

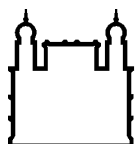
MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Mestrado do Programa de Pós-Graduação Medicina Tropical

**INTERAÇÃO ESPACIAL ENTRE *TRITOMA BRASILIENSIS*  
NEIVA, 1911 E *TRITOMA PSEUDOMACULATA* CORRÊA E  
ESPÍNOLA, 1964 EM ECÓTOPOS ARTIFICIAIS NO MUNICÍPIO DE  
JAGUARETAMA – CE, BRASIL**

**INGRID ALVES RÉGIS**

RIO DE JANEIRO  
Junho de 2019



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**INSTITUTO OSWALDO CRUZ**  
**Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical**

**Ingrid Alves Régis**

**Interação espacial entre *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 e *Triatoma pseudomaculata* Corrêa e Espínola, 1964 em ecótopos artificiais no município de Jaguaratama – CE, Brasil**

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Medicina Tropical.

**Orientador (es):** Prof. Dra. Marli Maria Lima  
Prof. Dr. Fernando Abad-Franch  
**Colaboradora:** Prof. Dra. Otilia Sarquis

**RIO DE JANEIRO**  
Junho de 2019

Régis, Ingrid Alves.

Interação espacial entre *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 e *Triatoma pseudomaculata* Corrêa e Espínola, 1964 em ecótopos artificiais no município de Jaguaratama - CE, Brasil / Ingrid Alves Régis. - Rio de Janeiro, 2019.

xvi, 64f f.

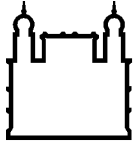
Dissertação (Mestrado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Medicina Tropical, 2019.

Orientadora: Marli Maria Lima.

Co-orientador: Fernando Abad-Franch.

Bibliografia: f. 49-60

1. Competição. 2. Interações espaciais. 3. Segregações ecológicas . 4. Triatominae. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**INSTITUTO OSWALDO CRUZ**  
**Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical**

***AUTORA: INGRID ALVES RÉGIS***

**INTERAÇÃO ESPACIAL ENTRE *TRITOMA BRASILIENSIS*  
NEIVA, 1911 E *TRITOMA PSEUDOMACULATA* CORRÊA E  
ESPÍNOLA, 1964 EM ECÓTOPOS ARTIFICIAIS NO MUNICÍPIO DE  
JAGUARETAMA – CE, BRASIL**

**Orientador (es):** Prof. Dra. Marli Maria Lima  
Prof. Dr. Fernando Abad-Franch

**Colaboradora:** Prof. Dra. Otilia Sarquis

**Aprovada em: 25/06/2019**

**EXAMINADORES:**

**Prof. Dr. Fernando Braga Stehling Dias - Presidente e revisor** (Gabinete da Presidência da Fiocruz/RJ)

**Prof. Dra. Patrícia de Azambuja Penna** (IOC)

**Prof. Dr. Rodrigo Gurgel-Gonçalves** (UNB)

**Prof. Dra. Carolina Valença Barbosa** (Unicamp)

**Prof. Dr. Bernardo Rodrigues Teixeira** (IOC)

Rio de Janeiro, 25 de junho de 2019.



Ministério da Saúde

Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto Oswaldo Cruz

## DECLARAÇÃO

Declaramos que a defesa pública da dissertação de mestrado em Medicina Tropical, área de concentração: Diagnóstico, Epidemiologia e Controle de Ingrid Alves Régis, realizou-se no vigésimo quinto dia do mês de junho de dois mil e dezenove, às quatorze horas, no Auditório do Pavilhão Carlos Chagas.

Titulo da dissertação de mestrado: **"Interação espacial entre *Triatoma brasiliensis* (Neiva, 1911) e *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espinola, 1964) em ecótopos artificiais no município de Jaguarama - CE, Brasil"**.

Orientação: Dr<sup>a</sup>. Mari Maria Lima e coorientada pelo Dr. Fernando Abad-Franch

Revisão: Dr. Fernando Braga Stehling Dias

Banca Examinadora: Dr. Fernando Braga Stehling Dias – FIOCRUZ/RJ (Presidente)

Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves – UNB/DF (Membro titular)

Dr<sup>a</sup>. Patricia de Azambuja Penna – IOC/FIOCRUZ (Membro titular)

Dr<sup>a</sup>. Carolina Valença Barbosa – UNICAMP/SP (Suplente)

Dr. Bernardo Rodrigues Teixeira – IOC/FIOCRUZ (Suplente)

Informamos ainda que a referida aluna deve cumprir exigências previstas em regimento da Pós-graduação em Medicina Tropical para a obtenção de seu título.

Rio de Janeiro, 25 de junho de 2019.

Martha Cecilia Suárez Mups  
Matrícula-SIAPE-1556044

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical  
Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz

Documento registrado sob nº DCE-10619/19 no livro nº E, folha 67v em 25/06/2019.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus queridíssimos orientadores Dra. Marli Maria Lima e Dr. Fernando Abad-Franch, que me abraçaram e acreditaram em mim para realização deste trabalho. Com a paciência e humildade em transferir seus conhecimentos sempre que precisei. Meu muito obrigada e carinho!

Aos meus pais, Cristina e Ivanildo, e ao meu irmão Igor. Obrigada por toda preocupação, carinho, dedicação e amor que sempre tive nessa família. Ter o apoio de vocês em tudo que faço é imprescindível para se chegar longe. Sou muito feliz por saber que posso contar sempre com vocês.

Aos meus amigos que estão sempre comigo.

À minha parceira e amor, Luana. Obrigada pela paciência, companheirismo e acreditar sempre em mim e no meu sucesso.

À Dra. Otília Sarquis e Tania Rodrigues Santos, pelos dias muito divertidos e trabalhosos em campo. Me ensinaram a vida de pesquisa no campo do sertão. A importante colaboração de vocês duas foi essencial.

Aos Agentes de Endemias, da Secretaria de Saúde do estado do Ceará.

À Antonia de Castro, que além de colega de laboratório, foi muito parceira em estar disposta a me ajudar no que fosse com este trabalho. Sem você a viagem pela UnB não seria a mesma.

Aos meus colegas de turma do mestrado, em especial à Isabella Forasteiro, que virou amiga da vida.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Medicina Tropical pelas aulas e ensinamentos. Melhores professores!

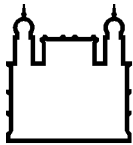
À Coordenadora Dra. Martha Cecilia Suárez Mutis, que sempre tratou tão bem seus alunos como se fossem da família, dando apoio e atenção a quem a procurasse.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro que possibilitaram o desenvolvimento dessa dissertação.

*“Você teve indução  
Aprendeu muita ciência  
Mas das coisas do sertão  
Não tem boa experiência”*

**Patativa do Assaré**





Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

## INSTITUTO OSWALDO CRUZ

### Interação espacial entre *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 e *Triatoma pseudomaculata* Corrêa e Espínola, 1964 em ecótopos artificiais no município de Jaguaretama – CE, Brasil

#### RESUMO

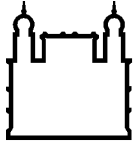
#### DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM MEDICINA TROPICAL

Ingrid Alves Régis

*Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* são vetores do *Trypanosoma cruzi*, agente da doença de Chagas, na Caatinga do nordeste do Brasil. Na natureza, essas espécies ocupam diferentes ecótopos e exploram diferentes hospedeiros. *T. brasiliensis* é terrestre e está associado a afloramentos rochosos (e cactos em algumas áreas) frequentemente compartilhados por roedores, enquanto *T. pseudomaculata* é arbóreo e parece alimentar-se principalmente de aves. Ambas as espécies, no entanto, podem infestar habitats feitos pelo homem, onde a possibilidade surge para a competição sobre os principais recursos - abrigo e sangue. Determinamos a ocorrência / coocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* em 412 ecótopos artificiais (91 habitações) para investigar padrões de segregação de espécies e investigar dois candidatos a processos subjacentes: (a) partição de recursos (*T. brasiliensis* preferindo ecótopos minerais ou ocupados por roedores e *T. pseudomaculata* preferindo ecótopos ocupados por vegetação ou aves) e (b) competição interespecífica verdadeira (cada espécie efetivamente evitando a outra). Usamos modelos lineares mistos generalizados (GLMMs) para identificar correlatos de ocorrência específica, incluindo a coocorrência de outras espécies. Ambas as espécies co-ocorreram em quatro ecótopos (0,97%). *T. brasiliensis* (12,9% de ocorrência geral) foi mais comum que *T. pseudomaculata* em ecótopos minerais (17,9% vs. 3,46%) e em ecótopos utilizados por roedores (74,1% vs. 11,1%); o melhor desempenho do *T. brasiliensis* GLMM estimou um forte efeito positivo da disponibilidade de roedores na ocorrência desses insetos ( $\beta_{\text{roedor}} = 3,55 \pm 0,57\text{EP}$ ). Em contraste, *T. pseudomaculata* foi mais rara (7,1%) e ocorreu mais frequentemente que *T. brasiliensis* em ecótopos vegetais (13,6% vs. 6,8%) e em ecótopos utilizados por aves (19,3% vs 6,4%); o melhor desempenho de *T. pseudomaculata* GLMM estimou o efeito da presença de aves na ocorrência de insetos como  $\beta_{\text{aves}} = 2,30 \pm 0,48\text{EP}$ . Os GLMMs não revelaram nenhuma evidência de que a ocorrência de uma espécie afetou a probabilidade de que o outro co-ocorresse no mesmo ecótopo, após o ajuste para as características do ecótopo e a disponibilidade do hospedeiro. Esses achados sugerem que as espécies de estudo mantêm a segregação espacial em ambientes humanos associando-se preferencialmente com os vertebrados que exploram na natureza. Assim, conclui-se que a partição de recursos, e não a verdadeira competição interespecífica, provavelmente impulsiona a segregação ecológica de *T. brasiliensis* e *T.*

*pseudomaculata* em habitats criados pelo homem. Elucidar os mecanismos subjacentes ao particionamento de recursos exigirá abordagens experimentais.

**Palavras-chave.** Competição, Interações espaciais, Segregação ecológica, Triatominae.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

## INSTITUTO OSWALDO CRUZ

### Spatial interaction between *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 and *Triatoma pseudomaculata* Corrêa e Espínola, 1964 in man-made habitats of the Jaguarétama municipality - CE, Brazil

#### ABSTRACT

#### MASTER DISSERTATION IN MEDICINA TROPICAL

Ingrid Alves Régis

*Triatoma brasiliensis* and *Triatoma pseudomaculata* are vectors of *Trypanosoma cruzi*, the agent of Chagas disease, in the Caatinga of northeastern Brazil. In the wild, these species occupy different ecotopes and exploit different hosts. The ground-dwelling *T. brasiliensis* is associated with rocky outcrops (and cacti in some areas) often shared by rodents, whereas *T. pseudomaculata* is arboreal and appears to feed mainly on birds. Both species, however, can infest man-made habitats, where the possibility arises for competition over key resources – shelter and blood. We determined *T. brasiliensis* and *T. pseudomaculata* occurrence/co-occurrence in 412 man-made ecotopes (91 dwellings) to investigate species-segregation patterns and to probe two candidate underlying processes: (a) resource partitioning (*T. brasiliensis* preferring mineral or rodent-occupied ecotopes and *T. pseudomaculata* preferring vegetal or fowl-occupied ecotopes) and (b) true interspecies competition (each species effectively avoiding the other). We used generalized linear mixed models (GLMMs) to identify correlates of species-specific occurrence including the other species' co-occurrence. Both species co-occurred in four ecotopes (0.97%). *T. brasiliensis* (overall occurrence 12.9%) was more common than *T. pseudomaculata* in mineral ecotopes (17.9% vs. 3.46%) and in ecotopes used by rodents (74.1% vs. 11.1%); the top-performing *T. brasiliensis* GLMM estimated a strong positive effect of rodent availability on bug occurrence ( $\beta_{\text{rodent}}=3.55\pm 0.57\text{SE}$ ). In contrast, *T. pseudomaculata* was overall rarer (7.1%) and occurred more often than *T. brasiliensis* in vegetal ecotopes (13.6% vs. 6.8%) and in ecotopes used by fowl (19.3% vs. 6.4%); the top-performing *T. pseudomaculata* GLMM estimated the effect of fowl presence on bug occurrence as  $\beta_{\text{fowl}}=2.30\pm 0.48\text{SE}$ . GLMMs revealed no evidence that one species' occurrence affected the probability that the other co-occurred in the same ecotope, after adjusting for ecotope traits and host availability. These findings suggest that our study species maintain spatial segregation in human environments by preferentially associating with the vertebrates they exploit in nature. It is concluded that resource partitioning, and not true interspecies competition, likely drives ecological segregation of *T. brasiliensis* and *T. pseudomaculata* in man-made habitats. Elucidating the mechanisms underlying resource partitioning will require experimental approaches.

**Keywords.** Competition, Species interactions, Ecological segregation, Triatominae.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>X</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Ecoepidemiologia da doença de Chagas (DC).....	1
1.2 Aspectos ecológicos de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	10
1.3 Modelagem ecológica.....	14
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>17</b>
3.1 Tipo de estudo e considerações éticas .....	17
3.2 Caracterização da área de estudo.....	17
3.3 Investigação de triatomíneos em ecótopos artificias .....	21
3.4 Análise de dados e Modelos mistos lineares generalizados (GLMMs).....	25
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>28</b>
4.1 Quantificação da densidade de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> em ecótopos artificiais de diferentes estruturas .....	28
4.2 Quantificação da densidade de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> em ecótopos artificiais com disponibilidade de hospedeiros.....	29
4.3 Análises descritivas e exploratórias bivariadas: <i>Triatoma brasiliensis</i> .....	30
4.4 Análises descritivas e exploratórias bivariadas: <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	31
4.5 Ocorrência e co-ocorrência de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> em ecótopos com diferentes características .....	32
4.6 Modelos binomiais de ocupação para <i>Triatoma brasiliensis</i> .....	34
4.6.1 Estimativa do melhor modelo classificado de <i>Triatoma brasiliensis</i> .....	36
4.7 Modelos binomiais de ocupação para <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	37

4.7.1	Estimativa do melhor modelo classificado de <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	40
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>APÊNDICES</b>	<b>61</b>
8.1	Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/FIOCRUZ .....	61
8.2	Licença - Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) .....	62
8.3	Protocolo de campo.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa do continente Americano, com destaque para: 1: Brasil; 2: estado do Ceará e 3: município de Jaguarétama. ....	18
<b>Figura 2.</b> Localidade de Sítio do Recanto, Jaguarétama, CE .....	19
<b>Figura 3.</b> Tipos de moradias no sertão do município de Jaguarétama. a) casa de taipa; b) casa de alvenaria .....	20
<b>Figura 4.</b> Triatomíneos nativos da caatinga. a) <i>Triatoma brasiliensis</i> ; b) <i>Triatoma pseudomaculata</i> . ....	21
<b>Figura 5.</b> Exemplos de ecótopos investigados para busca de triatomíneos. A) parede interna de intradomicílio construído de taipa; B) busca em amontoado de telhas; C) busca em poleiro; D) busca em galinheiro; E) busca em amontoado de madeiras e F) busca em abrigo de animais .....	22
<b>Figura 6.</b> Predição de infestação de <i>T. brasiliensis</i> na presença de roedores. O “0” representa a ausência de roedores no ecótopo e o “1” representa a presença dos roedores .....	36
<b>Figura 7.</b> Predição de infestação de <i>T. pseudomaculata</i> na presença de roedores nativos. O “0” representa a ausência de aves no ecótopo e o “1” representa a presença das aves .....	40

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Definição das covariáveis.....	24
<b>Quadro 2.</b> Modelos de ocorrência e co-ocorrência de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> e suas hipóteses .....	27
<b>Quadro 3.</b> Análises exploratórias bivariadas: <i>Triatoma brasiliensis</i> .....	31
<b>Quadro 4.</b> Análises exploratórias bivariadas: <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	32
<b>Quadro 5.</b> Padrões de ocorrência e co-ocorrência de <i>Triatoma brasiliensis</i> e <i>Triatoma pseudomaculata</i> em ecótopos com diferentes características .....	33
<b>Quadro 6.</b> Modelos de ocorrência para <i>Triatoma brasiliensis</i> , com destaque para o melhor modelo .....	35
<b>Quadro 7.</b> Estimativas derivadas do modelo mais competitivo (modelo 8: menor BIC, peso = 81,9%) de <i>Triatoma brasiliensis</i> .....	37
<b>Quadro 8.</b> Modelos de ocorrência para <i>Triatoma pseudomaculata</i> , com destaque para o melhor modelo .....	39
<b>Quadro 9.</b> Estimativas derivadas do modelo mais competitivo (modelo 6: menor BIC, peso = 58,8%) de <i>Triatoma pseudomaculata</i> .....	41

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Quantidade de triatomíneos capturados em ecótopos artificiais de diferentes estruturas. Ecótopos agrupados por característica física encontrados como anexos .....29
- Tabela 2.** Quantidade de triatomíneos capturados em ecótopos artificiais habitados. Animais agrupados por classes encontrados em anexos .....30



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>BIC</b>	<i>Bayesian Information Criterion</i>
<b>DC</b>	Doença de Chagas
<b>DTN</b>	Doenças Tropicais Negligenciadas
<b>DTU</b>	<i>Discrete Typing Units</i>
<b>EP</b>	Erro Padrão
<b>ER</b>	Exceto Roedores
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional de Saúde
<b>GLMM'S</b>	<i>Generalized Linear Mixed Models</i>
<b>IC</b>	Intervalo de Confiança
<b>IPECE</b>	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
<b>LEDOC</b>	Laboratório de Eco-Epidemiologia da doença de Chagas
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>OPAS</b>	Organização Pan-Americana de Saúde
<b>PCDCh</b>	Programa de Controle da Doença de Chagas
<b>SE</b>	<i>Standard Error</i>
<b>SUCAM</b>	Superintendência de Campanhas de Saúde Pública
<b>UD</b>	Unidade Domiciliar
<b><math>\Delta</math>BIC</b>	Delta <i>Bayesian Information Criterion</i>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Ecoepidemiologia da doença de Chagas (DC)

A doença de Chagas (DC), conhecida também como tripanossomíase americana, só foi considerada efetivamente uma enfermidade a partir de sua descoberta por Carlos Chagas no início do século XX (Chagas, 1909). O agente etiológico é o protozoário flagelado *Trypanosoma (Schizotrypanum) cruzi* (Protista: Euglenozoa: Kinetoplastea) (Lukes et al., 2014; Votýpka et al., 2015), transmitido ao homem e a outros animais vertebrados pelos triatomíneos, insetos hematófagos obrigatórios, pertencentes à subfamília Triatominae (Hemiptera, Reduviidae). Durante milhares de anos, a circulação desse protozoário era estritamente enzoótica entre triatomíneos silvestres e animais silvestres. A partir da colonização europeia nas Américas e exploração humana do solo, devido a intensos desmatamentos e a atividades agropecuárias predatórias, provocando intensa alteração dos ambientes naturais onde havia a circulação natural do *T. cruzi*, o cenário da transmissão começou a sofrer mudanças, em razão da destruição gradativa do ecossistema natural e significativa redução da fauna silvestre. Em consequência, esses insetos passaram a se deslocar para locais habitados pelo homem, em busca de abrigo e de fontes alimentares, formando colônias dentro e ao redor das habitações humanas (Vinhaes e Dias, 2000; Rey, 2010), dando início ao ciclo antroponótico e à transmissão acidental de *T. cruzi* para seres humanos (Coura, 2007). A transmissão da doença de Chagas ainda é um grande desafio para o seu controle. Há diversos mecanismos para a transmissão do parasito, podendo esses mecanismos serem considerados primários ou secundários. Os mecanismos primários são considerados os principais meios de transmissão, que se são transmissão vetorial, transfusão sanguínea, via oral, placentária ou congênita. São considerados mecanismos secundários acidente de laboratório, manejo incorreto de animais infectados, transplante de órgãos de doadores infectados, transmissão sexual e, raramente, por infecção criminal (Coura, 2015; Gomes et al., 2019). Em países endêmicos, como o Brasil, a transmissão para hospedeiros vertebrados, inclusive humanos, se dá principalmente por meio do contato com excrementos (fezes ou urina) infectados por *T. cruzi* dos insetos, através da alimentação sanguínea do triatomíneo ou pela

ingestão direta de desses insetos infectados, principalmente na região Amazônica (Dias et al. 2002; Coura, 2003; Abad-Franch e Monteiro, 2007; Coura 2007; Dias et al. 2016).

Os triatomíneos, vetores de *T. cruzi*, são conhecidos popularmente em muitas regiões do Brasil como “barbeiro”, “procotó”, “chupança”, “bicudo”, dentre outros; pertencem à ordem Hemiptera, subordem Heteroptera, família Reduviidae e subfamília Triatominae. São insetos obrigatoriamente hematófagos em todo ciclo de vida, incluindo machos e fêmeas, podendo infectar-se pelo protozoário e transmiti-lo desde primeiro estágio ninfal (Lent & Wygodzinsky, 1979). A subfamília Triatominae é subdivida em cinco tribos e 16 gêneros, compreendendo 151 espécies vivas descritas e 2 extintas - *Triatoma dominicana* e *Triatoma hispaniolae* (Poinar, 2005; Poinar, 2013), sendo duas espécies novas descritas que ocorrem na América Central, *Triatoma mopan* (Dorn et al., 2018) e *Triatoma huehuetenanguensis* sp. n (Lima-Cordón et al., 2019). Os triatomíneos ocorrem principalmente nas Américas; no território brasileiro ocorrem 65 espécies (Lent e Wygodzinsky, 1979; Dias et al., 2002; Schofield e Galvão, 2009; Almeida et al., 2014; Justi e Galvão, 2017, Monteiro et al. 2018). São insetos de hábitos noturnos, de ciclo de vida muito longo, média de um a dois anos, variando de espécie para espécie, e grande resistência ao jejum, podendo ficar durante semanas ou meses sem se alimentar, dependendo da espécie e das condições ambientais (Dias e Coura, 1997). São conhecidos por apresentarem ecletismo alimentar, podendo facilitar a dispersão do protozoário entre diversos hospedeiros vertebrados. Um comportamento de grande relevância desse inseto é a defecação durante ou logo após a hematofagia, aumentando as chances das formas infectantes do parasito contidas nos excrementos serem transferidas para a circulação sanguínea do hospedeiro (Schofield, 1979; Almeida et al., 2003; Tartarotti et al., 2004). Um estudo de Pereyra et al. (2019) mostra que ninfas de *Triatoma infestans* infectadas com *T. cruzi* altera o padrão de excreção, mostrando que essas ninfas começaram a defecar precocemente e em maior quantidade, consequentemente aumentando a probabilidade de contato das fezes/urina infectantes e o hospedeiro. O hábito alimentar hematófago desde seu primeiro estágio ninfal até adulto e o ecletismo na escolha pelo alimento permitem o íntimo relacionamento entre animais reservatórios silvestres e domésticos (Tatarotti et al., 2004).

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), a doença de Chagas faz parte do grupo de 17 doenças tropicais negligenciadas (DTN) e conhecida como “doença infecciosa relacionada à pobreza”, especialmente associada às habitações em situações precárias, sendo uma patologia endêmica em 21 países das Américas (OPAS, 2016). Passados mais de 100 anos desde a sua descoberta, a doença ainda hoje é considerada um dos maiores problemas de saúde pública da América do Sul (Coura e Dias, 2009). A Organização Mundial da Saúde (OMS), no ano de 2017, estimou que cerca de 6 a 7 milhões de pessoas no planeta, em especial nos países latino-americanos, estejam infectadas por diferentes cepas conhecidas do *T. cruzi*, manifestando um dos mais importantes impactos sociais entre as doenças infecciosas, sendo o Brasil responsável por mais de 1,1 milhão de pessoas infectadas (Hotez et al., 2014; Dias et al., 2016; OMS, 2017). No Brasil, diversos gêneros de animais, como humanos, marsupiais, roedores, macacos, morcegos, bicho preguiça, tamanduá, cães e lagartos são hospedeiros para diferentes DTU's (*Discrete Typing Units*) de *T. cruzi* (Chapman et al., 1984; Murta et al., 1998; Barnabé et al., 2000; Yeo et al., 2005; Lisboa et al., 2006; Llewellyn et al., 2009; Marcili et al., 2009a-b; Miles et al., 2009). A transmissão para hospedeiros vertebrados nessas regiões se dá, majoritariamente, por meio dos triatomíneos, quase sempre devido ao processo de adaptação desses insetos aos ambientes domiciliados, por ações antrópicas no ambiente silvestre, seu ecótopo natural. De acordo com a OMS, os triatomíneos estão distribuídos desde o sul dos Estados Unidos – onde ocorrem somente vetores silvestres, até a província do Chubut, extremo sul da Argentina (OMS, 1991). Embora não tenha sido citada infecção por *T. cruzi*, algumas espécies ocorrem em países fora das Américas: *Triatoma rubrofasciata*, há pouco tempo relatado no Vietnã e Índia (Dujardin et al., 2015), bem como *Linshcosteus* spp, na Índia (Ghauri, 1976; Monteiro et al. 2018).

Das diversas formas do protozoário flagelado infectar humanos, as de maior relevância epidemiológica são: i) diretamente dos insetos vetores (responsáveis por cerca de 80% no número de casos), quando esses realizam a hematofagia, as formas tripomastigotas metacíclicas de *T. cruzi* são eliminadas juntamente às fezes ou urina do inseto e ii) por meio da transfusão sanguínea devido à intensa migração global nas últimas décadas que fez com que o protozoário se disseminasse para

outras regiões consideradas não endêmicas, incluindo outros países da América, como o Estados Unidos e Canadá, além de países europeus, principalmente Bélgica, Espanha, França, Itália, Reino Unido e Suíça, alcançando países do Pacífico Ocidental, como Japão e Austrália (Coura e Viñas, 2010); iii) via oral, que consiste na interação entre o homem e triatomíneos silvestres naturalmente infectados por *T. cruzi*, gerando grande número de casos agudos, a maioria surtos de origem alimentar (Nóbrega et al. 2009; Coura, 2015; Barbosa et al., 2016). Ainda que nos dias de hoje a distribuição geográfica da DC seja ampla e predominante nas Américas, a enfermidade é peculiar em cada região, ocorrendo diferentemente até mesmo entre os estados de um país, portanto não pode ser vista de uma forma genérica, desconsiderando diferentes parâmetros epidemiológicos de cada região. Silva (1986) diz: “*As doenças, tal como as sociedades em que ocorrem, não são imutáveis. Doenças, infecciosas ou não, surgem, desaparecem ou sofrem modificações conforme o momento histórico*”. Na América do Sul, países como Peru, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Chile, Argentina e Brasil são os que possuem maior importância epidemiológica para a enfermidade (Miranda-Schaeubinger et al., 2019).

Zingales et al. (1998) e Miles et al. (2003) destacam a dinâmica da transmissão da DC compreendendo três ciclos importantes: i) os vetores domiciliados (ex., *Triatoma infestans*), animais domésticos e o homem; ii) outros animais e triatomíneos silvestres, sem contato com o homem – ciclo silvestre e iii) outros animais (muitas vezes mamíferos não humanos) e insetos sinantrópicos, caracterizando um ciclo peridoméstico, onde esses animais se abrigam e procuram fontes alimentares próximos aos domicílios. Esses ciclos muitas vezes não ocorrem separados, e sim em sobreposição de ciclos, tornando o processo de transmissão uma via complexa onde há a presença de mamíferos sinantrópicos (por ex., *Cavia aperea*) em habitações humanas, sucessivas reinfestações em domicílios frequentemente borrifados com inseticidas as quais também dependem do sucesso na colonização de espécies vetoras naturais da região (Sarquis et al., 2004; Sarquis et al., 2006; Roque et al., 2008).

A partir de 1975, foram realizadas ações efetivas de controle da doença, quando foi instituído o Programa de Controle da Doença de Chagas (PCDCh) pela Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM), atual Fundação

Nacional de Saúde (FUNASA), e já contava então com os melhores recursos para a manutenção das ações regulares de controle na transmissão vetorial. Tais ações eram exclusivamente voltadas para a redução ou eliminação do principal vetor do protozoário no Brasil, *Triatoma infestans*, por ser introduzido e estar totalmente adaptado no Brasil (FUNASA, 1994; Silveira e Vinhaes, 1999). Na época, foram realizados dois grandes inquéritos entomológicos regionais por amostragem, um desses realizados no Nordeste e outro na região central do Brasil, visando conhecer a distribuição de vetores domiciliados e determinar as preferências de fontes alimentares e taxas de infecção natural por *T. cruzi* nas espécies identificadas. O inquérito na região nordestina foi realizado entre os anos 1975 e 1983 em 238 municípios, exceto no Maranhão. A espécie predominante na região foi *Triatoma pseudomaculata*, com 6.235 espécimes capturados representando 40,6% do total dos 15.342 espécimes das espécies encontradas na região durante o inquérito, entre elas: *T. pseudomaculata*, *Triatoma brasiliensis*; *T. infestans*; *Triatoma sordida*; *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius nasutus*. O inquérito mostrou também que *P. megistus* e *T. brasiliensis* tiveram a maior participação na transmissão vetorial domiciliar na região nordestina, ao mesmo tempo que *T. pseudomaculata* teve um papel secundário (Silveira, 2011).

Devido à ausência de vacinas, grande parte dos programas epidemiológicos de controle é focada nos vetores da enfermidade (Dias et al., 2016). A partir de julho de 1991, os seis países integrantes do Cone Sul (Paraguai, Uruguai, Bolívia, Chile, Argentina e Brasil) deram início ao programa denominado *Iniciativa do Cone Sul*, que visava principalmente à eliminação do principal vetor domiciliar do parasito na região, *T. infestans*, empregando a borrifação de inseticidas como metodologia. Outro objetivo dessa iniciativa foi reduzir e eliminar a transmissão transfusional por intermédio do controle efetivo de doadores sanguíneos (Dias e Schofield, 1998; Ferreira e Silva, 2006). Apesar do ganho da certificação, em meados dos anos 2000, houve discussões no Brasil acerca do certificado de erradicação da doença de Chagas que o país recebeu em alguns estados. O centro da discussão era a confusão fundada entre a eliminação da transmissão vetorial pelo *T. infestans* e erradicação da doença de Chagas no país (Ramos Jr. e Carvalho, 2001). Posteriormente, em junho de 2006, a Certificação Internacional de Eliminação da Transmissão da Doença de Chagas pelo *Triatoma infestans* foi concedida ao

Ministério da Saúde do Brasil, reconhecida pela Organização Pan-Americana da Saúde (Ferreira e Silva, 2006).

Após o controle efetivo do *T. infestans* no país, populações de espécies selvagens nativas que ocupam ecótopos naturais passaram por adaptações antrópicas ao longo dos anos, ocupando principalmente os ambientes peridomiciliares, tornando-se alvos de preocupação entre pesquisadores e autoridades de saúde pública (Noireau et al., 2005). Por ser uma doença endêmica, a OPAS (2009) declarou que o modo que a população explora o habitat natural dos triatomíneos pode influenciar na transmissão do patógeno. No ano de 2015, o Departamento Brasileiro de Vigilância em Saúde relatou que, pelo menos, 15 espécies de triatomíneos, distribuídas em todo território nacional, têm importância significativa na epidemiologia da doença por já terem sido encontradas infectadas naturalmente por *T. cruzi*. São elas: *Panstrongylus geniculatus*, *Panstrongylus lutzi*, *P. megistus*, *Rhodnius nasutus*, *Rhodnius neglectus*, *Rhodnius robustus*, *Rhodnius pictipes*, *T. infestans*, *T. brasiliensis*, *Triatoma maculata*, *T. pseudomaculata*, *Triatoma rubrovaria*, *Triatoma rubrofasciata*, *Triatoma sordida* e *Triatoma vitticeps* (Secretaria de Vigilância em Saúde – Ministério da Saúde do Brasil, 2015). Porém esse número poderia ser ainda maior quando avaliado a frequência de ocorrência de espécies em ambientes artificiais e outros indicadores como infestação, colonização, entre outros. Uma das maiores problemáticas desses desacordos sobre a “erradicação” da doença de Chagas no país foi que no nordeste brasileiro, especialmente no estado do Ceará, *T. infestans* não era o principal vetor da transmissão e isto fez com que as ações de controle de vetores não dessem a devida importância para espécies nativas que são muito frequentemente encontradas nos estados nordestinos, destacando para as espécies *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *P. megistus*, *T. sordida* e *R. nasutus* (Silveira et al., 1984; Rebêlo et al., 1998; Marchon-Silva et al., 1999).

No estado do Ceará, as primeiras infecções humanas foram diagnosticadas em 1942, a partir de investigações epidemiológicas por xenodiagnóstico (Alencar, 1987). Segundo esse autor (Alencar, 1987), em 1959 foram realizados inquéritos para obter mais informações epidemiológicas de algumas localidades do estado, como Quixadá, Missão Velha, Baixio e Jardim. A partir dessa época, esses

inquéritos se estenderam por todas as cidades do Ceará, impulsionando os estudos epidemiológicos.

No município de Jaguaratama, assim como em todo o estado do Ceará, *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* são as espécies mais encontradas em domicílios e peridomicílios (Diotaiuti et al., 2000; Sarquis et al., 2006). Dados dos levantamentos de triatomíneos em Jaguaratama, realizados entre 1975 a 2017, mostram que foram capturados 14.934 espécimes de *T. brasiliensis* e 25.921 *T. pseudomaculata*, entre outras espécies também capturadas, como *R. nasutus*, *P. megistus* e *P. lutzi* (dados não publicados). A aplicação de inseticidas de ação residual nesse município, como em outros do estado, não acontece regularmente, facilitando assim o processo de reinvasão e reinfestação dos domicílios e peridomicílios e também a seleção de população com resistente metabólica aos inseticidas (Schama et al., 2016).

Barbu et al. (2009) enfatizaram que os programas de controle dos hemípteros não domiciliados que são focados em estratégias de controle químico (borrifação de inseticidas) possuem restrições, devido a não padronização de migração desses insetos e a recorrentes reinvasões das casas após o tratamento com inseticidas. Em uma revisão sistemática, pesquisadores avaliaram o quão comum e importante é o processo de reinfestação desses insetos em ambientes previamente borrifados, bem como a participação da população é importante para os programas de controle (Abad-Franch et al., 2011). Em decorrência da alta frequência de reinvasões e toda a complexidade que envolve esse processo enzoótico, a eliminação de espécies nativas se torna inviável, constituindo-se em um desafio para estratégias de vigilância e controle (Abad-Franch et al., 2011). Dias et al. (2002) relatam que metodologias simples como melhoria nas construções das habitações, limpeza e utilização de produtos como inseticidas químicos utilizadas nos programas de controle dos vetores da doença de Chagas, iniciados na década de 1940, contribuíram de forma eficaz para a eliminação (ou quase) de populações vetorais primárias, ou domésticas, como, por exemplo, *T. infestans* e *R. prolixus*, por serem espécies introduzidas e totalmente domiciliadas.

O processo de dispersão desses insetos é outro aspecto importante para os planejamentos de controle. A disseminação dos triatomíneos ocorre de duas



maneiras: ativa e/ou passiva. A dispersão ativa é feita por voos ou caminhadas, ocasionada por fatores como a) estado nutricional: o inseto sai em busca de hospedeiros (fontes alimentares) (Lehane et al., 1992; McEwen e Lehane, 1993), b) status reprodutivo (McEwen e Lehane, 1994) e c) elevada densidade populacional (Lehane et al., 1992; Ceballos et al., 2005; Almeida et al., 2011) em determinados focos: o aumento no número de triatomíneos faz com que cada inseto tenha menos chance de conseguir o sangue daquele hospedeiro. Há evidências que espécies triatomíneas domiciliadas podem apresentar atrofia muscular do tórax, devido à proximidade da fonte alimentar mais próxima, no caso, o homem e consequentemente, não fazendo necessário o uso de suas asas para o voo (OPAS, 2012). Outra maneira de dispersão é por modo passivo, por meio de transporte em alguns animais, seja no inseto adulto ou pela fixação dos ovos que certas espécies possuem, principalmente os *Rhodnius* (Barata, 1981); ou por objetos levados pelo homem para dentro dos domicílios, como os próprios caules e troncos da vegetação próxima às casas, que são utilizadas como fonte de energia para preparo de alimentos (Freitas et al., 2004). Gorla (2002) mostrou que variáveis ambientais podem retratar a distribuição geográfica e existência de *T. infestans*, e que não necessariamente essa distribuição esteja relacionada somente com a disponibilidade das habitações humanas. Abrahan et al., (2011) testaram, além da dispersão ativa, galinhas como possível transportador de *T. infestans* em áreas peridomiciliares na região árida do Chaco da Argentina e viram que não foi encontrado nenhum exemplar dessa espécie nas galinhas. Importante salientar que o comportamento e mudanças antrópicas ocasionam também processos sinantrópicos de espécies silvestres, no entanto mecanismos de adaptação e domiciliação dos triatomíneos em ecótopos artificiais ainda têm uma lacuna na literatura.

Abad-Franch et al. (2010a) destacam que o conceito-chave para vigilância epidemiológica é a clara compreensão de qual ou quais populações de triatomíneos têm a maior probabilidade de colonizar habitações construídas pelo homem, e que, evidentemente, adultos desses insetos conseguem entrar e fazer uso dos domicílios, porém poucos conseguem de fato formar colônias viáveis. Os autores apontam também que os processos ecológicos sobre a invasão-colonização desses domicílios podem ser interpretados de três maneiras: i) Imigração - migração espontânea ou passiva dos insetos de seus ecótopos naturais para estruturas

domésticas / peridomésticas. Há evidências de que esses insetos deixam seus ecótopos naturais para explorarem ambientes artificiais decorrentes de altas temperaturas e ao estado nutricional, mostrando que o voo é mais provável nos insetos subnutridos (Lehane e Schofield, 1981; Schofield et al., 1991; Lehane et al., 1992) ii) Estabelecimento – uma ou mais fêmeas procuram esses ambientes artificiais onde depositam ovos viáveis dando origem a novas colônias. O sucesso da colonização em um ecótopo artificial depende de alguns fatores como substrato adequado para postura dos ovos, condições microclimáticas favoráveis e adequado fornecimento de alimentos para a descendência (Abad-Franch e Monteiro, 2007; Abad-Franch et al., 2010a); e iii) Colonização - a colônia viável formada consiga manter seus indivíduos até a fase de reprodução, dando continuidade àquela colônia. A colonização pode ser o processo mais importante do ponto de vista epidemiológico. Esta depende principalmente das características estruturais dos ecótopos e fornecimento de recursos. As peculiaridades das construções domésticas e peridomésticas estão associadas com as chances de infestação nesses ecótopos, sendo as estruturas que representam atributos semelhantes aos ecótopos naturais de determinadas espécies têm mais chances de ser infestados por essa espécie (Lent e Wygodzinsky, 1979).

Os efeitos das características de ecótopos artificiais (antrópicos) e a disponibilidade de hospedeiros sinantrópicos têm um papel fundamental para entender fatores de interação de espécies de triatomíneos com animais domésticos e o próprio homem (Valença-Barbosa et al., 2014a). No ambiente domiciliar, espécies como *T. dimidiata*, por exemplo, têm preferência por ambientes com paredes de barro e/ou com rachaduras e não rebocados. Em ambientes peridomiciliares, pilhas de telhas ou tijolos, pedaços e cercados de madeiras para galinheiros e currais, assim como também a circulação de hospedeiros domésticos, peridomésticos e silvestres estão relacionados à maior probabilidade de infestação por diferentes espécies triatomíneas (Abad-Franch et al., 2010a; Sarquis et al., 2012; Bezerra et al. 2014; Rossi et al. 2015; Daflon-Teixeira et al., 2019).

## 1.2 Aspectos ecológicos de *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata*

Estudos voltados para ecologia dos insetos vetores do *T. cruzi* começaram a ganhar notoriedade a partir da década de 1960, baseados em estudos dos reservatórios e espécies silvestres de triatomíneos sobre a epidemiologia da doença na região Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, mais precisamente no estado de São Paulo e Goiás. (Barretto, 1966; 1967a; 1967b; 1967c; 1968). Barretto (1976) descreve a distribuição dos triatomíneos fundamentada no comportamento ecológico e seu grau de relacionamento com o homem e os animais domésticos, comensais e sinantrópicos, sendo esses triatomíneos divididos em seis grupos, indo de tipicamente silvestre a estritamente domiciliados. Após o controle de *T. infestans*, por meio de inseticidas, em diversas regiões do Brasil, Forattini et al. (1971) foram pioneiros em relatarem o aumento de invasões em habitações humanas de espécies triatomíneas nativas, como *T. sordida* em casas e anexos e *R. neglectus* sendo encontrada mais comumente em palmeiras.

O sucesso do uso dos inseticidas de efeito residual prolongado, que têm como objetivo, proteção duradoura nos domicílios contra qualquer invasão dos insetos nos intradomicílios não foi tão grande nos peridomicílios, devido à sua complexidade ambiental – currais, galinheiros e chiqueiros, diversos objetos entulhados ao redor da casa, como telhas, tijolos, madeiras, etc. (Dias et al., 2002; Sarquis et al., 2004; 2006; Coutinho et al., 2012; Parente et al., 2017, Daflon-Teixeira et al., 2019). Há diversos estudos que visam o controle do ciclo peridoméstico de forma alternativa, como a reformulação e alteração na composição química dos inseticidas (Cecere et al., 2006; Dias e Jemmio, 2008; Amelotti et al., 2009) e modificações no ambiente peridomiciliar, removendo possíveis ecótopos artificiais potencialmente ocupados por triatomíneos (Zeledón e Rojas, 2006).

Copas de palmeiras, ninhos, tocas de animais, afloramentos rochosos, troncos caídos e ocos de árvores são os habitats silvestres mais conhecidos dos triatomíneos (Lima et al., 2008; Abad-Franch et al., 2010b; Sarquis et al., 2012). Esses hematófagos estão intimamente relacionados a animais homeotérmicos como cão, gato, boi/cabra, marsupiais (gambás), desdentados (tatus, tamanduá, bicho preguiça), morcegos, roedores e aves. Cada espécie de triatomíneo tem sua

preferência por fontes alimentares e tipos de abrigos. Ao longo dos anos, espécies desses insetos se tornaram peridomésticas ocupando construções que servem de abrigo e criação de animais domésticos, muito comumente encontradas em habitações rurais (Lent e Wygodzinsky, 1979). Já foi observado que espécies encontradas no interior dos domicílios também foram vistas colonizando o peridomicílio em ecótopos artificiais, associadas a animais domésticos ou sinantrópicos muito comuns como coelhos, preás, galinhas, porcos, pombos, carneiros, ovelhas, cavalos e bois (Alencar, 1987; Coutinho et al., 2012; Valença-Barbosa et al., 2014a). Sabe-se que, para importância epidemiológica, fatores como alto grau de antropofilia, curto espaço de tempo entre alimentação e defecação e adaptação aos ecótopos artificiais determinam sua relevância como inseto vetor (Almeida et al., 2003). Lorenzo et al. (2000) ressaltam que fatores microclimáticos dos esconderijos, como temperatura e umidade relativa do ar, em ecótopos artificiais podem ser cruciais para determinar a competência de distribuição e infestações por triatomíneos. Ademais, como citado anteriormente, a intensificação nas mudanças ambientais provocadas pelo ser humano, alterando profundamente a paisagem natural, favorecem não só a adaptação domiciliar como também a dispersão desses hemípteros (Forattini, 1980). Fontes luminosas podem fazer com que as habitações humanas sejam um atrativo para os triatomíneos. Esse comportamento de atração pela luz permitiu o desenvolvimento de armadilhas luminosas para a captura de triatomíneos, como foi mostrado, pela primeira vez no Brasil, com *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* (Carbajal-de-la-Fuente et al., 2007).

O bioma no qual esses triatomíneos estão inseridos também é relevante. Segundo estudo de Gurgel-Gonçalves et al. (2012), utilizando modelagem de nicho ecológico e focados na distribuição geográfica dos vetores do *T. cruzi* no Brasil, o bioma Caatinga ocupa o terceiro lugar no ranking de diversidade de triatomíneos, sendo encontradas 24% (15/62) de espécies nessa região, atrás somente da Amazônia (26%; 16/62) e do Cerrado (39%; 24/62). Os autores relatam também que *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* são as duas espécies de maior predominância no bioma Caatinga. Alencar (1987) observou que, em relação ao tipo ecológico, essas duas espécies estavam em vias de adaptação aos domicílios ou peridomicílios e/ou eram indiferentes aos ambientes domésticos ou silvestres. O município de Jaguaratama, na região do Vale do Jaguaribe no estado do Ceará, é

frequentemente infestado com *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata*, especialmente nos domicílios e peridomicílios (Alencar, 1987). Em Jaguaruana, no Ceará, estudos vêm mostrando colônias de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* nos ambientes domésticos, peridomésticos e silvestres, além de infecções por *T. cruzi*, com *T. pseudomaculata* prevalecendo em ambientes peridomésticos (Sarquis et al., 2004; Sarquis et al., 2006; Lima et al., 2012).

Após o controle de populações domésticas de *T. infestans* no Brasil, *T. brasiliensis* se tornou uma das espécies nativas de maior importância para o Ministério da Saúde, visto que é frequentemente encontrada colonizando o intradomicílio e peridomicílio em áreas rurais, principalmente nas zonas semiáridas do Nordeste brasileiro (Dias et al., 2000; Sarquis et al., 2006). *T. brasiliensis* é considerado um complexo de espécies composto por *Triatoma brasiliensis brasiliensis*, *Triatoma brasiliensis macromelasoma*, *Triatoma juazeirensis*, *Triatoma melanica*, *Triatoma sherlocki*, *Triatoma lenti* e *Triatoma bahiensis* (Monteiro et al., 2004; Mendonça et al., 2009; Costa et al., 2013; Mendonça et al., 2016). Em ecótopos silvestres, *T. brasiliensis* é encontrado em rochas associados a lagartos e pequenos roedores como preás (*Cavia aperea*) e mocós (*Kerodon rupestris*) (Barrett et al., 1979; Lent e Wygodzinsky, 1979; Sarquis et al., 2012; Gurgel-Gonçalves et al., 2012). Todos os membros do complexo, exceto *T. melanica*, estão aptos a invadir e colonizar espaços rochosos nas habitações humanas (Almeida et al., 2011). Estudos voltados para marcadores genéticos e genética de populações revelam que parece haver fluxo de *T. brasiliensis* entre ambientes selvagens próximos às casas e ambientes artificiais, sendo o peridomicílio a área compartilhada principal (Borges et al., 2005). Dentro das casas, é encontrada principalmente habitando frestas nas paredes, devido a condições microclimáticas favoráveis, parecidas com seu habitat natural (Lorenzo et al., 2000). No peridomicílio é encontrada em diversos tipos de anexos como currais (de cabra, ovelha, boi, cavalo), galinheiros, poleiros, amontoados de telhas, tijolos e madeira (Rodrigues et al., 1995; Costa et al., 1998; Sarquis et al., 2006; Sarquis et al., 2012).

*T. pseudomaculata* também é encontrado nas regiões semiáridas e de clima quente do país e é considerada a segunda espécie mais importante no nordeste brasileiro e, juntamente com *T. brasiliensis*, é uma espécie de difícil controle. Ambas

as espécies têm a região Nordeste como o epicentro de dispersão para outros estados (Dias et al., 2000). *T. pseudomaculata* é uma espécie peridoméstica, ocorrendo em menor número no domicílio quando comparada a *T. brasiliensis*. Quando associados, *T. brasiliensis* é encontrado no intradomicílio e peridomicílio, enquanto que *T. pseudomaculata* é encontrado habitualmente no peridomicílio. No ambiente silvestre, *T. pseudomaculata* é frequentemente encontrado nas entrecascas de *Mimosa tenuiflora* (popularmente conhecida como “jurema-preta”), árvore amplamente disseminada em áreas de Caatinga, mas isso não faz com que essa espécie tenha aparente preferência por essa árvore, podendo ser encontrada em qualquer outra árvore da caatinga. No ambiente peridomiciliar, essa espécie é frequentemente associada à presença de galináceos (Lent e Wygodzinsky, 1979; Freitas et al., 2004; Carbajal-de-la Fuente et al., 2008).

Condições adversas levam os triatomíneos a empregarem estratégias de sobrevivência que são relacionadas à eleição de novos habitats, comportamento reprodutivo e preferências por hospedeiros, sendo causas principais para sua dispersão e possível instalação em ecótopos artificiais (Catalá et al., 2017). Freitas et al. (2005) testaram fontes alimentares de *T. pseudomaculata* no estado do Ceará e observaram que, em ordem de preferência, essa espécie se alimenta de aves (62,5%), roedores (33,7%), cão (20,1%), gambá (9,8%), lagarto (5%), boi/cabra (5%), gato (2,7%), porco (2,2%), barata (2,2%) e humano (1,6%). Apesar da baixa conversão de formas infectantes (tripomastigotas metacíclicas) de *T. cruzi* em *T. pseudomaculata*, essa espécie tem grande importância epidemiológica por estar próxima a populações humanas, ainda que em sua maioria nas áreas peridomiciliares (Forattini et al., 1981; Alencar, 1987).

A fim de elucidar algumas questões sobre a ecologia e comportamento de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* em ambientes domésticos e peridomésticos (ambientes artificiais), neste estudo aventamos a hipótese de ocorrência e co-ocorrência dessas duas espécies em ecótopos considerados artificiais. Essa hipótese está baseada em uma premissa e uma pergunta central: *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* estão ecologicamente segregadas na natureza, pois estão em ecótopos diferentes e utilizam hospedeiros distintos como fonte alimentar. Essas duas espécies mantêm segregação ecológica quando ocupam ecótopos artificiais

em espaços domésticos e peridomésticos compartilhados? A partir da premissa citada acima, têm-se as seguintes previsões da pergunta central: *T. brasiliensis* estaria associada a estruturas minerais e locais usados por mamíferos, e por outro lado, *T. pseudomaculata* estaria associada a estruturas de madeira e locais usados por aves domésticas. Essa hipótese pressupõe que, em geral, a probabilidade de co-ocorrência (as duas espécies ocupando o mesmo ecótopo) seria muito baixa, e prevê também que *T. brasiliensis* deveria ocorrer sozinha em ecótopos minerais com uma frequência muito maior do que a frequência de ocorrência de *T. pseudomaculata* no mesmo tipo de ecótopo. Por outro lado, *T. pseudomaculata* deveria ocorrer sozinha em galinheiros ou poleiros com uma frequência muito maior do que a frequência de ocorrência de *T. brasiliensis* no mesmo tipo de ecótopo.

### **1.3 Modelagem ecológica**

As primeiras pesquisas ecológicas trabalhadas com modelos matemáticos foram realizadas a partir da década de 1920, com base em estudos do italiano Lotka (1925). Tais estudos foram baseados em coabitações de espécies em um mesmo ambiente. Muitos fenômenos científicos podem ser representados em desenhos matemáticos, a fim de responder perguntas de forma mais prática e objetiva (Asher e Petzold, 1998). Matt Keeling e Pejman Rohani (2011) definem a modelagem matemática como “...qualquer modelo pode ser pensado como uma ferramenta conceitual que explica como um objeto (ou sistema de objetos) se comportará. Um modelo matemático usa a linguagem da matemática para produzir uma descrição mais refinada e precisa do sistema”.

Para a montagem de um modelo matemático, é preciso ter conhecimento teórico do fenômeno a ser estudado e incluir suas particularidades. Ao selecionar tais individualidades a serem incluídas nos modelos, procura-se responder questões e fazer previsões de determinadas hipóteses (Lotka, 1925). Diversos trabalhos, hoje em dia, utilizam essa abordagem para estudos em doença de Chagas, colaborando, assim, para redução do risco de infecção humana, a partir de gerenciamento ambiental de baixo custo no uso combinado de inseticida e exclusão de cães infectados do interior das casas (Cohen e Gürtler, 2001), entendimento da ecologia geográfica (distribuições e invasões) de diversas espécies de triatomíneos que

ocorrem no Brasil (Costa et al., 2002; Gurgel-Gonçalves et al., 2012; Brito et al., 2017), detecção de infestação de *Rhodnius spp.* em palmeiras da região Amazônia (Abad-Franch et al., 2010b) e compreensão de determinantes de infestação dos domicílios em áreas rurais (Gurevitz et al., 2011).

Devido a destruições de ecótopos naturais, torna-se comum a busca por abrigo e alimento - de sangue humano e/ou de animais domésticos e sinantrópicos -, fazendo com que espécies selvagens de triatomíneos invadam domicílios e peridomicílios e formem colônias em novos ecótopos artificiais (Dias-Lima e Sherlock, 2000). Salientando que *T. brasiliensis*, na natureza, é encontrado em ambientes rochosos e tem maior capacidade vetorial, por possuir maiores taxas de infecção natural com *T. cruzi*, em relação a *T. pseudomaculata*, que é usualmente detectado em árvores e ninhos de pássaros, responder a perguntas relacionadas a segregação dessas duas espécies em ambientes artificiais tem em vista o melhor meio de controle de infestações em áreas domésticas, podendo ser mais relevante o manejo de materiais minerais concentrados pelo peridomicílio que os materiais relacionados a madeiras. Estudos que abordem medições de efeitos das características estruturais específicas de abrigos e presença de animais nesses ambientes ressaltam a relevância na busca de maximizar a eficácia dos programas de controle para reduzir a infestação de vetores nas unidades domiciliares (Campbell-Lendrum et al., 2007; Gurevitz et al., 2011; Dumonteil et al., 2013).



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar se *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* mantêm segregação ecológica natural quando ocupam ecótopos artificiais em ambientes domésticos/peridomésticos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a densidade populacional de cada espécie de triatomíneo, em ecótopos artificiais;
- Determinar os efeitos das características físicas dos ecótopos artificiais (mineral e vegetal) nas frequências de ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata*;
- Determinar os efeitos das disponibilidades de hospedeiros (mamíferos e aves) nas frequências de ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata*;
- Determinar a frequência de ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata*, em ecótopos artificiais.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de estudo e considerações éticas**

A pesquisa tem abordagem ecológica e está inserida no projeto *Investigação Ecoepidemiológica da doença de Chagas em áreas endêmicas do Vale do Jaguaribe, no Estado do Ceará, Brasil*, desenvolvido pelo Laboratório de Ecoepidemiologia da Doença de Chagas (LEDOC) do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz, sob a coordenação da Dra. Marli Maria Lima. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – FIOCRUZ, sob a licença 139/01 (Apêndice 8.1), com autorização para atividades com finalidade científica pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (ICMBio - Sisbio) (Apêndice 8.2), sob a licença número 14323-6.

#### **3.2 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em localidades rurais do município de Jaguaretama, estado do Ceará, região do Vale Jaguaribe. Jaguaretama situa-se entre as coordenadas 5° 36' 46" S e 38° 46' 01" W, (figura 1), cerca de 213 km de Fortaleza, capital do estado, em uma área absoluta de 1.759,4 km<sup>2</sup> e altitude de 100 metros acima do nível do mar. A principal via de acesso ao município são as rodovias estaduais CE 368 e CE 371. Limita-se ao norte com Morada Nova e Banabuiú, ao sul com Solonópole, Jaguaribara e Jaguaribe, a leste com Jaguaribara, Morada Nova e Alto Santo, e a oeste com Banabuiú e Solonópole. O clima é tropical quente semiárido com temperatura média de 26° a 28°C. Como na maior parte do nordeste brasileiro, há basicamente duas estações climáticas: a seca, de maio a dezembro, e a chuvosa, de janeiro a abril (IPECE, 2017). Segundo dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisa do Estado do Ceará, no ano de 2017 a estimativa da população no município era de 17.958 habitantes e densidade demográfica de 10,15 habitantes por km<sup>2</sup>, segundo o último recenseamento realizado em 2010. O censo de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, mostrou também que a maior parte da população (9.394/52,59%) residia em áreas rurais (IPECE, 2017).



**Figura 1.** Mapa do continente Americano, com destaque para: 1: Brasil; 2: estado do Ceará e 3: município de Jaguarétama. Fonte: <http://pt.wikipedia.org>, com adaptações.

Em relação aos aspectos ambientais, a região constitui-se de vegetação caatinga arbustiva aberta e floresta mista dicótilo-palmácea. Árvores como mulungu (*Erythrina*), pereiro (*Aspidosperma*), jurema (*Mimosa* sp, *Acacia* sp e *Pithecellobium* sp), nim (*Azadirachta*) e angico (*Anadenanthera*) são amplamente distribuídas pelo município, principalmente o pereiro.

A pesquisa foi realizada no período de 23 a 27 de outubro de 2017 (período seco), em seis localidades situadas na zona rural do município de Jaguarétama: Ipueiras do Romão, Massapê do Cacimiro, Águas Belas, Almas I, Almas II e Sítio do Recanto. Segundo informações da Secretaria Municipal de Saúde, as localidades selecionadas para o estudo não tinham sido visitadas para o controle de vetores há pelo menos cinco anos. A tomada de decisão para escolha das localidades foi feita juntamente com os Agentes de Endemias da Secretaria de Saúde do Estado do Ceará, através de croquis, onde as áreas selecionadas estavam na rota para futuro trabalho epidemiológico (borrifração) nos intradomicílios. Só foram inspecionadas as Unidades Domiciliares (UDs) em que pelo menos um morador adulto estivesse na casa no momento da visita da nossa equipe.

A criação de animais para fins comerciais – gado, aves, ovinos e caprinos – é bastante comum entre moradores dessas regiões. Nessas localidades, como na maior parte da região rural do sertão nordestino, a população tem o hábito de acumular pilhas de madeiras para construções de cercados para animais de criação ou até mesmo para utilização como lenhas. Outro hábito comum é o acúmulo de telhas e tijolos que ficam amontoados nos peridomicílios. Em todas as localidades visitadas, o solo era de terra batida e arenosa (fig.2). No período da pesquisa, a temperatura na região variou de 28° a 39°C, com média de 35°C.



**Figura 2.** Localidade de Sítio do Recanto, Jaguaratama, CE. Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A maioria das residências locais são de alvenaria, porém ainda persistem algumas casas de taipa (Fig. 3). Nos peridomicílios encontram-se chiqueiros, galinheiros e currais para criações de bovinos, suínos, caprinos, ovinos e galináceos (Fig. 4(d)), além de amontoados de tijolos e telhas (materiais minerais) e madeiras (vegetais) espalhados ao redor da área peridomiciliar, comumente como anexos às casas.

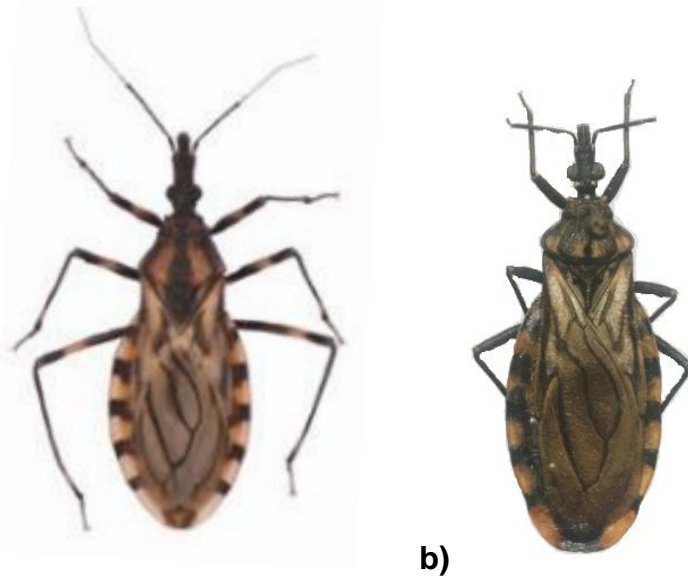


**Figura 3.** Tipos de moradias no sertão do município de Jaguaretama. a) casa de taipa; b) casa de alvenaria. Fonte: Acervo pessoal, 2017.



### 3.3 Investigação de triatomíneos em ecótopos artificiais

A investigação/captura dos triatomíneos – *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* (figura 4) - foi feita em cada unidade domiciliar (UD) visitada. A unidade domiciliar é caracterizada pela habitação humana, seus anexos e todo o espaço próximo à casa. Foram considerados ecótopos artificiais as próprias residências e todos os tipos de construções feitas pelos moradores em todo o peridomicílio. Foi preenchido um protocolo de campo (Apêndice 8.3) com as características estruturais (mineral ou vegetal) dos ecótopos, se esses estavam habitados ou não, quais animais ocupavam tais ecótopos, entre outras informações. Todos os pontos das coordenadas geográficas foram anotados, utilizando um aparelho de GPS (modelo Etrex Gamin®). As buscas dos triatomíneos nas UD's foram efetuadas no período diurno, com ajuda dos Agentes de Endemias do município de Jaguaretama, de forma exaustiva, manualmente (com o uso de luvas, pinças e lanternas) e sem o uso de desalojante, buscando capturar o máximo de triatomíneos encontrados.



**Figura 4:** Triatomíneos nativos da caatinga. a) *Triatoma brasiliensis*; b) *Triatoma pseudomaculata*. Fonte: Galvão C., 2015 (Série Zoologia: Guias e manuais de identificação – Vetores da doença de Chagas no Brasil).



**Figura 5.** Exemplos de ecótopos investigados para busca de triatomíneos. A) parede interna de intradomicílio construído de taipa; B) busca em amontoado de telhas; C) busca em poleiro; D) busca em galinheiro; E) busca em amontoado de madeiras e F) busca em abrigo de animais. Fonte: Acervo pessoal, 2017.



Busca intradomiciliar: A vistoria na residência foi feita tanto nas paredes externas como nas internas, procurando pelos triatomíneos em cada fresta das paredes, atrás de pertences dos moradores, camas, cortinas, quadros, entre outros utensílios que poderiam servir de abrigo para os insetos. A busca iniciava-se com um agente de endemia investigando cuidadosamente todos os cômodos e uma pesquisadora do LEDOC preenchendo o protocolo, até que não fossem mais encontrados triatomíneos na casa. Foi dado um código a cada domicílio inspecionado e todos seus anexos.

Busca peridomiciliar: Consideramos como peridomicílio toda a área ao redor do domicílio, englobando todo tipo de construção, temporária ou permanente, para o uso humano e/ou criação de animais – garagens/depósitos, poleiros, galinheiros, currais, chiqueiros - e também amontoados de troncos, ou galhos de árvores ou materiais de construção, geralmente telhas e tijolos. A investigação foi feita com a mesma metodologia descrita acima, um agente e uma pesquisadora da equipe realizavam a busca em cada ecótopo.

Os triatomíneos capturados foram acondicionados em frascos de plástico com papel filtro no interior, fechados com tampas de nylon amarradas com elásticos, e identificados de acordo com a espécie, códigos dados a cada residência, código do anexo e data de coleta. Só foram coletados exemplares das espécies *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata*. Um espécime (morto) de adulto de *Panstrongylus lutzi* e outro de *Rhodinus nasutus* foram encontrados e anotados no protocolo, mas não utilizadas no estudo. Diariamente, os tubos eram levados para o ponto de apoio da Secretaria de Saúde do município de Jaguaretama, cedidos gentilmente pelos agentes de saúde, para a contagem, identificação de espécie e estágio de desenvolvimento. Os insetos foram identificados de acordo com a chave dicotômica de Lent e Wygodzinsky (1979). Todos os espécimes capturados foram transportados no álcool em pequenos tubos plásticos (Eppendorf®) para o LEDOC e armazenados individualmente no freezer.

Foram investigadas 91 unidades domiciliares, incluindo os intradomicílios e estruturas peridomiciliares. Para as análises estatísticas, foram utilizados 412 ecótopos artificiais. Para os ecótopos, foram considerados a composição da



estrutura física (telha, tijolo, taipa ou madeira, ou seja, mineral ou vegetal), presença de animais de criação por abrigo e quais animais habitavam esses abrigos. Para as análises, foram utilizadas as covariáveis abaixo (Quadro 1). A escolha destas foi fundamentada no conhecimento sobre essas duas espécies na literatura. A definição dessas covariáveis estão descritas a seguir:

**Quadro 1.** Definição das covariáveis.

Classe	Covariável	Definição
Ecótopo	Mineral	Ecótopo construído com material mineral
	Vegetal	Ecótopo construído com material vegetal
Fonte alimentar	Aves	Presença de aves
	Mamíferos	Presença de mamíferos, incluindo o roedor
	Mamífero (er)*	Presença de mamíferos, excluindo o roedor
	Roedor	Presença de roedores

\*(er) = excluindo roedores.

O critério para afirmar que havia roedores nos ecótopos era pela própria existência do animal – o que foi bastante comum - ou pela presença de fezes no local. Com essas covariáveis, modelos matemáticos foram elaborados no intuito de avaliar os efeitos dos tipos de ecótopos e a presença de animais sinantrópicos sobre a ocorrência e co-ocorrência das duas espécies, fundamentando-se, essencialmente, das seguintes hipóteses:

### Hipótese de habitats

Em ecótopos construídos com material mineral, a espécie de maior ocorrência nesse habitat seria *T. brasiliensis*. Assim como em ecótopos construídos de material vegetal, *T. pseudomaculata* estaria mais associado a este tipo de ecótopo. Essa hipótese prediz que, em geral, a probabilidade de co-ocorrência (as duas espécies ocupando o mesmo ecótopo) é muito baixa e que *T. brasiliensis* deveria ocorrer sozinha em ecótopos minerais ou com uma frequência muito maior do que a frequência de *T. pseudomaculata* sozinha nesse mesmo tipo de ecótopo. Além disso, *T. pseudomaculata* deveria ocorrer sozinha em ecótopos vegetais ou com uma frequência muito maior do que a frequência de *T. brasiliensis* nesse mesmo tipo de ecótopo.

### **Hipótese de recurso alimentar**

Ecótopos com disponibilidade de mamíferos como fonte alimentar teriam maior frequência de ocorrência de *T. brasiliensis*; e ecótopos onde tenham aves, a maior frequência de ocorrência seria de *T. pseudomaculata*. Outra predição dessa hipótese diz que *T. brasiliensis* tem preferência por roedores nativos da região, como *Galea* sp (Lima et al, 2012), seguido de cabras/ovelhas e, em menor grau, aves (Valença-Barbosa et al., 2014a).

### **3.4 Análise de dados e Modelos mistos lineares generalizados (GLMMs)**

As informações do protocolo de campo foram inseridas em um banco de dados específico elaborado para o presente estudo. As análises estatísticas foram realizadas pelo *software RStudio* (versão 1.2.1335) (disponível gratuitamente em <http://www.rstudio.com/>).

Como resumido no Quadro 1, as variáveis de características semelhantes foram agregadas para uma melhor análise dos dados. Quanto às características dos ecótopos: “pilha de telhas” e “pilha de tijolos” foram considerados como “minerais”, pois são materiais que são confeccionados da mesma matéria prima (barro), ou seja, de material mineral. Currais (de boi, cabra, cavalo, ovelha), galinheiros ou outras construções foram classificados de acordo com sua estrutura física, sendo mineral ou vegetal. Os animais também foram agrupados. Devido a importância das galinhas e roedores na alimentação dos triatomíneos, os grupos foram divididos em: 1) aves - que incluem galinhas, perus, patos e galinhas d’angola; 2) mamíferos - todos os mamíferos, incluindo os roedores; 3) mamíferos (er) – todos os mamíferos encontrados (vaca, boi, cabra, ovelha, porco), excluindo os roedores e 4) roedores (podendo ser *Rattus* sp., *Mus* sp., *Galea* sp. ou *Thrichomys* sp.).

Primeiramente, foram realizadas análises exploratórias com os dados de presença e ausência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* nos ecótopos e a quantificação de ninfas e adultos, utilizando estimativas de máxima verossimilhança (*odss ratio*; IC=85%) para avaliar a razão de chance de ocorrência de uma espécie sem a presença da outra em um mesmo ecótopo. Posteriormente, foram utilizados

os dados de presença (“1”) e ausência (“0”) para todas as covariáveis estabelecidas acima (ver Quadro 1). Os modelos formulados permitem estimar os coeficientes de regressão de cada covariável ( $\beta$ ) e os erros-padrão (EP). Com o objetivo de identificar os fatores responsáveis pela ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* em ecótopos artificiais, foram investigados os efeitos relativos às estruturas físicas desses ecótopos e à disponibilidade de hospedeiros vertebrados quanto à ocorrência desses dois vetores, utilizando modelos mistos lineares generalizados (GLMMs - *generalized linear mixed models*) com distribuição binominal.

Baseado nas hipóteses e estruturas dos modelos, no total, 52 modelos (26 para *T. brasiliensis* e 26 para *T. pseudomaculata*) hierárquicos foram gerados com diferentes combinações das covariáveis. A seleção dos modelos foi baseada nos critérios de informação Bayesiano (BIC – *Bayesian Information Criterion*) (Hotten e Hobbs, 2015). Para testar as hipóteses de que a ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* depende da estrutura do ecótopo ou a disponibilidade de hospedeiro - definido como se havia evidência de que pelo menos um hospedeiro fazia uso de um determinado ecótopo vistoriado - foram construídos os seguintes modelos, mostrados no Quadro 2.

**Quadro 2.** Modelos de ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* e suas hipóteses.

Modelo	Tipo de hipótese	Interpretação (se o modelo tiver suporte)	Estrutura do modelo
		A presença da espécie A em um determinado ecótopo depende (*):	
1	Nula	De nenhuma das variáveis estudadas	Espécie A ~ 1 + (ud)
2	Espécie	Somente da presença da espécie B no ecótopo	Espécie A ~ espécie B + (ud)
3	Estrutura	Somente de se o ecótopo tem alguma parte mineral	Espécie A ~ mineral + (ud)
4		Somente de se o ecótopo tem alguma parte vegetal	Espécie A ~ vegetal + (ud)
5		Somente da estrutura do ecótopo, com diferenças entre mineral e vegetal	Espécie A ~ mineral + vegetal + (ud)
6	Hospedeiros	Somente da disponibilidade de aves no ecótopo	Espécie A ~ ave + (ud)
7		Somente da disponibilidade de mamíferos (er)** no ecótopo	Espécie A ~ mamífero (er) + (ud)
8		Somente da disponibilidade de roedores no ecótopo	Espécie A ~ roedor + (ud)
9		Somente da disponibilidade de mamíferos no ecótopo	Espécie A ~ mamífero + (ud)
10		Somente da disponibilidade de mamíferos, mas com diferença entre roedores e os demais	Espécie A ~ mamífero (er) + roedor + (ud)
11		Somente da disponibilidade de hospedeiros, mas com diferença entre aves e mamíferos (er)	Espécie A ~ ave + mamífero (er) + (ud)
12		Somente da disponibilidade de hospedeiros, mas com diferença entre aves e roedores	Espécie A ~ ave + roedor + (ud)
13		Somente da disponibilidade de hospedeiros, mas com diferença entre ave e mamíferos	Espécie A ~ ave + mamífero + (ud)
14		Somente da disponibilidade de hospedeiros, com diferenças entre os três tipos analisados	Espécie A ~ ave + mamífero (er) + roedor + (ud)
15	Espécie e estrutura	Da presença da espécie B e da estrutura (alguma parte mineral)	Espécie A ~ espécie B + mineral + (ud)
16		Da presença da espécie B e da estrutura (alguma parte vegetal)	Espécie A ~ espécie B + vegetal + (ud)
17		Da presença da espécie B e da estrutura (com diferenças entre mineral e vegetal)	Espécie A ~ espécie B + mineral + vegetal + (ud)
18	Espécie e hospedeiros	Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (aves)	Espécie A ~ espécie B + ave + (ud)
19		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (mamíferos [er])	Espécie A ~ espécie B + mamífero (er) + (ud)
20		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (roedores)	Espécie A ~ espécie B + roedor + (ud)
21		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (mamíferos)	Espécie A ~ espécie B + mamífero + (ud)
22		Da presença da espécie B e da disponibilidade de mamíferos (roedores ≠ mamíferos [er])	Espécie A ~ espécie B + mamífero (er) + roedor + (ud)
23		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (aves ≠ mamíferos [er])	Espécie A ~ espécie B + ave + mamífero (er) + (ud)
24		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (aves ≠ roedores)	Espécie A ~ espécie B + ave + roedor + (ud)
25		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (aves ≠ mamíferos)	Espécie A ~ espécie B + ave + mamífero + (ud)
26		Da presença da espécie B e da disponibilidade de hospedeiros (diferenças entre os três tipos)	Espécie A ~ espécie B + ave + mamífero (er) + roedor + (ud)

(\*) levando em conta a não-independência de ecótopos localizados na mesma unidade domiciliar – usando, para isso, um efeito aleatório representado por (ud); \*\*er = excluindo roedores.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Quantificação da densidade de *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* em ecótopos artificiais de diferentes estruturas

Durante o período do estudo, 91 unidades domiciliares (UD's) foram visitadas em seis localidades, totalizando 412 ecótopos artificiais vistoriados. No total, foram pesquisados 321 anexos em todas as casas e a média de anexos por domicílio foi de 3,6 (desvio padrão = 2,4; variação de 1 a 9 anexo por casa). No total, foram capturados 917 espécimes de triatomíneos, sendo 770 (83,97%) *T. brasiliensis* e 147 (16,03%) *T. pseudomaculata*. O ambiente peridomiciliar foi o local onde mais teve captura de ambas as espécies, sendo 96,6% (886/917) capturados nesse ambiente, e 3,4% (31/917) nos intradomicílios. Do total de triatomíneos capturados, 77,4% (710/917) eram ninfas, em todos os estádios, indicando colonização desses ecótopos.

Do total de UD's investigadas, 87,9% (80/91) delas estavam infestadas com triatomíneos. Um exemplar de *Panstrongylus lutzi* e um exemplar de *Rhodnius nasutus* também foram encontrados no intradomicílio e em um amontoado de troncos de árvores, respectivamente, mas não usados no estudo. Os anexos mais encontrados em todos peridomicílios foram galinheiros e poleiros (41,12%; 132/321), seguido de telhas e tijolos (29,91%; 96/321), construções (depósitos de materiais, banheiros) (13,71%; 44/321), currais (9,66%; 31/321) e troncos de madeiras (5,61%; 18/321). Apesar dos galinheiros e poleiros terem sido mais frequentemente encontrados, as telhas e tijolos apresentaram maior taxa de infestação (73,94%), sendo *T. brasiliensis* a espécie mais abundante (98,97%; 671/678) nesse tipo de ecótopo. Somente para determinar a quantidade de triatomíneos por ecótopo, a tabela 1 foi dividida em: "mineral" (completamente mineral); "vegetal" (completamente vegetal) e "vegetal+mineral" (estrutura mista) (Tabela 1). Os ecótopos que apresentaram maior índice de infestação foram os de estruturas completamente minerais. Foi observado também que a espécie mais abundante nesse mesmo tipo de ecótopo foi *T. brasiliensis* (98,8%; 751/760), como prediz a hipótese de habitats. O número de ecótopos infestados foram contados de acordo

com que cada tipo de ecótopo contenha pelo menos uma das duas espécies dos triatomíneos de estudo.

**Tabela 1.** Quantidade de triatomíneos capturados em ecótopos artificiais de diferentes estruturas. Ecótopos agrupados por característica física encontrados como anexos.

Ecótopos	Investigados	Infestados	<i>T. brasiliensis</i>		<i>T. pseudomaculata</i>		TOTAL	(%)
			N	A	N	A		
Mineral	221	42 (19%)	605	146	5	4	760	82,88
Vegetal	123	22 (17,9%)	1	1	53	38	93	10,14
Mineral+Vegetal	68	16 (23,5%)	9	8	36	11	64	6,98
<b>TOTAL</b>	<b>412</b>	<b>80 (19,4%)</b>	<b>615</b>	<b>155</b>	<b>94</b>	<b>53</b>	<b>917</b>	<b>100,00</b>

N= ninfa; A= adulto.

#### 4.2 Quantificação da densidade de *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* em ecótopos artificiais com disponibilidade de hospedeiros

Todos os ecótopos vistoriados foram avaliados para a presença de animais hospedeiros para os triatomíneos. Os ecótopos que registraram maiores números de triatomíneos foram os que continham roedores (82,51%; 599/726) e aves (16,53%; 120/726) (Tabela 2). A infestação de *T. brasiliensis* em ecótopos ocupados por aves foi de 18,33% (22/120), enquanto que a infestação de *T. pseudomaculata* foi de 81,66% (98/120). Em ecótopos ocupados por roedores, a infestação de *T. brasiliensis* foi de 74,07% (20/27) e densidade populacional de 29,75 (595/20), e a infestação de *T. pseudomaculata* foi frequente em 11,11% (3/27), com densidade de 1,33 (4/3). Nos ecótopos povoados por grandes mamíferos (gado e equinos), só foi encontrada a presença de *T. brasiliensis* (sete espécimes). Em todos os outros ecótopos ocupados por outros animais de criação (ovelha, cachorro, gato e porco) não foi registrada a presença dessas espécies. Para melhor analisar a infestação de ambas as espécies em ecótopos ocupados por esses animais e, devido a importância, descrita na literatura, das aves e roedores, os dados obtidos foram

compilados em que as duas espécies foram encontradas em ecótopos ocupados por “Aves”, “Roedor” e “Mamíferos” (Tabela 2).

**Tabela 2.** Quantidade de triatomíneos capturados em ecótopos artificiais habitados. Animais agrupados por classes encontrados em anexos.

Hospedeiros	<i>T. brasiliensis</i>		<i>T. pseudomaculata</i>		TOTAL	(%)
	N	A	N	A		
Aves	18	4	59	39	120	16,53
Roedor	501	94	2	2	599	82,51
Mamíferos	2	5	0	0	7	0,96
<b>TOTAL</b>	521	103	61	41	726	100

N= ninfa; A= adulto.

#### 4.3 Análises descritivas e exploratórias bivariadas: *Triatoma brasiliensis*

Entre todos os ecótopos vistoriados, ambas as espécies co-ocorreram somente em 4 ecótopos (0,97%) no total. No geral, *T. brasiliensis* ocorreu sozinha, sem a presença de *T. pseudomaculata*, quase duas vezes mais que *T. pseudomaculata* ocorrendo sozinha. Para as análises bivariadas, as estruturas dos ecótopos foram consideradas como pelos menos sendo constituída do material avaliado; por exemplo, ecótopos minerais = ecótopos que tinha pelo menos uma parte de sua estrutura construída de material mineral. Foi observado que *T. brasiliensis* foi encontrado com maior frequência em ecótopos constituídos com alguma parte em material mineral em relação a ecótopos que constituem alguma parte de material vegetal, chegando a ter quatro vezes mais chance de ser encontrada nesse ecótopo quando comparado a ecótopos vegetais. Esses achados mostram que *T. brasiliensis*, *a priori*, está mais relacionado a ecótopos minerais comparados a ecótopos vegetais. Além disso, a chance de ocorrer *T. brasiliensis* aumenta 13 ( $OR= 13,274$ ) vezes em ecótopos com alguma parte mineral e em 20 vezes ( $OR = 20,418$ ) quando tem roedores ocupando esses ecótopos. (Quadro 3).

**Quadro 3.** Análises exploratórias bivariadas: *Triatoma brasiliensis*.

Fator		Presença de <i>T. brasiliensis</i>				
		Sim	Não	Razão de odds	IC 85%	
Presença de <i>T. pseudomaculata</i>	Sim	4	26	1,022	0,422	2,154
	Não	50	332	(Ref.)		
Ecótopo mineral	Sim	52	237	13,274	5,342	46,161
	Não	2	121	(Ref.)		
Ecótopo vegetal	Sim	13	178	0,320	0,194	0,512
	Não	41	180	(Ref.)		
Disponibilidade de aves	Sim	7	102	0,256	0,195	0,662
	Não	54	198	(Ref.)		
Disponibilidade de roedores	Sim	20	7	20,418	15,266	60,413
	Não	41	293	(Ref.)		
Disponibilidade de mamíferos (er)*	Sim	7	92	0,293	0,224	0,765
	Não	54	208	(Ref.)		
Disponibilidade de mamíferos	Sim	27	119	1,341	1,706	4,015
	Não	34	201	(Ref.)		

\*er = excluindo roedores.

**4.4 Análises descritivas e exploratórias bivariadas: *Triatoma pseudomaculata***

A frequência de ocorrência de *T. pseudomaculata* foi maior nos ecótopos que tinham pelo menos alguma parte construída de material vegetal, apresentando quase o triplo (frequência: 26) da frequência quando comparado com ecótopos que tinham também material mineral em sua estrutura física (frequência: 10). Observou-se que a chance ter *T. pseudomaculata* em ecótopos com alguma estrutura vegetal em sua composição aumentou em oito vezes ( $OR = 8,548$ ) e quando o ecótopo estavam habitados por aves, a chance de encontrar a espécie aumenta sete vezes ( $OR = 7,278$ ), porém o intervalo de confiança é maior quando observado a estrutura física. Em ecótopos com roedores, a chance de *T. pseudomaculata* infestar esse ecótopo é muito menor ( $OR = 1,481$ ) quando comparados aos que têm aves. (Quadro 4).



**Quadro 4.** Análises exploratórias bivariadas: *Triatoma pseudomaculata*.

Fator		Presença de <i>T. pseudomaculata</i>				
		Sim	Não	Razão de odds	IC 85%	
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	4	50	1,022	0,422	2,154
	Não	26	332	(Ref.)		
Ecótopo mineral	Sim	10	279	0,185	0,101	0,326
	Não	20	103	(Ref.)		
Ecótopo vegetal	Sim	26	165	8,548	4,132	20,408
	Não	4	217	(Ref.)		
Disponibilidade de aves	Sim	21	88	7,278	4,352	14,548
	Não	8	244	(Ref.)		
Disponibilidade de roedores	Sim	3	24	1,481	0,588	3,887
	Não	26	308	(Ref.)		
Disponibilidade de mamíferos (er)*	Sim	1	98	0,085	0,015	0,336
	Não	28	234	(Ref.)		
Disponibilidade de mamíferos	Sim	4	122	0,275	0,137	0,678
	Não	25	210	(Ref.)		

\*er = excluindo roedores.

#### 4.5 Ocorrência e co-ocorrência de *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* em ecótopos com diferentes características

No geral, ambas as espécies co-ocorreram somente em quatro ecótopos (0,97%). Desses quatro ecótopos, todos tinham pelo menos uma parte construída de material mineral. A frequência de ocorrência sozinha de *T. brasiliensis* (*T. brasiliensis* “sim”; *T. pseudomaculata* “não”) em ecótopos com alguma parte de material mineral foi oito vezes maior que a frequência de ocorrência sozinha de *T. pseudomaculata* (*T. pseudomaculata* “sim”; *T. brasiliensis* “não”) no mesmo tipo de ecótopo. Já em ecótopos com alguma parte em vegetal, a frequência de *T. pseudomaculata* ocorrendo sozinha foi duas vezes maior em relação a *T. brasiliensis* ocorrendo sozinha nesse mesmo tipo de ecótopo. De acordo com a frequência de ocorrência entre as duas espécies em anexos que dispunham de variados hospedeiros, foi possível observar que em ecótopos com disponibilidade de roedores, *T. brasiliensis* esteve presente, ocorrendo sozinha, 18 vezes mais nesses

anexos, comparado a *T. pseudomaculata* em ecótopos com a disponibilidade do mesmo animal. Por outro lado, ao analisar *T. pseudomaculata* ocorrendo sozinha em ecótopos com aves disponíveis, essa espécie exibiu frequência três vezes maior comparado a *T. brasiliensis*.

**Quadro 5.** Padrões de ocorrência e co-ocorrência de *Triatoma brasiliensis* e *T. pseudomaculata* em ecótopos com diferentes características.

Tipo de ecótopo		Presença de <i>T. pseudomaculata</i>				
		Sim	Não	Razão de odds	IC 85%	
Todos os ecótopos						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	4	50	1,022	0,422	2,154
	Não	26	332	(Ref.)		
Ecótopos minerais						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	4	48	3,208	1,180	8,255
	Não	6	231	(Ref.)		
Ecótopos vegetais						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	1	12	0,510	0,073	1,868
	Não	25	153	(Ref.)		
Ecótopos com aves						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	1	6	0,683	0,094	2,764
	Não	20	82	(Ref.)		
Ecótopos com roedores						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	2	18	0,666	0,107	5,765
	Não	1	6	(Ref.)		
Ecótopos com mamíferos (er)*						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	1	6	1817,291**	0,735	8,390
	Não	0	92	(Ref.)		
Ecótopos com mamíferos						
Presença de <i>T. brasiliensis</i>	Sim	3	24	12,250	2,579	93,663
	Não	1	98	(Ref.)		

\*er = excluindo roedores; \*\*correção de Haldane.

#### 4.6 Modelos binomiais de ocupação para *Triatoma brasiliensis*

Foram elaborados 26 modelos de ocupação para *T. brasiliensis* (Quadro 6) e classificados de acordo com o melhor desempenho; do melhor para o pior. Os modelos foram ajustados para diferenças estruturais dos ecótopos (“mineral” e “vegetal”) e disponibilidade de diferentes vertebrados como hospedeiros (“roedor”, “aves”, “mamíferos (er)” e “mamíferos”). Foi testado modelo “nulo”, que apresenta a hipótese de que a infestação de *T. brasiliensis* independe dos tipos de ecótopo e animal disponível; tendo desempenho muito fraco, com grande diferença entre os valores bayesianos ( $\Delta\text{BICc} > 52$ ).

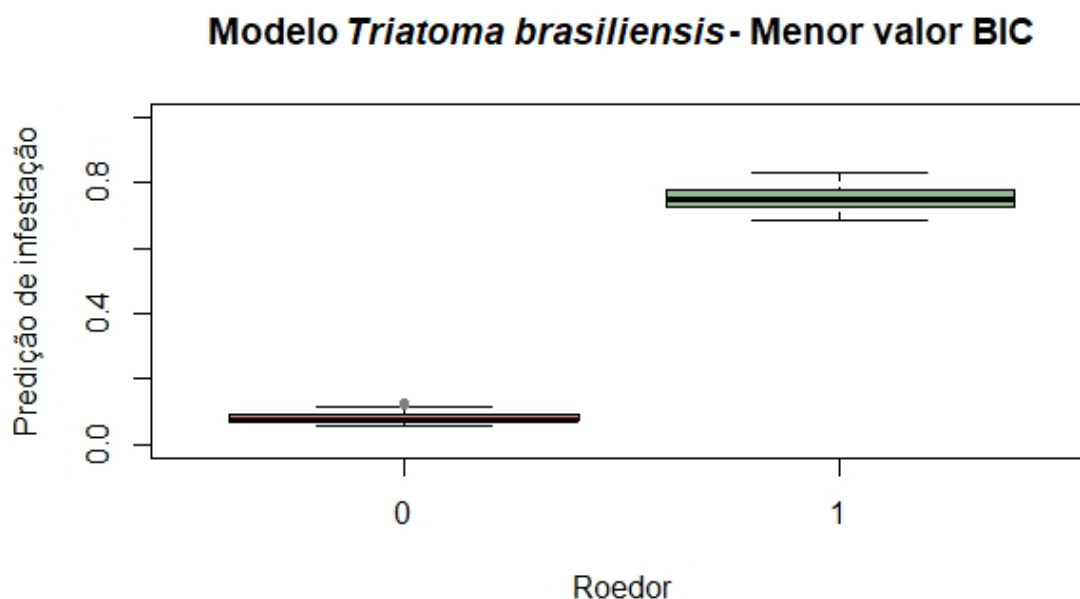
Ao observar o ranking dos modelos executados, foi possível perceber que o modelo com o melhor desempenho possui a covariável “roedor”, onde a probabilidade de infestação por *T. brasiliensis* aumenta em anexos onde tenham roedores ( $\beta_{\text{roedor}} = 3,55 \pm 0,57\text{EP}$ ). Os três primeiros modelos ( $\Delta\text{BICc} < 5,90$ ) possuem “roedor” como correlação. O segundo modelo classificado (que não foi considerado um bom modelo, mas ocupa o segundo lugar no ranking) ( $\Delta\text{BICc} = 4,90$ ) levou em conta as variáveis “galinhas” e “roedor”, sugerindo efeito negativo para infestação de *T. brasiliensis* em ecótopos com galinhas quando, no mesmo modelo, comparado a presença de roedores, tendo forte efeito positivo ( $\beta_{\text{aves}} = -0,46 \pm 0,44\text{EP}$  x  $\beta_{\text{roedor}} = 3,42 \pm 0,57\text{EP}$ ). O terceiro modelo ( $\Delta\text{BICc} = 5,893$ ), com as covariáveis “*T. pseudomaculata*” e “roedor”, estimou efeito negativo da presença de *T. pseudomaculata* e um efeito positivo para a presença de roedores ( $\beta_{\text{T.pseudomaculata}} = -0,24 \pm 0,68\text{EP}$  x  $\beta_{\text{roedor}} = 3,56 \pm 0,57\text{EP}$ ). Em nenhum dos três primeiros modelos incluíram covariáveis relacionadas à estrutura física dos ecótopos, somente covariáveis referentes à disponibilidade dos diferentes hospedeiros e à presença do *T. pseudomaculata*. Os roedores estão fortemente relacionados positivamente na ocorrência de *T. brasiliensis*. Todos os modelos consideraram a não independência dos ecótopos localizados nas mesmas unidades domiciliares para os possíveis processos de segregação nesses tipos de ecótopos artificiais, considerando um único “cluster”.

**Quadro 6.** Modelos de ocorrência para *Triatoma brasiliensis*, com destaque para o melhor modelo.

Tipo de hipótese	Modelo	k	BIC	ΔBIC	Peso
<b>Hospedeiros (roedores)</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>278,521</b>	<b>0</b>	<b>0,819</b>
Hospedeiros (aves + roedores)	12	4	283,421	4,900	0,071
Hospedeiros (mamíferos *er + roedores)	10	4	283,986	5,465	0,053
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (roedores)	20	4	284,414	5,893	0,043
Hospedeiros (aves + mamíferos *er + roedores)	14	5	288,064	9,544	0,007
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (aves + roedores)	24	5	289,436	10,916	0,003
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (mamíferos *er + roedores)	22	5	289,808	11,287	0,003
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (aves + mamíferos *er + roedores)	26	6	294,075	15,554	0
Estrutura (alguma parte mineral)	3	3	309,753	31,232	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Estrutura (alguma parte mineral)	15	4	314,078	35,558	0
Estrutura (alguma parte mineral + alguma parte vegetal)	5	4	315,668	37,148	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Estrutura (alguma parte mineral + alguma parte vegetal)	17	5	319,801	41,280	0
Estrutura (alguma parte vegetal)	4	3	324,293	45,773	0
Hospedeiros (mamíferos)	9	3	327,113	48,593	0
Hospedeiros (aves + mamíferos *er)	11	4	327,653	49,133	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Estrutura (alguma parte vegetal)	16	4	329,434	50,914	0
Hospedeiros (aves)	6	3	330,638	52,118	0
Nula	1	2	331,003	52,483	0
Hospedeiros (aves + mamíferos)	13	4	331,233	52,713	0
Hospedeiros (mamíferos *er)	7	3	332,366	53,845	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (mamíferos)	21	4	332,988	54,467	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (aves + mamíferos *er)	23	5	333,261	54,740	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (aves)	18	4	336,015	57,495	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (aves + mamíferos)	25	5	336,629	58,108	0
<i>T. pseudomaculata</i>	2	3	337,024	58,503	0
<i>T. pseudomaculata</i> + Hospedeiros (mamíferos *er)	19	4	338,297	59,776	0

BICc: critério de informação Bayesiano corrigido para o tamanho da amostra (n=412); ΔBICc: diferença de BIC de cada modelo com o menor; k: número de parâmetros de cada modelo.

A figura 5 representa o melhor modelo ajustado escolhido dentre todos os modelos para *T. brasiliensis*; a figura abaixo revela a ocorrência da espécie nos vinte ecótopos onde foram encontradas (ver Quadro 6). Esta predição diz que quando não há a presença dos roedores, a chance de ter *T. brasiliensis* nesses ecótopos artificiais é muito menor (aproximadamente 10%) do que quando tem os roedores, aumentando a chance para mais de 70%.



**Figura 6.** Predição de infestação de *T. brasiliensis* na presença de roedores. O “0” representa a ausência de roedores no ecótopo e o “1” representa a presença dos roedores.

#### 4.6.1 Estimativa do melhor modelo classificado de *Triatoma brasiliensis*

O modelo representa a hipótese (ver Quadro 6) de que a probabilidade de *T. brasiliensis* estar presente em um ecótopo determinado depende somente da disponibilidade de roedores nesse ecótopo (que aumenta 34,98 vezes a probabilidade de presença da espécie); outros fatores estruturais e a presença de outros tipos de hospedeiros ou de *T. pseudomaculata* não modificam a probabilidade de presença de *T. brasiliensis*

**Quadro 7.** Estimativas derivadas do modelo mais competitivo (modelo 8: menor BIC, peso = 81,9%) de *Triatoma brasiliensis*

Termo	Estimativa	EP	IC 85%		Razão de odds	IC 85%	
Intercepto	-2,446	0,270	-2,882	-0,211	-	-	-
Presença de roedores	3,555	0,576	2,787	4,453	34,98	16,24	85,91
UD (variância)	0,317	-	-	-	-	-	-

EP = erro padrão; IC = intervalo de confiança; UD = unidade domiciliar (efeito aleatório)

#### 4.7 Modelos binomiais de ocupação para *Triatoma pseudomaculata*

Para *T. pseudomaculata* foram gerados 26 modelos (Quadro 8). Assim como nos modelos para *T. brasiliensis*, os modelos a seguir também foram ajustados para diferenças estruturas dos ecótopos (“mineral” e “vegetal”) e para disponibilidade de hospedeiros vertebrados (“roedor”, “aves”, “mamíferos (er)” e “mamíferos”). No quadro 8 são exibidos todos os modelos ajustados, destacando aqueles cujo  $\Delta\text{BICc} < 3,69$ . Assim como no modelo para *T. brasiliensis*, esse modelo apresentou modelo “nulo” muito fraco ( $\Delta\text{BICc} > 22,82$ ).

Os modelos melhores classificados contêm as covariáveis “aves”, “roedor” e “mamíferos (er)”. O atributo “aves” aparece em todos os três primeiros modelos. O modelo de melhor desempenho estimou que “aves” teve maior efeito quando isolada de outras covariáveis ( $\beta_{\text{aves}}=2,30\pm 0,48\text{EP}$ ). O segundo modelo ( $\Delta\text{BICc} = 2,50$ ) considerou “aves” e “roedor”, estimando efeito positivo para a variável resposta em ambas as covariáveis ( $\beta_{\text{aves}}=2,56\pm 0,52\text{EP} \times \beta_{\text{roedor}}=1,60\pm 0,78\text{EP}$ ), sendo o efeito maior para a ocorrência de *T. pseudomaculata* em ecótopos onde as galinhas estejam presentes. Um efeito negativo para a anexos que continham mamíferos (exceto roedores) ( $\beta_{\text{mamíferos(er)}}=-1,40\pm 1,07\text{EP}$ ) foi estimado sobre a ocorrência de *T. pseudomaculata* em ecótopos onde também haviam galinhas ( $\beta_{\text{aves}}=2,00\pm 0,49\text{EP}$ ), que estimou efeito positivo. As estruturas físicas dos ecótopos não estiveram presentes em nenhum dos modelos melhores classificados, mostrando não haver muita correlação quando comparado à disponibilidade de hospedeiros vertebrados. O mesmo foi observado nos modelos para *T. brasiliensis*, no Vale do Jaguaribe/CE, onde foi investigado a seleção de micro-habitats por essa espécie, envolvendo

ecótopos minerais, vegetais, cactos (*Pilosocereus gounellei*) e disponibilidade de hospedeiros (Valença-Barbosa, 2014b). Todos os modelos rodados para *T. pseudomaculata* admitiram que as localidades não interfeririam nos processos de segregação nos ecótopos artificiais; e foi possível verificar que as aves possuem efeito positivo forte para a chance de infestação de *T. pseudomaculata* nesses anexos.

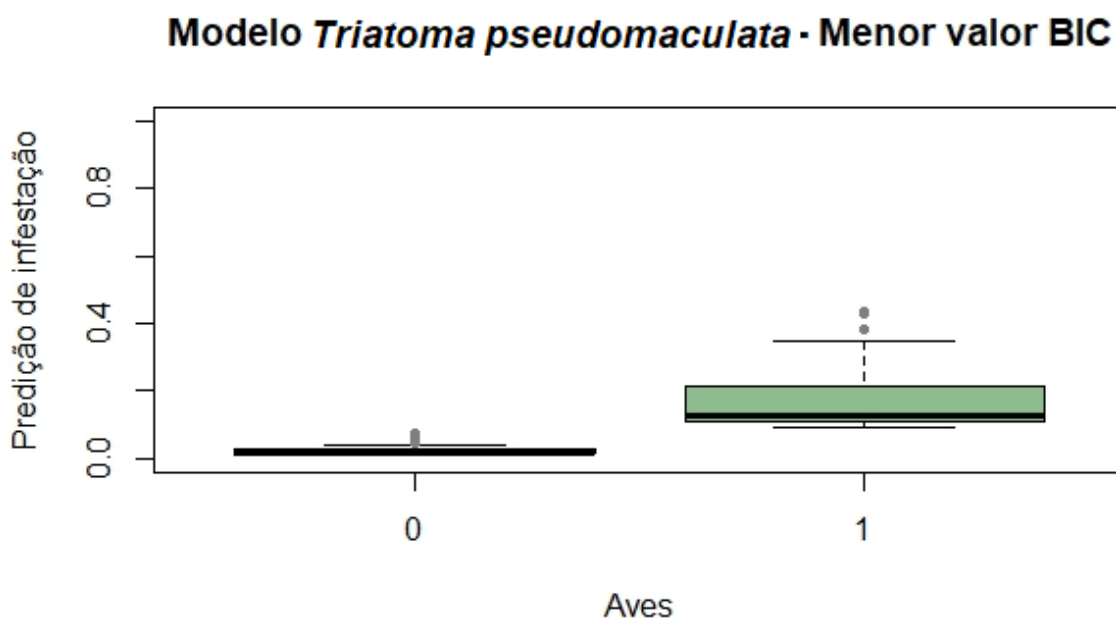
**Quadro 8.** Modelos de ocorrência para *Triatoma pseudomaculata*, com destaque para o melhor modelo.

Tipo de hipótese	Modelo	k	BIC	ΔBIC	Peso
<b>Hospedeiros (aves)</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>202,989</b>	<b>0</b>	<b>0,588</b>
Hospedeiros (aves + roedores)	12	4	205,490	2,501	0,168
Hospedeiros (aves + mamíferos *er)	11	4	206,677	3,687	0,093
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (aves)	18	4	208,417	5,428	0,039
Estrutura (alguma parte mineral)	4	3	208,432	5,442	0,039
Hospedeiros (aves + mamíferos)	13	4	209,008	6,019	0,029
Hospedeiros (aves + mamíferos *er + roedores)	14	5	210,354	7,364	0,015
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (aves + roedores)	24	5	211,488	8,499	0,008
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (aves + mamíferos *er)	23	5	212,376	9,387	0,005
Estrutura (alguma parte mineral + alguma parte vegetal)	5	4	212,616	9,626	0,005
Estrutura (alguma parte mineral)	3	3	213,097	10,108	0,004
<i>T. brasiliensis</i> + Estrutura (alguma parte vegetal)	16	4	213,618	10,629	0,003
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (aves + mamíferos)	25	5	214,434	11,444	0,002
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (aves +mamíferos *er + roedores)	26	6	216,340	13,351	0,001
<i>T. brasiliensis</i> + Estrutura (alguma parte mineral + alguma parte vegetal)	17	5	216,802	13,813	0,001
<i>T. brasiliensis</i> + Estrutura (alguma parte mineral)	15	4	217,413	14,423	0
Hospedeiros (mamíferos *er)	7	3	220,720	17,731	0
Hospedeiros (mamíferos)	9	3	225,562	22,573	0
Nula	1	2	225,815	22,826	0
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (mamíferos *er)	19	4	226,606	23,616	0
Hospedeiros (mamíferos *er + roedores)	10	4	226,737	23,748	0
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (mamíferos)	21	4	231,388	28,398	0
Hospedeiros (roedores)	8	3	231,524	28,534	0
<i>T. brasiliensis</i>	2	3	231,835	28,845	0
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (mamíferos *er + roedores)	22	5	232,531	29,541	0
<i>T. brasiliensis</i> + Hospedeiros (roedores)	20	4	237,389	34,399	0

BICc: critério de informação Bayesiano corrigido para o tamanho da amostra (n=412); ΔBICc: diferença de BIC de cada modelo com o menor; k: número de parâmetros de cada modelo.



O melhor modelo ajustado para ocorrência para *T. pseudomaculata* está representado na Figura 6. A predição de ocorrência de *T. pseudomaculata* em ecótopos artificiais diz que em ecótopos que não têm aves, a chance de se encontrar essa espécie é baixíssima, enquanto que quando há a presença das aves, a chance de ocorrência de *T. pseudomaculata* sobe para cerca de 20%.



**Figura 7.** Predição de infestação de *T. pseudomaculata* na presença de roedores nativos. O “0” representa a ausência de aves no ecótopo e o “1” representa a presença das aves.

#### 4.7.1 Estimativa do melhor modelo classificado de *Triatoma pseudomaculata*

O modelo representa a hipótese (ver Quadro 8) de que a probabilidade de *T. pseudomaculata* estar presente em um ecótopo determinado depende somente da disponibilidade de aves nesse ecótopo (que aumenta 10,04 vezes a probabilidade de presença da espécie); outros fatores estruturais e a presença de outros tipos de hospedeiros ou de *T. brasiliensis* não modificam a probabilidade de presença de *T. pseudomaculata*

**Quadro 9.** Estimativas derivadas do modelo mais competitivo (modelo 6: menor BIC, peso = 58,8%) de *Triatoma pseudomaculata*.

<b>Termo</b>	<b>Estimativa</b>	<b>EP</b>	<b>IC 85%</b>		<b>Razão de odds</b>	<b>IC 85%</b>	
Intercepto	-4,011	0,538	-4,914	-3,330	-	-	-
Presença de aves	2,306	0,481	1,646	3,044	10,04	5,19	20,99
UD (variância)	0,317	-	-	-	-	-	-

EP = erro padrão; IC = intervalo de confiança; UD = unidade domiciliar (efeito aleatório).

## 5 DISCUSSÃO

O intuito deste estudo foi avaliar se a ocorrência e co-ocorrência de *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* estão relacionadas com as variáveis de estruturas físicas dos ecótopos artificiais encontrados nas unidades domiciliares, independente da presença de fontes alimentares, ou com a disponibilidade de recursos alimentares, não importando as estruturas físicas dos mesmos.

Estudos realizados desde a década de 1940, por Joaquim Alencar, mostraram que o município de Jaguaratama tem histórico de altas taxas de infestações/reinfestações domiciliares e peridomiciliares por *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* (Alencar, 1987). Como ocorre com triatomíneos nativos, a infestação nesse município é maior em ambientes peridomiciliares quando comparados aos ambientes intradomiciliares. Nesse contexto, dados não publicados da secretaria de saúde do município informam que, até alguns anos atrás, *T. pseudomaculata* era encontrado nos peridomicílios em número bastante superior ao de *T. brasiliensis*. No entanto, a partir dos anos 2000 essa situação começou a mudar e hoje a infestação de *T. brasiliensis* sobrepuja em muito a de *T. pseudomaculata*.

Dentre as duas espécies investigadas no presente estudo, a espécie mais frequente em todas as casas visitadas foi *T. brasiliensis*, seguido de *T. pseudomaculata*. Estudos clássicos da literatura relatam que essas duas espécies são umas das principais espécies de importância epidemiológica, encontradas em praticamente todos os municípios do estado do Ceará, principalmente nas áreas do Jaguaribe e Médio Jaguaribe (Alencar et al., 1976; Alencar et al., 1977). *T. brasiliensis* é considerado triatomíneo semidoméstico, de hábitos domiciliares, peridomiciliares e silvestre, colonizando ecótopos próximos às habitações humanas; enquanto que *T. pseudomaculata* é menos doméstica em relação à *T. brasiliensis*, habitando ambientes silvestres (em cascas de árvores, abrigos de roedores), peridomicílio e, em menor frequência, domicílio. Os dados aqui apresentados para abundância dessas espécies corroboram com estudos feitos por Sarquis et al. (2004, 2006, 2012), onde foi evidenciado maior captura de *T. brasiliensis* em relação

a *T. pseudomaculata*, em áreas rurais do Ceará, especialmente na Caatinga. Os dados brutos do levantamento de densidade das colônias nos ecótopos artificiais examinados serviram para mostrar onde essas duas espécies foram mais encontradas nas unidades domiciliares. Foi visto que os ecótopos minerais foram os que mais estavam infestados, com relação aos vegetais, apesar de esses serem mais abundantes em todos os peridomicílios. Esses achados não foram incorporados nas análises para modelagem ecológica.

*T. brasiliensis* é conhecida por apresentar elevada capacidade de colonizar e recolonizar ambientes artificiais peridomiciliares de espécimes oriundas de populações silvestres, mesmo após o tratamento com borrifação de inseticidas, tornando seu controle ainda mais complexo (Diotaiuti et al., 2000). Assim como mostra o trabalho de Valença-Barbosa et al. (2014a), onde *T. brasiliensis* é fortemente associada a hospedeiros-chave (roedores e caprinos/ovinos) nos ambientes peridomésticos, enquanto que a estrutura do ecótopo possui efeito pequeno em comparação com a disponibilidade de hospedeiros. Nossos achados também evidenciam essa relação vetor-hospedeiro, principalmente quando esses hospedeiros são os roedores. Os modelos analisados de melhor desempenho indicaram que a hipótese nula, onde não há associação de ocorrência tanto com a estrutura física dos ecótopos quanto com a disponibilidade de hospedeiros, não têm o suporte dos dados. Vale ressaltar que um achado importante encontrado entre os modelos de ocorrência de *T. brasiliensis* sugere que a chance de encontrar essa espécie em ecótopos com disponibilidade de hospedeiros é maior quando esse hospedeiro é o roedor, e não qualquer outro mamífero. Para analisar essa “preferência”, os modelos foram pensados em separar os roedores para a montagem dos modelos, distinguindo de mamíferos, exceto os roedores, e mamíferos, incluindo os roedores.

*T. pseudomaculata*, assim como *T. brasiliensis*, é a segunda espécie de maior importância da região nordeste, lugar de dispersão de ambas (Forattini, 1980; Dias et al., 2000). Apesar das baixas taxas de infecção natural por *T. cruzi*, *T. pseudomaculata* adota importante papel no contexto epidemiológico e é mais associado ao peridomicílio em poleiros de madeira e pilhas de lenha; e às aves como principal fonte alimentar, seguido de roedores (Dias et al., 2000; Freitas et al.

2005; Sarquis et al., 2006). No ambiente natural, *T. pseudomaculata* é frequentemente encontrada em ninhos em árvores de diversas espécies arbóreas. Em relação ao ecótopo onde é mais frequente, foi encontrada associação com a *Mimosa tenuiflora* em áreas que sofreram desmatamento ou algum tipo de transformação antrópica (Freitas et al., 2004). A investigação de Freitas et al. (2005) relatou que as aves são as principais fontes de alimento (63%) para *T. pseudomaculata*, evidenciando ativa colonização em galinheiros e poleiros pelo ambiente peridomiciliar; resultado semelhante acerca da procura da fonte alimentar foi obtido em nosso estudo, onde mostrou a forte associação (BIC=202,989 - peso 0,588; melhor validada entre os modelos) com as aves domésticas (galinhas) encontradas pelo peridomicílio.

Estudos que avaliam fatores associados a seleção de ecótopos artificiais de triatomíneos são escassos na literatura. Abordagens para analisar se existe padrões de segregação nesses ambientes e quais os fatores que poderiam gerar tais padrões precisam ainda de mais atenção para responder a esses questionamentos. Aragão (1983) já relatava em seu estudo que a pré-adaptação aos hábitos alimentares de certas espécies de triatomíneos é que determinava onde essas espécies habitariam em ecótopos artificiais, independente das características estruturais desses biótopos.

A partir do resultado da seleção dos modelos apresentados baseados nos critérios de informações bayesianos e as estimativas derivadas dos modelos mais competitivos para ambas as espécies, o desafio maior deste trabalho foi validar as conclusões de Aragão (1983), analisando se esses vetores ocupam preferencialmente ecótopos artificiais com estruturas que se assemelhem ao seu ecótopo natural – *T. brasiliensis* associado a ecótopos constituídos de material mineral; *T. pseudomaculata* em ecótopos de origem vegetal – ou se essas espécies vão em busca de certos animais para o repasto sanguíneo, não importando o tipo de estrutura física desses ecótopos. Valença-barbosa et al. (2014a) atribuiu, também através de modelos matemáticos envolvendo *T. brasiliensis*, o forte efeito de alguns hospedeiros vertebrados e efeitos pequenos nas estruturas desses ecótopos para a ocupação dessa espécie em ecótopos artificiais no peridomicílio. A indagação deste trabalho surgiu também após trabalhos como de Sarquis et al. (2006), onde os

autores sugeriram que os triatomíneos tendem a colonizar ecótopos peridomiciliares análogos aos seus habitats naturais. Tal estudo obteve devida importância por analisar as associações aos tipos de ecótopos e animais encontrados com as principais espécies encontradas em regiões rurais de Jaguaruana, estado do Ceará.

Os resultados aqui apresentados mostram claramente a preferência de cada espécie para certo tipo de recurso alimentar, onde *T. brasiliensis* tende a infestar principalmente ecótopos com a presença do roedor nativo (em segundo lugar, aves) e *T. pseudomaculata* tende a ocupar ecótopos com a disponibilidade de aves. Embora os roedores estejam no melhor modelo selecionado para *T. brasiliensis*, o modelo que considera as aves domésticas como variável importante na ocorrência dessa espécie não é, de fato, um modelo bom, mas como ele aparece em segundo lugar no ranking, não podemos descartá-lo tão facilmente. Além do mais, vale ressaltar que, Alencar (1987) destacou em seus estudos no Ceará a ornitofilia de *T. brasiliensis* em 69,8%. A forte associação das duas espécies estudadas com hospedeiros específicos em ecótopos artificiais de diferentes estruturas físicas pode sugerir que a segregação espacial nesses ambientes ocorre devido ao fato que essas espécies, quando se encontram em cenários antrópicos, desenvolvem colônias onde habitam os animais vertebrados – roedores para *T. brasiliensis*; aves domésticas para *T. pseudomaculata*. Podendo esses roedores serem oriundos de afloramentos rochosos ao redor das casas (Carcavallo et al., 1999; Sarquis et al., 2012) ou também em cactos (Valença-Barbosa et al., 2014b). Como já citado, em áreas rurais do nordeste brasileiro, é muito comum populações humanas utilizarem materiais brutos da natureza – como madeiras cortadas das árvores - para construções dos próprios domicílios e abrigos para os animais de criação. Esses materiais coletados geralmente permanecem durante meses em amontoados pelo peridomicílio, facilitando como abrigos para espécies de triatomíneos e outras espécies de animais selvagens (como gambá, roedores, baratas e lagartos). Freitas et al. (2004) ressaltam a importância do acúmulo desses materiais no peridomicílio na infestação de *T. pseudomaculata*, na região do Cariri. Além das madeiras levadas para o ambiente domiciliar, as telhas também possuem papel importante para a permanência de espécies de triatomíneos nesses ambientes antrópicos. Nossa pesquisa observou alta infestação triatomínea, em especial *T. brasiliensis*, em aglomerados de telhas. Em campo, foi fácil observar a estreita relação de roedores e

telhas, utilizando-as como refúgio nos ambientes peridomiciliares; quando não encontramos os animais em si, eram encontradas bastantes fezes desses roedores, evidenciando a alta circulação desses animais entre telhas e tijolos.

É importante ressaltar que os modelos no topo do ranking, tanto para *T. brasiliensis* como para *T. pseudomaculata*, sugeriram a forte associação da frequência dessas espécies em ecótopos com disponibilidade de hospedeiros (ver Quadro 6 e 8). Os modelos revelaram que é maior a chance de se encontrar alguma dessas espécies em ecótopos habitados por candidatos a hospedeiros; por outro lado, os modelos que levaram em consideração a estrutura física dos ecótopos tiveram piores desempenhos, não tendo suporte dos dados, indicando que a presença de animais sinantrópicos nesses ecótopos é mais importante que suas estruturas físicas, corroborando com o estudo de Valença-Barbosa et al. (2014a). As predições dos modelos levaram em conta a não independência dos ecótopos localizados nas mesmas unidades domiciliares. O caso da não independência entre os ecótopos pode ter sido um fator limitante para o estudo, podendo aumentar a incerteza entre as estimativas dos efeitos. Outro fator limitante é o esforço de coleta, podendo levar a falhas de detecção ao avaliar a infestação desses vetores (Abad-Franch et al., 2014; Abad-Franch e Ferraz, 2010).

As análises dos modelos, considerando o peso de cada modelo e o número de parâmetros das hipóteses, deram maior suporte aos dados obtidos. As figuras 5 e 6 mostram a probabilidade de infestação predita pelo modelo mais competitivo (modelo 6, para *T. brasiliensis* e modelo 8, para *T. pseudomaculata*), reforçando a ideia de que a chance de encontrar *T. brasiliensis* em ecótopos com roedores aumenta, praticamente, em 80%; enquanto que em ecótopos com aves, a chance de encontrar *T. pseudomaculata*, é de, aproximadamente 10%. Portanto, pode-se dizer que as duas espécies em questão se mantêm segregadas em ambientes com construções feitas pelo homem, onde cada uma ocupa “seu lugar de evolução” e não a verdadeira competição por recursos. Se considerada verdadeira a hipótese de competição, esperaria ver uma espécie dominando tais ecótopos, simplesmente por ser “mais forte” que a outra. Apesar da alta associação de *T. brasiliensis* com caprinos em repastos sanguíneos no peridomicílio (Lent e Wygodzinsky, 1979;

Costa et al., 1998), em nossa área de estudo, não foram encontrados espécimes em ecótopos com esse mamífero disponível.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam o forrageamento desses insetos quando partem do ambiente silvestre para habitats antrópicos. Assim sendo, o manuseio e controle de animais domésticos e sinantrópicos na área peridomiciliar tem mais importância para a infestação dos triatomíneos se comparado somente os tipos de estrutura dos ecótopos, ratificando novamente com os achados de Valença-Barbosa et al. (2014a). Sarquis et al. (2006) enfatizaram que a frequente presença de animais sinantrópicos, ligado ao acúmulo de materiais pelo peridomicílio, servindo de abrigo, fornecem condições favoráveis para o estabelecimento e crescimento de colônias de triatomíneos nesses lugares. Afinal, a presente investigação levantou problemáticas com três níveis hierárquicos: i) existe um padrão de segregação dessas espécies quando se encontram fora de seus ambientes naturais?; ii) quais os processos que poderiam gerar esse padrão?; iii) quais os mecanismos pelos quais o processo gera o padrão? As duas primeiras abordagens foram tratadas neste estudo. O desafio após isso será desvendar os mecanismos dos processos que levam a essa segregação espacial, através de experimentos em condições de laboratório, visando a complementação dos achados em campo.



## 6 CONCLUSÕES

A partir do levantamento e análises realizadas com *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* em ecótopos artificiais em área rural da caatinga em Jaguaretama, podemos concluir que:

- De acordo com os modelos gerados, ambas as espécies buscam por ecótopos onde há disponibilidade de recursos alimentares, não levando em consideração o tipo de construção física;
- Os modelos mistos utilizados para inferências não revelaram evidência de que a ocorrência de uma espécie prejudica a probabilidade de ocorrência da outra espécie em um mesmo ecótopo;
- *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* mantêm segregação espacial quando se encontram em ambientes antrópicos, indicando que a partição de recursos alimentares, e não a competição interespecífica estimula esta segregação ecológica;
- *T. brasiliensis* associa-se, preferencialmente, a roedores nativos da região da Caatinga e não a qualquer outro mamífero e, em menor escala, aves domésticas;
- *T. pseudomaculata* associa-se, preferencialmente, a micro-habitats onde aves domésticas estão disponíveis;
- Das duas espécies estudadas, *T. brasiliensis* foi a espécie mais capturada em todas as unidades domiciliares trabalhadas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad-Franch F, Santos WS, Schofield CJ. Research needs for Chagas disease prevention. *Acta Trop* 2010a; 115: 44-54.

Abad-Franch F, Ferraz G, Campos C, Palomeque FS, Grijalva MJ, Aguilar HM, Miles MA. Modeling disease vector occurrence when detection is imperfect: infestation of Amazonian palm trees by triatomine bugs at three spatial scales. *PLoS Negl Trop Dis*. 2010b; 4(3): 620.

Abad-Franch F, Ferraz G. Didn't you see that bug...? Investigating disease vector occurrence when detection is imperfect. *Rev Soc Bras Med Trop* 2010; 43: 31-34.

Abad-Franch F, Monteiro FA. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Heteroptera: Reduviidae): implications for Chagas disease surveillance in humid forest ecoregions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102 (Suppl. 1): 57–70.

Abad-Franch F, Vega MC, Rolón MS, Santos WS, Rojas de Arias A. Community participation in Chagas disease vector surveillance: systematic review. *Plos Negl Trop Dis* 2011; 5: e1207.

Abad-Franch F, Valença-Barbosa C, Sarquis O, Lima MM. All that glitters is not gold: sampling-process uncertainty in disease-vector surveys with false-negative and false-positive detections. *PLoS Negl Trop Dis* 2014; 8: e3187.

Abrahan LB, Gorla DE, Catalá SS. Dispersal of *Triatoma infestans* and other Triatominae species in the arid Chaco of Argentina - Flying, walking or passive carriage? The importance of walking females. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* vol. 106 no.2; 2011.

Alencar JE, Almeida YM, Freitas LM, Santos AR. Estudos sobre a epidemiologia da doença de Chagas no Estado do Ceará – Brasil. VI – Estudos em uma microárea de Russas. *Rev Soc Bras Med Trop* 1977; 11: 1-12.

Alencar JE, Santos AR, Bezerra OF, Saraiva TM. Distribuição geográfica dos principais vetores de endemias no Estado do Ceará. -I-Triatomíneos. *Rev Soc Bras Med Trop* 1976; 10(5): 261-284.

Alencar JE. História Natural da doença de Chagas no Estado do Ceará. Fortaleza: Imprensa Universidade da Universidade Federal do Ceará; 1987, 341 pp.

Almeida CE, Francischetti CN, Pacheco RS, Costa J. *Triatoma rubrovaria* (Blanchard, 1843) (Hemiptera-Reduviidae-Triatominae) III: Patterns of Feeding, Defecation and Resistance to Starvation. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 2003; Vol. 98(3): 367-371.

Almeida CE, Lima MM, Costa J. Ecologia dos vetores. In: Galvão C., org. *Vetores da doença de chagas no Brasil* [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 210-235. Zoologia: guias e manuais de identificação series.

Almeida CE, Oliveira HL, Correia N, Dornak LL, Gumiel MR, Neiva VL, Harry M, Mendonça VJ, Costa J, Galvão C. Dispersion capacity of *Triatoma sherlocki*, *Triatoma juazeirensis* and laboratory-bred hybrids. *Acta Trop* 2011; 122: 71-79.

Amelotti I, Catalá SS, Gorla DE. Experimental evaluation of insecticidal paints against *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae), under natural climatic conditions. *Parasit. Vectors* 2009; 2(30):1-7.

Aragão MB. Domiciliação de triatomíneos ou pré-adaptação à antropofilia e à ornitofilia?. *Rev. Saúde públ., S. Paulo* 1983; 17:51-5.

Asher UM, Petzold LR. *Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations*. SIAM, Philadelphia, 1998.

Barata JMS. Aspectos morfológicos de ovos de triatominae. II – Características macroscópicas e exocoriais de dez espécies do gênero *Rhodnius* Stal, 1859 (Hemiptera – Reduviidae). *Rev. Saúde Pública* 1981; 15(5): 490-542.

Barbosa RL, Pereira KS, Dias VL, Schmidt FL, Alves DP, Guaraldo AMP, Passos LAC. Virulence of *Trypanosoma cruzi* in Açaí (*Euterpe oleraceae* Martius) Pulp following Mild Heat Treatment. *Journal of Food Protection* 2016; Vol. 79, No. 10, Pages 1807–1812.

Barbu C, Dumonteil E, Gourbiere S. Optimization of control strategies for non-domiciliated *Triatoma dimidiata*, Chagas disease vectors in the Yucatan península, Mexico. *Plos Negl Trop Dis* 2009; 3: e-416.

Barnabé C, Brisse S, Tibayrenc M. Population structure and genetic typing of *Trypanosoma cruzi*, the agent of Chagas disease: a multilocus enzyme electrophoresis approach. *Parasitology* 2000; 120, 513–526

Barrett TV, Hoff R, Mott KE, Guedes F, Sherlock LA. An outbreak of acute Chagas' disease in the Sao Francisco Valley region of Bahia, Brazil: Triatomine vectors and animal reservoirs of *Trypanosoma cruzi*, *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 1979; 73:703-709.

Barretto, MP. Aspectos da epidemiologia da tripanossomose americana, infecção com focos naturais, com especial referência à Região Nordeste do Estado de São Paulo. Tese Prof. Cat Fac. Farm. Odontol. Ribeirão Preto (mimeografada) 1966; 139 pgs.

Barretto, MP. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XVII. Contribuição para o estudo dos focos naturais da tripanossomose americana, com especial referência à Região Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil, *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 1967a; 1-23-25.

Barretto, MP. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XXI: Observações sobre a ecologia do *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811). *Rev. Brasil. Biol* 1967b; 27: 337-348.

Barretto, MP. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XIX — Inquérito preliminar sobre triatomíneos silvestres no Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo* 1967; 9: 313-320.

Barretto, MP. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XXXI: Observações sobre a associação entre reservatórios e vetores, com especial referência à Região Nordeste do Estado de São Paulo. *Rev. Brasil, Biol.* 1968; 28:481-494.

Barretto, MP. Ecologia de triatomíneos e transmissão do *Trypanosoma cruzi*, com especial referência ao Brasil. Departamento de Ciências Patológicas USP, Ribeirão Preto 1976.

Bezerra CM, Cavalcanti LPG, Souza RCM, Barbosa SE, Xavier SCC, Jansen AM, Ramalho RD, Diotaiuti L. Domestic, peridomestic and wild hosts in the transmission of *Trypanosoma cruzi* in the *Caatinga* area colonised by *Triatoma brasiliensis*. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2014; 109(7); 887-898.

Borges EC, Dujardin JP, Schofield CJ, Romanha AJ, Diotaiuti L. Dynamics between sylvatic, peridomestic and domestic populations of *Triatoma brasiliensis* (Hemiptera: Reduviidae) in Ceará State, Northeastern Brazil. *Acta Trop* 2005; 93:119-26.

Brito RN, Gorla DE, Diotaiuti L, Gomes ACF, Souza RCM, Abad-Franch F. Drivers of house invasion by sylvatic Chagas disease vectors in the Amazon-Cerrado transition: A multi-year, state-wide assessment of municipality-aggregated surveillance data. *PLoS Negl Trop Dis* 2017; 11:e0006035.

Campbell-Lendrum DH, Angulo VM, Esteban L, Tarazona Z, Parra GJ, Restrepo M, Restrepo BN, Guhl F, Pinto N, Aguilera G, Wilkinson P, Davies CR. House-level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *International Journal of Epidemiology* 2007; 36:866–872.

Carbajal-de-la-Fuente AL, Minoli SA, Lopes CM, Noireau F, Lazzari CR, Lorenzo MG. Flight dispersal of the Chagas disease vectors *Triatoma brasiliensis* and *Triatoma pseudomaculata* in northeastern Brazil. *Acta Trop* 2007; 101:115-119.

Carbajal-de-la Fuente AL, Dias-Lima A, Lopes CM, Emperaire L, Walter A, Ferreira A, Sherlock I, Noireau F. Behavioural plasticity of Triatominae related to habitat selection in North-East Brazil. *J Med Entomol* 2008; 45:14-19.

Carcavallo RU, Rodríguez MEF, Salvatella R, Curto de Casas SI, Sherlock IS, Galvão C et al. *Atlas dos Vetores da Doença de Chagas nas Américas: vol. II*. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, Brasil 1999; 561-600.

Catalá SS, Noireau F, Dujardin JP. *Biologia dos Triatomíneos. Tripanossomíase Americana Doença de Chagas* 2017; 145-167.

Ceballos LA, Vazquez-Prokopec, GM, Cecere, MC, Marcet, PL, & Gürtler, RE. Feeding rates, nutritional status and flight dispersal potential of peridomestic

populations of *Triatoma infestans* in rural northwestern Argentina. *Acta Tropica* 2005; 95(2), 149–159.

Cecere MC, Vazquez-Prokopec GM, Ceballos LA, Gurevitz JM, Zarate JE, Zaidenberg M, Kitron U, Gurtler RE. Comparative trial of effectiveness of pyrethroid insecticides against peridomestic populations of *Triatoma infestans* in Northwestern Argentina. *J. Med. Entomol.* 2006; 43, 902-909.

Chagas CRJ. Nova Trypanozomíase humana. Estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo do *Schizotrypanum cruzi* n. gen., n. sp., agente etiológico de nova entidade morbida do homem. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1909; 1(2):159-218.

Chapman MD, Baggaley RC, Godfrey-Fausset PF. *Trypanosoma cruzi* from the Paraguayan Chaco: isoenzyme profiles of strains isolated at Makthlawaiya. *J. Protozool.* 1984; 31, 482–486.

Cohen JE, Gurtler RE. Modelagem da transmissão domiciliar da tripanossomíase americana. *Science* 2001; 293: 694-698.

Costa J, Almeida JR, Britto C, Duarte R, Marchon-Silva V, Pacheco R da S. Ecotopes, Natural Infection and Trophic Resources of *Triatoma brasiliensis* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 1998; Vol. 93(1): 7-13.

Costa J, Correia NC, Neiva VL, Gonçalves TCM, Felix M. Revalidation and redescription of *Triatoma brasiliensis macromelasoma* Galvão, 1956 and an identification key for the *Triatoma brasiliensis* complex (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2013; 108: 785-789.

Costa J, Peterson AT, Beard CB. Ecologic niche modelling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important Chagas disease vector in northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Am J Trop Med Hyg* 2002; 67(5):516-20.

Coura JR. Tripanosomose, Doença de Chagas. *Cienc Cult.* 2003; 55(1): 30-33.

Coura JR. Chagas disease: What is known and what is needed – A background article. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102:113–122.

Coura JR, Dias JCP. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2009 (Suppl); 31-40.

Coura JR, Viñas PA. Chagas disease: a new worldwide challenge. *Nature* 2010; 465(7301): S6-7.

Coura JR. The main sceneries of Chagas disease transmission. The vectors, blood and oral transmissions - A comprehensive review. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 2015; Vol. 110(3): 277-282.

Coutinho CFS, Souza-Santos R, Lima MM. Combining geospatial analysis and exploratory study of triatomine ecology to evaluate the risk of Chagas disease in a rural locality. *Acta Trop* 2012; 121: 30– 33.

Daflon-Teixeira NF, Coutinho CF, Gomes TF, Toma HK, Duarte R, Bóia MN, Carvalho-Costa FA, Almeida CE, Lima MM. Multiple Approaches to Address Potential Risk Factors of Chagas Disease Transmission in Northeastern Brazil. *AM. J. Trop. Med. Hyg.* 2019, 100:296-302.

Dias JCP, Coura JR. Epidemiologia. In JCP Dias, JR Coura (eds), *Clínica e terapêutica da doença de Chagas*, Editora Fiocruz, Rio de Janeiro 1997; p. 33-66.

Dias JCP, Machado EMM, Fernandes AL, Vinhaes MC. Esboço geral e perspectivas da doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Cad Saúde Pública* 2000; 16:13-34.

Dias JCP, Jemmio A. Sobre uma pintura inseticida para o controle de *Triatoma infestans*, na Bolívia. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2008; 41, 79–81.

Dias JC, Schofield CJ. The control of transmission by transfusion of Chagas Disease in Southern Cone Initiative. *Rev Soc Bras Med Trop* 1998; 31:373-383.

Dias JCP, Silveira AC, Schofield CJ. The impact of Chagas disease control in Latin America. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2002; 97:603-612.

Dias JCP, Ramos Júnior AN, Gontijo ED, Luquetti A, Shikanai-Yasuda MA, Coura JR, et al. II Consenso Brasileiro em Doença de Chagas. *Epidemiol Serv Saúde.* 2016; 25(nº especial): 7-86.

Dias-Lima AG, Sherlock IA. Sylvatic Vectors Invading Houses and the Risk of Emergence of Cases of Chagas Disease in Salvador, State of Bahia, Northeast Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 2000; Vol. 95(5): 611-613.

Diotaiuti L, Schofield CJ, Filho OFF, Carneiro FCF, Dias JCP, Pires HHR. Aspectos operacionais do controle do *Triatoma brasiliensis*. *Cad Saúde Públ* 2000; 16: 61-67.

Dorn PL, Justi SA, Dale C, Stevens L, Galvão C, Lima-Córdon R, Monroy C. Description of *Triatoma mopan* sp. n. from a cave in Belize (*Hemiptera, Reduviidae, Triatominae*). *Zookeys* 2018; (775): 69-95.

Dujardin JP, Lam TX, Khoa PT, Schofield CJ. The rising importance of *Triatoma rubrofasciata*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 2015; 110: 319-323.

Dumonteil E, Nouvellet P, Rosecrans K, Ramirez-Sierra MJ, Gamboa-León R, Cruz-Chan V, Rosado-Vallado M, Gourbière S. Eco-Bio-Social Determinants for House Infestation by Non-domiciliated *Triatoma dimidiata* in the Yucatan Peninsula, Mexico. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 2013; Volume 7.

Ferreira ILM, Silva TPT. Transmission elimination of Chagas' disease by *Triatoma infestans* in Brazil: an historical fact. *Rev Soc Bras Med Trop* 2006; 39:507–509.

Freitas SPC, Freitas ALC, Prazeres SM, Gonçalves TCM. Influência de hábitos antrópicos na dispersão de *Triatoma pseudomaculata* Corrêa & Espínola, 1964, através de *Mimosa tenuiflora* (Willdenow) (Mimosaceae) no Estado do Ceará, Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2004; 20: 333-336.

Forattini OP, Ferreira AO, Rocha e Silva EO, Rabello EX, Santos JLF. Aspectos ecológicos da tripanossomose americana II — Distribuição e dispersão local de triatomíneos em ecótopos naturais e artificiais. *Rev. Saúde públ., S. Paulo* 1971; 5:163-91.

Forattini OP. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Públ* 1980; 14:265-299.

Forattini OP, Barata JMS, Santos JLF, Silveira AC. Hábitos alimentares, infecção natural e distribuição de triatomíneos domiciliados na Região Nordeste do Brasil. *Rev Saúde Públ* 1981; 15:113-64.

Freitas SPC, Lorosa ES, Rodrigues DCS, Freitas ALC, Gonçalves TCM. Fontes alimentares de *Triatoma pseudomaculata* no estado do Ceará, Brasil. *Rev Saúde Públ* 2005; 39(1): 27-32.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). *Controle da Doença de Chagas: Diretrizes Técnicas*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, 1994.

Ghuri MSK. The Indian triatomine genus *Linshcosteus* (Reduviidae). *Systematic Entomology* 1976; 1(3), 183-187.

Gomes C, Almeida AB, Rosa AC, Araujo PF, Teixeira ARL. American trypanosomiasis and Chagas disease: Sexual transmission. *International Journal of Infectious Diseases* 2019; 81:81–84.

Gorla DE. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 2002; 12:117-127.

Gurevitz JM, Ceballos LA, Gaspe MS, Alvarado Otegui JA, Enriquez GF, Kitron U, Gutler RE. Factors affecting infestation by *Triatoma infestans* in a rural area of the humid Chaco in Argentina: a multi-model inference approach. *PLoS Negl Trop Dis* 2011; 5: e1349.

Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Costa J, Townsend Peterson A. Geographic distribution of Chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modelling. *J Trop Med* 2012.

Hooten MB, Hobbs, NT. A guide to Bayesian model selection for ecologists. *Ecol. Monogr.* 2015; 85:3-28.

Hotez PJ, Alvarado M, Basáñez MG, Bolliger I, Bourne R, Boussinesq M, Brooker SJ, Brown AS, Buckle G, Budke CM, Carabin H, Coffeng LE, Fèvre EM, Furst T, Halasa Y, Jasrasaria R, Johns NE, Keiser J, King CH, Lozano R, Murdoch ME, O'Hanlon S, Pion SDS, Pullan RL, Ramaiah KD, Roberts T, Shepard DS, Smith JL,



Stolk WA, Undurraga EA, Utzinger J, Wang M, Murray CJL, Naghavi M. The global burden of disease study 2010: interpretation and implications for the neglected tropical diseases. *PLoS Negl Trop Dis* 2014, 8(7): e2865.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica Ceará). Perfil Municipal Jaguaratã 2017: IPECE, 2017. Disponível em: [<http://www.ipece.ce.gov.br>]. Último acesso: 01/08/2018.

Justi SA, Galvão C. The evolutionary origin of diversity in Chagas disease vectors. *Trends Parasitol.* 2017; 33:42–52.

Lent H, Wygodzinsky P. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. *Bull Am Mus Nat Hist* 1979; 163: 123–520

Lehane MJ, Schofield CJ. Field experiments of dispersive flight by *Triatoma infestans*. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1981; 75:399-400.

Lehane MJ, McEwen PK, Whitaker CJ, Schofield CJ. The role of temperature and nutritional status in flight initiation by *Triatoma infestans*. *Acta Trop* 1992; 52(1):27-38.

Lima-Córdon RA, Monroy MC, Stevens L, Rodas A, Rodas GA, Dorn PL, Justi SA. Description of *Triatoma huehuetenanguensis* sp. n., a potential Chagas Disease vector (*Hemiptera, Reduviidae, Triatominae*). *Zookeys* 2019; (820): 51-70.

Lima MM, Coutinho CFS, Gomes TF, Oliveira TG, Duarte R, Borges-Pereira J, Bóia MN, Sarquis O. Risk presented by *Copernicia prunifera* palm trees in the *Rhodnius nasutus* distribution in a Chagas disease-endemic area of the Brazilian northeast. *Am J Trop Med Hyg.* 2008; 79: 750-754.

Lima MM, Sarquis O, Oliveira TG, Gomes TF, Coutinho C, Daflon-Teixeira NF, Toma HK, Britto C, Teixeira BR, D'Andrea PS, Jansen AM, Bóia MN, Carvalho-Costa FA. Investigation of Chagas disease in four periurban areas in northeastern Brazil: epidemiologic survey in man, vectors, non-human hosts and reservoirs. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2012; 106: 143-149.

Lisboa CV, Mangia RH, Luz SLB, Kluczkovski Jr., A, Ferreira LF, Ribeiro CT, Fernandes O, Jansen AM. Stable infection of primates with *Trypanosoma cruzi* I and II. *Parasitology* 2006; 133, 603–611.

Llewellyn MS, Lewis MD, Acosta N, Yeo M, Carrasco HJ, Segovia M, Vargas J, Torrico F, Miles MA, Gaunt MW. *Trypanosoma cruzi* IIc: phylogenetic and phylogeographic insights from sequence and microsatellite analysis and potential impact on emergent Chagas disease. *PLoS Negl. Trop.* 2009; Dis. 3, e510.

Lorenzo MG, Guarneri AA, Pires HH, Diotaiuti L, Lazzari CR. Microclimatic properties of the *Triatoma brasiliensis* habitat. *Cad Saúde Públ* 2000; 16 (Suppl. 2):69-74.

Lotka AJ. *Elements of physical biology.* Williamns & Wilkins Co., Baltimore; 1925.



- Lukeš J, Skalický T, Týč J, Votýpka J, Yurchenko V. Evolution of parasitism in kinetoplastid flagellates. *Mol Biochem Parasitol* 2014; 195: 115–122. PMID:24893339
- Marchon-Silva V, Diotaiuti L, Almeida JR, Costa J. Dimensional parameters of the ecotopes, niche and natural infection of sympatric Triatomines at Juazeiro, Bahia, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1999; 93:330.
- Marcili A, Lima L, Cavazzana M, Junqueira ACV, Veludo HH, Maia Da Silva F, Campaner M, Paiva F, Nunes VLB, Teixeira MMG. A new genotype of *Trypanosoma cruzi* associated with bats evidenced by phylogenetic analyses using SSU rDNA, cytochrome b and Histone H2B genes and genotyping based on ITS1 rDNA. *Parasitology* 2009a; 136, 641–655.
- Marcili A, Valente VC, Valente SA, Junqueira ACV, Maia da Silva F, Pinto AYN, Naiff, RD, Campaner M, Coura JR, Camargo EP, Miles MA, Teixeira MMG. *Trypanosoma cruzi* in Brazilian Amazonia: Lineages TCI and TCIIa in wild primates, *Rhodnius* spp. and in humans with Chagas disease associated with oral transmission. *Int. J. Parasitol.* 2009b; 39, 615–623.
- McEwen PK, Lehane MJ. Factors influencing flight initiation in the triatomine bug *Triatoma sordida* (Hemiptera: Reduviidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 1993, 14(04), 461-464.
- McEwen PK, Lehane MJ. Relationships between flight initiation and oviposition in *Triatoma infestans* (Klug) (Hem., Reduviidae). *Journal of Applied Entomology* 1994, 117(1-5), 217-223.
- Miles MA, Feliciangeli MD, Rojas de Arias A. American trypanosomiasis (Chagas' disease) and the role of molecular epidemiology in guiding control strategies. *Clinical review. BMJ* 2003; Volume 326.
- Miles MA., Llewellyn MS, Lewis MD, Yeo M, Baleela R, Fitzpatrick S, Gaunt MW, Mauricio IL. The molecular epidemiology and phylogeography of *Trypanosoma cruzi* and parallel research on *Leishmania*: looking back and to the future. *Parasitology* 2009; 136, 1509–1528.
- Miranda-Schaeubinger M, Chakravarti I, Freitas Lidani KC, Omidian Z, Gilman RH. Systematic Review of the Epidemiology of Chagas disease in the Americas: a Call for Standardized Reporting of Chagas Disease Prevalence. *Current Tropical Medicine Reports*, 2019.
- Murta SMF, Gazzinell, RT, Brener Z, Romanha AJ. Molecular characterization of susceptible and naturally resistant strains of *Trypanosoma cruzi* to benznidazole and nifurtimox. *Mol. Biochem. Parasitol.* 1998/ 93, 203–214.
- Keeling MJ, Rohani P. *Modeling Infectious Disease in Humans and Animals*. Princeton University Press 2011; Edição: 1, 408pp.
- Mendonça VJ, Silva MT, Araújo RF, Martins Jr R, Bacci Jr M, Almeida CE, Costa J, Graminha MAS, Cicarelli RMB, Rosa JA. Phylogeny of *Triatoma sherlocki* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) inferred from two mitochondrial genes

- suggests its location within the *Triatoma brasiliensis* complex. *Am J Trop Med Hyg*, 2009; 81: 858-864.
- Mendonça VJ, Alevi KCC, Pinotti H, Pita S, Guerra AL, Panzera F, Araújo RF, Azeredo-Oliveira MTV, Rosa JA. Revalidation of *Triatoma bahiensis* Sherlock & Serafim, 1967 (Hemiptera, Reduviidae) and phylogeny of the *T. brasiliensis* species complex. *Zootaxa* 2016; 4107, 239-254.
- Monteiro FA, Donnelly MJ, Beard CB, Costa, J. Nested clade and phylogeographic analyses of the Chagas disease vector *Triatoma brasiliensis* in northeast Brazil. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2004; 32, 46–56.
- Monteiro FA, Weirauch C, Felix M, Lazoski C, Abad-Franch F. Evolution, Systematics, and Biogeography of the Triatominae, Vectors of Chagas Disease. *Advances in Parasitology* 2018; 265–344.
- Nóbrega AA, Garcia MH, Tatto E, Obara MT, Costa E, Sobel J, Araujo WN. Oral transmission of Chagas disease by consumption of Acai palm fruit, Brazil. *Emerg Infect Dis* 2009; 15(4):653-55.
- Noireau F, Carbajal-de-la-Fuente AL, Lopes CM, Diotaiuti L. Some considerations about the ecology of Triatominae. *An Acad Bras Cienc* 2005; 77: 431-436.
- OMS (Organização Mundial da Saúde). Control of Chagas Disease: Reporto of a WHO expert committee, 1991.
- OMS (Organização Mundial da Saúde). Chagas Disease (American Trypanosomiasis), 2017.
- OPAS (Organização Panamericana de Saúde). Doença de Chagas. Guia para vigilância, prevenção, controle e manejo clínico da doença de Chagas aguda transmitida por alimentos, 2009.
- OPAS (Organização Pan Americana de Saúde). Doenças negligenciadas, tropicais e transmitidas por vetores, 2016.
- OPAS (Organização Panamericana de Saúde). Curso de capacitação para detecção do *Trypanossoma cruzi*-Módulo III, 2012; Disponível em: [http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=820&Itemid=423](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=820&Itemid=423).
- Parente CC, Bezerra FSM, Parente PI, Dias-Neto RV, Xavier SCC, Ramos Jr NA, Carvalho-Costa FA, Lima MM. Community-Based Entomological Surveillance reveals Urban Foci of Chagas Disease Vectors in Sobral, State of Ceará, Northeastern Brazil. *PLoS One* 2017; 1:1-11.
- Pereyra N, Lobbia PA, Mougabure-Cueto G. Effects of the infection with *Trypanosoma cruzi* on the feeding and excretion/defecation patterns of *Triatoma infestans*. *Bulletin of Entomological Research* 2019; 1-8.

Poinar Jr G. *Triatoma dominicana* sp. n. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), and *Trypanosoma antiquus* sp. n. (Stercoraria:Trypanosomatidae), the First Fossil Evidence of a Triatomine-Trypanosomatid Vector Association. *Vector-Borne and Zootic Diseases* 2005; Vol. 5, No. 1.

Poinar Jr G. *Panstrongylus hispaniolae* sp. n. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), a new fossil triatomine in Dominican amber, with evidence of gut flagellates. *Palaeodiversity*. 2013; 6:1-8.

Ramos Jr AN, Carvalho DM. Os diferentes significados da certificação conferida ao Brasil como estando livre da Doença de Chagas. *Cad Saúde Públ* 2001; 17(6):1403-1412.

Rebêlo JMM, Lopes de Barros VL, Mendes WA. Espécies de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) do Estado do Maranhão, Brasil. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro 1998; 14(1):187-192.

Rey L. Bases da parasitologia médica, 3th ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro 2010; 391 pp.

Rodrigues VLCC, Ferraz-Filho NA, Ishihata GK, Silva EOR. *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 (Hemiptera, Reduviidae): Observations on Dynamics of Feeding Behavior in an Artificial Ecotope. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro 1995; 11 (2): 266-270.

Roque AL, Xavier SC, Rocha MG, Duarte AC, D'Andrea PS, Jansen A. *Trypanosoma cruzi* transmission cycle among wild and domestic mammals in three areas of orally transmitted Chagas disease outbreaks. *Am J Trop Med Hyg* 2008; 79:42-49.

Rossi JCN, Duarte EC, Gurgel-Gonçalves R. Factors associated with the occurrence of *Triatoma sordida* (Hemiptera: Reduviidae) in rural localities of Central-West Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2015; 110(2); 192-200.

Sarquis O, Borges-Pereira J, MacCord JR, Ferreira GT, Cabello PH, Lima MM. Epidemiology of Chagas disease in Jaguaruana, Ceará, Brazil. I. Presence of triatomines and index of *Trypanosoma cruzi* infection in four localities of a rural area. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2004; 99: 263-270.

Sarquis O, Sposina R, Oliveira TG, Cord JR, Cabello PH, Borges-Pereira J, Lima, MM. Aspects of peridomiciliar ecotopes in rural areas of Northeastern Brazil associated to triatomine (Hemiptera: Reduviidae) infestation, vectors of Chagas disease. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2006; 101:143-147.

Sarquis O, Carvalho-Costa FA, Toma HK, Georg I, Burgoa MR, Lima MM. Eco-epidemiology of Chagas disease in northeastern Brazil: *Triatoma brasiliensis*, *T. pseudomaculata* and *Rhodnius nasutus* in the sylvatic, peridomestic and domestic environments. *Parasitol Res* 2012; 110:1481-1485.

Shama R, Pedrini N, Juárez MP, Nelson DR, Torres AQ, Valle D, Mesquita RD. *Rhodnius prolixus* supergene families of enzymes potentially associated with insecticide resistance. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 2016; 69:91-104.

Schofield CJ. The behaviour of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae): a review. *Bull Ent Res* 1979; 69:363-79.

Schofield CJ., Lehane, M.J., McEwan, P., S.S. and Gorla, D.E. Dispersive flight by *Triatoma sordida*. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1991; 85: 676-678.

Schofield CJ, Galvão C. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica* 2009; 110, 88–100.

Secretaria de Vigilância em Saúde (Ministério da Saúde do Brasil). Doença de Chagas aguda no Brasil: série histórica de 2000 a 2013. *Bol Epidemiol* 2015; [46:1–9]. <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/agosto/03/2014-020.pdf>. Acessado em 30 de janeiro de 2018.

Silva LJ. Desbravamento, agricultura e doença: a doença de Chagas no Estado de São Paulo. *Cad Saúde Públ.* 1986; 2(2):124-140.

Silveira AC. O Inquérito triatomínico (1975-1983). *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2011, Uberaba , v. 44, supl. 2, p. 26-32.

Silveira AC, Vinhaes MC. Elimination of vector-borne transmission of Chagas Disease. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1999; 94:405-411.

Silveira AC, Feitosa VR, Borges, R. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar no período 1975/83, Brasil. *Rev Bras Malariol D Trop* 1984; 36:15-312.

Tartarotti E, Azeredo-Oliveira MTV, Ceron CR. Problemática vetorial da Doença de Chagas. *Arq Cienc Saúde* 2004; 11: 44-47

Vinhaes MC, Dias JCP. Doença de Chagas no Brasil. *Cad Saúde Públ* 2000. 16:7-12.

Valença-Barbosa C, Lima MM, Sarquis O, Bezerra CM, Abad-Franch F. Modeling disease vector occurrence when detection is imperfect II: drivers of site-occupancy by synanthropic *Triatoma brasiliensis* in the Brazilian northeast. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014a; 8(5): e2861.

Valença-Barbosa C, Lima MM, Sarquis O, Bezerra CM, Abad-Franch F. Common Caatinga Cactus, *Pilosocereus gounellei*, is an Important Ecotope of Wild *Triatoma brasiliensis* Populations in the Jaguaribe Valley of Northeastern Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2014b; 90(6), pp. 1059–1062

Votýpka, J. *et al.* New approaches to systematics of Trypanosomatidae: criteria for taxonomic (re)description. *Trends Parasitol* 2015; 31, 460–469.

Yeo M, Acosta N, Llewellyn MS, Sánchez H, Adamson S, Miles GAJ, López E, González N, Patterson JS, Gaunt MW, Rojas de Arias A, Miles MA. Origins of Chagas disease: Didelphis species are natural hosts of *Trypanosoma cruzi* I and

armadillos hosts of *Trypanosoma cruzi* II, including hybrids. *Int. J. Parasitol.* 2005; 35, 225–233.

Zeledón R, Rojas JC. Environmental management for the control of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811), (Hemiptera: Reduviidae) in Costa Rica: a pilot project. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 2006; 101(4):379-386.

Zingales B, Souto RP, Mangia RH, Lisboa CV, Campbell DA, Coura JR, Jansen A, Fernandes O. Molecular epidemiology of American trypanosomiasis in Brazil based on dimorphisms of r&WA and mini-exon gene sequences. *International Journal for Parasitology* 1998; 28:105-112.

## 8 APÊNDICES

### 8.1 Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/FIOCRUZ



Ministério da Saúde  
Fundação Oswaldo Cruz  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA-CEP/FIOCRUZ

**ANEXO 2**

**PARECER**

Rio de Janeiro, 16 de julho de 2001.

**Título do Projeto:** *Levantamento de triatomíneos e prevalência da infecção chagásica entre moradores e animais domésticos e silvestres, em localidades da zona rural de Jaguarana, estado do Ceará: estudos epidemiológicos, clínicos e moleculares.*

**Protocolo nº CEP:** 0139/01

**Pesquisador Responsável:** Marli Maria Lima

**Instituição:** IOC

**Deliberação:** APROVADO

---

O projeto em análise trata de uma investigação de destacada relevância para o entendimento da eco-epidemiologia da Doença de Chagas.

Os estudos versam sobre a ecologia dos triatomíneos e sua associação com a infecção humana por *Trypanosoma cruzi*, além de avaliar mamíferos como reservatórios.

O mérito do projeto está assegurado não apenas por gerar conhecimentos básicos, mas também por fornecer subsídios à Fundação Nacional de Saúde para atuar na localidade.

Finalmente, o projeto foi apresentado de maneira a atender às exigências da Resolução 196/96 do CNS.

  
Eduardo Tibríça  
Coordenador do CEP/FIOCRUZ

  
MARLI MARIA LIMA  
Chefe do Lab. de Biol. e Cont. de Insetos Vetores  
CEP/FIOCRUZ  
Biol. Susep 0451295



## 8.2 Licença - Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO)



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 14323-8	Data da Emissão: 17/09/2015 15:04	Data para Revalidação*: 16/10/2016
-----------------	-----------------------------------	------------------------------------

\* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

#### Dados do titular

Nome: Mari Marta Lima	CPF: 056.142.011-49
Título do Projeto: Investigação da doença de Chagas em áreas endêmicas do Estado do Ceará	
Nome da Instituição: FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ	CNPJ: 33.781.055/0001-35

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Elaboração e execução de trabalhos em ambientes citadinos, rurais e urbanos	10/2015	09/2016
2	Elaboração e execução de trabalhos em ambientes rurais, urbanos e citadinos	10/2015	09/2016

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo deverão ser realizadas por pessoas físicas de origem estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passado, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, sendo sujeitas à autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO inclui o pesquisador titular e os membros de sua equipe de pesquisadores de obter as informações previstas em outras autorizações legais, tais como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, possessor ou morador de área dentro das limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBIO nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBIO nº 10/2015, ou que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou educativas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de materiais biológicos não concedido deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.bama.gov.br">www.bama.gov.br</a> (serviço on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITE S e não CITE S).
5	O titular da licença de autorização e os membros de sua equipe deverão seguir por rotas de coleta e armazenamento de órgãos, tecidos, células, sangue, ou grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos, e empregar esforços de coleta ou captura que não comprometam a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condições in situ.
6	O titular da autorização ou de licença permitida, assim como os membros de sua equipe, quando de viagem de expedição científica, ou quando de inspeção, omissão ou falta de descrição de informações relevantes que subsidiarem a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBIO, sob o tema de irregularidade em vigor.
7	Esta autorização não se aplica a conhecimento da espécie que envolve coleta e componente de patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Para maiores informações ver <a href="http://www.mma.gov.br/mma">www.mma.gov.br/mma</a> .
8	Em caso de pesquisa em OREMAC, ICMBIO, ou pesquisador titular desta autorização deverá comunicar a Administração da unidade à Diretoria de OREMAC, AS DATAG das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.
9	As atividades contempladas nesta autorização NÃO abrangem espécies brasileiras constantes de listas oficiais (de abrangência nacional, estadual ou municipal) de espécies ameaçadas de extinção, sobreespeciadas ou ameaçadas de sobreespeciação.

#### Equipe

#	Nome	Função	CPF	Data Identidade	Nacionalidade
1	Márcio Neves Lima	Coordenador	059.201.721-78	02/09/1973 (BR)	brasileira
2	Carla Maria Furtado Aragão	Coordenador	044.769.821-89	05/21/1970 (BR)	brasileira
3	Paulo Roberto Costa	Coordenador	052.088.821-62	08.05/1970 (BR)	brasileira
4	Cláudia Assis Cavalcanti Lima	Coordenador	024.471.887-97	05/10/1968 (BR)	brasileira
5	Carla Maria Rodrigues dos Santos	Coordenador	049.475.547-37	02/05/1968 (BR)	brasileira
6	Alcides do Prado Ribeiro	Estudante de pós-graduação	036.728.367-07	-	brasileira
7	Carlos Eduardo de Almeida	Coordenador	046.486.877-38	08/19/1957 (BR)	brasileira

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	Itaitinga	CE	Tudo o Município de Itaitinga	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBIO na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 92946419



Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 14323-8	Data da Emissão: 17/09/2015 15:04	Data para Revalidação*: 16/10/2016
-----------------	-----------------------------------	------------------------------------

\* De acordo com o art. 20 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

#### Dados do titular

Nome: Mari Marta Lima	CPF: 056.142.011-49
Título do Projeto: Investigação da doença de Chagas em áreas endêmicas do Estado do Ceará	
Nome da Instituição: FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ	CNPJ: 33.781.055/0001-25

#	INSTITUIÇÃO	UF	Endo e Município de Abastecimento	UF de ICMBio
#	INSTITUIÇÃO	UF	Endo e Município de Abastecimento	UF de ICMBio

#### Atividades X Taxons

#	Atividade	Taxons
1	Coleta/transporte de espécimes de fauna silvestre in situ	Mamíferos e Ours. Jato
2	Instalação de armadilhas silvestres in situ	Mamíferos

\* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

#### Material e métodos

#	Método de captura/manejo (quantitativa, censitária)	Manejo manual. Outros métodos de captura/manejo (Amorim et al., 2002)
#	Método de manipulação/preparação de espécimes	Outros métodos de manipulação (Lima et al., 1992)

#### Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ	Arquivo Científico
2	FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ	Exposicionário Científico

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 92946419



Página 2/3



