

COMPARAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO SOLO URBANO DE ÁREA ENDÊMICA E NÃO ENDÊMICA PARA A LEISHMANIOSE VISCERAL AMERICANA (LVA)

Cassiano Victória¹
José Rafael Modolo²
Denise Theodoro da Silva
Selene Daniela Babboni
Carlos Roberto Padovani³

RESUMO

A LVA é uma doença endêmica em alguns estados do Brasil, especialmente em São Paulo, devido a sua rápida expansão. Ela é uma preocupação constante para as equipes de saúde uma vez que seu controle é deficiente em razão da ecologia dos flebotomíneos, que apresentam parte do seu ciclo de vida em solos com a presença de matéria orgânica em decomposição. O objetivo do presente estudo foi o de analisar a composição físico-química do solo de uma área endêmica para a doença, com a presença do vetor e com transmissão canina e humana, e compará-la com uma área em que não existe a presença do vetor e nem a transmissão. Foram analisadas 333 amostras de solo, sendo 161 em área endêmica e 172 em área não endêmica no Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP Campus de Botucatu. Os resultados das análises mostraram que as duas áreas apresentam diferenças importantes em relação à composição do solo, o que poderia explicar a presença ou ausência do vetor em determinados municípios. A área não endêmica apresentou resultados significativamente maiores para os valores de areia total, matéria orgânica, hidrogênio + alumínio, magnésio, capacidade de troca de cátions, cobre e ferro, e quantidade significativamente menor de Argila, apresentando um pH mais ácido do que a área endêmica. Não existem trabalhos na literatura que definam com precisão quais macro ou micronutrientes presentes nos solos com matéria orgânica, teriam a função de prejudicar ou auxiliar o desenvolvimento das formas larvárias do vetor. Entretanto, a principal contribuição do presente estudo foi detectar que existem diferenças de composição do solo entre áreas endêmicas e não endêmicas, o que pode facilitar ou dificultar a multiplicação do vetor e que pode ser utilizado para uma possível modificação no solo, contribuindo assim para o controle do ciclo vetorial.

Palavras-chave: LVA, solo, macronutrientes, micronutrientes, saúde pública veterinária.

COMPARISON OF URBAN SOIL COMPOSITION OF ENDEMIC AND NON-ENDEMIC AREAS FOR AMERICAN VISCERAL LEISHMANIOSIS (AVL)

ABSTRACT

AVL is an endemic disease in some Brazilian states especially in São Paulo due to its rapid expansion in that state. It is a constant concern for the health teams since their control is deficient because of the ecology of the phlebotomine, which present part of their life cycle in soils with the presence of decomposing organic matter. The present aimed to compare the physical and chemical composition of the soil from an endemic area with the presence of the vector and canine and human transmission with a non-endemic area. A total of 333 soil samples

¹ FMVZ - UNESP – Botucatu. Correspondência: cassiano.victoria@unesp.br

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Botucatu

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Instituto de Biociências de Botucatu

were analyzed, in the Laboratory of Soils of the Faculty of Agronomic Sciences - FCA / UNESP Botucatu Campus. The results revealed important differences in soil composition, which could explain the presence or absence of the vector in certain municipalities. The non-endemic area presented significantly higher results for Total Sand, Organic Matter, Hydrogen + Aluminum, Magnesium, Cations, Copper and Iron, and a significantly lower amount of Clay, presenting a more acidic pH than the area endemic. There are no other studies that precisely define that macro or micronutrients present in soils with organic matter would have the function of harming or aiding the development of larval forms of the vector. However the main contribution of the present study was to detect that there are differences of the composition of the soil between endemic and non-endemic areas, That can facilitate or hinder the multiplication of the vector and that can be used for a possible modification in the soil that contributes to the control of the vector cycle.

Key words: Americal Visceral Leishmaniosis, soil, macronutrients, micronutrients, Veterinary Public Health.

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL SUELO DEL ÁREA ENDÉMICA Y NO ENDÉMICA PARA LA LEISHMANIASIS VISCERAL AMERICANA (LVA)

RESUMEN

AVL es una enfermedad endémica en algunos estados de Brasil, especialmente en São Paulo, debido a su rápida expansión. Es una preocupación constante para los equipos de salud porque su control es deficiente debido a la ecología de las moscas de arena, que presentan parte de su ciclo de vida en suelos con presencia de materia orgánica en descomposición. El objetivo del presente estudio fue analizar la composición fisicoquímica del suelo de un área endémica de la enfermedad, con la presencia del vector y con la transmisión canina y humana, y compararlo con un área donde no hay presencia. del vector y tampoco la transmisión. Se analizaron un total de 333 muestras de suelo, 161 en un área endémica y 172 en un área no endémica en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas - FCA / UNESP Campus Botucatu. Los resultados del análisis mostraron que ambas áreas presentan diferencias importantes en la composición del suelo, lo que podría explicar la presencia o ausencia del vector en ciertos municipios. El área no endémica mostró resultados significativamente más altos para arena total, materia orgánica, hidrógeno + aluminio, magnesio, capacidad de intercambio catiónico, cobre y hierro, y una cantidad significativamente menor de arcilla, presentando un pH más ácido que el área. endémico No existen estudios en la literatura que definan con precisión qué macro o micronutrientes presentes en los suelos con materia orgánica, tendrían la función de dañar o ayudar al desarrollo de formas larvarias del vector. Sin embargo, la principal contribución del presente estudio fue detectar que existen diferencias en la composición del suelo entre áreas endémicas y no endémicas, lo que puede facilitar u obstaculizar la multiplicación de vectores y puede usarse para una posible modificación del suelo. eso contribuye al control del ciclo del vector.

Palabras clave: AVL, suelo, macronutrientes, micronutrientes, salud pública veterinaria.

INTRODUÇÃO

No Brasil, as leishmanioses são doenças de notificação compulsória e consideradas atualmente, um grande problema de saúde pública, visto sua contínua expansão pelo território brasileiro como consequência da diversidade de insetos vetores da subfamília Phlebotominae e

dificuldade em seu controle, diversidade de hospedeiros vertebrados e baixa adesão da população em relação à medida de controle direcionada aos cães positivos para leishmaniose visceral canina (eutanásia) e dependendo da espécie de *Leishmania* e da resposta imune gerada pelo hospedeiro, as manifestações clínicas variam de cutânea benigna e auto-limitante para formas graves, como a mucosa, cutânea difusa e visceral. Causada pela *Leishmania infantum chagasi* e transmitida principalmente pelo *Lutzomyia longipalpis*, a forma visceral é a mais devastadora, por ser fatal se não diagnosticada e tratada (1).

Até o momento, *Lutzomyia longipalpis* e a *Lutzomyia cruzi* são as duas espécies relacionadas com a transmissão da LV no Brasil (2-4), sendo sua distribuição geográfica ampla e em expansão no país, por serem altamente adaptados ao ambiente urbano. No entanto, a ocorrência de infecção por *Leishmania infantum* em populações caninas e / ou humanas na ausência destas espécies de flebotomíneo, bem como o achado de outros flebotomíneos naturalmente infectados com este agente, sugere-se que eles atuem como possíveis vetores, assim como ocorreu com *Migonemyia migonei* no estado de Pernambuco (5), *L. forattini* e *L. almerioi* associados à doença no Estado do Mato Grosso do Sul (6,7), *L. antunesi* no Estado do Pará (8) e *Pintomyia fischeri*, na grande São Paulo (9), entretanto é necessário aprofundar as pesquisas nestas áreas.

A distribuição dos flebotomíneos depende de fatores ambientais locais, tais como precipitação e temperatura, fatores físicos, tais como barreiras geográficas e disponibilidade de habitat e fatores bióticos, como a distribuição e abundância de hospedeiros vertebrados (10,11).

Os flebotomíneos, assim como os demais dípteros, são holometabólicos e seu ciclo biológico ocorre em quatro fases de desenvolvimento após a cópula: ovo, larva (quatro estádios), pupa e adulto (12,13). As fêmeas fazem a postura de aproximadamente 40 ovos de acordo com a espécie, em local úmido e com elevado teor de matéria orgânica no solo, essencial para o desenvolvimento das larvas que são pequenas, brancas e, logo após a eclosão, alimentam-se das cascas dos ovos e de matérias orgânicas disponíveis. Desenvolvem-se em média entre 20 a 30 dias de acordo com as condições do meio ambiente, sendo que em condições adversas, as larvas de quarto estágio podem entrar em diapausa até um período favorável ao seu desenvolvimento (2,14).

De estrutura orgânica delicada, os flebotomíneos buscam abrigos, onde alterações bruscas do clima sejam evitadas, próximos ao solo e caracterizados por baixa corrente de ar, matéria orgânica em decomposição, úmidos e escuros, como troncos de árvores, tocas de tatu, folhas caídas no solo, grutas, fendas nas rochas, anexos de animais domésticos e até paredes externas e internas de domicílio, que tenham alimento por perto, sendo que ambos os sexos necessitam de carboidratos, que são extraídos da seiva de plantas como fonte energética, contudo, as fêmeas são hematófagas (15-18).

As intervenções de controle vetorial são mais bem aceitas pelas populações afetadas e que um melhor conhecimento do comportamento do vetor é necessário para o sucesso destas intervenções (19).

Os esforços para combater o vetor são direcionados, principalmente para as formas adultas dos flebotomíneos, através de borrifação do domicílio e peridomicílio com produtos à base de organoclorados, organofosforados e piretróides sintéticos. Entretanto, o surgimento potencial de resistência a inseticidas, também deve ser considerados para o planejamento de longo prazo de qualquer intervenção de controle vetorial. Assim, estudos da biologia larval, têm justificado o desenvolvimento de possíveis medidas para o controle do vetor nesta fase, uma vez que existe dificuldade em se controlar o adulto. Nestas condições, faz-se necessário o controle da forma larval, impedindo seu desenvolvimento e quebrando o ciclo reprodutivo, uma vez que o controle de vetores continua sendo a mais importante ferramenta na prevenção de surtos das doenças transmitidas por eles (20).

Localizados na região centro-oeste do Estado de São Paulo (Figura 1), às margens da Rodovia Marechal Rondon, uma das vias mais movimentadas do interior paulista e possível rota de disseminação da doença pelo estado (21), Botucatu e Lençóis Paulista, embora próximos e com fluxo frequente de animais e pessoas para municípios com epidemias recentes, como Bauru e Agudos, representam dois cenários para LV, sendo Botucatu classificado como município silencioso, não receptivo e vulnerável, por não ter sido identificados exemplares de *Lutzomyia longipalpis*, nem casos autóctones em animais e seres humanos de LV até o presente momento e Lençóis Paulista está classificado como município com transmissão canina e humana, com confirmada presença do vetor (22).



Figura 1. Localização dos municípios de Botucatu e Lençóis Paulista.

No período entre 2002 e 2017, o município de Botucatu registrou 17 casos de LTA e nenhum caso de LVA, enquanto que no período entre 1999 e 2017, Lençóis Paulista registrou 7 casos de LTA e 5 casos de LVA, sendo o último caso, confirmado em 2015 (23).

Com base neste histórico, o presente trabalho teve como objetivo comparar características físico-químicas do solo de ambiente urbano de municípios com e sem a presença de *Lutzomyia longipalpis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características dos municípios

O município de Botucatu está localizado na região central do Estado de São Paulo, no topo de uma região conhecida como “Cuesta” a 240 Km da capital do estado, na latitude 22°52'20" sul, e longitude 48°26'37" oeste. Suas altitudes variam de 400 a 950m em relação ao

nível do mar. É importante rota de acesso para o interior paulista, sendo dividido pela Rodovia Marechal Rondon, que praticamente atravessa o estado e ainda faz ligação com a Rodovia Castelo Branco, outra importante via de acesso entre a capital e o interior. Sua população estimada é de 144.820 habitantes (24). O clima predominante é subtropical úmido com invernos secos e verões quentes. A temperatura média é de 19°C. O município está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Pardo e Tietê, e é cortado por três ribeirões municipais, o Tanquinho, o Lavapés e o Água Fria, que se encontram dentro do município e seguem até o rio Tietê. Embora não se tenha registro da presença de *Lutzomyia longipalpis*, vetores de leishmaniose tegumentar como *Pintomyia fischeri*, *Nyssomyia whitmani* e *Migonemyia migonei* já foram descritos por no município de Botucatu (25).

Lençóis Paulista está localizado a aproximadamente 300 km da capital, na latitude 22°35'55" sul e longitude 48°48'01" oeste. Sua altitude é de 565 m acima do nível do mar. Seu território é drenado pelas águas dos rios Lençóis e Prata. O clima predominante é tropical de altitude, com máximas próximas a 38°C entre novembro e fevereiro, e mínimas próximas a -3°C negativos entre junho e agosto. Suas principais rotas de acesso são as rodovias SP-300 - Rodovia Marechal Rondon e SP-261 - Rodovia Osni Matheus.

Amostragem

Para a determinação dos pontos de coleta, foi realizada uma amostragem não probabilística intencional (26), observando obrigatoriamente, as seguintes características: terreno com área verde e piso de terra, apresentando alto índice de sombra e umidade, presença de matéria orgânica em decomposição somada à presença de animais domésticos (cão e gato) e/ou de criação (galinha, equino, suíno, etc.), que pudessem servir de fonte de alimento para flebotomíneos, bem como, a presença de flebotomíneos adultos capturados previamente pelas equipes de controle de vetores locais, com a utilização de armadilhas luminosas tipo CDC, no município de Lençóis Paulista.

No período entre novembro de 2012 e janeiro de 2014, foram colhidas 333 amostras de solo, sendo 161 no município de Lençóis Paulista e 172 no município de Botucatu (Figura 2).

Análises do solo

Para as análises de solo foram retiradas amostras de aproximadamente 800g de cada ponto amostrado, a uma profundidade de 5 cm. Após a colheita, as amostras foram identificadas e armazenadas em sacos plásticos transparentes, e imediatamente encaminhadas ao Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP Campus de Botucatu, a fim de se analisar matéria orgânica, pH, granulometria e densidade do solo, macro e micronutrientes e alumínio, conforme descrito por Van Raij et al. (27) para análises químicas, e por Silva (28), para as análises físicas.

Análises estatísticas

Para medidas de associação entre variáveis qualitativas, foi utilizado o Teste de Goodman (29) para contrastes entre e dentro de populações multinomiais e para as variáveis quantitativas, foram utilizados o Teste não-paramétrico de Mann-Whitney e Teste t de Student. Todas as discussões analíticas no plano estatístico foram realizadas no nível de significância 5%.

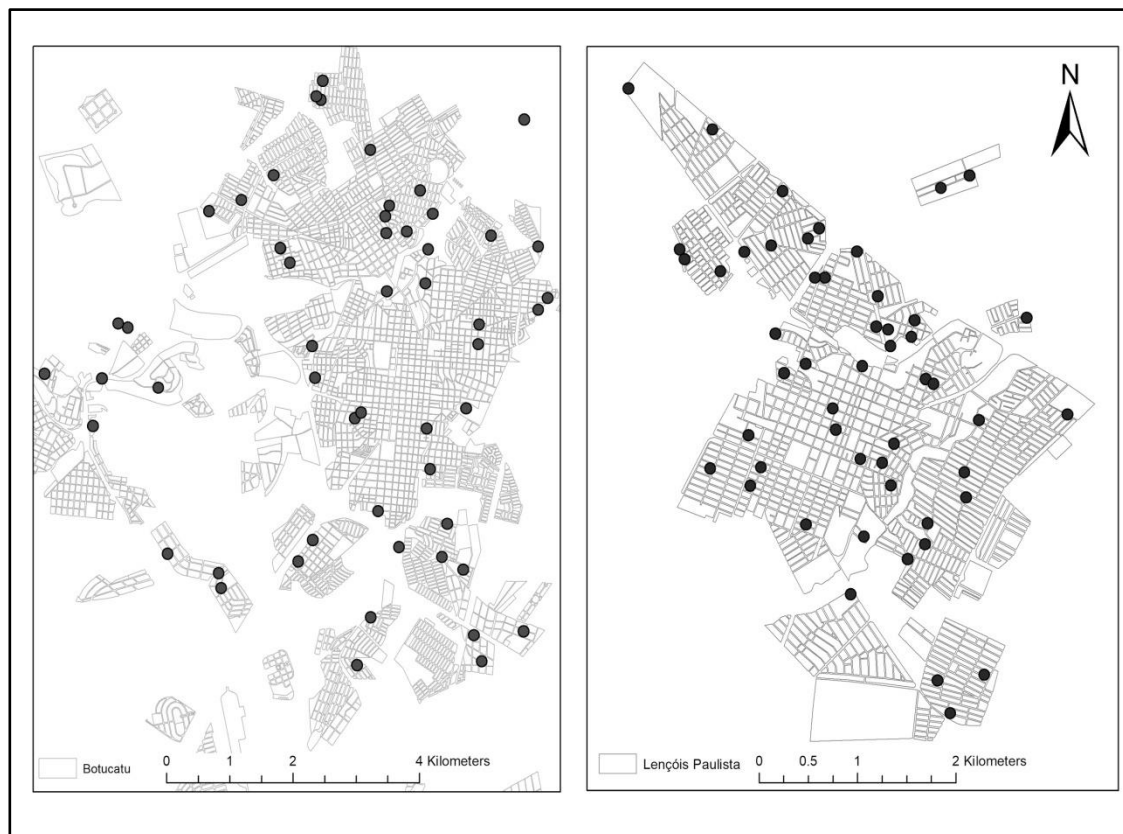


Figura 2. Distribuição dos pontos amostrados para análises de solo.

RESULTADOS

A temperatura média encontrada nos meses do estudo em Botucatu foi de $23,6^{\circ}\text{C} \pm 1,6^{\circ}\text{C}$, sendo a mais baixa $20,9^{\circ}\text{C}$ outubro/2013 e a mais alta, $25,2^{\circ}\text{C}$, em janeiro de 2014 com índice pluviométrico médio no mesmo período de $3,1\text{mm} \pm 1,5\text{mm}$. Já em Lençóis Paulista, a temperatura média foi de $23,3^{\circ}\text{C} \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, sendo a mais baixa $21,9^{\circ}\text{C}$ março/2013 e a mais alta, 25°C , em dezembro de 2013, com índice pluviométrico médio no mesmo período de $28,8\text{mm} \pm 14,9\text{mm}$. Estes índices apresentaram diferenças estatisticamente significantes (Tabela 1).

Tabela 1. Temperaturas e índice pluviométrico médio, nos municípios de Botucatu/SP e Lençóis Paulista/SP, entre novembro de 2012 e janeiro de 2014. Botucatu, 2019.

	TMB	TMED	TMA	IPM
BTU	$20,9^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$23,6^{\circ}\text{C} \pm 1,6^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$25,2^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$3,10\text{mm} \pm 1,50^{\text{a}}$
LP	$21,9^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$23,3^{\circ}\text{C} \pm 1,2^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$25,0^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$	$28,8\text{mm} \pm 14,9^{\text{b}}$

BTU - Botucatu; LP - Lençóis Paulista; TMB - Temperatura mais baixa; TMED - Temperatura Média; TMA - Temperatura mais alta; IPM - Índice pluviométrico médio. Letras minúsculas iguais representam ausência e diferença estatisticamente significativa entre as linhas.

Os resultados da análise físico-química dos solos amostrados apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os municípios estudados nas medidas descritivas das variáveis expressas na Tabela 2.

Tabela 2. Médias dos resultados das análises de solo com diferenças estatisticamente significantes entre os municípios de Botucatu e Lençóis Paulista. Botucatu, 2018.

	Areia Total	Argila	pH	Matéria Orgânica	H + Al	Mg	CTC	Cu	Fe
BTU	702.00 ^b	124.40 ^a	5.90 ^a	34.02 ^b	19.33 ^b	28.52 ^b	110.51 ^b	4.31 ^b	51.51 ^b
LP	513.45 ^a	158.75 ^b	6.22 ^b	27.70 ^a	12.99 ^a	15.49 ^a	93.89 ^a	2.45 ^a	25.72 ^a

BTU – Botucatu; LP – Lençóis Paulista; H + Al - Hidrogênio e alumínio; Mg – Magnésio; CTC – Capacidade de troca de Cátions; Cu – Cobre; Fe – Ferro. Letras minúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significantes entre as linhas.

A Tabela 3 revela os resultados das variáveis em que não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes.

Tabela 3. Médias dos valores das análises de solo que não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os municípios de Botucatu e Lençóis Paulista. Botucatu, 2018.

	Silte	Textura	P resina	K	Ca	SB	V%	S	Bo	Mn	Zn
BTU	98.00 ^a	1.22 ^a	73.95 ^a	4.83 ^a	57.79 ^a	91.20 ^a	70.97 ^a	9.06 ^a	0.40 ^a	11.99 ^a	21.32 ^a
LP	97.97 ^a	1.31 ^a	83.36 ^a	4.00 ^a	61.33 ^a	80.86 ^a	65.75 ^a	7.14 ^a	0.37 ^a	10.23 ^a	18.04 ^a

BTU – Botucatu; LP – Lençóis Paulista; Silte – fragmento de rochas menores que areia fina; P resina – Valores de Fósforo no solo, medidos pelo método de P resina; K – Potássio; Ca – Cálcio; SB – soma das bases trocáveis; V% - utilizado para diferenciar solos pobres; S – soma das bases $Ca^{2+}+Mg^{2+}+K+Na$; Bo – Boro; Mn – Manganês; Zn – Zinco.

Letras minúsculas iguais representam ausência e diferença estatisticamente significativa entre as linhas.

DISCUSSÃO

Uma vez que as larvas não podem existir sem água na forma fluida, pois a absorve junto ao alimento através do tegumento (30), um pH quase neutro é provavelmente essencial para a homeostase. Além disso, o pH pode influenciar o desenvolvimento larval ao condicionar o crescimento de microrganismos do solo como possíveis alimentos larvais, por exemplo, fungos.

O pH é a variável química mais estudada até agora para os criadouros de flebotômíneos e embora seja descritos diferentes ambientes, que vão desde florestas densas e úmidas (31), ambiente peridomiciliar próximo a animais de produção (32) a regiões mais áridas (33-35) até mesmo deserto (36), todos são unânimes na correlação entre pH neutro a ligeiramente alcalino e presença de larvas, caracterizando como nicho estável e favorável a homeostase, digestão de nutrientes e troca iônica por larvas de flebotômíneos.

Em relação ao pH, Botucatu apresentou solo ligeiramente mais ácido que Lençóis Paulista, o que está de acordo com vários autores, que têm relatado esta característica ao longo dos anos (33-35,37) quando compara-se áreas não endêmicas e endêmicas. No presente estudo também foram observados valores significativamente maiores de Hidrogênio + Alumínio das amostras oriundas de Botucatu, confirmando a acidez local em área não endêmica.

Hanson (38) encontrou a maioria dos imaturos em uma camada superficial de solo coletado no máximo 5 cm de profundidade e afirmou que flebotômíneos imaturos de espécies cujos adultos são encontrados principalmente na base das árvores são mais propensas a enterrar mais fundo no solo.

Já a umidade, pode influenciar no desenvolvimento dos ovos e larvas, sendo evidente a ação nociva da falta ou de excesso de umidade durante as mudas. Uma umidificação excessiva do meio, condicionando a formação de uma película líquida sobre os ovos têm acentuada ação prejudicial, interrompendo o fenômeno da eclosão e, se esta ação se prolonga por 30 minutos,

ele já não se completa. Entretanto, quanto menor a umidade, mais rapidamente os ovos murcham, não eclodindo nestas condições (39).

Entre as variáveis físicas avaliadas por Vivero et al. (31), a capacidade de retenção de água sugere que os criadouros de flebotomíneos apresentem boas características de drenagem associadas aos solos com relação areia - silte - argila homogênea, embora seus resultados evidenciem que criadouros locais da área estudada na Colômbia são solos argilosos, mas com boa filtração. Esta característica é determinante da sobrevivência das larvas, porque solos muito arenosos retêm pouca água e ressecam rapidamente, enquanto os solos argilosos tendem a se compactar e a drenar pouco, causando encharcamento e morte rápida das larvas, o mesmo observado por Kesari et al. (40), onde solo argiloso com retenção de água em excesso reduziu a abundância do *P. argentipes*.

Geralmente, solos arenosos apresentam uma maior porosidade e por esta razão, sua capacidade de reter água é baixa. No entanto, a presença de matéria orgânica faz com que suas partículas se aglutinem, firmando um pouco sua estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, facilitando a retenção de água (41). Esta característica pode ser observada em Botucatu, onde a porção de areia total e matéria orgânica são maiores se comparadas com as mesmas variáveis de Lençóis Paulista, o qual apresenta porção argilosa maior que Botucatu.

Outra característica relacionada à retenção de água pelo solo e verificada no presente trabalho é a capacidade de troca de cátions (CTC), uma vez que solos com CTC acima de 6 cmolc/dm³ apresentam maior capacidade de retenção de umidade, enquanto que solos com CTC abaixo de 5 cmolc/dm³ são mais deficientes em reter água (42).

As espécies mais comuns do Estado de São Paulo, se criam bem à temperatura de 25-27°C (39). Condições térmicas pouco superiores à temperatura ótima acelera o desenvolvimento das larvas e das pupas. Já condições térmicas abaixo da temperatura ótima, aumentam a duração do ciclo evolutivo, por torná-lo mais lento. Com a ação de temperaturas baixas (4-6°C), as larvas perdem gradativamente a atividade e deixam de se alimentar e, se a ação do frio se prolonga, elas morrem (39).

Embora as condições de temperatura em ambos os municípios tenham se apresentado próximas, o município de Botucatu apresentou menor índice de pluviosidade durante o período estudado, proporcionando de certa forma um ambiente mais seco. Alguns autores afirmam que variáveis ambientais como temperatura e umidade, tem influenciado diretamente a ecologia dos vetores, relacionando por exemplo o aumento dos casos de LVA no estado da Bahia, nos anos posteriores ao fenômeno “El-niño”(20,43).

Em relação aos elementos inorgânicos constituintes do solo, foi observado que os solos de área endêmica apresentaram maiores valores para elementos como alumínio, sódio, potássio, cálcio e magnésio. No presente trabalho, houve diferença entre os elementos magnésio, cobre e ferro (40).

A disponibilidade de nitrogênio resultante do material em decomposição em amostras de campo é essencial para a nutrição e o metabolismo das larvas de flebotomíneos porque esse elemento é a base para a síntese de compostos orgânicos (isto é, proteínas, amino-açúcares). Vivero et al. (31) compararam a relação carbono/nitrogênio e observaram que ambiente urbano camada de matéria orgânica mais fina na superfície do solo, assim a alta concentração de carbono indica que nesse tipo de substrato, a decomposição de material orgânico é lenta e realizada por pequenos artrópodes, como milípedes e cupins, além de microrganismos e fungos mesófilos, contrastando a relação C/N na floresta tropical úmida, com uma camada de material orgânico mais espessa que possui maiores teores de nitrogênio disponível, devido à rápida transformação por microrganismos como bactérias.

O pH e a estrutura física dos criadouros naturais são pontos que podem ser usados para controlar as formas imaturas de flebotomíneos, mas dependem da área de estudo em particular. Embora alguns estudos sugiram a adição de cal aos criadouros naturais, essa estratégia pode ser

mais complicada e controversa, por meio de grandes quantidades de calcário para elevar consideravelmente o pH e o impacto ecológico que pode gerar em outras comunidades biológicas.

As características intrínsecas dos locais de reprodução podem ajudar a identificar marcadores ecológicos para o desenvolvimento de flebotomíneos. A ausência de literatura sobre a ecologia dos flebotomíneos não permitiu definir com precisão, quais fatores, além do pH, são indispensáveis para a manutenção do seu ciclo na natureza, não sendo possível explorar a importância dos macro e micro elementos presentes no solo com o desenvolvimento das formas imaturas, uma vez que outras variáveis foram identificadas como V% (saturação das bases) e SB (soma das bases), relacionadas com a capacidade do solo em relação a disponibilidade de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg e S.

CONCLUSÕES

Com base nos achados do presente estudo, conclui-se que existem diferenças importantes em relação à composição do solo entre áreas endêmicas e não endêmicas. Permite concluir ainda que a manutenção do ciclo dos flebotomíneos depende de uma conjunção de fatores, entretanto a presença ou ausência de determinados elementos no solo podem favorecer ou dificultar sua manutenção, como por exemplo, pH e características que permitam retenção ou drenagem adequada de água. Fica claro que futuros estudos experimentais com a manipulação destes macro e micronutrientes no solo, são fundamentais para esclarecer seu papel na biologia do vetor e consequente dispersão e transmissão da LVA.

REFERÊNCIAS

1. Pan American Health Organization. Leishmaniasis: epidemiological report of the Americas [Internet]. Washington: PAHO; 2013 [cited 2013 Oct 15]. (Report Leishmaniasis nº 1). Available from: http://www.who.int/neglected_diseases/mediacentre/WHA_60.13_Esp.pdf
2. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral. Brasília: Ministério da Saúde; 2006.
3. Santos DR, Santos AR, Santos ES, Oliveira S, Poiani LP, Silva AM. Observações sobre a atividade diurna de *Nyssomyia whitmani* (Diptera: Psychodidae) na área urbana de Maringá, Paraná, Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*. 2009;18(3):227-36.
4. Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Controle de Doenças. Centro de Vigilância Epidemiológica “Prof. Alexandre Vranjac”. Classificação epidemiológica dos municípios segundo o Programa de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral Americana no Estado de São Paulo, atualizado em novembro de 2011. *BEPA Bol Epidemiol Paul*. 2011;8(96):32-6.
5. Carvalho MR, Valença HF, Silva FJ, Pereira DP, Pereira TA, Britto C, et al. Natural *Leishmania infantum* infection in *Migonemyia migonei* (França, 1920) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) the putative vector of visceral leishmaniasis in Pernambuco State, Brazil. *Acta Trop*. 2010;116(1):108-10.

6. Galati EAB, Nunes VLB, Rego Junior FA, Oshiro ET, Chang MR. Estudo de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) em foco de leishmaniose visceral no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev Saude Publica*. 1997;31(4):378-90.
7. Galati EAB, Nunes VLB, Boggiani PC, Dorval MEC, Cristaldo G, Rocha HC, et al. Phlebotomines (Diptera: Psychodidae) in forested areas of the Serra da Bodoquena, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2006;101(2):175-93.
8. Missawa NA, Dias ES. 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. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2007;102(8):913-18.
9. Galvis-Ovallos F, Silva MD, Bispo GBS, Oliveira AG, Gonçalves Neto JR, Malafronte RS, et al. Canine visceral leishmaniasis in the metropolitan area of São Paulo: *Pintomyia fischeri* as potential vector of *Leishmania infantum*. *Parasite*. 2017;24:2.
10. Lane RP. Geographic variation in Old World phlebotomine sandflies. In: Service MM. *Biosystematics of haematophagous insect*. Oxford: Clarendon Press; 1988. p. 77-90.
11. Belen A, Alten B. Variation in life table characteristics among populations of *Phlebotomus papatasi* at different altitudes. *J Vector Ecol*. 2006;(31):35-44.
12. Marcondes CB. *Entomologia médica e veterinária*. 2a ed. São Paulo: Editora Atheneu; 2001.
13. Santos DR. Curso de capacitação de Flebotomíneos [Internet]. Colíder, MT; 2014 [cited 2019 Nov 11]. Available from: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4597322/mod_resource/content/1/Manual%20coleta%20flebotomineos.pdf
14. Gushi LT. Estrutura populacional de *Lutzomyia longipalpis* através da amplificação e sequenciamento do segmento ribossomal 12s de DNA mitocondrial [dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências; 2008.
15. Aguiar GM, Medeiros WM. Distribuição regional e habitats das espécies de flebotomíneos do Brasil. In: Rangel EF, Lainson R, organizadores. *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. p. 207-55.
16. Feliciangeli MD. Natural breeding places of phlebotomine sandflies. *Med Vet Entomol*. 2004;18(1):71-80.
17. Alencar RB, Queiroz RG, Barrett TV. Breeding sites of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) and efficiency of extraction techniques for immature stages in terra-firme forest in Amazonas State, Brazil. *Acta Trop*. 2011;118(3):204-8.
18. São Paulo (Estado). Secretaria do Estado da Saúde. Superintendência de Controle de Endemias - SUCEN. Presença de *Lutzomyia longipalpis* no Estado de São Paulo [Internet]. São Paulo: SUCEN; 2018 [cited 2019 Oct 15]. Available from: http://www.saude.sp.gov.br/resources/sucen/homepage/downloads/arquivos-semana-de-lva/arquivos/municipios_com_presenca_de_llongipalpis_fev2018.pdf

19. Romero GAS, Boelaert M. Control of Visceral Leishmaniasis in Latin America: a systematic review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2010;4(1):e584.
20. World Health Organization. A global brief on vector-borne diseases [Internet]. Geneva: WHO; 2014 [cited 2019 Sept 15] Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/111008/1/WHO_DCO_WHD_2014.1_eng.pdf?ua=1
21. São Paulo (Estado). Secretaria do Estado da Saúde. Comitê de Leishmaniose Visceral Americana. Classificação epidemiológica dos municípios segundo o Programa de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral Americana no Estado de São Paulo, atualizado em São Paulo. *BEPA*. 2011;8(96):32-6.
22. São Paulo (Estado). Secretaria do Estado da Saúde. Coordenadoria de Controle de Doenças. Centro de Vigilância Epidemiológica “Prof. Alexandre Vranjac”. Leishmaniose tegumentar americana: casos confirmados segundo GVE de notificação e ano de diagnóstico e segundo GVE de residência e ano diagnóstico [Internet]. São Paulo: CVE; 2013 [cited 2019 Sept 15] Available from: http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/zoo/lta_gve_notres.html
23. São Paulo (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Centro de Vigilância Epidemiológica Prof. Alexandre Vranjac. Leishmaniose visceral Americana [Internet]. São Paulo: CVE; 2015 [cited 2019 Sept 15]. Available from: http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/cve_leishvis.html
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2015 [cited 2019 Sept 15]. Available from: <http://www.ibge.gov.br>
25. Cutolo AA, Galati EAB, Von Zuben CJ. Sandflies (Diptera, Psychodidae) from forest areas in Botucatu municipality, central western São Paulo State, Brazil. *J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis*. 2013;19:15.
26. Cochran WG. Técnicas de amostragem. 2a ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura; 1977.
27. Van Raij B, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas; 2001.
28. Silva FC. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2a ed. Brasília: Embrapa Solos; 1999.
29. Goodman LA. Simultaneous confidence intervals for contrasts among multinomial populations. *Ann Math Stat*. 1964;35:716-25.
30. Adler S, Theodor O. Transmission of disease agents by phlebotomine sandflies. *Ann Rev Entomol*. 1957;2:203-26.
31. Vivero RJ, Torres-Gutierrez C, Bejarano EE, Peña HC, Estrada LG, Florez F, et al. Study on natural breeding sites of sand flies (Diptera: Phlebotominae) in areas of Leishmania transmission in Colombia. *Parasit Vectors*. 2015;8:116. doi:10.1186/s13071-015-0711-y.

32. Bettini S, Melis P. Leishmaniasis in Sardinia. III: soil analysis of a breeding site of three species of sandflies. *Med Vet Entomol.* 1988;2(1):67-71.
33. Kesari S, Palit A, Kishore K. Study of breeding habitats of sandflies -- preliminary approach. *J Commun Dis.* 1992;24(1):62-3.
34. Singh R, Lal S, Saxena VK. Breeding ecology of visceral leishmaniasis vector sandfly in Bihar state of India. *Acta Trop.* 2008;107(2):117-20.
35. Srinivasan R, Jambulingam P, Vanamail P. Sand fly (Diptera: Psychodidae) abundance and species diversity in relation to environmental factors in parts of coastal plains of southern India. *J Med Entomol.* 2013;50(4):758-63.
36. Moncaz A, Faiman R, Kirstein O, Warburg A. Breeding Sites of *Phlebotomus sergenti*, the sand fly vector of cutaneous leishmaniasis in the Judean Desert. *PLoS Negl Trop Dis.* 2012;6(7):e1725. doi:10.1371/journal.pntd.0001725.
37. Hoogstraal H, Heyneman D. Leishmaniasis in the Sudan Republic. *Am J Trop Med Hyg.* 1969;18:1091-209.
38. Hanson WJ. The breeding places of *Phlebotomus* in Panama (Diptera: Psychodidae). *Ann Entomol Soc Am.* 1961;54(3):317-22.
39. Barreto MP. Contribuição para o estudo da biologia dos flebótomos em condições experimentais [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1942.
40. Kesari S, Bhunia GS, Kumar V, Jeyaram A, Ranjan A, Das PA. Comparative evaluation of endemic and non-endemic region of visceral leishmaniasis (Kala-azar) in India with ground survey and space technology. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2011;106(5):515-23.
41. Canecchio Filho V. Administração técnica agrícola. 2a ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola; 1973.
42. Lopes AS, Guilherme LRG. Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações [Internet]. São Paulo: ANDA; 2014 [cited 2019 Sept 15] Available from: http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_02.pdf
43. Franke CR, Ziller M, Staubach C, Latif M. Impact of the El Niño/Southern Oscillation on Visceral Leishmaniasis, Brazil. *Emerg Infect Dis.* 2002;8(9):914-17.

Recebido em: 21/11/2019

Aceito em: 21/02/2020