. Bastos, A.C.N. Pereira, L.S. Moraes, J.R.L. Moraes, and J.M.M. Rebêlo. 2015. Vertical stratification of sand flies (Diptera: Psychodidae) in riparian forests between the Amazon and northeast Brazil. *J Vect Ecol* 40: 205–207.
- Morris, W.F., C.A. Pfister, S. Tuljapurkar, C.V. Haridas, C.L. Boggs, M.S. Boyce, E.M. Bruna, D.R. Church, T. Coulson, D.F. Doak, S. Forsyth, J.M. Gaillard, C.C. Horvitz, S. Kalisz, B.E. Kendall, T.M. Knight, C.T. Lee, and E.S. Menges. 2008. Longevity can buffer plant and animal populations against changing climatic variability. *Ecology* 89:19–25.
- Morrison, A.C., C. Ferro, A. Morales, R.B. Tesh, and M.L. Wilson. 1993. Dispersal of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) at an endemic focus of visceral leishmaniasis in Colombia. *J Med Entomol* 30: 427–35.
- Oliveira-Pereira, Y.N., J.L.P. Moraes, E.L. Lorosa, and J.M.M. Rêbello. 2008. Preferência alimentar sanguínea de flebotomíneos da Amazônia do Maranhão, Brasil. *Cad Saúde Pública* 24: 2183–2186.
- Pereira-Filho, A.A., M.C.A. Bandeira, R.S. Fonteles, and J.M.M. Rebêlo. 2015. An ecological study of sand flies (Diptera: Psychodidae) in the vicinity of Lençóis

Maranhenses National Park, Maranhão, Brazil. *Parasites Vectors* 8: 442
doi:10.1186/s 13071-015-1045-5.

Pereira-Filho A.A., R.S. Fonteles, M.C.A. Bandeira, J.L.P. Moraes, J.M.M. Rebêlo, and M.N. Melo. 2018. Molecular Identification of *Leishmania spp.* in sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. *J Med Entomol.* 55:989–94.

Peet RK. 1974. The measurement of species diversity. *Ann Rev Ecol Syst* 5: 285–307

Queiroz, M.F.M., J.R. Varjao, S.C. Moraes, and G.E. Salcedo. 2012. Analysis of sand flies (Diptera: Psychodidae) in Barra do Garças, State of Mato Grosso, Brazil, and the influence of environmental variables on the vector density of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912). *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 313–317.

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rangel, E.F. and R. Lainson. 2003. *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 367p.

Rebêlo, J. M. M., Oliveira, S. D., Barros, V. L. L., and F.S. Silva. 2000. Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV-Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomol y Vect* 7: 61–72.

Rebêlo, J.M.M., S.T. Oliveira, F.S. Silva, V.L.L. Barros, and J.M.L. Costa. 2001a. Sand flies (Diptera: Psychodidae) of the Amazonia of Maranhão. V. Seasonal occurrence in ancient colonization area and endemic for cutaneous leishmaniasis. *Rev Bras Biol* 61: 107–115.

Rebêlo, J.M.M., S.T. Oliveira, and V.L.L. Barros, 2001b. Flutuação sazonal dos flebotomíneos (Díptera, Psychodidae) em área de colonização recente do município de Buriticupu, Amazônia maranhense, Brasil. *Rev Bras Entomol* 45: 11–16, 2001b.

Rebêlo, J.M.M, R.V. Rocha, J.L.P. Moraes, C.R.M. Silva, F.S.L. Leonardo, and G.A. Alves. 2010. The fauna of Phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in different phytogeographic regions of the state of Maranhão, Brazil. *Rev Bras Entomol* 54: 494–500.

- Rebêlo, J.M.M., J.L.P. Moraes, G.B.V. Cruz, J. Andrade-Silva, M.C.A. Bandeira, Y. N. O. Pereira, and C.L.C. Santos. 2019. Influence of deforestation on the structure of the sandfly community (Diptera: Psychodidae) in the Eastern Amazon, *J Med Entomol* 56: 1004–1012.
- Saccaro Junior, N.L., L.F. Mation, and P.A.M. Sakowski. 2015. Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 38p.
- Saraiva, L, G.M.L. Carvalho, C.C. Sanguinette, D.A.A. Carvalho, and A.L. Falcão. 2008. Sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) collected on the banks of the Velhas River in the state of Minas Gerais, Brazil: *Mem Inst Oswaldo Cruz* 103: 843–846.
- Silva, F.S., L.P.C. Carvalho, F.P. Cardozo, J.L.P. Moraes, and J.M.M. Rebêlo. 2010. Sand flies (Diptera: Psychodidae) in a Cerrado area of the Maranhão state, Brazil. *Neotrop Entomol* 39:1032–1038.
- Silva, C.M.L., L.S. Moraes, G.A. Brito, C.L.C. Santos, and J.M.M. Rebêlo. 2012. Ecology of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in rural foci of leishmaniasis in tropical Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 696–700.
- Silva, L.B., D.M.C. Aquino, F.S. Leonardo, A.S. Guimarães-Silva, M.N. Melo, J.M.M. Rebêlo, and V.C.S. Pinheiro. 2015. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em focos urbanos de leishmaniose visceral no estado do Maranhão, Brasil. *Rev Patol Trop* 44: 181–193.
- SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação 2015. Disponível em: <<http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/>> Acesso em: 20/06/2015.
- SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação 2018. Disponível em: <<http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/>> Acesso em: 20/06/2018.
- Souza, R.A., F. Miziara, and P. Marco Junior. 2013. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. *Land Use Policy* 30: 915-924.

- Teodoro U, V. Thomaz-Soccol, J.B. Kühn, D.R. Santos, E.S. Santos, A.R. Santos et al. 2004. Reorganization and cleanliness of peridomiciliar area to control sand flies (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) in South Brazil. *Braz Arch Biol Technol.*, 47: 205-212.
- Vasconcelos, P.F.C., A.P. Travassos-da-Rosa, S.G. Rodrigues SG, E.S. Travassos-da-Rosa, N. Dégallier, and J.F. Travassos-da-Rosa. 2001. Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad Saúde Pública*; 17 Suppl:155–64.
- Walsh, J. F.; D. H. Molyneaux, and M. H. Birley. 1993. Deforestation: effects on vectorborne disease. *Parasitology*, 106: S55–S75.
- Wilsey BJ, D.R. Chalcraft, C.M. Bowles, and kM.R. Willig. 2005. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. *Ecology* 86:1178–1184.
- WWF–Brasil 2014 – Cerrado [Internet]. 2014. Available: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/%3E.
- Young, D.G. and M.A. Duncan. 1994. Guide to the Identification and Geographic Distribution of *Lutzomyia* Sand Flies in Mexico, the West Indies; Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Mem Am Entomol Inst* 54: 1–881.

CAPÍTULO IV

(Journal of Vector Ecology)

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA: PSYCHODIDAE)
EM ÁREAS DE CERRADO, COM DIFERENTES TEMPOS DE OCUPAÇÃO
HUMANA**

Heliana Trindade Marinho Santana¹, Jorge Luiz Pinto Moraes², Maria da Conceição Abreu
Bandeira & José Manuel Macário Rebêlo^{1, 2, 3}

^{1*}Laboratório de Entomologia e Vetores – Departamento de Biologia (UFMA).
macariorebelo@uol.com.br

²Mestrado em Biodiversidade e Conservação pela Universidade Federal do Maranhão,
Brasil,

³Professor Assistente da Universidade Federal do Maranhão,

Endereço para correspondência: Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga - CEP 65080-805, São
Luís – MA. Universidade Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil. Departamento de
Biologia.

Resumo

Os flebótomos são vetores biológicos de patógenos causadores das leishmanioses, em especial, da tegumentar. Essas enfermidades ocorrem o ano inteiro, mas sofre flutuação nas diferentes estações do ano. Assim, esta pesquisa tem por objetivo avaliar a distribuição sazonal das espécies de flebotomíneos dentro do bioma cerrado, no Nordeste do Brasil. Os flebotomíneos foram capturados com armadilhas luminosas tipo CDC, em ambientes silvestres e antrópicos. As capturas ocorreram das 18 às 6 horas, por três dias consecutivos, uma vez por mês, de maio/2012 a abril/2014. O estudo resultou na coleta de 21.708 espécimes. A distribuição das espécies variou ao longo do ano, predominando as espécies *L. longipalpis*, seguida por *L. whitmani* e *L. lenti*. No município de Barreirinhas uma espécie foi encontrada exclusivamente na estação seca e dezesseis ocorreram em ambas às estações, destacando-se a maior riqueza na estação seca (17 espécies) do que na estação chuvosa (16 espécies). Na região de Chapadinha, diferentemente do encontrado em Barreirinhas, a riqueza foi maior na estação chuvosa (27 espécies) do que na estação seca (18 espécies), apresentando a estação chuvosa 13 espécies exclusivas e a estação seca 04 espécies encontradas com exclusividade. No computo geral a abundância foi maior na estação chuvosa do que na seca. Os ambientes extradomiciliares (Peri e Mata) apresentaram maiores riquezas de espécies, em especial, no período seco em Barreirinhas, contudo, foi no período chuvoso que se obteve maior abundância. De um modo geral, há grande abundância de indivíduos registrada na estação chuvosa em ambas localidades, diminuindo na transição com a estação seca, voltando a aumentar no final desta última estação, evidenciando clara sazonalidade. Esse resultado indica que muitas espécies podem ser encontradas em todos os meses do ano, mas a riqueza e abundância são maiores na estação chuvosa, quando os índices pluviométricos e de umidade são mais elevados e as médias de temperatura mais amenas.

Palavras-Chave: Vetor biológico, Variação estacional, Sazonalidade, Leishmaniose.

INTRODUÇÃO

Os flebotomos são dípteros com considerável importância na sanidade animal e na saúde pública nas Américas e outras regiões do mundo. Eles estão implicados como vetores biológicos de patógenos causadores de bartonelose, arboviroses e das leishmanioses visceral e tegumentar (Alexander, 2000; Dantas-Torres, 2009; Andrade, 2010). Essas doenças podem sofrer oscilações temporais na sua epidemiologia devido às variações na ocorrência dos flebotomíneos ao longo do ano. Essas variações são decorrentes de inúmeros fatores, incluindo as variações climáticas, geográficas, vegetacionais, além da disponibilidade de fontes alimentares, incluindo os hospedeiros para repasto sanguíneo.

No Estado do Maranhão por situar-se numa zona de transição entre a Amazônia úmida e o nordeste seco, pode-se distinguir três zonas climáticas: tropical quente e úmido; tropical semi-úmido e tropical semi-árido (IBGE, 2014). Do mesmo modo a vegetação inclui a floresta tropical chuvosa, cerrados, floresta estacional semidecidual, cocal restinga e manchas de caatinga. Essa variação no clima e na vegetação influencia na distribuição dos flebotomíneos e na epidemiologia das leishmanioses (Martin; Rêbello, 2006).

Os estudos realizados no Maranhão indicam que várias espécies de flebotomíneos ocorrem o ano inteiro, outras se sucedem ao longo do ano, mas a frequência de indivíduos, com raras exceções (Rebêlo et al., 2000), aumenta na estação chuvosa em matas secundárias (Barros et al., 2000) e primárias (Rebêlo et al., 2000), assim como em povoados rurais (Carvalho et al., 2000) e semi-urbanos (Araújo et al., 2000). O conhecimento das flutuações temporais das populações dos flebotomíneos permite orientação para que se evite frequentar os seus habitats, principalmente durante os períodos do ano em que os vetores são mais ativos e abundantes, possibilitando assim, o controle da transmissão de enfermidades para o homem.

No nordeste do estado do Maranhão, ao longo do tempo, as florestas estacionais semidecíduais que se desenvolvem no domínio de vegetação de cerrado, vem sofrendo perda significativas em função do estabelecimento de povoados rurais, com incremento de atividade agrícolas, pecuárias e produção de carvão (WWF, 2014), em especial nas regiões de Chapadinha e Barreirinhas. Ambos os municípios vem sofrendo grandes mudanças nos últimos anos. Em Chapadinha, as maiores mudanças estão na vegetação, que está sendo substituída por plantações de soja e crescente ampliação dos plantios de eucalipto (Selbach, 2008). Já o município de Barreirinhas tornou-se um importante pólo turístico do Maranhão, sofrendo também grandes modificações sócio-econômicas-ambientais (Graça, 2005).

Em ambos os municípios, são incidentes casos de leishmanioses visceral e tegumentar, sobretudo, nas últimas duas décadas, quando as atividades antrópicas supracitadas se acentuaram. Com isso, essas enfermidades ocorrem o ano inteiro, mas sofre flutuação nas diferentes estações do ano. Então, conhecer a distribuição sazonal dos flebotomíneos em povoados rurais e em fragmentos florestais com diferentes graus de degradação dentro do bioma do cerrado é de fundamental importância para a implementação de programas efetivos de controle vetorial dessas doenças.

A julgar pela progressiva degradação da vegetação original e a notificação de casos de leishmanioses em assentamentos rurais em diferentes épocas do ano (Sinan, 2015), supõe-se que a composição, riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos mudam de acordo com as estações e com as mudanças ambientais. Para testar se essas variáveis sofrem variação em função de mudanças ambientais e das estações do ano fez-se um inquérito sistematizado dos flebotomíneos durante dois anos nesses dois tipos de ambientes, florestais e antropogênicos (assentamentos rurais), em duas áreas, uma de ocupação mais antiga (30 anos) e mais modificada; e outra de ocupação mais recente (10 anos) e mais conservada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Área de Estudo. Foram selecionadas duas áreas florestais dentro do bioma cerrado, com históricos diferentes de ocupação humana e com notificação de casos de leishmanioses. Em ambas as áreas foram selecionados dois fragmentos de matas, dois intradomicílios e dois peridomicílios que continham abrigos de animais domésticos.

No município de Chapadinha selecionou-se a área de ocupação mais recente. Os dois fragmentos florestais estavam relativamente conservados (3°50'23.60"S e 43° 15'57.72"W), com aproximadamente 220 ha, com pontos de coleta distantes cerca de 800 a 1500 metros do assentamento rural de Bom Jesus (3° 44'17"S e 43° 20' 29"W) Essa área está situada no nível do mar e é regida pelo clima semi-úmido, com temperatura média variando de 26°C a 28,3°C e precipitação anual em torno de 1.667 mm. A estação seca ocorre de julho a dezembro (222 mm) e a chuvosa de janeiro a junho (1.445mm).

O município de Barreirinhas representou a área de ocupação antiga. Os dois fragmentos florestais estavam bem degradados (2°56'40.51"S e 42°59'11.30"W). Possuía aproximadamente 40 ha, com os pontos de coleta distantes cerca de 150 e 180 metros do

assentamento rural Palmeiras dos Eduardos. Essa área está no nível do mar e é regida pelo clima semi-úmido, com temperatura média variando entre 26,6°C a 28,3°C e a precipitação anual é de 1.541 mm. A estação seca ocorre de julho a dezembro (143mm) e a chuvosa de janeiro a junho (1.398mm).

Procedimento. Em cada área os flebotomíneos foram capturados com seis armadilhas luminosas tipo CDC, instaladas a uma altura de 1,5m, sendo 02 no interior dos fragmentos florestais; 2 no interior das casas e 2 em galinheiros disponíveis em quintais das casas. As armadilhas funcionaram uma vez por mês, durante três noites consecutivas, das 6 horas da tarde às 6 horas da manhã seguinte, durante dois anos (maio/ 2012 e abril/ 2014). O esforço de captura foi de 6 armadilhas x 12 horas x 3 noites x 24 meses = 5.184 horas. Os flebotomíneos capturados foram mortos em câmaras de acetato de etila e conduzidos ao Laboratório de Entomologia e Vetores da UFMA, em São Luís, para identificação de acordo com a chave proposta por Young e Duncan (1994) e Galati (2003).

Análise de dados

O ranque de abundância das espécies foi determinado por município pelo índice de Kato et al. (1952), sendo dominantes aquelas espécies cujo limite de confiança inferior foi maior que o limite superior para espécies ausentes. Utilizamos a técnica de PCA a partir de uma matriz de variância e covariância para ordenamento da comunidade. Usamos o índice de similaridade de Bray-Curtis, robusto ao problema de duplas ausências, para comparar a similaridade entre os locais estudados. O método Bootstrap, com 9999 aleatorizações, foi utilizado para construção dos intervalos de confiança em torno dos estimadores de riqueza, índices de diversidade e equitabilidade também analisados. Por fim, utilizamos uma análise de auto-correlação para comparar as séries temporais. As análises foram conduzidas nos Softwares Statistica 8.0 e Past 3.1.

RESULTADOS

Variação sazonal na riqueza e abundância das espécies em área de ocupação antiga. A riqueza de espécies foi uniforme nas duas estações, tendo-se encontrado 17 espécies na estação seca e 16 na estação chuvosa. Apenas uma espécie foi encontrada exclusivamente na estação seca (Tabela 1). A abundância, no entanto, foi maior na estação chuvosa (56,14%) do que na seca (43,86). Considerando a ocorrência das espécies por ambientes, verificou-se que a abundância foi maior nos peridomicílios, tanto na estação seca (79,33%), quanto na

chuvosa (78,95%), ficando os intradomicílios e os fragmentos florestais em segundo e terceiro lugar, respectivamente.

Tabela 1. Riqueza e abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área de ocupação antiga do município de Barreirinhas, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.

Estações	Chuvosa				Seca				Total	
	Intra	Peri	Mata	Total	Intra	Peri	Mata	Total	N	%
<i>L. longipalpis</i>	298	1893		2191	199	1563		1762	3953	47.52
<i>L. whitmani</i>	144	1095	125	1364	96	730	84	910	2274	27.34
<i>L. evandroi</i>	24	205	27	256	16	137	9	162	418	5.03
<i>L. trinidadensis</i>	13	44	48	105	19	66	74	159	264	3.17
<i>L. lenti</i>	9	71	26	106	13	105	38	156	262	3.15
<i>L. sordellii</i>	14	89	17	120	6	59	9	74	194	2.33
<i>L. termitophila</i>	8	43	20	71	12	63	32	107	178	2.14
<i>L. antunesi</i>	16	44	21	81	10	29	14	53	134	1.61
<i>L. infraspinosa</i>	5	45	23	73	3	30	16	49	122	1.47
<i>L. flaviscutellata</i>		38	35	73		25	23	48	121	1.45
<i>L. wellcomei</i>	5	36	27	68	1	24	17	42	110	1.32
<i>B. avellari</i>		26	17	43		17	11	28	71	0.85
<i>L. migonei</i>	6	23	14	43	1	15	9	25	68	0.82
<i>L. furcata</i>		7	22	29		5	15	20	49	0.59
<i>L. goiana</i>		11	13	24		7	8	15	39	0.47
<i>L. shannoni</i>		17	6	23		12	3	15	38	0.46
<i>L. monstrosa</i>					5	7	11	23	23	0.28
Total de indivíduos	542	3687	441	4670	381	2894	373	3648	8318	100
Total percentual	11,61	78,95	9,44	56,14	10,44	79,33	10,22	43,86	100	
Total de espécies	11	16	15	16	12	17	16	17	17	

Quando se comparou a abundância dos flebotomíneos nos ambientes intradomiciliares, peridomiciliares e florestais, entre as estações do ano, observou-se que não houve diferença estatística, ou seja, o padrão de abundância foi o mesmo no período chuvoso e de estiagem (Figura 1).

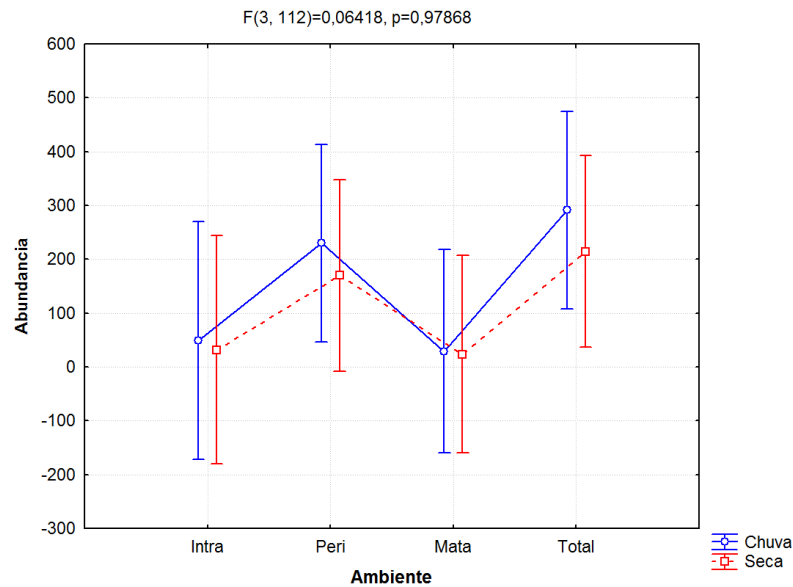


Figura 1. Comparação da abundância de flebotomíneos entre o intradomicílio, peridomicílio e fragmento florestal no município de Barreirinhas. As barras são os intervalos de confiança, sempre que dois intervalos de confiança são sobrepostos não há diferenças estatísticas significativas.

Frequência mensal de indivíduos na área de ocupação antiga. Os flebotomíneos ocorreram o ano inteiro, mas a distribuição dos indivíduos não foi regular, sofreu variações através dos meses. Houve uma ascendência no fluxo de indivíduos a partir de janeiro, início da estação chuvosa, para atingir o pico em junho, final da estação chuvosa. A partir daí observou-se um declínio no fluxo de indivíduos através da estação seca (Figura 2). Em função desse resultado não houve correlação na variação da abundância dos flebotomíneos com os valores da precipitação pluviométrica ($r_s = 0,3055$; $p = 0,1464$) e da temperatura média ($r_s = -0,3997$; $p = 0,0529$).

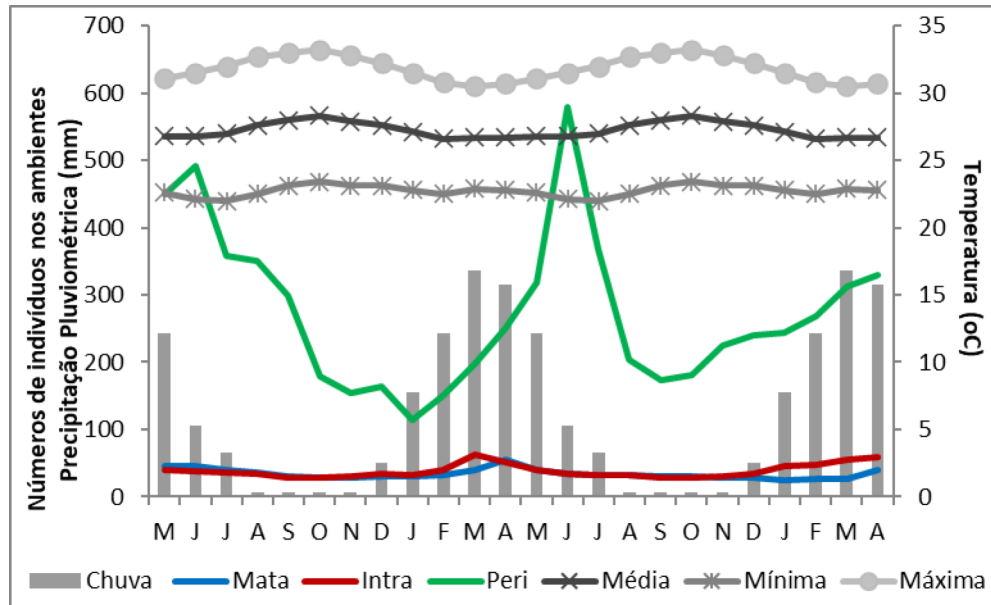


Figura 2. Variação mensal na abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, no município de Barreirinhas, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.

Variação sazonal na riqueza e abundância das espécies na área conservada. As espécies distribuíram-se de modo diferente entre as estações, a riqueza foi maior na estação chuvosa (27 espécies, sendo 13 exclusivas) do que na estação seca (18 espécies, sendo 4 exclusivas) (Tabela 2). A abundância de indivíduos foi maior na estação chuvosa (69,69%) do que na seca (30,31%). Considerando a ocorrência das espécies por ambientes, verificou-se que a abundância foi maior nos peridomicílios, tanto na estação chuvosa (75,54%), quanto na seca (74,53%). Em ambas as estações, os intradomicílios e fragmentos florestais seguiram-se na ordem de importância.

Quando se comparou a interação entre os ambientes (intradomicílios, peridomicílios e floresta) e as estações (seca e chuvosa), observou-se que não houve diferença estatística, ou seja, o padrão de abundância é o mesmo, tanto na seca quanto na chuvosa (Figura 3).

Tabela 2. Riqueza e abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área conservada do município de Chapadinhas, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.

Estações Espécies/Ambientes	Chuvosa				Seca				Total	
	Intra	Peri	Mata	Total	Intra	Peri	Mata	Total	N	%
<i>L. longipalpis</i>	744	2586	222	3552	319	1109	112	1540	5092	38.03
<i>L. whitmani</i>	259	1812	161	2232	111	777	79	967	3199	23.89
<i>L. lenti</i>	150	1886	107	2143	65	809	54	928	3071	22.94
<i>L. echatofarinchs</i>	21	203	165	389	8	87	83	178	567	4.23
<i>L. termitophila</i>	59	228	41	328	26	99	18	143	471	3.52
<i>L. goiana</i>	84	65	52	201	37	32	26	95	296	2.21
<i>L. evandroi</i>	20	160	25	205	8	69	13	90	295	2.20
<i>L. trinidadensis</i>	41	23	17	81	18	11	8	37	118	0.88
<i>L. flaviscutellata</i>	7	15	15	37	3	7	6	16	53	0.40
<i>L. sordellii</i>	13	12	5	30	6	6	3	15	45	0.34
<i>L. antunesi</i>	2	22	1	25	1	10	1	12	37	0.28
<i>L. richardiward</i>		7	11	18		4	5	9	27	0.20
<i>L. shannoni</i>		7	10	17		1	4	5	22	0.16
<i>L. shawi</i>		5	9	14			7	7	21	0.16
<i>L. walkeri</i>		8	10	18					18	0.13
<i>L. saulensis</i>		2	6	8					8	0.06
<i>L. chagasi</i>		2	5	7					7	0.05
<i>B. avelari</i>		4	3	7					7	0.05
<i>L. bacula</i>							5	5	5	0.04
<i>L. micropiga</i>						2	3	5	5	0.04
<i>L. dreisbachi</i>							4	4	4	0.03
<i>L. umbratilis</i>		2	2	4					4	0.03
<i>L. infraspinoso</i>					1	2		3	3	0.02
<i>L. monstrosa</i>			3	3					3	0.02
<i>L. teratodes</i>			3	3					3	0.02
<i>L. longipennis</i>			2	2					2	0.01
<i>L. punctigeniculata</i>			2	2					2	0.01
<i>L. servulolimai</i>			2	2					2	0.01
<i>L. brasiliensis</i>			1	1					1	0.01
<i>L. gomezi</i>			1	1					1	0.01
<i>L. wellcomei</i>			1	1					1	0.01
Total de indivíduos	1400	7049	882	9331	603	3025	431	4059	13390	100.00
Total percentual	15	75,54	9,5	69,69	14,86	74,53	10,62	30,31	100	
Total de espécies	11	19	27	27	12	15	17	18	31	

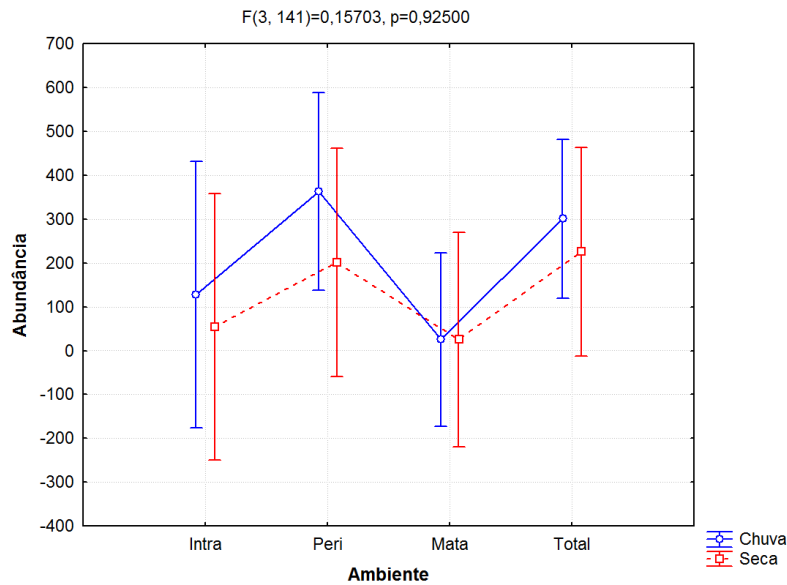


Figura 3. Comparação da abundância de flebotomíneos entre o intradomicílios, peridomicílios, fragmento florestal, nas estações seca e chuvosa, no município de Chapadinha (área conservada). As barras são os intervalos de confiança.

Frequência mensal de indivíduos na área conservada. Na área mais conservada os flebotomíneos ocorreram o ano inteiro, mas a distribuição dos indivíduos não foi regular, sofreu variações através dos meses. Houve uma ascendência no fluxo de indivíduos a partir de outubro na estação seca até atingir o pico em abril. A partir daí, o fluxo de indivíduos diminuiu até agosto, no início da estação seca (Figura 4). Em função desse resultado houve correlação positiva na variação da abundância dos flebotomíneos com os valores da precipitação pluviométrica ($r_s = 0,8980$; $p = 0,0000$) e negativa com a temperatura média ($r_s = -0,8254$; $p = 0,0000$).

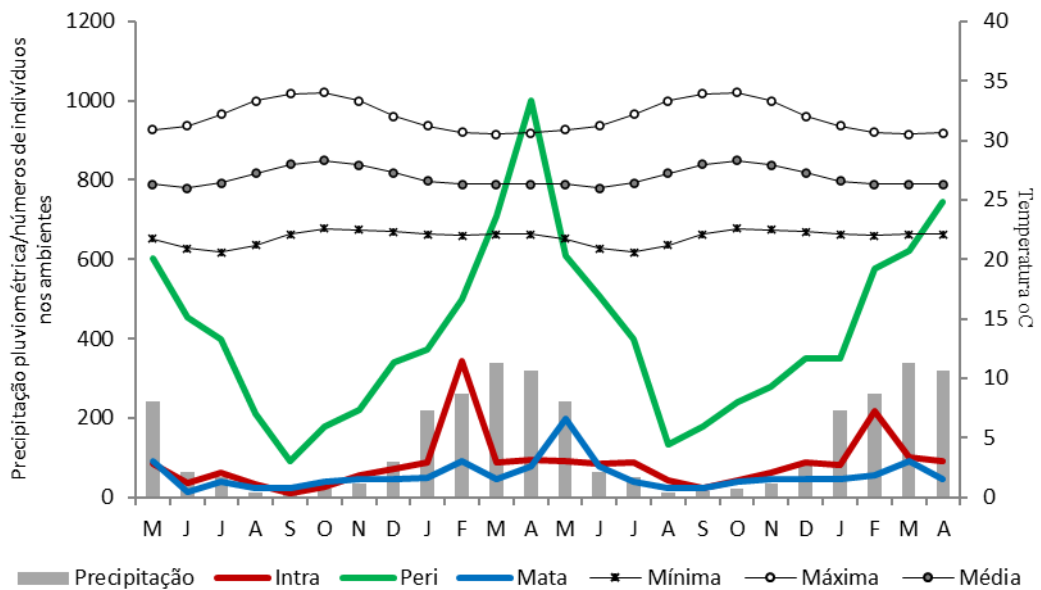
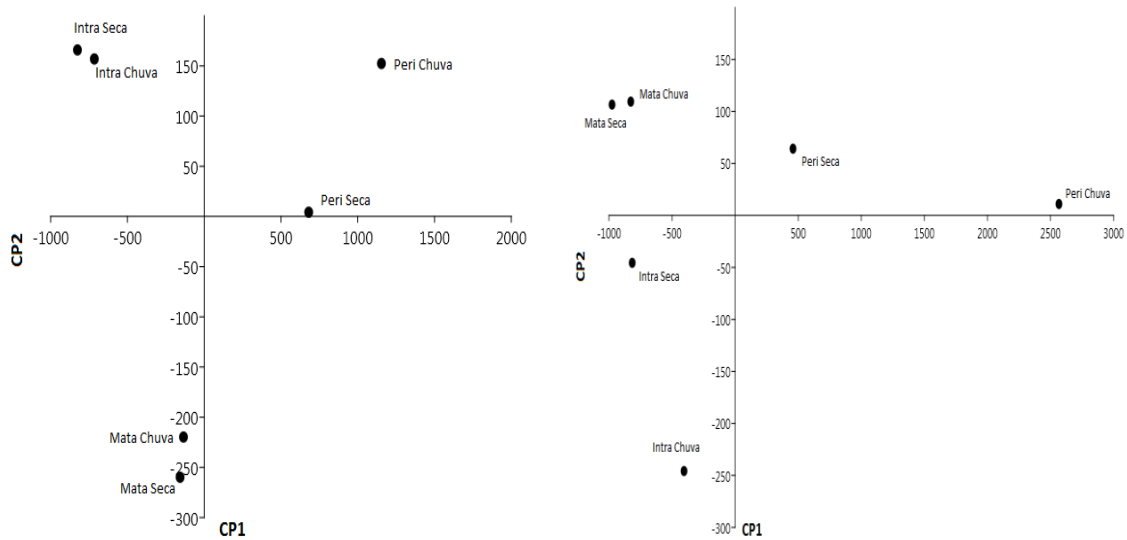


Figura 4. Variação mensal na abundância de espécies de flebotomíneos capturados nos intradomicílios, peridomicílios e fragmentos florestais, nas estações seca e chuvosa, em área conservada do município de Chapadinha, Estado do Maranhão, de maio/2012 a abril/2014.

Varição sazonal da diversidade das espécies. A ordenação das espécies de flebotomíneos em função do padrão de abundância e ambientes pela Análise de Componente Principal (PCA) demonstra que na área mais degradada (Barreirinhas), os intradomicílios nas estações seca e chuvosa se assemelharam mais entre si. Já em Chapadinha, foram os fragmentos florestais que se assemelham mais entre as duas estações. Os dois eixos da Análise de Componentes Principais explicaram 99,0 % da variação total dos dados (Figura 5).



(a)

(b)

Figura 5. Ordenação das espécies de flebotomíneos em função da sua abundância, do tipo de ambiente e estação em Barreirinhas (a) e Chapadinha (b) pela Análise de Componente Principal (PCA).

De acordo com os escores da abundância das espécies que participaram da formação dos eixos da Análise de Componentes Principais (PCA), as espécies que influenciaram na determinação do padrão de abundância dos ambientes em Barreirinhas foram: *L. longipalpis* (Eixo 1: 0,8513; Eixo 2: -0,51766) e *L. whitmani* (Eixo 1: 0.51051; Eixo 2: 0.83288). Em Chapadinha foram *L. longipalpis* (Eixo 1: 0,67888; Eixo 2: -0,6814), *L. whitmani* (Eixo 1: 0.49653; Eixo 2: 0.30251) e *L. lenti* (Eixo: 0.53489; Eixo 2: 0.55991).

Discussão

O clima é um dos fatores determinantes nas flutuações da população de insetos durante o ano (Wolda 1978; Torres e Madi-Ravazzi 2006). Na área deste estudo, de baixa latitude, o clima é tropical equatorial semi-úmido, com duas estações definidas: uma chuvosa e outra seca. Portanto, há variação marcada no regime das chuvas, com meses extremamente secos (julho a dezembro), e outros muito chuvosos (janeiro a junho). Nessas áreas, as temperaturas variam pouco ao longo do ano e não incluem um período frio, como nas áreas subtropicais e temperadas. Logo, as temperaturas são favoráveis para a ocorrência dos flebotomíneos o ano inteiro, de modo que, a alternância de estações chuvosa e seca é que vai interferir causando flutuação na emergência, crescimento e atividade dos flebotomíneos.

A mudança da estação seca para a chuvosa é um dos fatores mais importantes na vida dos insetos em muitas regiões (Wolda, 1988). No entanto, não se pode esperar que grupos ecológico e taxonomicamente diferentes respondam da mesma maneira a mudanças nas variáveis climáticas (Wolda e Fisk 1981). No presente estudo, a maioria das espécies prevaleceu na estação chuvosa, quando o ambiente é mais úmido e as médias da temperatura são mais amenas. Somente 13% das espécies ocorreram exclusivamente na estação seca. A prevalência dos flebotomíneos durante a estação chuvosa parece que é uma característica de organismos tropicais equatoriais e corrobora o padrão que tem sido observado em várias áreas do Maranhão (Rebêlo et al., 2001b; Marinho et al., 2008; Silva et al., 2012) e em outros estados brasileiros (Gomes et al. 1987; Saraiva et al. 2008; Machado et al. 2012).

Na estação seca, com o declínio da umidade relativa do ar e aumento da temperatura média, o tamanho das populações de flebotomíneos geralmente diminui (Rebêlo et al., 2001b; Marinho et al., 2008; Silva et al., 2012). A secura do solo combinada com o aumento da temperatura do ambiente, podem afetar negativamente o desenvolvimento dos flebotomíneos, que são insetos pequenos e sensíveis (Forattini, 1976). Verificou-se neste estudo que a estação seca, afetou negativamente as populações das espécies, tanto nos fragmentos florestais como nos ambientes antropogênicos (intradomicílios e peridomicílios). Resultados similares foram observados em áreas antropogênicas dos cerrados de Codó (Rebêlo et al., 1999). A secura da terra faz com que as florestas estacionais semidecíduais percam uma parte de suas folhas e, nesse período, frequentemente estão sujeitas às queimadas para a preparação da terra para o plantio. Logo, esse processo afeta não apenas a flora, mas também a fauna que depende dela para proteção e alimento. Neste período, decai a disponibilidade de recursos alimentares para herbívoros e, conseqüentemente, para os predadores e ectoparasitas como os flebotomíneos, que necessitam de hospedeiros vertebrados para o repasto sanguíneo. Decaem, também; a disponibilidade de criadouros para o desenvolvimento de imaturos e abrigos para adultos.

Nos ambientes antropogênicos (intradomicílios e peridomicílios dos povoados rurais), os flebotomíneos também reduzem o tamanho de suas populações no período seco. Porém, a proporção de indivíduos continua maior do que nos fragmentos florestais, pois há animais domésticos disponíveis para o repasto sanguíneo e ecótopos para a procriação de flebotomíneos em galinheiros, chiqueiros e estábulos nos quintais das casas (Dias et al., 2003; Fonteles et al., 2009).

Os recursos alimentares e as condições climáticas variam no espaço e no tempo, afetando diretamente a diversidade e distribuição das populações de insetos (Morais et al., 1999; Kittelson, 2004; Bispo e Oliveira 2007; Goldsmith, 2007). Na estação chuvosa, as precipitações pluviométricas estimulam a elevação da produtividade primária das florestas e contribuem para aumentar a disponibilidade de recursos para os animais vertebrados hospedeiros. Assim os flebotomíneos dispõem de mais fontes de carboidratos para manutenção de ambos os sexos, e de sangue para o ciclo reprodutivo das fêmeas. As chuvas aumentam a umidade do solo e do ar, favorecendo, o desenvolvimento de criadouros e o vôo dos adultos, respectivamente (Aguiar e Medeiros, 2003). Portanto, a estação chuvosa, com temperatura e precipitação pluviométrica em torno de 27° C e 1490 mm, apresenta condições mais satisfatórias para a ocorrência dos flebotomíneos do que a estação seca, cuja temperatura e precipitação pluviométrica varia em torno de 30° C e 184,5 mm.

Neste estudo, a riqueza de espécies acessórias e acidentais foi maior, mas as espécies constantes, que se distribuíram o ano inteiro, foram mais abundantes. Enquanto, as espécies acidentais aparecem em um determinado mês; as acessórias ocorrem em poucos meses, às vezes de ambas as estações. As constantes são as mais importantes do ponto de vista epidemiológico, por serem frequentes, abundantes e com maior possibilidade de estreitar o contato com o homem. Nesse caso, pode-se dizer que somente *L. longipalpis*, *L. whitmani* e *L. lenti*, merecem destaque, por se alternarem na ordem de dominância entre as estações. A primeira é o conhecido vetor da *Le. infantum chagasi*, causador do calazar; as outras duas estão envolvidas na transmissão dos agentes causadores da leishmaniose tegumentar e já foram encontradas infectadas no Estado do Maranhão, em diferentes estações (Fonteles et al. 2018; Guimarães et al., 2017; Pereira Filho et al., 2018). Qualquer uma dessas espécies de flebotomíneos possui grande capacidade de adaptação em áreas antropizadas e convivência com animais domésticos, nos peridomicílios (Silva et al., 2015) e resiste bem às variações ambientais e sazonais, a julgar pela abundância com que ocorreram ao longo do ano.

Em síntese, encontrou-se uma grande variedade de espécies de flebotomíneos associadas com as duas estações, mas a abundância foi maior no período chuvoso em todos os ambientes. Várias espécies foram acidentais, ocorrendo em apenas um ou dois meses; outras foram acessórias e distribuíram irregularmente ao longo do ano; enquanto as constantes foram encontradas o ano todo. Estas últimas foram as mais abundantes e ecologicamente podem ser as mais bem sucedidas nos ambientes estudados. Analisando a curva de sazonalidade obtida neste trabalho, recomenda-se que qualquer intervenção para controlar as populações de

flebotomíneos devem ser levadas a efeito, principalmente nos meses chuvosos, os de maiores abundâncias desses insetos vetores.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, GM e Medeiros, WM. 2003. Distribuição regional e habitats das espécies de flebotomíneos do Brasil, In: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. (Org.). Flebotomíneos do Brasil. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. cap. 3, 207-255.
- Alexander, B. 2000. Sampling methods for phlebotomine sandflies. *Medical and Veterinary Entomology*, Oxford, 14 (2):109-122.
- Andrade, A. J.; Ecologia química de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae): desenvolvimento de uma armadilha e análise dos hidrocarbonetos cuticulares das espécies. 2010. 167f. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte
- Araújo, JC; Rebêlo, JMM; Carvalho, ML e Barros, VLL. 2000. Composição dos flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do município da Raposa-MA, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. *Entomologia y Vectores* 7: 33–47.
- Barros, V. L. L.; Rebêlo, J. M. M.; Silva, F. S. 2000. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de capoeira do município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil. Área de transmissão de leishmaniose. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 16 (1):265-270.
- Bispo, PC e Oliveira, LG. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 283–293.
- Carvalho, ML; Rebêlo, JMM; Araújo, JC e Barros, VLL. Barros. 2000. Aspectos ecológicos dos flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do município de São José de Ribamar, MA, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. *Entomologia y Vectores* 7: 19–32.
- Dantas-Torres, F. Canine leishmaniosis in South America. 2009. *Parasites & Vectors*, Bari, 2 (1):8.
- Dias, FOP; Lorosa, ES e Rebêlo, JMM. 2003. Fonte Alimentar Sangüínea e a Peridomiciliação de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Psychodidae, Phlebotominae). *Cadernos de Saúde Pública* 19:1373-1380.
- Fonteles, RS; Pereira Filho, AA, Moraes, JLP; Pereira, SRF; Rodrigues, BL e Rebêlo, JMM. 2018. Detection of *Leishmania* DNA and Blood Meal Identification in Sand Flies (Diptera: Psychodidae) From Lençóis Maranhenses National Park Region, Brazil. *J Med Entomol* 55: 445–451.
- Fonteles, RS; Vasconcelos, GC ; Azevedo, PCB ; Moraes, JLP ; Lorosa, ES ; Kuppinger, O ; Rebêlo, JMM. 2009. Preferência alimentar sanguínea de *Lutzomyia whitmani* (Diptera, Psychodidae) em área de transmissão de leishmaniose cutânea americana, no Estado do Maranhão, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (Impresso)*, 42: 647-650.

- Forattini, OP. 1976. Observações feitas sobre a transmissão da Leishmaniose Tegumentar no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, 10:31-43.
- Galati, EAB. 2003. Classificação de Phlebotominae. In: *Flebotomíneos do Brasil* (RANGEL, E.F.; LAINSON, R. eds.). Rio de Janeiro - Editora Fiocruz, 23-52.
- Goldsmith, S. 2007. Density of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) differs at different elevations in hawaiian montane forest. *The Southwestern Naturalist* 52: 364–370.
- Gomes AC, Galati EAB. 1987. Aspectos ecológicos da leishmaniose tegumentar americana. 5. Estratificação da atividade espacial e estacional de phlebotominae (Diptera, Psychodidae) em áreas de cultura agrícola da região de Vale Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Inst Med Trop S Paulo* 82: 467-473.
- Guimarães-Silva, AS, SDO Silva, R.C da Silva, V.C.S. Pinheiro, J.M.M. Rebêlo, and M.N.Melo. 2017. *Leishmania* infection and blood food sources of phlebotomines in an area of Brazil endemic for visceral and tegumentary leishmaniasis. *PLoS One* 12:e0179052.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. (Acessado em: 04 março de 2016).
- Kittelson, P. M. 2004. Sources of variation in insect density on *Lupinus arboreus* Sims: effects of environment, source population and plant genotype. *The American Midland Naturalist* 152: 323–335.
- Machado TO, Bragança MAL, Carvalho ML, Andrade- Filho JD. 2012. Species diversity of sandflies (Diptera: Psychodidae) during different seasons and in different environments in the district of Taquaruçú, state of Tocantins, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 107:955-9.
- Marinho, R. M., Fonteles, R. S., Vasconcelos, G. C., Azevêdo, P. C. B., Moraes, J. L. P. & Rebêlo, J. M. M. 2008. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em reservas florestais da área metropolitana de São Luís, Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 52:112-116.
- Martin, A. M. C & Rebêlo, J. M. M. 2006. Dinâmica espaço-temporal de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do município de Santa Quitéria, área de cerrado do estado do Maranhão, Brasil. *Iheringia Série Zoológica* 96: 273-384.
- Morais, H. C; I. R. Diniz e D. M. S. Silva. 1999. Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. *Revista de Biologia Tropical* 47: 1025–1033.
- Pereira-Filho, AA, R.S. Fonteles, M.C.A. Bandeira, J.L.P. Moraes, J.M.M. Rebêlo, and M.N.Melo. 2018. Molecular Identification of *Leishmania* spp. in Sand Flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. *J Med Entomol* 55: 989–994.
- Rebêlo, J. M. M. ; Oliveira, S. T. ; Barros, V. L. L. 2001b. Flutuação sazonal dos flebotomíneos (Díptera, Psychodidae) em área de colonização recente do município de Buriticupu, Amazônia maranhense, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 45: 11-16.

Rebêlo, J. M. M.; Leonardo, F. S.; Costa, J. M. L.; Pereira, Y. N. O. & Silva, F. S. 1999. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de área endêmica de leishmanioses na região dos cerrados, estado do Maranhão, Brasil. *Cadernos Saúde Pública* 32:247-253.

Rebêlo, J. M. M. 2001^a. Frequência horária e sazonalidade de *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) na ilha de São Luís, Maranhão, Brasil, *Cadernos de Saúde Pública*, 17:221-227.

Rebêlo, J. M. M., Oliveira, S. D., Barros, V. L. L. & SILVA, F. S. 2000. Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV-Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomologia y Vectores* 7: 61-72.

Saraiva L, Carvalho GML, Sanguinette CC, Carvalho DAA, Falcão AL (2008) et l. Sandflies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) collected on the banks of the Velhas River in the state of . Minas Gerais, Brazil: *Mem Inst Oswaldo Cruz* 103: 843-846.

Silva, C. M. L.; Moraes, L. S.; Brito, G. A.; Dos Santos, C. L. C.; Rebêlo, J. M. M. Ecology of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in rural foci of leishmaniasis in tropical Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 45: 696-700. 2012.

Silva, L Barros, Aquino, DMC, Leonardo FS, Silva, ASGuimarães, Melo, MN, Rebêlo, JMM, Pinheiro, VCS. 2015. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em focos urbanos de leishmaniose visceral no estado do Maranhão, Brasil *Rev Patol Trop* 44: 181-193.

SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação 2015. Disponível em: <<http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/>> Acesso em: 20/06/2016.

Torres, F. R. & L. Madi-Ravazzi. 2006. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp. (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 96: 437-444.

WWF – BRASIL. Nas mãos do mercado, o futuro do cerrado; é preciso interromper o desmatamento. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado. Acesso em: 13 de maio de 2019.

Wolda, H. & F. W. Fisk. 1981. Seasonality of tropical insects. II. Blattaria in Panama. *Journal of Animal Ecology* 50: 827-838.

Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology* 47: 369-381.

Wolda, H. 1988. Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 1-18.

Young, D. G.; Duncan, M. A. 1994. Guide to the Identification and Geographic Distributio of *Lutzomyia* Sand Flies in Mexico, the West Indies; Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Memories of the American Entomology Institute* 54: 1-881.