

Sazonalidade de flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) em áreas florestais degradadas na Amazônia oriental

Seasonality of flebotomines (*Diptera, Psychodidae*) in degraded forest areas in the eastern Amazon

Estacionalidad de flebotominos (*Diptera, Psychodidae*) en áreas bosques degradadas de la Amazonía oriental

DOI: 10.54033/cadpedv21n7-013

Originals received: 05/31/2024

Acceptance for publication: 06/21/2024

Janilde de Melo Nascimento

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Maranhão
Endereço: São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil
E-mail: jad-nasci@hotmail.com

Jorge Luiz Pinto Moraes

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Maranhão
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: moraes2entomologia@yahoo.com.br

Maria da Conceição Abreu Bandeira

Doutoranda em Biologia Parasitária
Instituição: Instituto Oswaldo Cruz, Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: marizabandeira@hotmail.com

Valéria Cristina Soares Pinheiro

Doutora em Ciências Biológicas (Entomologia)
Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
Endereço: Caxias, Maranhão, Brasil
E-mail: vc_pinheiro@hotmail.com

José Manuel Macário Rebêlo

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia)
Instituição: Universidade Federal do Maranhão
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: jose.macario@ufma.br

RESUMO

Introdução: Os flebotomíneos constituem um grupo muito diversificado de dípteros nos trópicos americanos, tendo a reputação de ocorrer durante todo o ano, no entanto, não se conhece muito bem se sofrem flutuações sazonais no número de espécies e na abundância das suas populações. **Objetivo:** verificar se a riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos variam sazonalmente, de acordo com a variação da temperatura e da precipitação pluviométrica em municípios da Amazônia maranhense. **Métodos:** O estudo foi realizado durante dois anos (maio/2012 e abril/2014) em fragmentos florestais e nos ambientes intradomiciliares e peridomiciliares rurais dos municípios de Senador La Rocque (SLR), Santa Luzia (STL) e Governador Nunes Freire (GNF), Estado do Maranhão. **Resultados:** Os flebotomíneos ocorreram o ano todo, com picos de abundância na estação chuvosa e na transição com a estação seca, mas em meses diferentes, de acordo com as áreas. Houve inversão de dominância das espécies entre as estações; e correlação positiva com a precipitação pluviométrica em GNF ($r_s = 0.8252$; $p = 0.0009$) e SLR ($r_s = 0,4308$; $p = 0,1620$); e correlação negativa com a temperatura em STL ($r_s = -0,7122$; $p = 0.0093$). Os vetores *Bichromomyia flaviscutellata*, *Nyssomyia whitmani*, *Migonemyia migonei* e *Lutzomyia longipalpis* comportaram-se como espécies constantes, justificando sua relevância na epidemiologia das leishmanioses. **Conclusão:** Os flebotomíneos sofrem variações mensais e sazonais, sendo a riqueza e abundância favorecidas durante a estação chuvosa, período mais sugestivo para a implementação de estratégias de controle vetorial das leishmanioses, por representar maior risco para transmissão de casos dessas enfermidades.

Palavras-chave: Variação Estacional. Vetor Biológico. Amazonia Brasileira. Conservação.

ABSTRACT

Introduction: Sandflies constitute a very diverse group of dipterans in the American tropics, having a reputation for occurring throughout the year, however, it is not well known whether they experience seasonal fluctuations in the number of species and the abundance of their populations. **Objective:** to verify whether the richness and abundance of sandfly species vary seasonally, according to the variation in temperature and rainfall in municipalities in the Maranhão Amazon. **Methods:** The study was carried out for two years (May/2012 and April/2014) in forest fragments and in rural intra-household and per-household environments in the municipalities of Senador La Rocque (SLR), Santa Luzia (STL) and Governador Nunes Freire (GNF), State of Maranhão. **Results:** Sandflies occurred throughout the year, with peaks of abundance in the rainy season and in the transition to the dry season, but in different months, according to the areas. There was an inversion of species dominance between seasons; and positive correlation with rainfall in GNF ($r_s = 0.8252$; $p = 0.0009$) and SLR ($r_s = 0.4308$; $p = 0.1620$); and negative correlation with temperature in STL ($r_s = -0.7122$; $p = 0.0093$). The vectors *Bi. flaviscutellata*, *Ny. whitmani*, *Mg. migonei* and *Lu. longipalpis* behaved as constant species, justifying their relevance in the epidemiology of leishmaniasis. **Conclusion:** Sandflies undergo monthly and

seasonal variations, with richness and abundance being favored during the rainy season, the most suggestive period for the implementation of vector control strategies for leishmaniasis, as it represents a greater risk for the transmission of cases of these diseases.

Keywords: Seasonal Variation. Biological Vector. Brazilian Amazon. Conservation.

RESUMEN

Introducción: Los flebotomos constituyen un grupo muy diverso de dípteros en el trópico americano, teniendo fama de aparecer durante todo el año, sin embargo, no se sabe bien si experimentan fluctuaciones estacionales en el número de especies y la abundancia de sus poblaciones. **Objetivo:** verificar si la riqueza y abundancia de especies de flebotomos varían estacionalmente, de acuerdo con la variación de temperatura y precipitaciones en municipios de la Amazonía de Maranhão. **Métodos:** El estudio se realizó durante dos años (mayo/2012 y abril/2014) en fragmentos de bosque y en ambientes rurales intradomésticos y perdomésticos en los municipios de Senador La Rocque (SLR), Santa Luzia (STL) y Gobernador Nunes Freire (GNF), Estado de Maranhão. **Resultados:** Los flebotomos se presentaron durante todo el año, con picos de abundancia en la época de lluvias y en la transición a la seca, pero en diferentes meses, según las zonas. Hubo una inversión de dominancia de especies entre estaciones; y correlación positiva con la precipitación en GNF ($r_s = 0,8252$; $p = 0,0009$) y SLR ($r_s = 0,4308$; $p = 0,1620$); y correlación negativa con la temperatura en STL ($r_s = -0,7122$; $p = 0,0093$). Los vectores *Bichromomyia flaviscutellata*, *Nyssomyia whitmani*, *Migonemyia migonei* y *Lutzomyia Longipalpis* se comportaron como especies constantes, justificando su relevancia en la epidemiología de la leishmaniasis. **Conclusión:** Los flebotomos sufren variaciones mensuales y estacionales, favoreciéndose la riqueza y abundancia durante la temporada de lluvias, período más sugerente para la implementación de estrategias de control vectorial de la leishmaniasis, ya que representa un mayor riesgo para la transmisión de casos de estas enfermedades.

Palabras clave: Variación Estacional. Vector Biológico. Amazonía de Brasil. Conservación.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da frequência mensal e sazonal de insetos vetores é muito importante para a compreensão da interação entre as espécies e seu habitat, assim como da dinâmica de transmissão das doenças metaxênicas, visando à adoção de medidas de vigilância e controle vetorial em determinada área.

Os flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) são reconhecidos insetos vetores de leishmanioses, um grupo de doenças de grande interesse na saúde pública (WHO, 2022). Ambos, vetores e doenças, são muito incidentes no Maranhão e em especial na região amazônica do Estado (Rebêlo *et al.*, 2000; Martins *et al.*, 2004).

Estudos de distribuição espaço-temporal ainda são incipientes na Amazônia Maranhense, estando restrito à região de Buriticupu, que vem sofrendo com o processo progressivo de degradação ambiental (Rebêlo *et al.*, 2019). Esses estudos têm focado a importância da precipitação pluviométrica e da variação da temperatura na frequência das espécies de flebotomíneos ao longo dos anos. Na maioria das vezes, os flebotomíneos predominam na estação chuvosa, como ocorre em muitas áreas tropicais do território brasileiro (Barata *et al.*, 2004; Missawa; Dias, 2007; Oliveira *et al.*, 2008).

Apesar desse suposto padrão de ocorrência, há estudos que demonstram declínio de populações na estação chuvosa e predominância na estação seca (Rebêlo *et al.*, 2001; Martin e Rebêlo, 2006). Além disso, existem ainda estudos onde não foi possível observar correlação entre variáveis climáticas e a densidade de flebotomíneos (Dias *et al.*, 2007).

Estudos sobre a interação de fatores climáticos e a estrutura de comunidades de flebotomíneos realizados nas áreas florestais semiúmidas maranhenses mostraram a maior abundância no período chuvoso numa área (Rebêlo JMM, *et al.*, 1999) e na estação seca em outra (Silva *et al.*, 2015).

Qualquer que seja as características climáticas de uma área, a sua variação afeta os componentes da cadeia de transmissão das leishmanioses, podendo romper o equilíbrio nas interações entre o patógeno, vetor e o reservatório (Medlock; Leach, 2015; Leal Filho *et al.*, 2018). Como uma das consequências, pode ocorrer alteração na distribuição espacial e temporal dessas doenças (Rangel *et al.*, 2011). Considerando que os flebotomíneos são insetos pequenos e delicados, fatores ambientais meteorológicos, como a temperatura e a umidade relativa do ar, podem influenciar na sua reprodução, duração do ciclo vital e na taxa de sobrevivência (Negev *et al.*, 2015). Nas áreas tropicais, as chuvas causam efeitos indiretos na sazonalidade dos flebotomíneos, ao modificar

as condições dos criadouros das larvas e pupas que se desenvolvem no solo, e até mesmo, os abrigos expostos dos adultos (Rutledge; Ellenwood, 1975). Em consequência, os fatores ambientais meteorológicos acabam interferindo nos ciclos parasitários (Kahime *et al.*, 2014), ao afetar as taxas de infecção dos flebotomíneos por *Leishmania* (Tiwary *et al.*, 2013).

A avaliação da sazonalidade, portanto, é fundamental para compreender o processo epidemiológico das leishmanioses e nortear as atividades de controle vetorial em áreas de transmissão dessas doenças (Pérez-Flórez *et al.*, 2016). Conhecer a distribuição sazonal dos flebotomíneos é de fundamental importância para a implementação de programas efetivos de controle vetorial (Saraiva *et al.*, 2006).

Diante do exposto, avalia-se neste estudo, a ação das estações chuvosa e seca na composição, riqueza, abundância e ranque de dominância das espécies de flebotomíneos, em especial as reconhecidas como vetores de parasitas causadores de leishmanioses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em três municípios da Amazônia Maranhense: Senador La Rocque-SLR (5°26'24"S e 47°17'24"W), Santa Luzia-STL (03°57'48"S e 45°39'30"W) e Governador Nunes Freire-GNF (2°07'12"S e 45°52'48"W), conforme Figura 1.

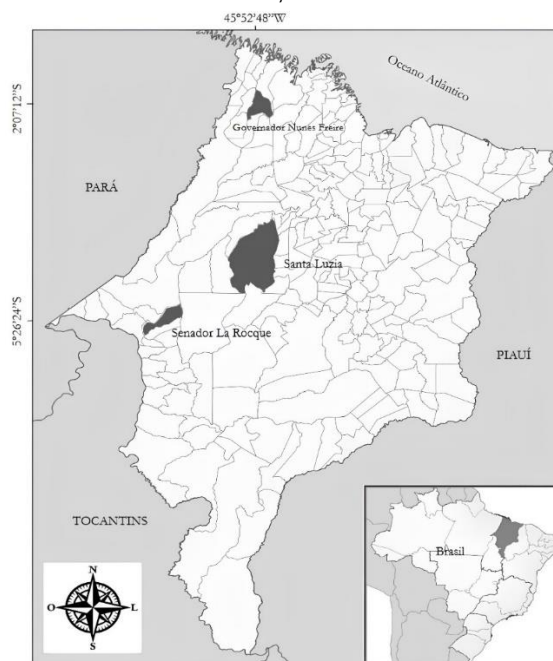
SLR compreende uma área de 1.236,6 km², altitude de 180 metros a.n.m. (sede), população de 18 mil habitantes e densidade demográfica de 14,55 hab/km². O clima é tropical com temperatura média anual de 29°C com mínima de 22°C e máxima de 38°C. A precipitação pluviométrica é de 1.506,2mm, em média. A estação chuvosa varia de dezembro a maio, e a seca, de junho a novembro. A vegetação primária é a floresta ombrófila e o cerrado.

STL possui uma área de 6.133,424 km², altitude de 60 metros a.n.m. (sede), população de 75.043 habitantes. O clima é tropical com temperatura

variando de 21,6°C e 32,2°C. A precipitação pluviométrica é de 1.617 mm, em média. A estação chuvosa varia de dezembro a maio, com médias mensais superiores a 225 mm. A vegetação é composta pela Floresta Ombrófila Densa com encaves da Floresta Estacional decidual (IMESC, 2008).

GNF compreende uma área de 1.037 km², população de aproximadamente 23.130 habitantes e uma densidade demográfica de 22,5 habitantes/km². A sede administrativa do município encontra-se ao nível do mar (IBGE, 2023). O clima é tropical com temperatura oscilando entre 22°C e 31,2°C. A precipitação pluviométrica é de 2.104 mm. A estação chuvosa varia de janeiro a julho, e a seca varia de agosto a dezembro. A vegetação é composta pela Floresta Ombrófila Densa (IMESC, 2008).

Figure 1. Mapa do Estado do Maranhão mostrando os municípios de Senador La Rocque, Santa Luzia e Governador Nunes Freire, onde os flebotomíneos foram estudados.



Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 PROCEDIMENTOS EM CAMPO E LABORATÓRIO

As coletas foram realizadas utilizando armadilhas luminosas CDC tipo HP (Pugedo *et al.*, 2005), instaladas a uma altura média de 1,5 m, com funcionamento das 18 às 6 horas. Os flebotomíneos foram capturados em três

noites consecutivas, uma vez por mês, durante o período de maio de 2012 a abril de 2014. Em cada município foram instaladas seis armadilhas, sendo duas nos intradomicílios, duas nos peridomicílios e duas nos fragmentos florestais, para efeito de comparação. O esforço de captura em cada área foi de 6 armadilhas x 12 horas x 3 dias x 24 meses = 5.184 horas. Nas florestas as armadilhas foram penduradas nos ramos das árvores, nos intradomicílios foram instaladas nas salas e no peridomicílio nos abrigos de animais domésticos.

Os espécimes capturados foram transportados a seco para o Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão, onde foram triados, etiquetados por localidade, número da armadilha e data de coleta, e posteriormente foram identificados de acordo com a chave proposta por (Young e Duncan, 1994; Galati, 2003). Todos os espécimes foram armazenados em freezer a -20°C, em microtubos plásticos de 1,5mL e incorporados na coleção do Laboratório de Entomologia e Vetores (LEV).

O grupo de estudo possui a Licença Permanente para Coleta de Material Zoológico, emitida pelo Sistema de Autorização e Informação de Biodiversidade (SISBIO) sob o processo Nº 11965-2.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A riqueza de espécies consistiu na contagem do número de espécies observadas. Para avaliar a abundância relativa (%) das espécies por estações e seus limites de confiança foi utilizado o índice de (Kato *et al.*, 1952). As espécies foram consideradas dominantes em cada estação quando seu limite de confiança inferior foi maior que o limite superior para espécies ausentes. O índice de similaridade de Bray Curtis foi calculado para avaliar a relação na composição e abundância das espécies entre as estações (seca e chuvosa). A técnica de ordenação, Modelo de Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS) foi utilizada para efetuar a comparação da abundância dos flebotomíneos por estações e espécies entre as áreas. Essa análise foi desenvolvida com base na matriz de similaridade de Bray-Curtis e Jaccard, com os dados transformados em Log (X+1), conforme (Clarke, 1993). A significância dos grupos formados a

partir do NMDS foi testada por meio da análise de similaridade bifatorial (ANOSIM two way) baseada no coeficiente de Bray Curtis. Posteriormente, foi aplicado o teste Similarity Percentage Analysis (SIMPER) para identificar quais espécies contribuíram para a formação dos grupos (Clark e Warwick, 1994). Todas as análises estatísticas, exceto o índice de Kato, foram realizadas no software estatístico PAST. As frequências mensais dos flebotomíneos e sua relação com as medidas meteorológicas foram analisadas pela Correlação de Spearman, com nível de significância $p < 0,05$ no software Bioestat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007). Analisamos o Índice de Constância de (Silveira-Neto *et al.*, 1976) e classificamos as espécies como constante (presentes em mais de 50% das coletas), acessórias (entre 25% a 50% das coletas) e acidentais (menos de 25% das coletas).

3 RESULTADOS

3.1 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA SAZONAL DAS ESPÉCIES

No total foram estudadas 35 espécies distribuídas nos municípios amazônicos de SLR (16), STL (22) e GNF (11). Essas espécies distribuíram-se na estação seca e chuvosa (Tabela 1).

No município de SLR foram encontradas 16 espécies, das quais 14 ocorreram em ambas estações; enquanto *Ev. lenti* foi encontrada apenas na estação chuvosa e *Lu. gomezi* na seca. Das espécies encontradas no município de STL 15 ocorreram em ambas as estações; outras quatro apenas na estação chuvosa; enquanto três estavam presentes apenas na estação seca. No município de GNF todas as espécies ocorreram em ambas as estações.

Tabela 1. Números de flebotomíneos capturados nas estações chuvosa e seca, nos municípios da Amazônia Maranhense, Estado do Maranhão, Brasil, de maio/2012 a abril/2014.

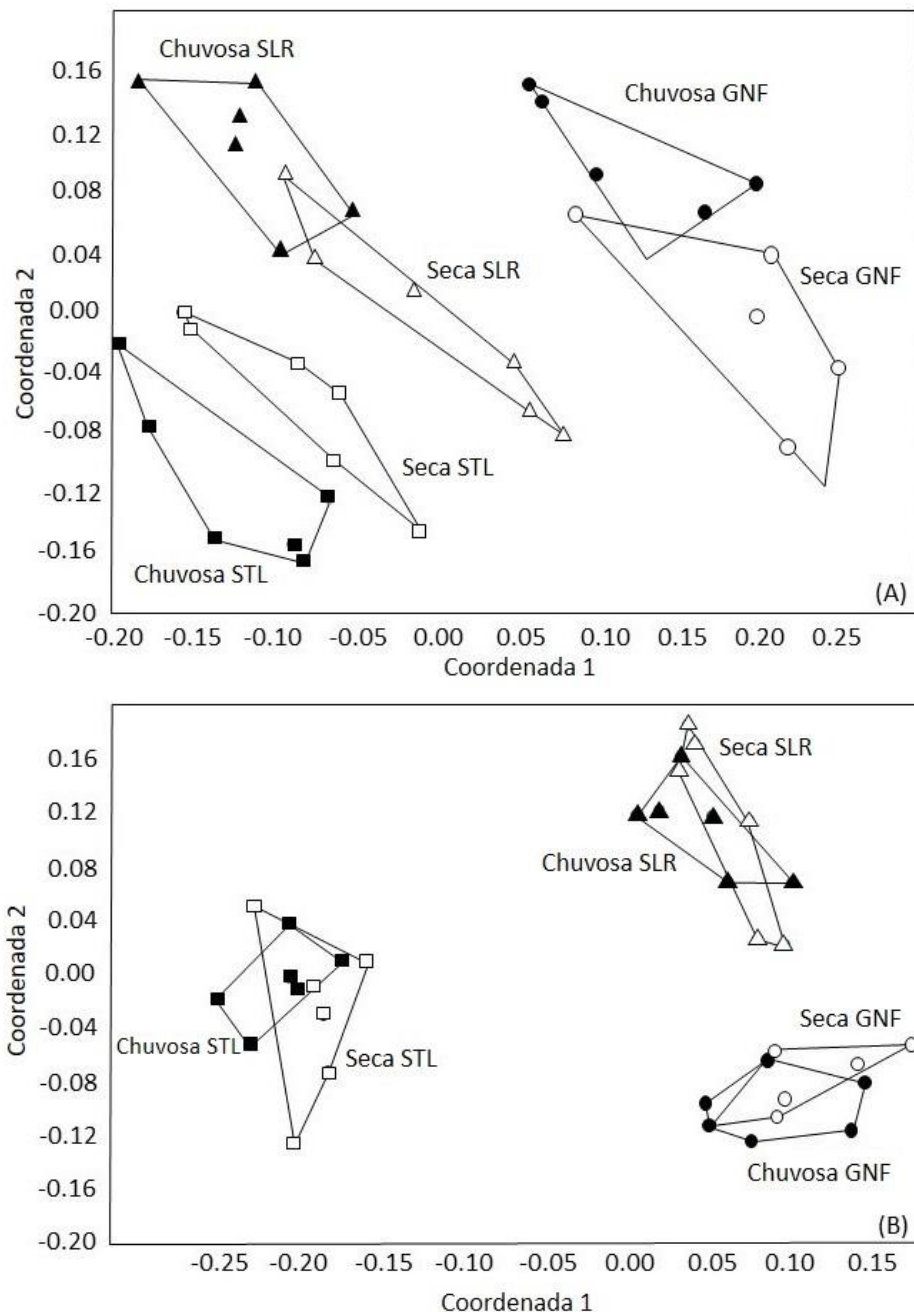
Espécie / Estações	Senador La Rocque			Santa Luzia			Governador Nunes Freire		
	Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
<i>Bi. flaviscutellata</i>	30	3	33				197	30	227
<i>Br. avellari</i>	362	21	383	23	15	38	26	11	37
<i>Br. brumpti</i>				8	2	10			
<i>Ev. carmelinoi</i>	81	60	141						
<i>Ev. corumbaensis</i>					2	2			

<i>Ev. evandroi</i>	72	40	112		1	1	772	129	901
<i>Ev. lenti</i>	6		6						
<i>Ev. monstruosa</i>				2		2			
<i>Ev. sallesi</i>				5		5			
<i>Ev. saulensis</i>	3	3	6	6	4	10			
<i>Ev. teratodes</i>					2	2			
<i>Ev. termitophila</i>	3	4	7						
<i>Ev. walkeri</i>							2	1	3
<i>Lu. gomezi</i>		2	2						
<i>Lu. longipalpis</i>	640	168	808	11	29	40			
<i>Mg. migonei</i>				351	60	411	27	2	29
<i>Mi. longipennis</i>				28	13	41			
<i>Mi. trinidadensis</i>	1	7	8				23	11	34
<i>Ny. antunesi</i>	4	6	10				108	54	162
<i>Ny. whitmani</i>	1292	298	1590	174	346	520	70	22	92
<i>Pa. hermanlenti</i>	24	1	25				9	4	13
<i>Pa. dendrophyla</i>				3		3			
<i>Pa. dreisbachi</i>	51	35	86						
<i>Pa. scaffii</i>				5	2	7			
<i>Pa. shannoni</i>	2	3	5	1		1			
<i>Pi. damascenoi</i>				250	199	449			
<i>Pi. serrana</i>				8	8	16			
<i>Pr. choti</i>				73	30	103			
<i>Pr. triachanta</i>				34	15	49			
<i>Pr. trispinosa</i>				46	10	56			
<i>Ps. arthuri</i>				69	10	79			
<i>Ps. complexus</i>							31	8	39
<i>Ps. davisii</i>							23	12	35
<i>Sc. sordelli</i>	1	4	5						
<i>Vi. furcata</i>				6	9	15			
Números de indivíduos	2572	655	3227	1103	757	1860	1288	284	1572
Números percentuais	79,7	20,3	100	59,3	40,7	100	81,9	18,1	100
Números de espécies	15	15	16	22	15	22	11	11	11

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise do NMDS (Figura 2) mostrou pelos índices de Bray Curtis (A) e Jaccard (B) a composição e abundância das espécies, e que as comunidades de flebotomíneos das três áreas são separáveis, mas a dissimilaridade é maior entre a comunidade de GNF e dos outros dois municípios. Quanto às variações estacionais, a dissimilaridade foi significativa entre as estações chuvosa e seca apenas de STL pelo índice de Jaccard que leva em consideração apenas a composição das espécies.

Figura 2. Escalonamento multidimensional não-métrico para associação de flebotomíneos entre as áreas e estações, de acordo com os índices de Bray Curtis (A) e Jaccard (B) nos municípios amazônicos estudados, no Estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores

As comunidades de flebotomíneos das três áreas também se separam, mas a dissimilaridade é maior entre a comunidade de Santa Luzia e as dos outros dois municípios (Figura 2B) e não são separáveis entre as estações.

Em SLR, a proporção de indivíduos na estação chuvosa foi de 79,7 contra 20,3% na seca. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 625.439$; $p < 0.0001$). Pela análise de Simper, os táxons que mais interferiram para esses resultados foram *Ny. whitmani* (49,5%), *Lu. longipalpis* (18,2%), *Br. avellari* (12,4%) e *Ev. carmelinoi* (4,8%). Houve predomínio das espécies constantes (6 espécies) sobre as acessórias (5 espécies) e acidentais (5).

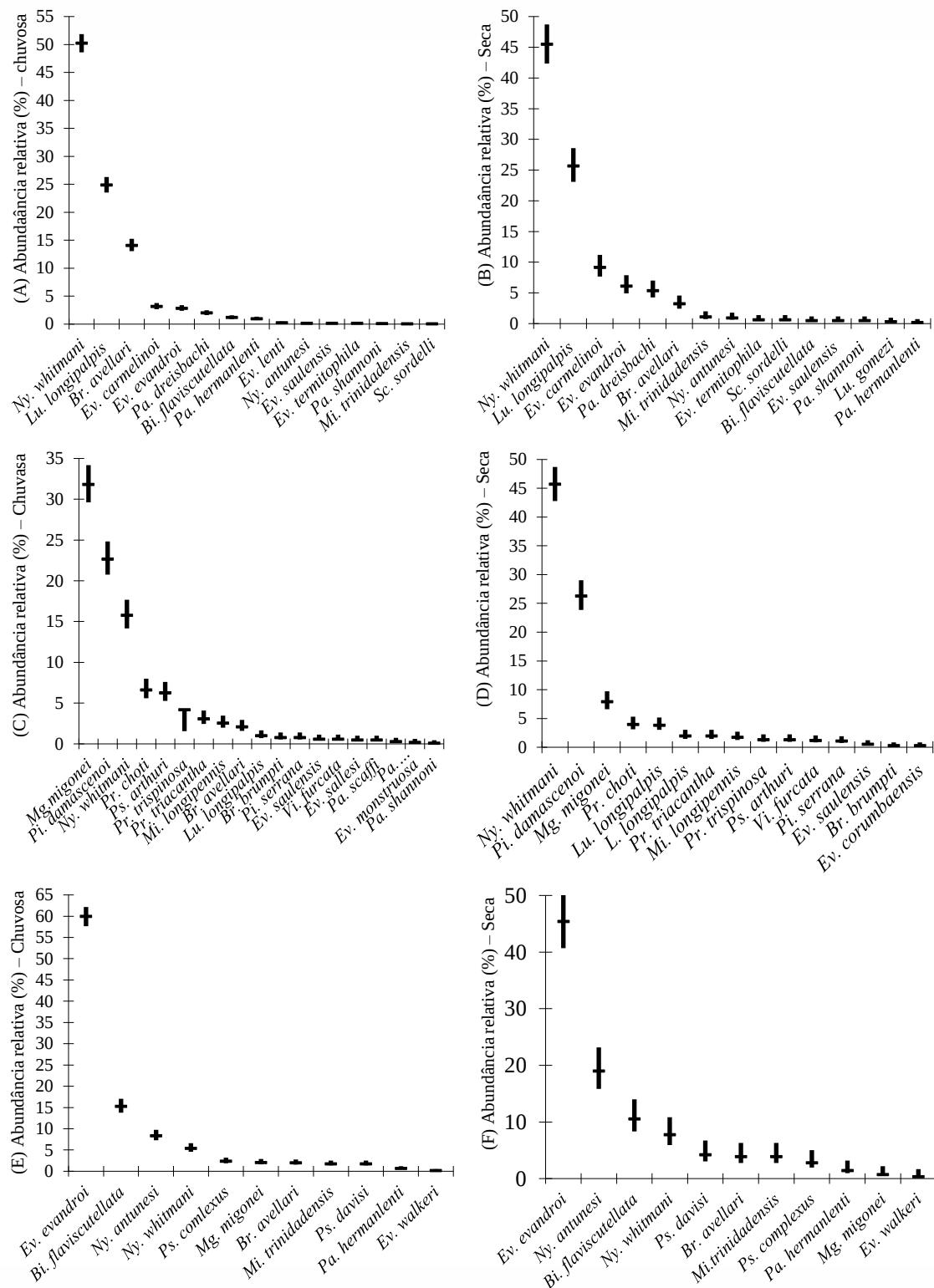
No município de GNF a estação chuvosa contribuiu com 81,9% dos flebotomíneos capturados contra 18,1% na seca. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 357.024$; $p < 0.0001$). De acordo com análise de Simper, o táxon que mais contribuiu para esse resultado foi *Ev. evandroi* (49,4%), seguido por *Bi. flaviscutellata* (23,7%), *Ny. antunesi* (7,6%) e *Ny. whitmani* (4,5%). Nesta área houve predomínio das espécies constantes (6 espécies) sobre as acessórias (4) e acidental (1).

No município de STL a estação chuvosa contribuiu com 59,3% contra 40,7% na seca; logo, houve diferenças estatísticas na abundância de flebotomíneos coletados em ambas as estações ($\chi^2 = 32.463$; $p < 0.0001$). Pela análise de Simper, os táxons que mais interferiram para esses resultados foram *Mg. migonei* (27,6%), *Pi. damascenoi* (23,1%) e *Ny. whitmani* (22,4%). Neste município as espécies acidentais (9 espécies) predominaram sobre as constantes (8) e acessórias (5).

3.2 RANQUE DE DOMINÂNCIA ENTRE AS ESTAÇÕES

Na Figura 3 estão detalhados os ranques de dominância das espécies em cada área e estação. Em SLR, houve persistência no ranque de dominância dos dois primeiros postos em ambas as estações, mas a partir do terceiro posto houve mudança na ordem de abundância (Figura 3A e B). Em STL as quatro primeiras espécies mais abundantes foram as mesmas em ambas as estações do ano (Figura 3C e D).

Figura 3. Ranque de dominância das espécies de flebotomíneos nas estações chuvosa e seca em Senador La Rocque: (A e B), Santa Luzia (C e D) e Governador Nunes Freire (E e F), estado do Maranhão, Brasil, em 2012-2014.



Fonte: Elaborado pelos autores

No entanto, houve inversão no ranque do primeiro e terceiro posto entre as estações. Em GNF, as quatro espécies mais abundantes foram as mesmas, mas *Ev. evandroi* destacou-se como a espécie mais abundante em ambas as estações, sendo seguida de longe por outras espécies e houve inversão na ordem de abundância do segundo e terceiro posto (Figura E e F).

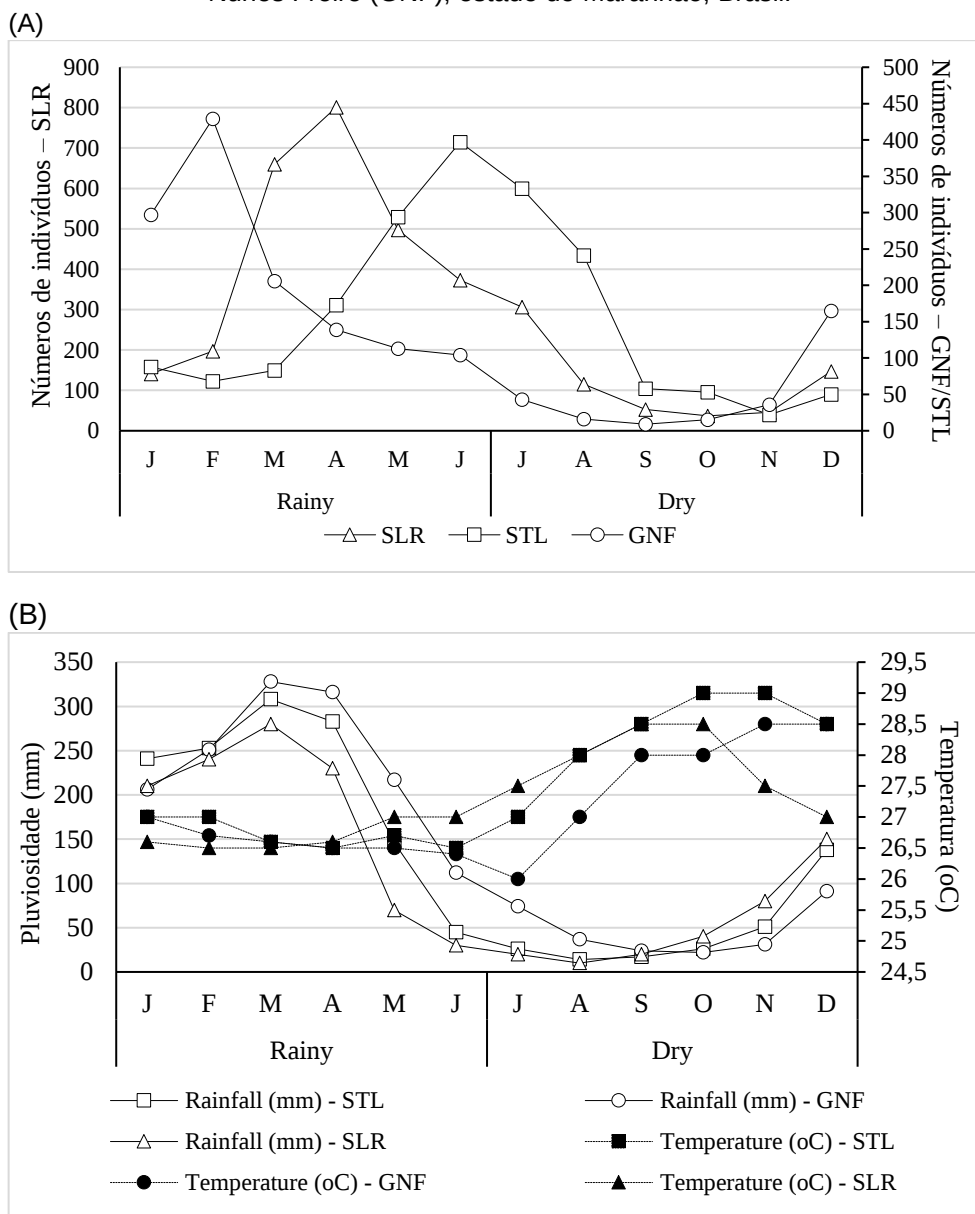
3.3 FREQUÊNCIA MENSAL DOS FLEBOTOMÍNEOS

Os flebotomíneos foram encontrados o ano inteiro, mas a abundância variou de acordo com os meses e estações (Figura 4A e B). No município de SLR a curva do fluxo de indivíduos ao longo do ano se assemelhou um pouco com a variação da precipitação pluviométrica ($r_s = 0,4308$; $p = 0,1620$), sendo negativa com a variação da temperatura ($r_s = -0,7089$; $p = 0,0098$). No município de GNF, o fluxo de indivíduos foi mais intenso no mês de janeiro e declinou nos meses seguinte, com um ligeiro aumento no mês de junho para declinar novamente até o mês de novembro, voltando a aumentar em dezembro. Essa distribuição mensal na atividade dos flebotomíneos correlacionou com a variação mensal da precipitação pluviométrica ($r_s = 0.8252$; $p = 0.0009$) mas não com a temperatura ($r_s = -0,4813$; $p = 0,1131$). Nos municípios de STL a frequência de flebotomíneos foi maior no final da estação chuvosa (maio-junho) e início da estação seca (julho-agosto), diminuindo sensivelmente nos outros meses. Por isso não houve correlação positiva entre a frequência mensal de flebotomíneos e precipitação pluviométrica ($r_s = -0.0560$; $p = 0.8627$) e temperatura ($r_s = -0,7122$; $p = 0.0093$).

As espécies de flebotomíneos mais abundantes e importantes do ponto de vista vetorial na transmissão das leishmanioses apresentaram pico de abundância nos meses da estação chuvosa e transição com a estação seca (Figura 5A e B). *Ny. Whitmani*, por exemplo, apresentou pico de junho a agosto em STL (Figura 5A) e abril e maio em SLR (Figura 5B). *Bi. flaviscutellata* e *Mg. migonei* apresentaram o pico em junho em GNF e STL, respectivamente (Figura 5A). Essas espécies são vetores de patógenos de leishmaniose cutânea. Já *Lu.*

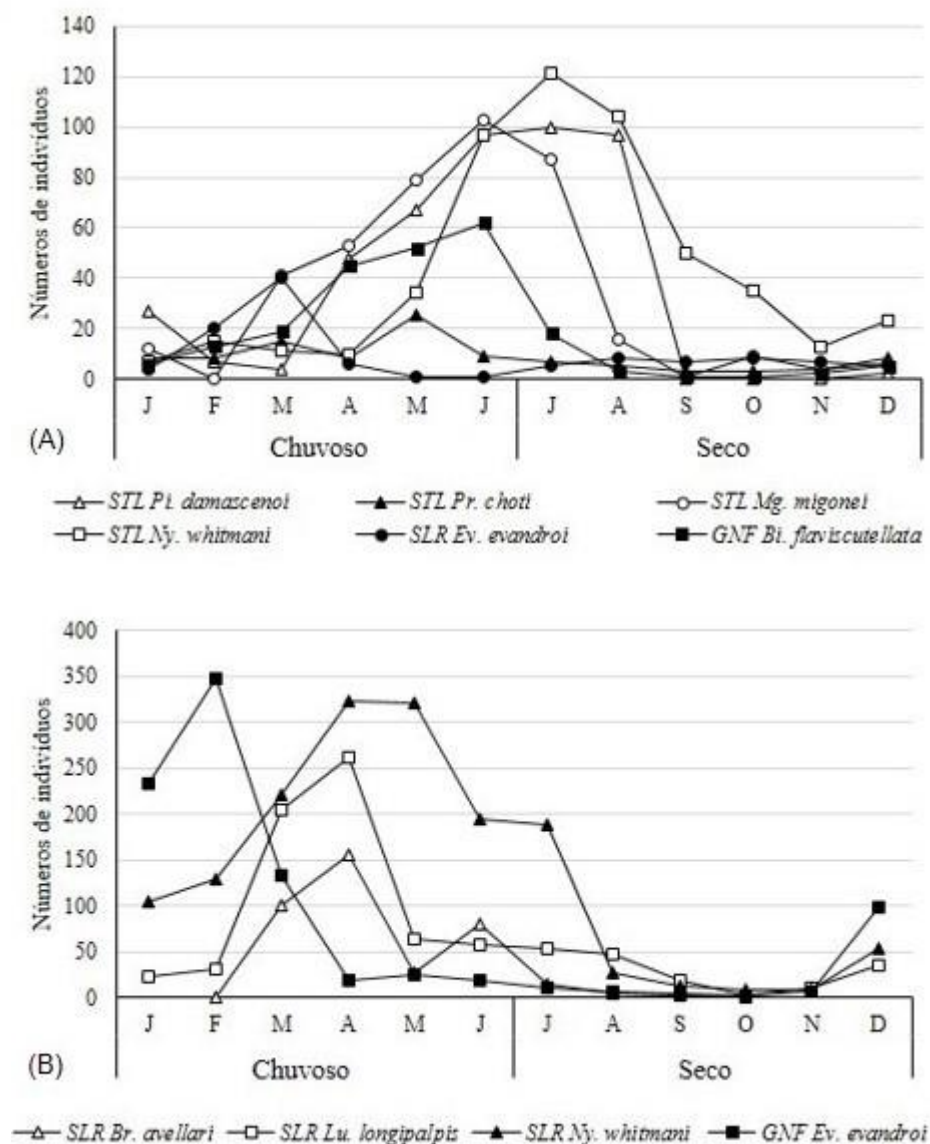
longipalpis, o vetor de *Leishmania infantum* causador do calazar apresentou o pico em abril, em SLR (Figura 5B).

Figura 4. Distribuição mensal dos números de flebotomíneos capturados (A) e dos valores médios da temperatura e absolutos da precipitação pluviométricas (B) de maio/2012 a abril/2014 nos municípios de Senador La Rocque (SLR), Santa Luzia (STL) e Governador Nunes Freire (GNF), estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5. (A-B) Distribuição mensal das principais espécies de flebotomíneos vetores, nos municípios de Senador La Rocque (SLR), Santa Luzia (STL) e Governador Nunes Freire (GNF), estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores

4 DISCUSSÃO

As variações que podem ser observadas na riqueza das espécies e na abundância de suas populações, nas diferentes épocas do ano, é de grande importância ecológica e epidemiológica. Na Amazônia Maranhense um grande número de espécies de flebotomíneos ocorre ao longo do ano, cruzando as duas estações (chuvosa e seca), mas algumas espécies são encontradas restritas a

determinada estação. Este padrão ocorre por que as espécies acessórias e acidentais se alternam, ocorrendo ao lado das constantes, nas mesmas áreas. Com raras exceções, as espécies constantes geralmente são as mais abundantes e teoricamente as mais importantes do ponto de vista da saúde pública, pelo papel na transmissão das leishmanioses.

Observou-se que neste estudo a ocorrência das espécies o ano inteiro é favorecida pela temperatura que é alta em todos os meses, com pequena variação entre as estações (amplitude de três graus). Portanto, não há uma mudança estacional rigorosa na abundância, devido à variação na temperatura, como ocorre nas áreas subtropicais brasileiras ou em áreas temperadas. Nos subtrópicos a abundância dos flebotomíneos e os valores da temperatura caem sensivelmente no inverno (junho, julho e agosto), a estação mais fria e seca (Nunes *et al*, 2008; Massafera *et al*, 2005). Pode ser que nesse período os adultos se extingam ou permaneçam em seus abrigos, enquanto os imaturos sobreviventes, supostamente, entram em diapausa. Em regiões de clima mais frios, a distribuição estacional é regida principalmente, pela temperatura e, os picos observados nas curvas anuais refletem, provavelmente, a ocorrência de novas gerações (Forattini, 1973).

Nas áreas tropicais equatoriais do presente estudo, a amplitude térmica é pequena, de mais ou menos três graus. Ao contrário da temperatura, a precipitação pluviométrica varia sensivelmente, com altos índices de janeiro a junho, declinado de julho a dezembro, determinando um período mais úmido e outro mais seco. Embora populações de flebotomíneos tenham ocorrido o ano inteiro, a abundância de indivíduos foi maior na estação chuvosa. Mas o pico de abundância variou dentro dessa estação, de acordo com as áreas. Por exemplo, em GNF e SLR, a abundância dos flebotomíneos atingiu o pico no início da estação chuvosa, enquanto em STL o pico de abundância mudou para o final da estação chuvosa e início da seca. Embora não exista um padrão sazonal fixo, os flebotomíneos geralmente são mais abundantes na estação chuvosa, pelo menos em áreas amazônicas de terra firme, como sucede no vizinho estado do Pará (Chagas *et al*, 2016). Eventualmente, há exceção a esse padrão, pois na própria região amazônica do Maranhão foram registrados picos de abundância

na estação seca num estudo realizado no município de Buriticupu (Rebêlo *et al.*, 2001), embora tal ocorrência tenha sido associada com queimada intencional dirigida para o plantio nas áreas de entorno do fragmento florestal estudado.

As chuvas são importantes para a ocorrência de flebotomíneos por que contribuem para aumentar a umidade do solo e do ar, favorecendo o desenvolvimento de criadouros e o fluxo de adultos, respectivamente. Também estimulam o aumento da produtividade primária das florestas. Esse é um aspecto importante, por que contribui para aumentar a disponibilidade de recursos para os animais vertebrados, potenciais fonte para o repasto sanguíneo dos flebotomíneos. A reprodução dos mamíferos, por exemplo, está relacionada aos ciclos anuais de chuva (Heideman e Bronson, 1990), quando há maior disponibilidade de alimento (Julien-Laferriere e Atramentowicz, 1990). Esse é um fator especialmente relevante, por que os flebotomíneos são hematófagos, as fêmeas necessitam dos mamíferos para o repasto sanguíneo e dar prosseguimento ao ciclo gonotrófico (Forattini, 1973). Apenas as fêmeas praticam a hematofagia e o fazem em um amplo leque de hospedeiros (Young e Duncan, 1994). Portanto, a estação chuvosa, apresenta condições satisfatórias para a ocorrência de flebotomíneos por apresentar maior teor de umidade e temperaturas mais amenas; quando comparado com a estação seca, cujas temperaturas são mais elevadas, à medida que a umidade declina.

Apesar dos aspectos positivos da estação chuvosa, em alguns momentos durante esse período, as coletas de flebotomíneos podem ser prejudicadas. Isso acontece nos dias inteiramente chuvosos, ou quando as chuvas são torrenciais. As precipitações pluviométricas alteram a composição dos criadouros para os imaturos, expostos às intempéries (Rutledge e Ellenwood, 1975), por exemplo, inundações temporárias ou encharcamento do solo; e desestabiliza os abrigos dos adultos. Esses aspectos podem contribuir para o baixo sucesso de capturas de flebotomíneos, como deve ter acontecido em Governador Nunes Freire, quando se observou baixa frequência de indivíduos nos meses mais chuvosos (março-maio). Assim, nos dias coincidentes com fortes chuvas ou que antecederam episódios de chuvas persistente, o baixo rendimento de capturas pode nos dar uma falsa impressão de que os insetos reduziram o tamanho de

sua população ou simplesmente desapareceram por uma resposta ao ciclo sazonal, o que não é verdade. Pois na estação chuvosa, nas noites de céu aberto, sem chuva, as capturas geralmente são muito bem-sucedidas.

Quanto à estação seca, é preciso entender que embora seja, teoricamente, mais desfavorável, o fluxo de várias espécies continua, porém, em baixa frequência, mas às vezes pode ser alta (Rebêlo *et al.*, 2001). A temperatura ainda que satisfatória, eleva-se um pouco mais e a secura da terra pode ser um fator limitante. Na Amazônia a estação seca está cada vez mais longa e as grandes secas cada vez mais comuns. Os eventos extremos de seca estão estritamente relacionados à eventos climáticos de grande escala, tais como o El Niño, o aquecimento anormal da superfície do Atlântico Norte ou ainda por ambos, conforme mencionado por vários autores (Borma *et al.*, 2013; Marengo *et al.*, 2008). Adicionalmente, esses eventos podem agravar a condição da tão degradada vegetação natural da Amazônia pelo desmatamento, queimada, extração de madeira, agropecuária, podendo trazer sérias consequências para a população regional, como a perda de biodiversidade, alterações nas dinâmicas das chuvas, do balanço de carbono, bem como dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela floresta (Artaxo *et al.*, 2014).

O desmatamento é um aspecto importante que impacta a estação seca e o regime de chuvas (Lawrence e Vandecar, 2015). No final da estação seca, as plantas em áreas mais sazonais da Amazônia devem depender da água retida no solo para continuar a transpirar e liberar umidade na atmosfera. Se as árvores estiverem intactas, elas mantêm a umidade sob o dossel florestal. No entanto, na Amazônia Maranhense, a extração de madeira, a construção de estradas, o desmatamento e os incêndios para fins agropecuários, desestruturaram as florestas, propiciando a redução da umidade na estação seca, pois a retirada do dossel faz com que a umidade escape mais facilmente e a floresta se torna mais seca. Talvez essa seja a explicação para a reduzida frequência de flebotomíneos nesta estação nas áreas estudadas, pois a cobertura vegetal (florestal) encontra-se bastante degradada (Rebêlo *et al.*, 2019).

O entendimento do modo como as espécies se distribuem ao longo do ano, sobretudo, as transmissoras de patógenos, como *Bi. flaviscutellata*, *Ny.*

whitmani, *Mg. migonei* e *Lu. longipalpis*, principais representantes vetores de LTA e LVA, tem grande relevância na epidemiologia das leishmanioses. Neste estudo, estas espécies estiveram presentes praticamente o ano todo, mas os picos de abundância ocorreram todos na estação chuvosa, corroborando os estudos realizado nas áreas florestais do vizinho estado do Pará (Chagas *et al.*, 2016). Porém, essas espécies continuam ativas na estação seca e o ranque de dominância delas muda entre as estações. Por exemplo, *Mg. migonei* em Santa Luzia, dominou na estação chuvosa e caiu para o terceiro posto no ranque de abundância, na estação seca, cujo domínio passou a ser de *Ny. whitmani*, enquanto *Pi. damascenoi* ocupou o segundo posto em ambas as estações, mostrando-se bem adaptada aos ambientes e clima. Em Senador La Rocque, *Ny. whitmani* e *Lu. longipalpis* foram dominantes nas duas estações, enquanto as demais espécies alternaram-se no ranque de abundância através das estações. Em Governador Nunes Freire, *Ev. evandroi* dominou em ambas estações, com o segundo posto ocupado por *Bi. flaviscutellata* na estação chuvosa e por *Ny. antunesi* na estação seca.

Essa é uma informação importante a respeito da composição, riqueza e abundância de flebotomíneos sob contexto sazonal. Mas há necessidade de se fazer estudos a longo prazo, para entender se existe ou não um padrão definido de ocorrência das espécies.

5 CONCLUSÃO

Considerando que este estudo transcorreu durante apenas dois anos, não é suficiente para se estabelecer um padrão de ocorrência mensal e sazonal das espécies. Por isso, recomenda-se que os fenômenos periódicos dos flebotomíneos e suas relações com as condições do ambiente sejam motivo de estudos sistematizados e de longa duração, sobretudo, em áreas de transmissão de leishmanioses. Assim, poderemos dispor de dados mais consistentes para tomada de decisão.

Ainda assim, o presente estudo mostrou que os flebotomíneos sofrem variações mensais e sazonais, sendo a riqueza e abundância favorecidas

durante os meses da estação chuvosa. As principais espécies transmissoras de leishmanioses prevaleceram nesta estação. Nesse sentido, o período chuvoso é o mais sugestivo para a implementação de estratégias de controle vetorial das leishmanioses, por representar maior risco para transmissão de casos dessas enfermidades.

Em termos práticos, para orientação de controle vetorial, recomenda-se aos municípios estudados, o manejo contínuo dos quintais das casas e de abrigos de animais, sobretudo, no período chuvoso, no sentido de desestabilizar as populações de flebotomíneos que por ventura estejam procriando e se desenvolvendo nesses ambientes. Para as áreas florestais recomenda-se apenas o monitoramento e educação ambiental, no sentido de informar as pessoas sobre o comportamento da abundância sazonal dos flebotomíneos e prevenir desmatamentos e outras alterações desses importantes habitats.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através da concessão dos auxílios Processo CBIOMA 02704/17 e Processo Universal 406608/2021-0.

REFERÊNCIAS

ARTAXO P. *et al.* Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.

AYRES M. *et al.* **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, 364p., 2007.

BARATA R. A. *et al.* Phlebotomines sand flies in Porteirinha, an endemic area of American visceral leishmaniasis in the State of Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 99, p. 481-487, 2004. L.S.

BORMA L. S, NOBRE C. A, CARDOSO M. F. Response of the Amazon Tropical Forests to Deforestation, Climate, and Extremes, and the Occurrence of Drought and Fire. *In*: PIELKE, R. A. (Ed.). **Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources**. Academic Press: Cambridge, p. 153-163, 2013.

CHAGAS A. P. *et al.* Aspectos ecológicos da fauna de flebotomíneos em focos de leishmaniose na Amazônia Oriental, Estado do Pará, Brasil, **Rev Pan-Amaz Saude**, 7 núm esp. p. 123-132, 2016.

CLARK K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, p. 117–143, 1993.

DIAS E. S. *et al.* Flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) de um foco de leishmaniose tegumentar no Estado de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 40, n. 1, p. 49-52, 2007.

FORATTINI O.P. **Entomologia Médica**. São Paulo: Editora Blucher; Editora da Universidade de São Paulo, p. 658, 1973.

GALATI E.A.B. Morfologia e taxonomia: classificação de Phlebotominae. *In*: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. (Orgs.). **Flebotomíneos do Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p. 23-51.

HEIDEMAN P. D.; BRONSON F. H. Photoperiod, melatonin secretion, and sexual maturation in a tropical rodent. **Biology of Reproduction**, v. 43, n. 5, p.745-50, 1990.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Resultados do PIB do Maranhão**. 2008. Disponível em: <https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/noticias/81>. Acesso em: 11 jul. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma>. Acesso em: 03 maio 2024.

JULIEN-LAFERRIERE, D.; ATRAMENTOWICZ, M. Feeding and Reproduction of Three Didelphid Marsupials in Two Neotropical Forests (French Guiana). **Biotropica**, v. 22, n. 4, p. 404-415, 1990.

KATO M. *et al.* Associative ecology of insects found in the paddy field cultivated by various planting forms. **Science Reports Tohoku University**, IV (Biology), 19, p. 291-301, 1952.

LAWRENCE D, VANDECAR K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, v. 5, p. 27-36, 2015.

LEAL FILHO W. *et al.* Climate change and health: An analysis of causal relations on the spread of vector-borne diseases in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 589-596, 2018.

MARENGO J. A. *et al.* **The drought of Amazonia in 2005**. Journal of Climate, v. 21, p. 495-516, 2008.

MARTIN, A. M. *et al.* Dinâmica espaço-temporal de flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) do município de Santa Quitéria, área de cerrado do Estado do Maranhão, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 283-288, 2006.

MARTIN, A. M. C. B.; REBÊLO, J. M. M. Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil, 1996 a 1998. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 735-743, 2004.

MASSAFERA, R. *et al.* Fauna de flebotomíneos do município de Bandeirantes, no Estado do Paraná. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, p. 571-577, 2005.

MEDLOCK, J. M.; LEACH, S. A. Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 15, p. 721-730, 2015.

MISSAWA, N. A.; DIAS E. S. Phlebotomine sand flies (*Diptera, Psychodidae*) in the municipality of Várzea Grande: an area of transmission of visceral leishmaniasis in the state of Mato Grosso, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 102, p. 913-918, 2007.

NEGEV, M. *et al.* Impacts of climate change on vector borne diseases in the Mediterranean Basin—implications for preparedness and adaptation policy. **International journal of environmental research and public health**, v.1 2, n. 6, p. 6745-6770, 2015.

NUNES, V. L. B. *et al.* Estudo de flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) em área urbana do município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, p. 446-451, 2008.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Seasonal variation of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (*Diptera, Psychodidae: Phlebotominae*) in endemic area of

visceral leishmaniasis, Campo Grande, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Tropica**, v. 105, n. 1, p. 55-61, 2008.

PÉREZ-FLÓREZ, M. Spatial modeling of cutaneous leishmaniasis in the Andean region of Colombia. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 111, p. 433-442, 2016.

PUGEDO, H. *et al.* HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, p. 70-22, 2005.

RANGEL, E. F. Environmental changes and the impact on the leishmaniasis transmission. *In: XXVII Annual Meeting of the Brazilian Society of Protozoology*; Foz do Iguaçu (PR), Brasil, p. 13-4, 2011.

REBÊLO, J. M. M. *et al.* Flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) de área endêmica de leishmaniose na região dos cerrados, Estado do Maranhão, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, 15: 623-630, 1999.

REBÊLO, J. M. M. *et al.* Sandflies (*Diptera, Psychodidae*) of the Amazônia of Maranhão. V. Seasonal occurrence in ancient colonization area and endemic for cutaneous leishmaniasis. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 1, p. 107-115, 2001.

REBÊLO J. M. M. *et al.* Influence of Deforestation on the Community Structure of Sand Flies (*Diptera, Psychodidae*) in Eastern Amazonia. **Journal of Medical Entomology**, v. 20, n. 20, p. 1–9, 2019.

REBÊLO, J. M. M. *et al.* Flebotomíneos (*Diptera, Psychodidae*) de Lagoas, município de Buriticupu. Amazonia Maranhense I – Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização recente. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop**, v. 33, p. 11-19, 2000.

RUTLEDGE, L. C.; ELLENWOOD, D. Production of phlebotomine sandflies on the open forest floor in Panama: the species complement. **Environmental Entomology**, v. 4, p. 71-77, 1975.

SARAIVA, E. M. *et al.* The FMLvaccine (Leishmune) against canine visceral leishmaniasis: A transmission blocking vaccine. **Vaccine**, v. 24, n. 13, p. 2423-2431, 2006.

SILVA, L. B. *et al.* Flebotomíneos (*DIPTERA, PSYCHODIDAE*) em focos urbanos de leishmaniose visceral no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 44, n. 2, p. 181-193, 2015.

SILVEIRA NETO, S. *et al.* **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura, p. 419, 1976.

TIWARY, P. *et al.* Seasonal variation in the prevalence of sand flies infected with *Leishmania donovani*. **PloS one**, v. 8, n. 4, e61370, 2013.

WHO. World Health Organization. Leishmaniasis. 2022. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/leishmaniasis#tab=tab_1. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

YOUNG, D. G, DUNCAN, M.A. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (*Diptera, Psychodidae*). **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 54, p. 881, 1994.