

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE MEDICINA  
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL

JOYCE MENDES PEREIRA

**FATORES CLIMÁTICOS E SOCIOECONÔMICOS  
ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS  
SINANTRÓPICOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO  
BRASIL**

BRASÍLIA

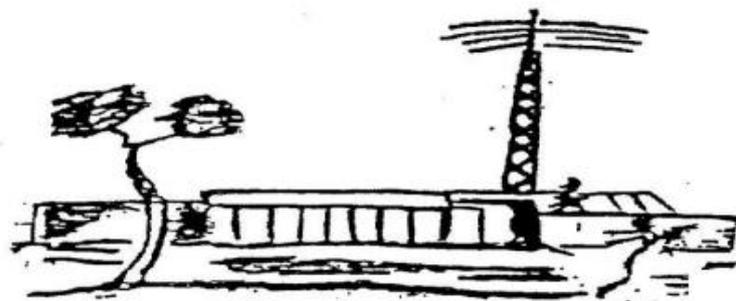
2012

# **FATORES CLIMÁTICOS E SOCIOECONÔMICOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS SINANTRÓPICOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL**

JOYCE MENDES PEREIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical da Universidade de Brasília para a obtenção do título de mestre em Medicina Tropical, na área de concentração: Epidemiologia das Doenças Infecciosas e Parasitárias.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Rodrigo Gurgel  
Gonçalves



Brasília

2012

### III. FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1000703.

P436f      Pereira, Joyce Mendes.  
Fatores climáticos e socioeconômicos associados à  
ocorrência de Triatomíneos Sinantrópicos na região  
Centro-Oeste do Brasil / Joyce Mendes Pereira. -- 2012.  
187 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,  
Faculdade de Medicina, Núcleo de Medicina Tropical, 2012.  
Inclui bibliografia.  
Orientação: Rodrigo Gurgel Gonçalves.

1. Barbeiro (Triatomíneo). 2. Nicho (Ecologia). 3.  
Entomologia. 4. Chagas, Doença de. I. Gonçalves, Rodrigo  
Gurgel. II. Título.

CDU 616.937.3

## **IV. COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

Joyce Mendes Pereira

# **FATORES CLIMÁTICOS E SOCIOECONÔMICOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS SINANTRÓPICOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Medicina Tropical: Epidemiologia das Doenças infecciosas e Parasitárias

**DATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO**

23 de maio de 2012

**BANCA EXAMINADORA**

**(Em ordem alfabética)**

Dr<sup>a</sup>. Jane Costa (Doutora)

Instituto Oswaldo Cruz - FIOCRUZ

Dr. Marcos Takashi Obara (Doutor) - Suplente  
Secretaria de Vigilância em Saúde / Ministério da Saúde

Dr. Pedro Luiz Tauil (Doutor)

Universidade de Brasília

Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves (Doutor)

Universidade de Brasília

## V. DEDICATÓRIA

A minha mãe e tia pelo apoio incondicional.

A minha irmã pela torcida, mesmo distante.

A CGLAB/SVS/MS pela compreensão.

Ao Marcus Vinicius pelo amor, companheirismo e incentivo.

## VI. AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade a mim confiada, a Jesus Cristo, autor e consumidor da minha fé, por me ensinar que tudo é possível ao que crê e ao Espírito Santo de Deus, meu consolador, pela presença contínua no dia a dia.

Ao prof. Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves, coordenador do Laboratório de Parasitologia Médica e Biologia de Vetores, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília, pela excelente orientação, competência e incentivo à pesquisa. Agradeço pela confiança e conselhos dados para a conclusão deste trabalho.

À Dra. Jane Costa, por aceitar participar da banca examinadora e de mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Ao Profº Dr. Pedro Tauil, por seus ricos ensinamentos e compartilhamento de sua experiência na Saúde Pública repassados em sala de aula, e participação da banca examinadora.

Ao Dr. Marcos Obara pelo apoio, conselhos e companheirismo no dia a dia do serviço, como na participação da banca examinadora.

À equipe da Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública por terem acreditado na minha capacidade e pela compreensão nas ausências e momentos em que não pude compartilhar.

A todos os profissionais dos Programas de Controle da Doença de Chagas, que direta ou indiretamente colaboram para a realização deste trabalho.

Aos colegas de mestrado pelo companheirismo incentivador e amizade durante os encontros em sala de aula.

A minha família por todo amor, paciência, confiança e incentivo, que mesmo distante, foram vitais para o alcance de meus objetivos profissionais.

Ao meu sempre companheiro, Marcus Vinicius, por todo amor, incentivo e paciência nas horas mais difíceis de mais uma conquista profissional.

Muito Obrigada!

## VII. LISTAS DE QUADROS, TABELAS, FIGURAS E ABREVIATÖES

### Capítulo 1

- Figura 1:** Esquema mostrando os elementos básicos da modelagem de nicho ecológico..... 34

### Capítulo 4

- Figura 1:** Mapa do Brasil, sendo destacada a Região Centro-Oeste, local de estudo, com os biomas em destaque por cores..... 41
- Tabela 1:** Lista das 20 variáveis ambientais, sendo marcadas com (X) as variáveis não correlacionadas ( $r < 0,8$ ) utilizadas na modelagem das oito espécies de triatomíneos sinantrópicos da Região Centro Oeste do Brasil. As variáveis marcadas em negrito tiveram maior contribuição para explicar o modelo de nicho ecológico de acordo com o teste de Jackknife..... 44
- Tabela 2:** Relação de variáveis socioeconômicas, que compõem o IDHM, divididas em 4 grupos, conforme utilizadas para as análises de associação entre a riqueza de espécies de triatomíneos e fatores socioeconômicos dos municípios..... 45
- Figura 2:** Imagem de uma página do programa ArcView versão 3.3, utilizado na produção dos modelos de distribuição geográfica potencial das espécies de triatomíneos sinantrópicos da região Centro-Oeste do Brasil..... 48

<b>Figura 3:</b> Imagem de uma página do programa TerraView versão 4.0.0, utilizado na produção dos mapas das espécies com menos de 20 pontos de ocorrência (mapas de pontos de ocorrência).....	49
<b>Tabela 3:</b> Classificação dos municípios quanto a posição dos mesmos em relação aos dois primeiros componentes gerados pela Análise de Componentes Principais – PCA.....	51

### Capítulo 5 - Artigo submetido

<b>Tabela 1:</b> Lista de variáveis ambientais não correlacionadas ( $r < 0,8$ ) utilizadas na modelagem das oito espécies de triatomíneos sinantrópicos da Região Centro Oeste do Brasil. As variáveis marcadas em negrito tiveram maior contribuição para explicar o modelo de nicho ecológico de acordo com o teste de Jackknife.....	77
<b>Tabela 2:</b> Correlação das variáveis com os dois componentes principais (PC1 e PC2), que refletem a importância de índices socioeconômicos para os municípios da RCO analisados.....	78
<b>Figura 1:</b> Distribuição geográfica das espécies de triatomíneos com menos de 20 registros de ocorrência na Região Centro Oeste do Brasil (DF: Distrito Federal, GO: Goiás, MT: Mato Grosso, MS: Mato Grosso do Sul). Os símbolos representam os registros de ocorrência das espécies.....	79
<b>Figura 2:</b> Modelos de nicho ecológico das espécies de triatomíneos com mais de 20 registros de ocorrência na Região Centro Oeste do Brasil. As áreas em branco representam ausência	

de triatomíneos prevista pelo modelo. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são representadas em escala de vermelho claro (baixa adequabilidade) ao vermelho escuro (alta adequabilidade). Os quadrados representam ocorrências conhecidas das espécies de triatomíneos..... 80

**Figura 3:** Modelo final de adequabilidade climática somando os modelos de nicho ecológico das oito espécies de triatomíneos sinatrópicos mais comuns na Região Centro Oeste do Brasil (RCO). As áreas em branco representam ausência prevista pelos modelos. As áreas em escala de vermelho representam o número esperado de espécies de triatomíneos na RCO de acordo com a adequabilidade climática..... 81

**Figura 4:** Distribuição dos 466 municípios da Região Centro Oeste do Brasil no que diz respeito a variação do desenvolvimento sócioeconômico, resumido nos dois primeiros componentes principais (Comp 1 e Comp 2). As setas contínuas representam a análise das variáveis (renda I, esperança de vida E, nível de alfabetização L, e frequência escolar S) Setas tracejadas representam o gradiente de riqueza de espécies de triatomíneos..... 82

**Figura 5:** Mapa da RCO indicando a classificação dos municípios de acordo com a distribuição nos quadrantes da PCA em função das variáveis socioeconômicas. Os quadrantes 1 e 2 indicam municípios com altos valores de renda, alfabetização e esperança de vida; os quadrantes 3 e 4 mostram municípios com baixos valores dessas variáveis. Em relação à frequência escolar, os quadrantes 1 e 4

indicam altos valores de frequência escolar; os quadrantes 2 e 3 mostram municípios com baixos valores de frequência escolar. Os municípios em branco não foram classificados devido a ausência de dados socioeconômicos no ano 2000..... 83

## Capítulo 9 - Dados suplementares

- Apêndice 1:** Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus megistus*, gerada pelo programa Maxent..... 102
- Apêndice 2:** Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus diasi*, gerada pelo programa Maxent..... 103
- Apêndice 3:** Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus geniculatus* diasi, gerada pelo programa Maxent..... 104
- Apêndice 4:** Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Área Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da

espécie <i>Rhodnius neglectus</i> diasii, gerada pelo programa Maxent.....	105
<b>Apêndice 5:</b> Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Área Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie <i>Triatoma pseudomaculata</i> , gerada pelo programa Maxent.....	106
<b>Apêndice 6:</b> Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Área Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie <i>Triatoma sordida</i> , gerada pelo programa Maxent..	107
<b>Apêndice 7:</b> Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Área Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie <i>Triatoma costalimai</i> , gerada pelo programa Maxent.....	108
<b>Apêndice 8:</b> Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Área Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie <i>Triatoma williami</i> , gerada pelo programa Maxent..	109
<b>Apêndice 9:</b> Lista de municípios da região Centro-Oeste do Brasil, classificados de acordo com o número de espécies de triatomíneos registradas e previstas pela modelagem de nicho ecológico e índices socioeconômicos.....	110

## Capítulo 9 - Artigo submetido a Revista Memórias do Instituto

### Oswaldo Cruz.

- Table 1:** List of uncorrelated ( $r < 0.8$ ) environmental variables utilized in ENM for eight synanthropic triatomine species in MRB. The variables highlighted in boldface made the greatest contribution to explaining the ecological niche model, as shown by the Jackknife test..... 170
- Table 2:** Correlation of the variables with the two principal components (PC1 and PC2), which reflect the importance of socio-economic indices for the MRB municipalities analyzed. 171
- Figure 1:** Geographical distribution of triatomine species with fewer than 20 registered occurrences in the states of the midwest region of Brazil (DF: Federal District, GO: Goiás, MS: Mato Grosso do Sul, MT: Mato Grosso). The symbols represent known occurrences of the species..... 172
- Figure 2:** Ecological niche models for triatomine species with more than 20 registered occurrences in the midwest region of Brazil. The blank areas represent triatomine absence predicted by the model. Areas identified as suitable based on climatic variables are shown in redscale: light red (low suitability) to dark red (high suitability). The squares represent known occurrences of the triatomine species..... 173
- Figure 3:** Final model of climatic suitability, summing up the models for the eight most common species of synanthropic triatomines in the midwest region of Brazil (MRB). The blank areas represent triatomine absence predicted by the models. The redscale represent the expected number of

triatomine species in MRB, in accordance with the climatic suitability.....	174
<b>Figure 4:</b> Distribution of 466 municipalities of the midwest region of Brazil with respect to socio-economic variation summarized as the first two principal components (Comp. 1 and Comp. 2). Solid arrows represent the variables analysed (I: income, E: life expectancy, L: literacy and E: school attendance). Dashed arrows represent the triatomine species richness gradient.....	175
<b>Figure 5:</b> Map of the midwest region of Brazil indicating the classification of municipalities according to the distribution of the quadrants of the PCA, as a function of the socio-economic variables. Quadrants 1 and 2 indicate municipalities with high scores on income, literacy and life expectancy, while quadrants 3 and 4 point to those municipalities with low values on these variables. With regard to school attendance, quadrants 1 and 4 indicate low scores on school attendance, while quadrants 2 and 3 reflect those municipalities with high scores on that variable..	176

### Abreviaturas e Siglas

[E]: Esperança de vida

[E]: Life expectancy

[I]: Income

[I]: Renda

## Abreviaturas e Siglas

[L]: Literacy level

[L]: Nível de alfabetização

[S]: Frequência escolar

[S]: School attendance

AUC: Área Under the Curve (Área sob a curva)

BHC: Benzeno Hexa Cloro

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CD: Chagas disease

CEM: Campanha de Erradicação da Malária

CP1: Componente Principal 1

CP2: Componente Principal 2

DC: Doença de Chagas

DCA: Doença de Chagas Aguda

DCH: Doença de Chagas Humana

DF: Distrito Federal

ENM: Ecological Niche Modelling

*Et al.:* Et al. (e outro)

GO: Goiás

IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

## Abreviaturas e Siglas

Km: Quilômetro

Km<sup>2</sup>: Quilômetro quadrado

MNE: Modelagem de Nicho Ecológico

MRB: *Midwest Region of Brazil*

MS: Mato Grosso do Sul

MT: Mato Grosso

n: Número de espécies

OPAS: Organização Pan-Americana de Saúde

P: Valor p (probabilidade que sintetiza o resultado do teste estatístico)

PCA: Principal Component Analysis (Análise de Componentes Principais)

PCDCh: Programa de Controle da Doença de Chagas

PITs: Postos de Informações de Triatomíneos

QBC: Quantitative Buffy Coat

r: Coeficiente de correlação

RCO: Receiver Operating Characteristics (curva característica de operação)

RCO: Região Centro-Oeste

SUCAM: Superintendência de Campanhas de Saúde Pública

WHO: *World Health Organization*

## **VIII. FINANCIAMENTO**

Durante o desenvolvimento do curso de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical concedeu bolsa de estudo para auxílio nas atividades envolvidas no curso de mestrado.

## IX. ÍNDICE

<b>X. RESUMO .....</b>	<b>20</b>
<b>X. ABSTRACT .....</b>	<b>21</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>24</b>
1.1. A DOENÇA DE CHAGAS.....	24
1.2. OS VETORES.....	26
1.3. CONTROLE E VIGILÂNCIA DA DOENÇA DE CHAGAS NO BRASIL.....	28
1.4. DOENÇA DE CHAGAS NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL.....	31
1.5. MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE TRIATOMÍNEOS.....	33
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>36</b>
<b>3. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>37</b>
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
<b>4. MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
4.1. FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA.....	38
4.2. ÁREA DE ESTUDO.....	41
4.3. DADOS DE DISTRIBUIÇÃO.....	42
4.4. VARIÁVEIS PREDITORAS.....	42
4.5. MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS.....	46
4.6. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	49
4.7. ANÁLISE DE REGRESSÃO E PCA.....	50
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
5.1. ARTIGO SUBMETIDO NA REVISTA MEMÓRIAS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ.....	52

<b>6. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>84</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>88</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
<b>9. APÊNDICES .....</b>	<b>102</b>
9.1. DADOS SUPLEMENTARES.....	102
9.2. ARTIGO SUBMETIDO NA REVISTA MEMÓRIAS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ.....	140
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>177</b>
10.1. SEQUÊNCIA DE ELEMENTOS DA DISSERTAÇÃO DE ACORDO COM A NORMA PPGMT01 DE JULHO DE 2011.....	177
10.2. INSTRUÇÕES AOS AUTORES DA REVISTA MEMÓRIAS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ DE ABRIL DE 2012.....	179
10.3. COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO A REVISTA MEMÓRIAS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ.....	187

## X. RESUMO

Casos agudos da doença de Chagas ainda têm sido detectados na Região Centro-Oeste (RCO) do Brasil. O risco de transmissão vetorial de *Trypanosoma cruzi* ao homem permanece devido à constante presença de triatomíneos em unidades domiciliares. A estimativa de áreas de risco para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos na RCO é, portanto, uma informação relevante para a vigilância entomológica. O presente trabalho analisa a distribuição geográfica das espécies de triatomíneos em municípios dos estados da RCO e os fatores climáticos e socioeconômicos para sua ocorrência. Foram compilados 3.396 registros de 27 espécies de triatomíneos sinantrópicos na RCO. Modelos de nicho ecológico baseados em 13 variáveis climáticas e altitude foram produzidos para 8 espécies que ocorreram no mínimo em 20 municípios usando o algoritmo maxent. Análises de regressão foram realizadas para testar a associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e variáveis socioeconômicas dos municípios da RCO. Os resultados indicam maior adequabilidade climática para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em áreas de cerrado no estado de Goiás, diferente de áreas de floresta amazônica do norte do estado do Mato Grosso. A sazonalidade da temperatura foi a variável que melhor explicou os modelos, os quais indicaram ainda uma associação negativa entre riqueza de espécies de triatomíneos e indicadores socioeconômicos (alfabetização, produto interno bruto, crescimento populacional) nos municípios da RCO. Os resultados indicam que praticamente todo o território da RCO apresenta condições climáticas para ocorrência de pelo menos uma espécie de triatomíneo e que a ocorrência está associada à fatores socioeconômicos. Dessa forma, recomenda-se reforçar a vigilância entomológica na RCO, principalmente nas áreas indicadas no presente estudo.

Palavras-chave: Triatominae, modelagem de nicho ecológico, Região Centro-Oeste, vigilância entomológica, doença de Chagas.

## X. ABSTRACT

Acute cases of Chagas disease have yet been detected in the Midwest Region of Brazil (MRB). The risk of vectorial transmission of *Trypanosoma cruzi* to humans remains due to the constant presence of infected bugs in households. The estimation of greatest risk areas for occurrence of synanthropic triatomine bugs in the MRB is therefore a relevant information for entomological surveillance. In this work, we analyze the climatic and socioeconomic factors for triatomine occurrence in the midwest region of Brazil (MRB). Overall, 3,396 records of 27 species of synanthropic triatomines were recorded and analyzed. Using the maxent algorithm, ecological niche models based on 13 climatic variables and altitude were produced for 8 species occurring in at least 20 municipalities. Regression analyses were performed to test the association between species richness and socioeconomic variables, in the municipalities of MRB. Cerrado areas in the state of Goiás were found to be more suitable to the occurrence of synanthropic triatomines than Amazon forest areas in the north of the state of Mato Grosso. Temperature seasonality constitutes the variable that best explains the models. A negative correlation between triatomine species richness and socioeconomic indicators (literacy, gross domestic product and population growth) was found in the municipalities of MRB. The results indicate that practically the entire territory of MRB presents climatic conditions for occurrence of at least one species of triatomine, and that occurrence is also associated to socioeconomic factors. Therefore, it is recommended that entomological surveillance be reinforced in the MRB, particularly in the areas indicated by this study.

Keywords: Triatominae, ecological niches, midwest region, entomological surveillance, Chagas disease, Brazil.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. A doença de Chagas

A doença de Chagas (DC) ou tripanossomíase americana é resultado de uma infecção generalizada, essencialmente crônica, produzida por um protozoário hemoflagelado, o *Trypanosoma cruzi*, transmitida naturalmente ao homem e a outros animais por intermédio de hemípteros hematófagos da subfamília Triatominae (Chagas 1909, Coura e Dias 2009).

Embora conhecida desde 1909, quando foi descrita pelo médico sanitarista Carlos Chagas, a DC ainda apresenta grande importância em saúde pública no Brasil, ocorrendo principalmente no semi-árido nordestino (Dias et al.. 2000). Apresenta-se distribuída em todas as Américas, desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina e o Chile (Coura e Dias 2009).

A DC humana é uma antropozoonose que evoluiu a partir de uma enzootia primitiva e depende, para a sua ocorrência, de uma série de elementos bioecológicos - ligados principalmente aos vetores, ao agente e aos reservatórios - e de um conjunto de fatores socioeconômicos e culturais, como as relações de classe e trabalho, tipo de moradia e a maneira do homem viver (Martins 1968, Dias et al. 2000).

O protozoário *T. cruzi* vivia restrito ao ciclo silvestre, circulando entre mamíferos e triatomíneos no ambiente natural. Ao invadir ecótopos silvestres, o homem se fez incluir no ciclo epidemiológico da doença, quando passou a habitar em moradias rurais de péssima qualidade, devido às relações de trabalho e restritivas políticas sociais (Dias e Borges Dias 1979, Silveira e Vinhaes 1998, Vinhaes e Dias 2000). A associação destes fatores permitiu a emergência de circunstâncias que favoreceram a domiciliação dos vetores nas residências humanas, originando assim a antropozoonose (Forattini 1980, Silveira 2000a).

A transmissão de *T. cruzi* ocorre em dois ciclos bem determinados: o ciclo silvestre (conhecido como ciclo original), onde participam mais de duzentas espécies, entre mamíferos e triatomíneos silvestres; e o ciclo doméstico, onde estão envolvidos o homem, animais sinantrópicos e triatomíneos domiciliares (Coura 2007, Argolo et al. 2008).

As formas mais importantes de transmissão da DC ainda são as vetoriais (seja via lesão resultante da picada, seja por mucosa ocular ou oral). Contudo, apresentam também importância epidemiológica a transmissão transfusional e congênita. Mais recentemente, a transmissão oral, pela ingestão de alimentos contaminados por *T. cruzi* tem merecido destaque. Já os acidentes de laboratório, manejo de animais infectados, transplantes de órgãos sólidos e leite materno, apresentam-se como formas menos comuns (Brasil 2009).

Atualmente, a ocorrência de doença de Chagas aguda (DCA) tem sido observada em diferentes estados (p. ex. Bahia, Ceará, Goiás, Piauí, Santa Catarina), com maior frequência de casos e surtos registrados na região da Amazônia Legal (p. ex. Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Amapá, Pará, Tocantins). Entre 2007 e 2011, ocorreram 849 casos de DCA, a maioria por transmissão oral (70%); destes casos, 611 (72%) foram diagnosticados no estado do Pará. Na região Centro-Oeste foram registrados 31 casos de DCA nos últimos cinco anos, principalmente no estado de Goiás (Brasil 2012).

Nem todos os indivíduos infectados apresentam manifestações clínicas. Muitos, depois de uma fase aguda, permanecem como portadores assintomáticos da infecção. Outros, porém, podem vir a desenvolver lesões graves e progressivas que conduzem à cardiopatia chagásica, ao megaesôfago, ao megacólon e outras formas de doença (Moncayo 2003, Ministério da Saúde 2005, Dias 2006).

O diagnóstico da doença na fase aguda é determinado por exame parasitológico, que detecta a presença de parasitos circulantes em sangue

periférico no exame a fresco, esfregaço e/ou gota espessa. Obtendo positividade nestes exames, como a presença de anticorpos IgM anti-*T. cruzi* associado a fatores clínicos e epidemiológicos, caracteriza-se fase aguda. Caso o paciente relate presença de sintomas por mais de 30 dias, é recomendada a realização de teste de Strut, microhematócrito e QBC (métodos de concentração) devido ao declínio da parasitemia. Já o diagnóstico na fase crônica da DC é essencialmente sorológico, a partir da detecção de anticorpos IgG anti-*T. cruzi* por dois testes sorológicos distintos (Imunofluorescência Indireta, Hemoaglutinação e/ou ELISA).

Para o tratamento da DC no Brasil, a única droga disponível atualmente é o benzonidazol. Entretanto, a relação entre a utilização do tratamento etiológico e a cura do paciente depende de circunstâncias como: a fase da doença, idade do paciente, como também a outras condições associadas. Na América Central, o nifurtimox é utilizado como alternativa para pacientes com intolerância ao benzonidazol (Ministério da Saúde 2005).

## **1.2. Os vetores**

São insetos da ordem Hemiptera, família Reduviidae e subfamília Triatominae, com ampla distribuição em diferentes ecótopos naturais de regiões tropicais e subtropicais, principalmente do continente americano (Lent e Wygodzinsky 1979).

São conhecidas cinco tribos (Alberprosiini, Bolboderini, Cavernicolini, Rhodiniini e Triatomini), com 15 gêneros, sendo atualmente conhecidas 142 espécies de triatomíneos, além de 1 fóssil descrito (Galvão et al. 2003, Schofield e Galvão 2009, Costa et al. 2006, Costa e Felix 2007, Frias-Lasserre 2010). A grande maioria vive em associação com aves e outros vertebrados silvestres. Todas as espécies são vetores em potencial de *T. cruzi*, porém, de maior interesse médico e social, somente cerca de uma dezena de espécies têm colonizado ecótopos artificiais e transmitido a DCH (Martins 1968, Barretto 1979, WHO 2002).

Os gêneros *Triatoma* Laporte, 1832, *Panstrongylus* Berg, 1879 e *Rhodnius* Stal, 1859 são considerados os mais importantes para a saúde pública. Dentre esses gêneros, destacam-se: *Rhodnius prolixus* Stal, 1859, *Triatoma infestans* Klug, 1834, *Triatoma dimidiata* Latreille, 1811, *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 e *Panstrongylus megistus* Burmeister, 1835, como os principais vetores de *T. cruzi* na América Latina (Schofield e Dias 1998).

No Brasil, ocorrem 62 espécies, sendo poucas delas com relevante potencial sinantrópico (Silveira et al. 1983, Silveira et al. 1984, Silveira e Rezende 1994, Vinhaes e Dias 2000, Costa et al. 2003, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a). Entretanto, as cinco espécies mais importantes na transmissão do agente causador da DC ao homem são: *T. infestans*, espécie introduzida, de maior antropofilia e que alcançou ampla distribuição nos estados do sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, porém atualmente em eliminação; *P. megistus*, espécie com altos níveis de infecção por *T. cruzi* e comportamento sinantrópico variável no Brasil, considerada invasora na região sul e colonizadora nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste; *T. brasiliensis*, de larga distribuição no semi-árido do nordeste; *Triatoma pseudomaculata* Corrêa & Espínola, 1964, ocorrendo também no semi-árido do nordeste e *Triatoma sordida* Stal, 1859, espécie nativa do cerrado sendo considerada a mais frequente em unidades domiciliares no Brasil (Vinhaes e Dias 2000, Costa et al. 2003).

Os triatomíneos se domicíliam quando as condições de moradia são precárias ou devido a modificações no ambiente silvestre por meio da ação antrópica peridomiciliar; estando o mal de Chagas, associado a estas condições sócioeconômicas precárias (Forattini 1980).

A presença de animais domésticos e as construções peridomiciliares, utilizadas para criação de animais têm influência no ciclo da transmissão natural do parasito ao homem por meio do vetor, pois, além de aproximarem o vetor do homem, tornam-se uma fonte permanente de alimento, contribuindo consideravelmente para o aumento da densidade populacional

desses vetores nas unidades domiciliares (Lent e Wygodzinsky 1979, WHO 1991).

As condições necessárias para ocorrer a transmissão domiciliar da doença de Chagas dependem de variáveis ou atributos de cada espécie de vetor, como a capacidade de colonização e o tamanho da colônia no interior da casa, ou seja, da densidade populacional e de sua capacidade vetorial de transmitir o *T. cruzi* ao homem (Silveira 1993, 2005).

### **1.3. Controle e vigilância da doença de Chagas no Brasil**

Ações pioneiras de controle da DC no Brasil foram desenvolvidas ainda na década de 1940 em Minas Gerais, baseando-se no uso de inseticidas (Gamexane, BHC) contra os triatomíneos (Dias e Pellegrino 1948).

Apesar da magnitude do problema representado pela DC e de se dispor de inseticidas residuais, entre 1950 e 1975 as atividades de controle no Brasil foram apenas pontuais e descontínuas, portanto não impedindo a reinfestação de áreas já tratadas (Silveira 2000b).

A partir de 1975, foi delimitada a área onde havia risco de transmissão para o restante do país, baseado nos inquéritos de soroprevalência da infecção na população humana e entomológico, já como parte da rotina de operações para o controle da endemia.

No período de 1975 a 1983, como parte do Programa de Controle da DC, o Ministério da Saúde (MS) realizou em quase todo o Brasil, um inquérito sorológico (Camargo et al. 1984) e um inquérito triatomínico (Silveira et al. 1984), com o objetivo de atualizar as informações da prevalência da infecção e da distribuição dos vetores. Dessa forma, foram conhecidas as áreas endêmicas da doença e também definidas e priorizadas as ações de controle.

Os resultados mostraram que a área com risco de transmissão vetorial correspondia a 36% do território nacional, com triatomíneos domiciliares em 2.493 municípios, distribuídos em 18 estados. Das mais de 42 espécies de triatomíneos então catalogadas no Brasil, 30 estavam presentes no ambiente domiciliar, mas não mais do que cinco tinham participação direta na transmissão domiciliar da doença: *T. infestans*, *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *T. sordida* e *P. megistus* (Silveira et al. 1984).

A mais importante espécie de vetor, *T. infestans*, encontrava-se em 711 municípios, distribuídos em treze estados. A soroprevalência da infecção na população rural brasileira era de 4,2% para o país como um todo (Camargo et al. 1984).

Em 1983, foi assinado um contrato entre a SUCAM e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) destinando 10 bilhões de cruzeiros provenientes do imposto de caráter social, o chamado FINSOCIAL. Com esse complemento orçamentário, o programa atingiu, pela primeira vez, a integral cobertura da área endêmica do país que compreendia dois mil municípios, em 19 estados, beneficiando 47 milhões de pessoas (Lima 1990).

Naquele momento, o controle da DC no Brasil, passou a realizar a mesma metodologia empregada na Campanha de erradicação da Malária (CEM), que se baseava em três fases de operação: a fase preparatória, fase de ataque e a de vigilância.

A fase preparatória consistia no mapeamento de localidades e unidades domiciliares (reconhecimento geográfico) com o cadastramento da população e caracterização física das casas e anexos, após este procedimento realizava-se, casa a casa, a pesquisa ativa dos vetores (levantamento triatomínico), que servia para nortear posteriores ações de controle com inseticidas. Na fase de ataque fazia-se o combate químico intenso e extensivo nas unidades positivas. Quando as avaliações de ataque

mostravam focalização da infestação, a garantia de cobertura integral da área avaliada e a regularidade das ações desenvolvidas, instalava-se a fase de vigilância. Esta caracterizava-se pela busca do vetor por amostragem, chamada vigilância entomológica transversal, complementada por vigilância exercida pela população, de caráter longitudinal e permanente, por meio de Postos de Informação para triatomíneos (PITs), instalados em localidades selecionadas, consideradas com maior risco de re-infestação.

Em 1991, os países do Cone Sul associaram-se em uma luta comum, obtendo assim, resultados excepcionais no Uruguai, no Chile e em partes da Argentina e do Paraguai. O Brasil teve milhões de casas expurgadas e inspecionadas, caindo as capturas de *T. infestans* de mais de 80 mil no ano de 1979 para pouco mais de 40 exemplares em 2005. O número de jovens e crianças infectados foi drasticamente reduzido e a transmissão por transfusão de sangue foi controlada (Dias 2006).

Em 2006, o Ministério da Saúde do Brasil recebeu a certificação pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) de eliminação da transmissão vetorial da DC pelo vetor doméstico *T. infestans*. A certificação representa a eliminação da transmissão da doença especificamente pelo triatomíneo da espécie *T. infestans* e não a erradicação do agente etiológico que pode ser transmitido por outros vetores. Além do Brasil, o Uruguai, o Chile, a Argentina, a Bolívia, o Paraguai e partes da América Central têm reduzido a transmissão por *T. infestans*, diminuindo assim a prevalência global da doença (Schofield et al. 2006, Silveira e Dias 2011).

Apesar do Brasil ter sido declarado livre da transmissão vetorial da DC por *T. infestans*, casos agudos ainda têm sido registrados devido a transmissão por espécies de triatomíneos nativas (Brasil 2009), que permanecem infestando domicílios em diferentes estados brasileiros (Oliveira e Silva 2007, Almeida et al. 2008, Bedin et al. 2009, Villela et al. 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2010, Silva et al. 2011, Maeda et al. 2012, Silva et al. 2012). Desta forma, tem sido observada a invasão de outras espécies de triatomíneos mesmo em casas tratadas com inseticidas,

mantendo o risco de transmissão do *T. cruzi* ao homem, sendo necessárias estratégias de controle e vigilância continuada baseadas em estudos taxonômicos, ecológicos e de distribuição geográfica desses vetores (Schofield e Dias 1998, Schofield et al. 2006).

Considerando a inexistência de vacinas para prevenção da DC, a ocorrência de muitos reservatórios animais, não sendo possível o esgotamento das fontes de infecção, a baixa eficácia de medicamentos para o tratamento etiológico na fase crônica da DC e a ocorrência de muitos casos agudos clinicamente inaparentes, pode-se afirmar que o principal elo vulnerável na cadeia de transmissão da infecção chagásica seja realmente o próprio vetor (Silveira e Dias 2011).

Em particular, para que se tenha uma efetiva atuação no controle da doença, é requerida uma boa estruturação e um elevado nível de competência das equipes de comando dos Programas de Controle da Doença de Chagas em nível nacional, estadual e municipal, com vistas a capacitar e supervisionar as ações em milhares de municípios, garantindo a continuidade e a efetividade da vigilância. Também, é necessária, muito especialmente, uma grande inserção da sociedade nesta vigilância, a ser obtida principalmente devido a ações organizadas e continuadas de educação (García-Zapata 1991, Abad-Franch et al. 2011). Tais ações ainda não estão, infelizmente, nas agendas do Ministério da Educação e das Secretarias Estaduais de Educação, o que merece e faz urgir empenho especial por parte de sanitaristas, políticos e governantes.

#### **1.4. Doença de Chagas na região Centro-Oeste do Brasil**

Na região Centro-Oeste (RCO) a DCA tem sido observada com menor frequência quando comparada com as outras regiões do Brasil; apenas 31 casos foram registrados entre 2007-2011, a maioria no Estado de Goiás (Brasil 2012).

No Mato Grosso tem sido registrada ocorrência de triatomíneos no peridomicílio e intradomicílio; um inquérito triatomínico realizado em 30 municípios entre 1998 e 2000 mostrou cinco espécies: *Triatoma sordida*, *Triatoma jurbergi* Carcavallo, Galvão & Lent, 1998, *Triatoma vandae* Carcavallo, Jurberg, Rocha, Galvão, Noireau & Lent, 2002, *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 e *Panstrongylus megistus*. *T. sordida* foi a espécie mais freqüente ocorrendo em 29 municípios (Figueiredo et al. 2007). Segundo os autores, o desmatamento, as queimadas e outras agressões ecológicas estão favorecendo este processo de domiciliação, aumentando o risco de transmissão do *T. cruzi* ao homem.

Segundo Almeida et al. (2008), o estado de Mato Grosso do Sul está livre da transmissão vetorial endêmica da DC. Porém, o Estado apresentou um aumento relevante na diversidade de espécies de triatomíneos sinantrópicos, ocupando principalmente o peridomicílio. *T. sordida* foi a espécie mais abundante, com ampla distribuição geográfica e maiores percentuais de predominância e colonização. Apesar do baixo índice de infecção natural por *T. cruzi* encontrado, o aumento da domiciliação de espécies consideradas nativas demonstra a manutenção do risco de transmissão vetorial no Estado.

No Estado de Goiás, Oliveira e Silva (2007) investigaram 249.868 unidades domiciliares (ambiente intra e peridomiciliar), nas quais 51.570 espécimes foram capturados, de 9 espécies de triatomíneos, tendo sido encontrados 335 exemplares infectados com *T. cruzi*, a maioria sendo da espécie *T. sordida*. De acordo com os indicadores entomológicos de distribuição geográfica, infestação e densidade domiciliar, as espécies *T. sordida* e *R. neglectus* destacaram-se como as mais importantes epidemiologicamente. Embora o Estado tenha recebido o certificado de eliminação do *T. infestans*, principal espécie vetora em anos anteriores, a captura de outras espécies infectadas pelo *T. cruzi* no ambiente intradomiciliar é motivo de preocupação e alerta.

No Distrito Federal (DF) a vigilância entomológica teve início na década de 1980, a partir da instalação de uma rede de postos de informações de triatomíneos (PITs) funcionando com auxílio da população e tendo como objetivos informar, divulgar e atender as denúncias, encaminhando os insetos para exames laboratoriais e realizando conseqüentes borrifações nas unidades domiciliares positivas. Neste trabalho, espécies de triatomíneos como *P. megistus*, *T. pseudomaculata*, *T. sordida* e *R. neglectus* foram listadas (Silveira et al. 1984, Assis et al. 1999, Maeda et al. 2012).

*Rhodnius neglectus* e *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 ocorrem freqüentemente em palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* em veredas do DF (Gurgel-Gonçalves et al. 2004a). Outros estudos mostram a circulação enzoótica de *T. cruzi* em matas de galerias e veredas (Gurgel-Gonçalves et al. 2004b). Embora no DF não tenha sido documentada transmissão humana autóctone de *T. cruzi* tanto em ambiente domiciliar quanto no silvestre, há um número estimado de soropositivos de 71.736 segundo inquérito sorológico (Silveira e Vinhaes 1998). Comparado com outros Estados este número é alto, mesmo não sendo uma área endêmica.

### **1.5. Modelagem de nicho ecológico de triatomíneos**

Pesquisas biogeográficas demonstram a influência de fatores climáticos na distribuição das espécies de triatomíneos (Aragão e Dias 1956, Forattini 1980, Burgos et al. 1994, Curto de Casas et al. 1994). As ações antropogênicas podem desencadear alterações climáticas e modificar a distribuição de algumas espécies (Barretto 1979, Forattini 1980). A compreensão e análise da distribuição geográfica de vetores, pode ajudar no conhecimento de aspectos epidemiológicos, como também nortear medidas eficazes de controle das doenças.

A distribuição geográfica dos organismos pode ser modelada e predita a partir de métodos que relacionam os pontos de ocorrência da

espécie com características do ambiente aonde ela ocorre. A modelagem de nicho ecológico (MNE) é uma metodologia quantitativa para predição de áreas de distribuição potencial de espécies, ou visualização espacial do nicho. A MNE baseia-se no conceito de nicho ecológico, que pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que determinam onde uma espécie pode ocorrer (Grinnell 1917, Peterson e Vieglais 2001). Segundo Grinnell, cada espécie tem seu próprio perfil fisiológico, morfológico e comportamental, o que as possibilita ocupar espaços específicos na natureza.

Para a realização da MNE são utilizadas as coordenadas geográficas dos registros de ocorrência das espécies, comumente obtidos por meio de coletas de campo, pesquisas em museus e coleções particulares. A partir dos valores de latitude e longitude de cada ponto de ocorrência, é possível acessar as características ecológicas locais e relacioná-las às características ecológicas de toda área de estudo, obtidas a partir de bases de dados ambientais disponíveis. Posteriormente aplica-se um algoritmo, sendo então definidos os limites ecológicos de distribuição que serão utilizados na produção dos mapas de distribuição potencial.

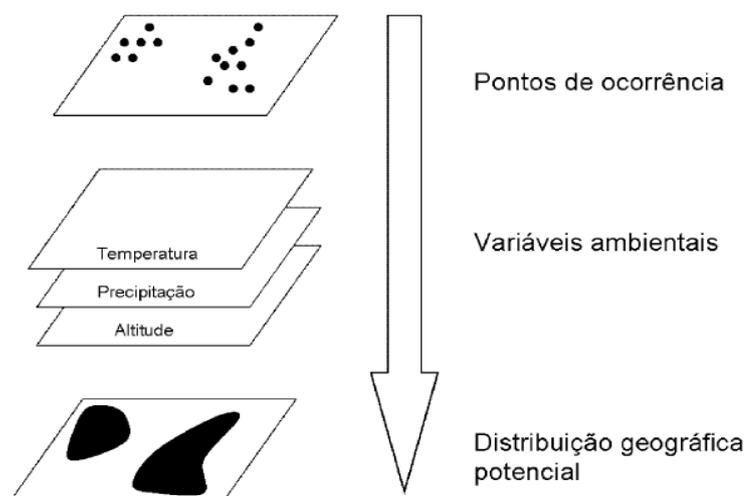


Figura 1: Esquema mostrando os elementos básicos da modelagem de nicho ecológico. Fonte: Rodrigo Gurgel Gonçalves.

Vários métodos podem ser utilizados para prever a distribuição geográfica potencial de espécies utilizando modelagem de nicho ecológico (Tsoar et al. 2007). O algoritmo Maxent, por exemplo, realiza previsões a partir de informações incompletas e baseia-se no princípio de máxima entropia, o qual busca encontrar a distribuição mais próxima da distribuição uniforme baseado nas restrições impostas pelas variáveis usadas na modelagem. Como resultado da modelagem o Maxent atribui um valor de adequabilidade ambiental para a ocorrência, que varia de 0 a 1 e representa o nicho ecológico da espécie (Phillips et al. 2006).

A MNE tem sido bastante aplicada para estudar aspectos da transmissão da doença de Chagas, entre eles a caracterização de nichos ecológicos de vetores, o preenchimento de informações de distribuição desconhecida de triatomíneos, mudanças na distribuição como consequência de alterações climáticas ou uso da terra, previsão do potencial de invasão em outras regiões e o relacionamento entre distribuição de vetores e reservatórios (Costa et al. 2002, Gorla 2002, Peterson et al. 2002, López-Cárdenas et al. 2005, Sandoval-Ruiz et al. 2008, Gurgel-Gonçalves e Cuba 2009, Gurgel-Gonçalves e Silva, 2009, Arboleda et al. 2009, Ibarra-Cerdeña et al. 2009, Batista e Gurgel-Gonçalves 2009, Peterson et al. 2011, Costa e Peterson 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a). A comparação entre a distribuição potencial e a conhecida permite levantar hipóteses sobre fatores históricos, barreiras geográficas e interações que inviabilizam a ocorrência das espécies em áreas com condições ecológicas favoráveis.

## 2. JUSTIFICATIVA

Na região Centro-Oeste (RCO), casos agudos da doença de Chagas (DC) têm sido observados com menor frequência quando comparados com outras regiões do Brasil. Entretanto, a constante presença de triatomíneos em ambiente domiciliar e peridomiciliar, caracteriza a RCO como uma área de risco de transmissão vetorial de *T. cruzi* ao homem.

Desta forma, estudos da distribuição geográfica dos triatomíneos e os fatores associados a sua ocorrência são fundamentais para entender o risco de transmissão da DC. Condições climáticas específicas podem interagir com fatores socioeconômicos e influenciar a ocorrência de triatomíneos em diferentes áreas.

A predição da distribuição potencial dos triatomíneos e a análise da influência de fatores climáticos e socioeconômicos para a ocorrência desses insetos são fundamentais para a vigilância epidemiológica da DC. Essas análises podem auxiliar, em uma escala regional, a identificação de áreas de maior risco de ocorrência de triatomíneos sinantrópicos e, conseqüentemente, de maior risco de transmissão da DC, informação importante para guiar as estratégias de vigilância entomológica em um cenário em que as avaliações entomológicas por pesquisa ativa tornam-se cada vez mais escassas.

Os modelos de distribuição potencial de triatomíneos na RCO são necessários tanto para o planejamento das ações de vigilância e controle entomológico, como também, para auxiliar projetos de melhoria social e habitacional em municípios com maior risco de ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. Deste modo, o presente trabalho analisa a distribuição geográfica das espécies de triatomíneos sinantrópicos em municípios dos estados da RCO do Brasil e os fatores climáticos e socioeconômicos associados a sua ocorrência.

### **3. OBJETIVO GERAL**

Analisar os fatores climáticos e socioeconômicos associados à ocorrência de espécies de triatomíneos sinantrópicos em municípios dos estados da Região Centro-Oeste do Brasil

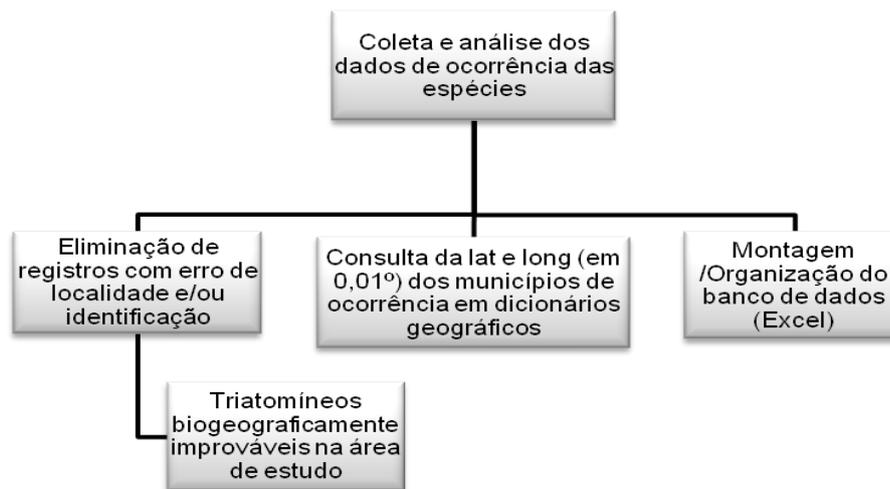
#### **3.1. Objetivos Específicos**

- Atualizar a distribuição geográfica das espécies de triatomíneos capturados em ambiente domiciliar na Região Centro-Oeste do Brasil (RCO);
- Produzir mapas preditivos de adequabilidade climática para ocorrência de espécies de triatomíneos sinantrópicos na RCO;
- Gerar um mapa preditivo representando o número esperado de espécies de triatomíneos sinantrópicos nos municípios da RCO;
- Analisar os fatores climáticos que melhor explicam a distribuição potencial de triatomíneos na RCO;
- Analisar os fatores socioeconômicos que podem influenciar a distribuição geográfica dos triatomíneos nos municípios da RCO;
- Analisar a associação entre a riqueza de espécies de triatomíneos predita pela modelagem de nicho ecológico e os fatores socioeconômicos dos municípios da RCO.

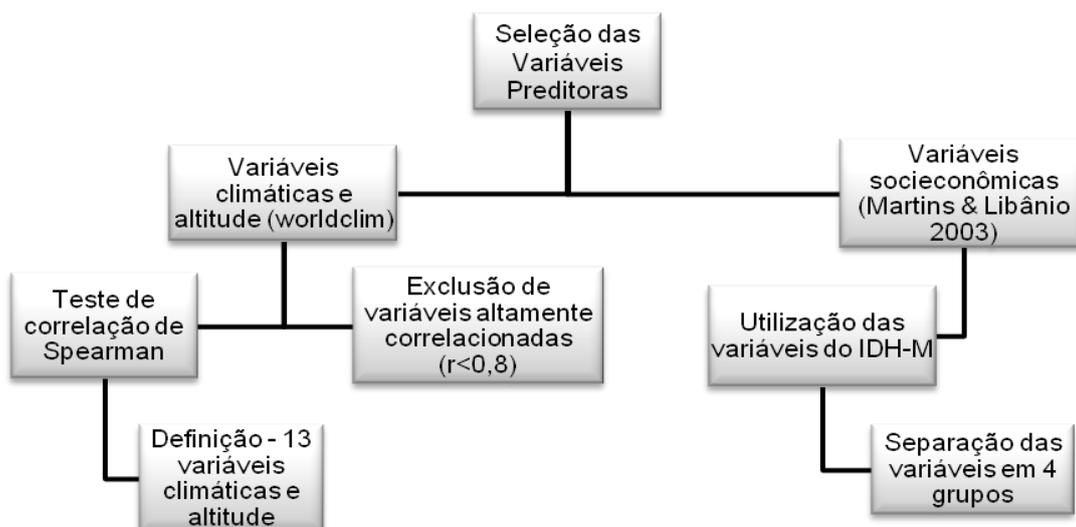
## 4. MÉTODOS

### 4.1. Fluxograma da Metodologia

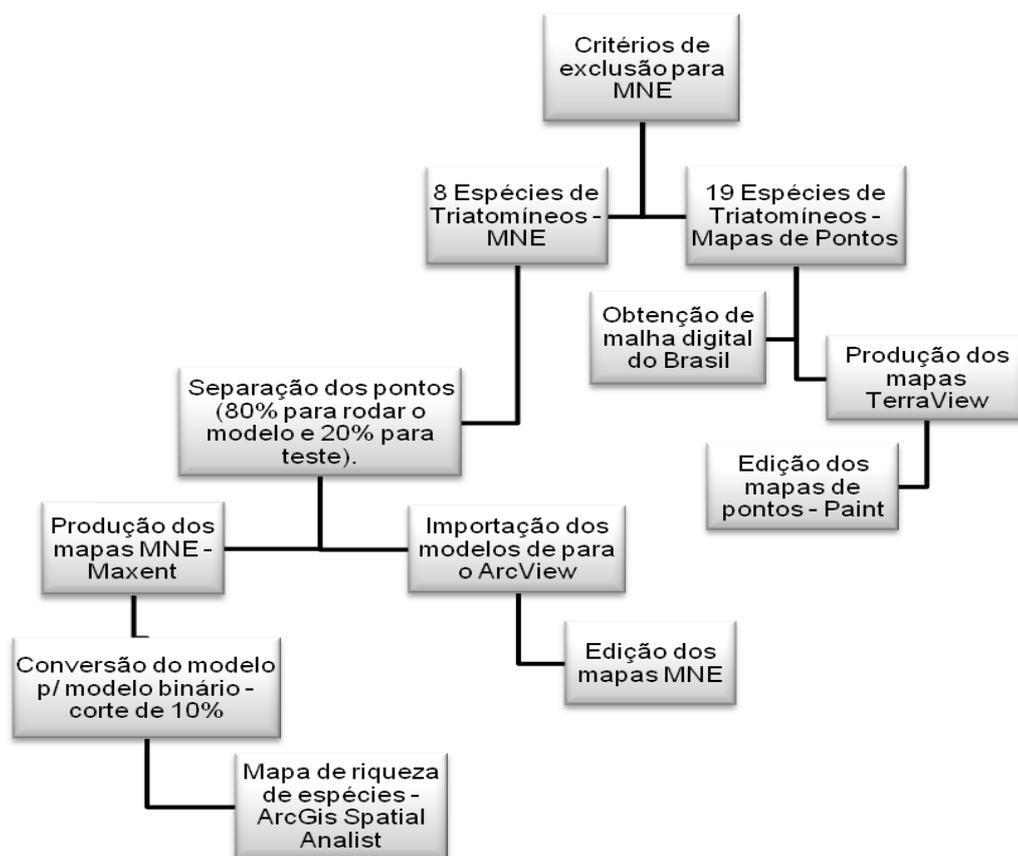
#### Coleta de Dados



#### Variáveis Preditoras

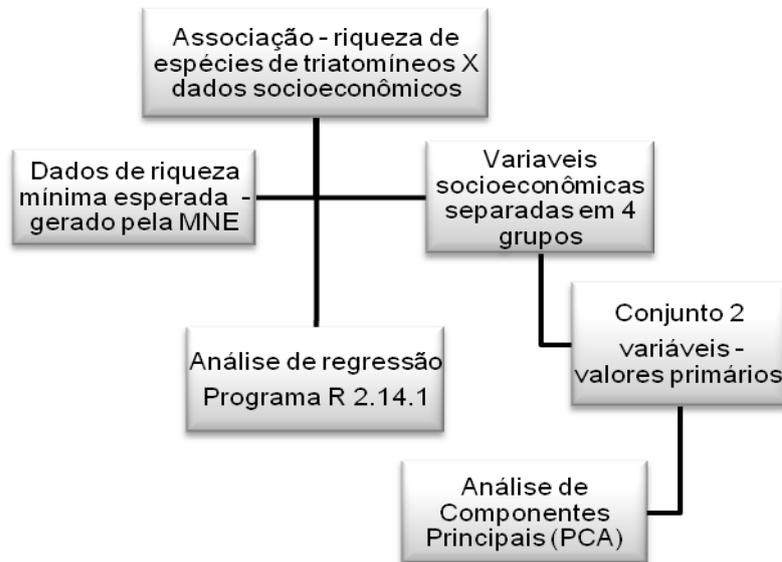


## Modelagem de Nicho Ecológico e Mapas de Ponto



## Validação do Modelo





## 4.2. Área de estudo

A região Centro-Oeste do Brasil (RCO) compreende os Estados do Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e o Distrito Federal (DF) (Figura 1). Conforme censo de 2010 do IBGE, a região ocupa uma área de 1.606.371,505 km<sup>2</sup>, dividido em 466 municípios, a maioria deles localizada no Estado de Goiás (246). A população total da RCO é de 14.050.340 habitantes, sendo a maior parte (89%) residente em área urbana. Geograficamente, a RCO é formada pelo planalto central e meridional e a planície do pantanal; o Cerrado é o bioma predominante, com maior extensão territorial, abrangendo todos os estados e o DF, porém Pantanal, remanescentes de Mata Atlântica, Amazônia e enclaves de florestas secas também estão presentes na RCO (WWF 2012). O clima tropical é marcado por dois períodos bem definidos, o verão chuvoso entre os meses de outubro a março, e um inverno seco, nos meses de abril a setembro.

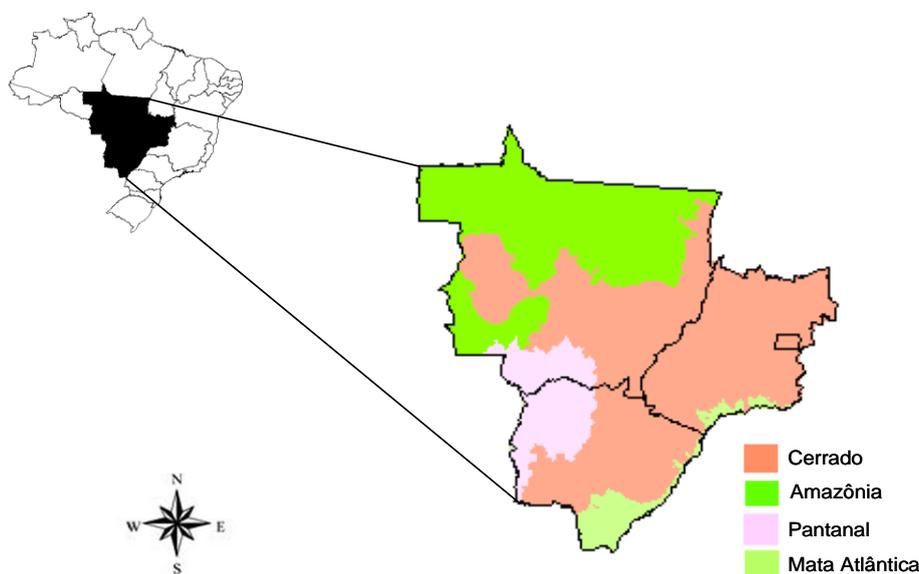


Figura 1: Mapa do Brasil, sendo destacado o mapa da Região Centro-Oeste, local de estudo, com os biomas em destaque por cores. Fonte: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>

### **4.3. Dados de distribuição**

As informações sobre a ocorrência das espécies de triatomíneos foram fornecidas pelos Programas de Controle da Doença de Chagas (PCDCh) dos estados da RCO, e correspondem às capturas realizadas em ambiente domiciliar entre 2000 e 2010. O PCDCh realiza tanto a vigilância entomológica ativa (pesquisa dos agentes de saúde em unidades domiciliares pelo menos uma vez ao ano) quanto passiva, com participação comunitária (notificação pelo morador nos Postos de Informações de Triatomíneos - PITs) de acordo com a classificação de risco de Silveira (2004), sendo estabelecidas 4 categorias: áreas com transmissão conhecida (sem intervenções), áreas com transmissão controlada (por intervenções anteriores) com risco de estabelecimento da transmissão, áreas com possível transmissão e áreas sem transmissão. Atualmente, a maioria dos municípios dos estados da RCO prioriza a vigilância realizada com participação comunitária.

Foram considerados também dados de ocorrência de espécies de triatomíneos em ambiente domiciliar entre 1975 e 1983 (Silveira et al. 1984), assim como dados da literatura (Silva e Lustosa 1993, Carcavallo e Jurberg 2000, Carcavallo et al. 1999, 2002, Oliveira e Silva 2007, Maeda et al. 2012, Almeida et al. 2008, Gurgel Gonçalves e Silva 2009, Obara et al. 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a). Além disso, foram analisados os registros de triatomíneos nas coleções de Rodolfo Carcavallo e Herman Lent no Laboratório Nacional e Internacional de Referência em Taxonomia de Triatomíneos, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

### **4.4. Variáveis preditoras**

Para a construção dos modelos de distribuição potencial das espécies de triatomíneos foram consideradas 19 variáveis ambientais e altitude (Tabela 1), obtidas do projeto Worldclim (<http://www.worldclim.org>).

Essas variáveis são resultado da interpolação da média de dados climáticos mensais das estações climáticas no período entre 30 (1960-1990) e 50 anos (1950-2000), de acordo com sua disponibilidade nas estações meteorológicas (Hijmans et al. 2005). A base de dados ambientais utilizada nas análises apresenta cobertura para a América Central e do Sul apresentando uma resolução espacial de 2,5 minutos (5 x 5 km por pixel).

Para evitar os efeitos de confundimento na modelagem em um espaço com muitas dimensões ambientais (Peterson e Nakazawa 2008) foi realizada uma seleção de variáveis para a modelagem de nicho ecológico dos triatomíneos. Para isso, inicialmente, os valores de cada variável climática e altitude, foram extraídos para os pontos de ocorrência de cada uma das espécies de triatomíneos usando a extensão análise espacial do ArcGis (comando “summarize zones”). A planilha gerada por essa análise foi então importada para o programa Statistica para a análise de correlação de Spearman (Statistica®). Dessa forma, somente variáveis não correlacionadas ( $r < 0,8$ ) foram utilizadas para construção e análise dos modelos, sendo 13 variáveis climáticas e altitude (Tabela 1).

Tabela 1: Lista das 20 variáveis ambientais, sendo marcadas com (X) as variáveis não correlacionadas ( $r < 0,8$ ) utilizadas na modelagem das oito espécies de triatomíneos sinantrópicos da Região Centro Oeste do Brasil. As variáveis marcadas em negrito tiveram maior contribuição para explicar o modelo de nicho ecológico de acordo com o teste de Jackknife.

Variáveis Ambientais	Descrição	<i>Triatoma williami</i>	<i>Triatoma costalimai</i>	<i>Rhodnius neglectus</i>	<i>Panstrongylus dñasi</i>	<i>Triatoma pseudomaculata</i>	<i>Panstrongylus geniculatus</i>	<i>Panstrongylus megistus</i>	<i>Triatoma sordida</i>
Bio 1	Temperatura média anual	X	X	X	X	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 2	Faixa diurna da temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 3	Isotermia	-	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>
Bio 4	Temperatura sazonal	-	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 5	Temperatura máxima nos meses mais quentes	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 6	Temperatura mínima nos meses mais frios	-	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-
Bio 7	Faixa de temperatura anual	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 8	Temperatura média no trimestre mais úmido	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 9	Temperatura média no trimestre mais seco	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 10	Temperatura média no trimestre mais quente	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 11	Temperatura média no trimestre mais frio	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-	-
Bio 12	Precipitação anual	<b>X</b>	-	-	-	-	-	<b>X</b>	-
Bio 13	Precipitação no mês mais úmido	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio 14	Precipitação no mês mais seco	X	-	X	-	-	-	-	-
Bio 15	Precipitação sazonal	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-
Bio 16	Precipitação no trimestre mais úmido	-	X	X	X	X	X	X	X
Bio 17	Precipitação no trimestre mais seco	-	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	X	X	X
Bio 18	Precipitação no trimestre mais quente	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 19	Precipitação no trimestre mais frio	<b>X</b>	X	X	<b>X</b>	X	X	X	X
-	Altitude	-	-	-	-	-	X	X	-

Para as análises de associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e os fatores socioeconômicos dos municípios da RCO, foram utilizadas as variáveis que compõem o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM para o ano de 2000 (Martins e Libânio 2003). Estas variáveis foram separadas em quatro conjuntos, sendo o primeiro conjunto formado por 9 variáveis, seguido do conjunto de valores primários, índices decompostos e o conjunto de índice composto mais crescimento (Tabela 2).

Tabela 2: Relação de variáveis socioeconômicas\*, que compõem o IDHM, divididas em 4 grupos, conforme utilizadas para as análises de associação entre a riqueza de espécies de triatomíneos e fatores socioeconômicos dos municípios da RCO.

<b>Fatores Socioeconômicos</b>	<b>1º Conjunto</b>	<b>2º Conjunto</b>	<b>3º Conjunto</b>	<b>4º Conjunto</b>
Esperança de vida	X	X		
Alfabetização	X	X		
Frequência escolar	X	X		
Renda	X	X		
Índice de esperança de vida	X		X	
Índice de educação	X		X	
Índice do produto interno bruto	X		X	
Índice de desenvolvimento humano do município	X			X
Crescimento populacional do município	X			X

\*Esperança de vida: número médio de anos que uma pessoa nascida no município no ano de referência (2000) deve viver. Alfabetização: porcentagem de pessoas com mais de 15 anos capaz de ler e escrever um bilhete simples. Frequência escolar: somatório de pessoas que frequentam os cursos fundamental, secundário e superior dividido pela população na faixa etária de 7 a 22 anos do município. Renda: renda média de cada residente no município. Índice de esperança de vida: valor da esperança de vida transformado considerando parâmetros de máxima (85 anos) e mínima (25 anos) longevidade. Índice de educação: média ponderada da alfabetização (peso 2) e frequência escolar (peso 1). Índice do produto interno bruto: log de renda média municipal per capita menos o log do valor de referência mínimo, dividido pelo log do valor de referência máximo menos o log do valor de referência mínimo. Índice de desenvolvimento humano do município: média aritmética simples dos índices de esperança de vida, educação e produto interno bruto. Crescimento populacional: razão da população em 1999 e 1997, a qual indica quais municípios estão crescendo mais ou menos em relação aos demais.

#### 4.5. Modelagem de nicho ecológico

Um total de 3.396 ocorrências de 27 espécies de triatomíneos foram registradas e analisadas. Estas ocorrências foram referenciadas em coordenadas geográficas com um nível razoável de confiança (ou seja, com uma incerteza de <5km, com uma precisão de 0,01°), um erro que não influencia os resultados gerados pelo método de modelagem de nicho utilizado (Graham et al. 2008). A base de dados de ocorrência das espécies foi revisada, sendo eliminados registros de espécies de triatomíneos que apresentavam erros de georeferenciamento ou na identificação taxonômica. Todos os registros foram georeferenciados com base na consulta de <http://www.fallingrain.com/world> e <http://www.ibge.gov.br>, sendo os dados organizados em planilhas do programa excel para posterior análise (Gurgel-Gonçalves et al. 2012a).

Para modelagem de nicho ecológico, método que permite explorar fenômenos ecológicos e geográficos com base em ocorrências conhecidas das espécies (Costa e Peterson 2012, Peterson 2006), foi utilizado um critério de exclusão, considerando minimamente 20 pontos de ocorrência por espécie, ou seja, cada espécie para ser modelada deveria ter ocorrência em no mínimo 20 municípios, permitindo assim o desenvolvimento de uma análise robusta, com base em análises anteriores (Stockwell e Peterson 2002, Wisz et al. 2008). Esse limiar resultou na seleção de oito espécies: *Triatoma pseudomaculata*, *T. sordida*, *T. williami*, *T. costalimai*, *Panstrongylus megistus*, *P. diasi*, *P. geniculatus* e *Rhodnius neglectus*.

Os mapas de distribuição potencial das espécies foram produzidos usando o algoritmo Maxent versão 3.2.1 (Phillips et al. 2006) aplicando os parâmetros básicos sugeridos pelo programa, considerados adequados para a maioria das situações (Phillips e Dudík 2008). O algoritmo Maxent baseia-se no princípio da máxima entropia, que tem como objetivo estimar a probabilidade de ocorrência da espécie encontrando a distribuição de

probabilidade da máxima entropia (que é a distribuição mais próxima da distribuição uniforme).

Para gerar os modelos de nicho ecológico, o programa baseia-se em variáveis climáticas dos locais onde houve registro de espécies. A escolha do método levou em consideração as características particulares do estudo, ou seja, a área de interesse e a extensão da área amostrada, sem necessidade de transferência de modelos de uma paisagem mais ampla (Elith et al. 2006, Peterson et al. 2007).

Os pontos de ocorrência foram separados em dois conjuntos, sendo um para treino (80% dos pontos para rodar o modelo) e outro para teste (20% dos pontos para avaliar o modelo). O percentual de pontos utilizados para os testes dos modelos varia bastante na literatura, sendo encontrados percentuais que variam entre 40% (Phillps e Dudík 2008) a 25% (Graham et al. 2008). Tendo em vista o volume de dados disponíveis para as modelagens dos triatomíneos, o percentual de 20% foi considerado mais adequado para o estudo. Posteriormente, cada modelo foi convertido em um modelo binário (indicando locais de presença ou ausência da espécie), utilizando como limite de corte o valor logo acima dos 10% menores valores previstos associados com os registros de cada espécie (Pearson et al. 2007). Este valor relaciona-se à quantidade de erros relativos à precisão dos registros de ocorrência (Peterson et al. 2008). Sua aplicação justifica-se devido ao uso de diferentes fontes de dados para a construção da planilha com os dados de distribuição das espécies, existindo a possibilidade de erros de localização e georeferenciamento.

Os modelos de distribuição geográfica potencial gerados no Maxent foram importados e editados usando o programa ArcView 3.3 (ESRI 2002). (Figura 2). Um mapa final foi produzido usando a extensão do ArcGis Spatial Analyst (comando *raster calculator*) para somar os modelos de nicho ecológico das oito espécies listadas anteriormente e gerar uma superfície de riqueza de triatomíneos sinantrópicos na RCO.

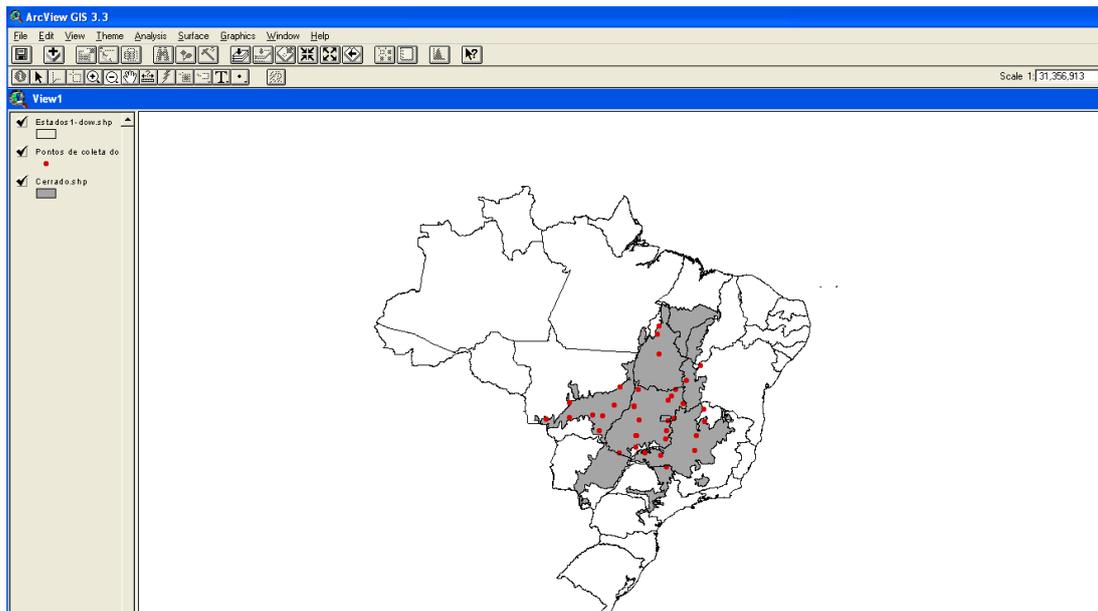


Figura 2: Imagem de uma página do programa ArcView versão 3.3, utilizado na produção dos modelos de distribuição geográfica potencial das espécies de triatomíneos sinantrópicos.

Para os mapas de ocorrência das demais espécies de triatomíneos que não foram modeladas por nicho ecológico usando o Maxent, foram gerados apenas mapas de pontos utilizando o programa TerraView (versão 4.0.0) (Figura 3). A malha digital (no formato *shape file*) do Brasil foi obtida no endereço <http://siscom.ibama.gov.br/>, posteriormente sendo editada para a RCO.

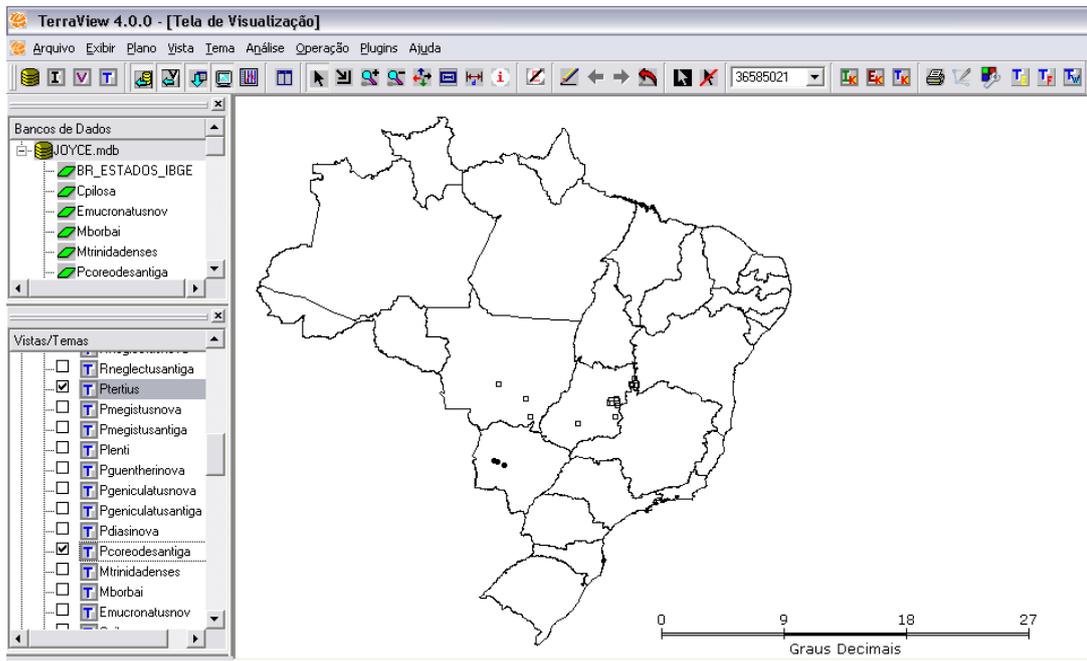


Figura 3: Imagem de uma página do programa TerraView versão 4.0.0, utilizado na produção dos mapas das espécies com menos de 20 pontos de ocorrência (mapas de pontos de ocorrência).

#### 4.6. Validação do Modelo

A qualidade dos modelos gerados foi avaliada usando a curva ROC (*Receiver Operating Characteristics* - curva característica de operação) que relaciona dois parâmetros do modelo: sensibilidade e especificidade (Phillips et al. 2006). A sensibilidade do modelo é definida como a proporção de presenças verdadeiras em relação ao total de presenças preditas pelo modelo. Esse parâmetro também é uma medida da ausência de erro de omissão (registros de ocorrência da espécie fora da área predita pelo modelo); modelos com boa qualidade devem apresentar maiores valores de sensibilidade. A especificidade do modelo é a proporção de ausências verdadeiras em relação ao total de ausências preditas pelo modelo. O valor 1-especificidade é uma medida do erro de sobreprevisão (área predita que

excede a ocorrência observada). O cálculo da área sob a curva ROC, também conhecida como AUC (*Area Under the Curve* - Área sob a curva) fornece uma medida única do desempenho do modelo (Apêndices 1 ao 8). O AUC varia de zero a um, no qual valores próximos a um indicam alto desempenho, enquanto que valores menores do que 0,5 indicam baixo desempenho do modelo (Elith et al. 2006). Um teste independente (qui-quadrado) também foi realizado para avaliar os modelos, onde foi verificado se os pontos de teste (20%) estavam inseridos no modelo de distribuição potencial de cada espécie, quando comparado com uma distribuição aleatória. A identificação das variáveis que mais influenciam a distribuição das espécies de triatomíneos foi realizada a partir do teste Jackknife, seguindo procedimentos descritos por Pearson et al. (2007) (Apêndices 1 ao 8).

#### **4.7. Análise de Regressão e PCA**

Para testar a associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e dados socioeconômicos dos municípios foram realizadas análises de regressão utilizando programa R 2.14.1 (<http://www.r-project.org/>). Nessas análises foram considerados os resultados da riqueza mínima esperada, gerada pela modelagem de nicho ecológico das oito espécies sinantrópicas mais frequentes na RCO (Apêndice 9). Para a caracterização dos municípios quanto à presença de triatomíneos em função das variáveis socioeconômicas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* - PCA), que tem por finalidade básica, a análise dos dados usados visando sua redução, eliminação de sobreposições e à escolha das formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais.

Para análise da PCA, foram utilizadas as variáveis primárias (esperança de vida, nível de alfabetização, frequência escolar e renda). Os municípios foram classificados em 4 classes que variaram de acordo com a

posição dos mesmos em relação aos dois primeiros componentes gerados pela PCA. Assim, municípios que tiveram valores positivos nos dois eixos foram classificados com 1. Municípios que tiveram valores positivos no primeiro componente e negativos no segundo componente foram classificados como 2. Municípios que tiveram valores negativos nos componentes 1 e 2 foram classificados como 3 e municípios que tiveram valores negativos no primeiro componente e positivos no segundo componente foram classificados como 4 (Tabela 3). As quatro classes utilizadas para os municípios foram então representadas em um mapa da malha municipal brasileira.

Tabela 3: Classificação dos municípios quanto a posição dos mesmos em relação aos dois primeiros componentes gerados pela Análise de Componentes Principais - PCA.

<b>Classificação dos Municípios</b>	<b>Eixo 1 Componente 1</b>	<b>Eixo 2 Componente 2</b>
Municípios 1	+	+
Municípios 2	+	-
Municípios 3	-	-
Municípios 4	-	+

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Artigo submetido na Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz (versão em português considerando os comentários dos membros da banca).

#### Fatores climáticos e socioeconômicos associados à ocorrência de triatomíneos sinantrópicos na região Centro-Oeste do Brasil

**Título corrente:** Ocorrência de triatomíneos no Brasil central.

Joyce Mendes Pereira<sup>1\*</sup>, Paulo Silva de Almeida<sup>2</sup>, Adair Vieira de Sousa<sup>3</sup>, Aécio Moraes de Paula<sup>4</sup>, Ricardo Bomfim Machado,<sup>5</sup> & Rodrigo Gurgel-Gonçalves<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Núcleo de Medicina Tropical / Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde.

<sup>2</sup>Laboratório Regional de Entomologia, Núcleo Regional de Saúde, Secretaria de Estado de Saúde, Dourados, MS.

<sup>3</sup>Núcleo de Apoio ao Controle de Endemias, Secretaria de Saúde do Estado de Goiás.

<sup>4</sup>Laboratório de Entomologia, Secretaria de Saúde do Estado do Mato Grosso.

<sup>5</sup>Universidade de Brasília, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia.

<sup>6</sup>Laboratório de Parasitologia Médica e Biologia de Vetores, Área de Patologia, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília.

\* Autor para correspondência:

Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde

Setor Comercial Sul, Quadra 4, Bloco A, 3º andar - Edifício Principal

CEP: 70304-000 - Brasília/DF

Tel: (61) 8211-6506 E-mail: [joyce.pereira@saude.gov.br](mailto:joyce.pereira@saude.gov.br)

Suporte financeiro: CAPES

## **RESUMO**

O presente trabalho analisa a distribuição geográfica das espécies de triatomíneos em municípios dos estados da Região Centro Oeste do Brasil (RCO) e os fatores climáticos e socioeconômicos associados à sua ocorrência. No total, 3.396 registros de 27 espécies de triatomíneos sinantrópicos foram registrados e analisados. Modelos de nicho ecológico baseados em 13 variáveis climáticas e altitude foram produzidos para 8 espécies que ocorreram no mínimo em 20 municípios usando o método de máxima entropia. Análises de regressão foram realizadas para testar a associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e variáveis socioeconômicas dos municípios da RCO. Os resultados indicam maior adequabilidade climática para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em áreas de cerrado no estado de Goiás, diferente de áreas de floresta amazônica do norte do estado do Mato Grosso. A sazonalidade da temperatura foi a variável que melhor explicou os modelos, os quais indicaram ainda uma associação negativa entre riqueza de espécies de triatomíneos e variáveis socioeconômicas (alfabetização, produto interno bruto, crescimento populacional) nos municípios da RCO. Os resultados indicam que praticamente todo o território da RCO apresenta condições climáticas para ocorrência de pelo menos uma espécie de triatomíneo e que a ocorrência é influenciada por fatores socioeconômicos. Dessa forma, recomenda-se reforçar a vigilância entomológica na RCO, principalmente nas áreas indicadas no presente estudo.

Palavras-chave: Triatominae, modelagem de nicho ecológico, Região Centro-Oeste, vigilância entomológica, doença de Chagas.

## INTRODUÇÃO

A doença de Chagas (DC) ou Tripanossomíase americana é o resultado de uma infecção generalizada, essencialmente crônica, causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi* (Chagas 1909). A principal forma de transmissão é por intermédio de insetos hematófagos da subfamília Triatominae (Lent & Wygodzinsky 1979) e o controle de triatomíneos sinantrópicos é a principal estratégia para prevenir a infecção humana (Coura & Dias 2009, Coura e Viñas 2010).

São conhecidas atualmente 142 espécies de triatomíneos, além de um fóssil descrito (Galvão et al. 2003, Schofield & Galvão 2009, Costa et al. 2006, Costa & Felix 2007, Frias-Lasserre, 2010) No Brasil, ocorrem 62 espécies, sendo poucas delas com relevante potencial sinantrópico (Silveira et al. 1984, Silveira e Rezende 1994, Vinhaes & Dias 2000, Costa et al. 2003, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a). Em 2006, o Brasil foi declarado livre da transmissão vetorial da doença de Chagas pelo vetor doméstico *Triatoma infestans* (Schofield et al. 2006, Silveira & Dias 2011). Entretanto, casos agudos ainda têm sido registrados devido à transmissão por espécies de triatomíneos nativas (Brasil 2009), que permanecem infestando domicílios em diferentes estados brasileiros (Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Bedin et al. 2009; Villela et al. 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2010, Silva et al. 2011, Maeda et al. 2012, Silva et al. 2012).

Estudos da distribuição geográfica dos triatomíneos e os fatores que determinam a sua ocorrência são fundamentais para entender o risco de transmissão da DC. Condições climáticas específicas podem interagir com fatores socioeconômicos e influenciar a ocorrência de triatomíneos (Bustamante et al. 2007). A modelagem de nicho ecológico (MNE) é uma abordagem que permite explorar fenômenos geográficos e ecológicos com base em ocorrências de espécies conhecidas (Peterson et al. 2011). Essa abordagem tem sido bastante aplicada para estudar a distribuição geográfica de triatomíneos nos últimos anos (Costa & Peterson 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a).

Na região Centro-Oeste (RCO) do Brasil, casos agudos da DC têm sido observados com menor frequência quando comparados com outras regiões do Brasil;

apenas dois casos foram registrados entre 2005-2009, no estado do Mato Grosso (Brasil 2009). Entretanto, o risco de transmissão vetorial do *T. cruzi* ao homem permanece devido à constante presença de triatomíneos em ambiente domiciliar e peridomiciliar. O conhecimento atualizado da distribuição geográfica de triatomíneos assim como dos fatores que influenciam a sua ocorrência podem subsidiar o planejamento das ações de vigilância e controle vetorial a serem tomadas na RCO. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição geográfica das espécies de triatomíneos sinantrópicos em municípios dos estados da RCO do Brasil e os fatores climáticos e socioeconômicos que favorecem a sua ocorrência.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A RCO do Brasil compreende os estados do Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e o Distrito Federal (DF). Conforme censo de 2010 do IBGE, a região ocupa uma área de 1.606.371,505 km<sup>2</sup>, dividido em 466 municípios, a maioria deles localizada no estado de Goiás (246). A população total da RCO é de 14.050.340 habitantes, sendo a maior parte (89%) residente em área urbana. Geograficamente, a RCO é formada pelo planalto central e meridional e a planície do pantanal; o Cerrado é o bioma predominante, com maior extensão territorial, abrangendo todos os estados e o DF, porém Pantanal, remanescentes de Mata Atlântica, Amazônia e enclaves de florestas secas também estão presentes na RCO (WWF 2012). O clima tropical é marcado por dois períodos bem definidos, o verão chuvoso entre os meses de outubro a março, e um inverno seco, nos meses de abril a setembro.

### **Dados de distribuição**

As informações sobre a ocorrência das espécies de triatomíneos foram fornecidas pelos Programas de Controle da Doença de Chagas (PCDCh) dos estados da RCO, e correspondem às capturas realizadas em ambiente domiciliar entre 2000 e 2010. O PCDCh realiza tanto a vigilância entomológica ativa (pesquisa dos agentes de saúde em unidades domiciliares pelo menos uma vez ao ano) quanto passiva, com participação comunitária (notificação pelo morador nos Postos de Informações de Triatomíneos - PITs) de acordo com a classificação de risco (Silveira 2004). Atualmente, a maioria dos municípios dos estados da RCO prioriza a vigilância realizada com participação comunitária.

Foram considerados também dados de ocorrência de espécies de triatomíneos em ambiente domiciliar entre 1975 e 1983 (Silveira et al. 1984), assim como dados da literatura (Silva & Lustosa 1993, Carcavallo & Jurberg 2000, Carcavallo et al. 1999, 2002, Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Gurgel-Gonçalves & Silva 2009, Obara et al. 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a, Maeda et al. 2012) Além disso, foram analisados os registros de triatomíneos nas coleções de Rodolfo Carcavallo e Herman Lent no Laboratório Nacional e Internacional de Referência em Taxonomia de Triatomíneos, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

### **Variáveis preditoras**

Para a construção dos modelos de distribuição potencial das espécies de triatomíneos foram consideradas 19 variáveis ambientais e altitude obtidas do projeto Worldclim (<http://www.worldclim.org>). Essas variáveis são resultado da interpolação da média de dados climáticos mensais das estações climáticas no período entre 30 (1960-1990) e 50 anos (1950-2000), de acordo com sua disponibilidade nas estações meteorológicas (Hijmans et al. 2005). A base de dados ambientais utilizada nas análises apresenta cobertura para a América Central e do Sul apresentando uma resolução espacial de 2,5 minutos (5 x 5 km por pixel). Somente as variáveis não fortemente correlacionadas ( $r < 0,8$ ) foram utilizadas para construção dos modelos, dessa forma 13 variáveis climáticas e altitude foram analisadas (Tabela I).

Para as análises de associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e os fatores socioeconômicos dos municípios da RCO, foram utilizadas as variáveis que compõem o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM para o ano de 2000 (Martins & Libânio 2003). Ao todo foram nove variáveis, sendo elas, esperança de vida, alfabetização, frequência escolar, renda, índice de esperança de vida, índice de educação, índice do produto interno bruto, índice de desenvolvimento humano do município e crescimento populacional do município. Estas variáveis foram separadas em quatro conjuntos, sendo o primeiro conjunto formado por todas as 9 variáveis, seguido do conjunto de valores primários (esperança de vida, alfabetização, frequência escolar e renda), índices decompostos (índice de esperança de vida, índice de educação e índice do produto interno bruto) e o conjunto de índice composto mais crescimento (índice de desenvolvimento humano e crescimento populacional). A variável de crescimento populacional foi calculada pela razão da população em 1999 e 1997, e indica quais municípios estão crescendo mais ou menos em relação aos demais.

### **Modelagem de nicho ecológico**

Um total de 3.396 ocorrências de 27 espécies de triatomíneos foram registradas e analisadas. Estas ocorrências foram referenciadas em coordenadas geográficas com um nível razoável de confiança (ou seja, com uma incerteza de <5km, com uma precisão de 0,01°), um erro que não influencia os resultados gerados pelo método de modelagem de nicho utilizado (Graham et al. 2008). A base de dados de ocorrência das espécies foi revisada, sendo eliminados registros de espécies de triatomíneos que apresentavam erros de georeferenciamento ou na identificação. Todos os registros foram georeferenciados com base na consulta de <http://www.fallingrain.com/world> e <http://www.ibge.gov.br>, sendo os dados organizados em planilhas para análise (Gurgel-Gonçalves et al. 2012a).

Para MNE foi utilizado um critério de exclusão, considerando minimamente 20 pontos de ocorrência por espécie, para permitir o desenvolvimento de uma análise robusta, com base em análises anteriores (Stockwell & Peterson 2002, Wisz et al.

2008). Esse limiar resultou na seleção de oito espécies: *Triatoma pseudomaculata*, *T. sordida*, *T. williami*, *T. costalimai*, *Panstrongylus megistus*, *P. diasi*, *P. geniculatus* e *Rhodnius neglectus*.

Os mapas de distribuição potencial das espécies foram produzidos usando o algoritmo Maxent versão 3.2.1 (Phillips et al. 2006) aplicando os parâmetros básicos sugeridos pelo programa, considerados adequados para a maioria das situações (Phillips & Dudík 2008). A escolha do método levou em consideração as características particulares do estudo, ou seja, a área de interesse e a extensão da área amostrada, sem necessidade de transferência de modelos sobre uma paisagem mais ampla (Elith et al. 2006, Peterson et al. 2007).

Os pontos de ocorrência foram separados em dois conjuntos, sendo um para treino (80% dos pontos para rodar o modelo) e outro para teste (20% dos pontos para avaliar o modelo). O percentual de pontos utilizados para os testes dos modelos varia bastante na literatura, sendo encontrados percentuais que variam entre 40% (Phillips & Dudík 2008) a 25% (Graham et al. 2008). Tendo em vista o volume de dados disponíveis para as modelagens dos triatomíneos, o percentual de 20% foi considerado mais adequado para o estudo. Posteriormente, cada modelo foi convertido em um modelo binário (indicando locais de presença ou ausência da espécie), utilizando como limite de corte o valor logo acima dos 10% menores valores previstos associados com os registros de cada espécie (Pearson et al. 2007). Este valor relaciona-se a quantidade de erros relativos à precisão dos registros de ocorrência (Peterson et al. 2008). Sua aplicação se justifica devido ao uso de diferentes fontes de dados para a construção da planilha com os dados de distribuição das espécies, existindo a possibilidade de erros de localização e georeferenciamento.

Os modelos de distribuição geográfica potencial gerados no Maxent foram importados e editados usando o programa ArcView 3.3 (ESRI 2002). Um mapa final foi produzido usando a extensão do ArcGis Spatial Analyst (comando *raster calculator*) para somar os modelos de nicho ecológico das oito espécies listadas anteriormente e gerar uma superfície de riqueza de triatomíneos sinantrópicos na RCO.

Para os mapas de ocorrência das demais espécies de triatomíneos que não foram modeladas por nicho ecológico usando do Maxent, foram gerados apenas mapas de pontos utilizando o programa TerraView (versão 4.0.0). A malha digital (no formato *shape file*) do Brasil foi obtida no endereço <http://siscom.ibama.gov.br/>, posteriormente sendo editada para a RCO.

### **Validação do Modelo**

A qualidade dos modelos gerados foi avaliada usando a curva ROC (*Receiver Operating Characteristics* - curva característica de operação) que relaciona dois parâmetros do modelo: sensibilidade e especificidade (Phillips et al. 2006). A sensibilidade do modelo é definida como a proporção de presenças verdadeiras em relação ao total de presenças preditas pelo modelo. Esse parâmetro também é uma medida da ausência de erro de omissão (registros de ocorrência da espécie fora da área predita pelo modelo); modelos com boa qualidade devem apresentar maiores valores de sensibilidade. A especificidade do modelo é a proporção de ausências verdadeiras em relação ao total de ausências preditas pelo modelo. O valor 1-especificidade é uma medida do erro de sobreprevisão (área predita que excede a ocorrência observada). O cálculo da área sob a curva ROC, também conhecida como AUC (*Area Under the Curve* - Área sob a curva) fornece uma medida única do desempenho do modelo. O AUC varia de zero a um, no qual valores próximos a um indicam alto desempenho, enquanto que valores menores do que 0,5 indicam baixo desempenho do modelo (Elith et al. 2006).

Um teste independente (qui-quadrado) também foi realizado para avaliar os modelos, onde foi verificado se os pontos de teste (20%) estavam inseridos no modelo de distribuição potencial de cada espécie, quando comparado com uma distribuição aleatória. A identificação das variáveis que mais influenciam a distribuição das espécies de triatomíneos foi realizada a partir do teste Jackknife, seguindo procedimentos descritos por Pearson et al. (2007).

## **Análise de Regressão**

Para testar a associação entre riqueza de espécies de triatomíneos e dados socioeconômicos dos municípios foram realizadas análises de regressão utilizando programa R 2.14.1 (<http://www.r-project.org/>). Nessas análises consideramos a riqueza mínima esperada gerada pela modelagem de nicho ecológico das oito espécies sinantrópicas mais frequentes. Para a caracterização dos municípios quanto a presença de triatomíneos em função das variáveis socioeconômicas, foi realizado uma Análise de Componentes Principais (PCA) com as variáveis primárias (esperança de vida, nível de alfabetização, frequência escolar e renda). Os municípios foram classificados em 4 classes que variaram de acordo com a posição dos mesmos em relação aos dois primeiros componentes gerados pela PCA. Assim, municípios que tiveram valores positivos nos dois eixos foram classificados com 1. Municípios que tiveram valores positivos no primeiro componente e negativos no segundo componente foram classificados como 2. Municípios que tiveram valores negativos nos componentes 1 e 2 foram classificados como 3 e municípios que tiveram valores negativos no primeiro componente e positivos no segundo componente foram classificados como 4. As quatro classes utilizadas para os municípios foram então representadas em um mapa da malha municipal brasileira.

## **RESULTADOS**

Foram registradas 27 espécies de triatomíneos na RCO do Brasil: *Triatoma sordida*, *T. pseudomaculata*, *T. williami*, *T. infestans*, *T. costalimai*, *T. baratai*, *T. matogrossensis*, *T. lenti*, *T. jubergi*, *T. guazu*, *T. deaneorum*, *T. vanda*, *Panstrongylus megistus*, *P. diasi*, *P. geniculatus*, *P. guentheri*, *P. lenti*, *Rhodnius neglectus*, *R. pictipes*, *R. robustus*, *R. stali*, *Psammolestes tertius*, *Ps. coreodes*, *Microtriatoma trinidadensis*, *M. borbai*, *Eratyrus mucronatus* e *Cavernicola pilosa*. Esse conjunto de espécies corresponde a 43,5% das 62 espécies conhecidas no Brasil. O MT foi o estado com a maior riqueza de espécies de triatomíneos (n=17, 63%), seguido do MS com (n=15, 55.5%), GO (n=14, 52%) e DF (n=7, 26%).

O gênero *Triatoma* apresentou maior riqueza de espécies (n=12), sendo *T. sordida* a mais amplamente distribuída em comparação com as outras espécies (Figs. 1 e 2). O gênero *Panstrongylus* foi representado por cinco espécies sendo *P. geniculatus* a com mais ampla distribuição (Fig. 2). Quatro espécies do gênero *Rhodnius*, foram registradas, sendo *R. neglectus* a mais amplamente distribuída (Fig. 2). Outros gêneros como *Psammolestes*, *Microtriatoma*, *Eratyrus* e *Cavernicola* apresentaram um número menor de espécies, as quais tiveram distribuições restritas a poucos municípios (Fig. 1). Apenas uma ocorrência de *T. infestans* foi registrada no ano de 2000 (no estado de Goiás). As espécies *T. jubergeri*, *T. guazu*, *R. robustus*, *M. trinidadensis*, *M. borbai*, *E. mucronatus* e *C. pilosa* (Fig. 1) mostraram distribuição geográfica bem restrita, com ocorrência em apenas um único município.

Todos os modelos derivados da análise apresentaram bom desempenho, indicando uma alta capacidade preditiva do algoritmo Maxent (AUC > 0,90) e resumindo as condições ecológicas necessárias para a ocorrência das espécies. Foi detectado erro de omissão apenas para as espécies *P. megistus* (0.3%), *T. sordida* (0.8%), *R. neglectus* (1.3%) e *P. geniculatus* (1.7%), desta forma, todos os modelos apresentaram sensibilidade superior a 98%. O teste independente (qui-quadrado) foi estatisticamente significativo para essas espécies (P<0,01) e indicou boa qualidade dos modelos.

O mapa somando os modelos de nicho ecológico de oito espécies (Fig. 3) indicou maior adequabilidade climática para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em áreas de cerrado no estado de GO, diferente de áreas de floresta amazônica do norte do estado do MT. A sazonalidade da temperatura foi a variável que melhor explicou os modelos de acordo com os testes Jackknife.

Os resultados das análises de associação entre a riqueza de espécies de triatomíneos e fatores socioeconômicos dos municípios da RCO mostraram que no modelo com todas as variáveis analisadas não houve associação significativa, já no modelo com as variáveis básicas (esperança de vida [E], nível de alfabetização [L], frequência escolar [S] e renda [I]), houve uma associação negativa e significativa entre a riqueza esperada de triatomíneos e o nível de alfabetização, e uma associação positiva e significativa entre riqueza de triatomíneos e frequência escolar, embora os

coeficientes de correlação tenham sido baixos sem ambos os casos ( $r=-0,132$ ;  $p<0,001$  para riqueza de triatomíneos e L, e  $r=0,336$ ;  $p<0,001$  para riqueza de triatomíneos e S). Em outras palavras, o resultado indica que quanto menor for o nível de alfabetização em um município, maior será a riqueza esperada de triatomíneos. Por outro lado, quanto maior a frequência escolar, maior a riqueza esperada de triatomíneos.

No modelo com índices decompostos houve uma associação negativa e significativa entre riqueza e PIB municipal ( $r=-0,142$ ;  $p<0,001$ ) e positiva e significativa entre riqueza e índice de educação ( $r=0,074$ ;  $p<0,001$ ). Entretanto, no modelo incluindo o índice de desenvolvimento humano do município (IDH-M) mais crescimento, não houve associação entre a riqueza e o IDH-M, porém uma associação negativa e significativa ( $r=-0,107$ ;  $p<0,001$ ) foi detectada entre a riqueza e a taxa de crescimento populacional.

Na PCA incluindo as variáveis básicas (Fig. 4) os dois primeiros componentes principais explicaram 78% da variação (CP1=53%, CP2=25%); valores positivos do CP1 foram associados a municípios com menores valores de alfabetização, renda e esperança de vida (Tabela II), os quais apresentaram maiores valores de riqueza de triatomíneos. Valores positivos no CP2 foram associados a municípios com menores valores de frequência escolar (Tabela II), os quais apresentaram menor riqueza de triatomíneos. A classificação dos municípios de acordo com a distribuição nos quadrantes da PCA em função das variáveis socioeconômicas está representada na Fig. 5.

## **DISCUSSÃO**

Os resultados mostraram uma alta riqueza de espécies de triatomíneos na RCO do Brasil, tendo representatividade de quase a metade de todas as espécies conhecidas no país. Além disso, praticamente todo o território da RCO apresenta condições para ocorrência de pelo menos uma espécie de triatomíneo. Nossos resultados mostram ainda que a ocorrência dos triatomíneos é maior em áreas de Cerrado com grande variação sazonal de temperatura e que existem associações

significativas entre riqueza de triatomíneos sinantrópicos e indicadores socioeconômicos dos municípios. A riqueza tende a ser maior em municípios com baixos valores de alfabetização, PIB e crescimento populacional. Em conjunto, esses resultados indicam que o risco potencial de transmissão vetorial do *Trypanosoma cruzi* ao homem permanece e deve ser continuamente monitorado.

Nosso estudo atualizou a lista de espécies encontradas nos estados da região Centro-Oeste. Oliveira & Silva (2007) registraram 9 espécies no estado de GO, valor inferior que as 14 espécies registradas no presente trabalho. No MS, Almeida et al. (2008) relataram a presença de 12 espécies, também inferior às 15 apresentadas em nossa lista. No MT registramos 17 espécies, riqueza muito superior a detectada por Figueiredo et al. (2007). A maior riqueza de espécies no MT deve estar relacionada à extensão geográfica do estado e à variedade de biomas (cerrado, floresta amazônica e pantanal) e zonas de transição, propiciando a diversificação da fauna triatomínica. Entretanto, na análise dos mapas preditivos verificou-se que uma menor adequabilidade climática para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos no norte do Mato Grosso, onde predomina vegetação amazônica. A menor ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em áreas de florestas mais úmidas da RCO reforça a idéia de que as chances de infestação domiciliar por triatomíneos seriam maiores em regiões mais secas, como proposto para os triatomíneos amazônicos por Abad-Franch & Monteiro (2007).

*Triatoma sordida* e *R. neglectus* foram as espécies com maior ocorrência e distribuição geográfica na RCO, mostrando capacidade de adaptação a diferentes ecossistemas, o que está de acordo com outros trabalhos (Lent & Wygodzinsky 1979, Forattini 1980, Gurgel-Gonçalves et al. 2009, 2011, 2012a). Apesar de ser a espécie mais frequente no Brasil, *T. sordida* ocorre predominantemente no peridomicílio e alimenta-se geralmente de sangue de aves, o que reduz as chances de transmissão do *T. cruzi* ao homem por esse vetor (Diotaiuti et al. 1993, Dias et al. 2000). *R. neglectus* habita frequentemente palmeiras no Brasil Central (Barretto et al. 1969, Gurgel-Gonçalves 2004a, Gurgel-Gonçalves & Cuba 2009, Abad-Franch et al. 2009), onde participa ativamente da transmissão enzoótica de populações de *T. cruzi* e *T. rangeli* (Gurgel-Gonçalves et al. 2012b). Entretanto, a notificação da espécie em

ambiente domiciliar tem sido muito registrada nos últimos anos (Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Gurgel-Gonçalves et al. 2008). Isso pode estar relacionado com desequilíbrios ecológicos (Abad-Franch et al. 2009) que podem favorecer a invasão de espécimes potencialmente infectados em ecótopos artificiais, destacando assim a importância epidemiológica de *R. neglectus* na RCO.

*T. costalimai* parece ser uma espécie endêmica do Cerrado. Esta espécie tem sido frequentemente capturada em ambiente silvestre (rochas calcárias) peri e intradomiciliar em municípios do nordeste de Goiás (Mello & Borges 1981, Mello 1982, Lorosa et al. 1999, Machiner et al. 2012), porém nossos resultados indicam áreas favoráveis para ocorrência da espécie a leste do estado de Goiás e até no Mato Grosso, onde *T. williami*, espécie similar a *T. costalimai* (Obara et al. 2012), também tem sido registrada. Dessa forma, a co-ocorrência dessas espécies em municípios do estado de Goiás seria muito provável, portanto estudos de diferenciação de nicho ecológico entre essas espécies são necessários para entender os seus limites de distribuição. Nossos resultados indicam que *T. williami* também ocorre em áreas de pantanal ao noroeste do Mato Grosso do Sul; apesar indivíduos dessa espécie terem sido encontrados infectados em ambiente domiciliar (Arrais-Silva et al. 2011), pouco se conhece sobre sua biologia e seu habitat natural ainda é desconhecido.

*T. pseudomaculata*, espécie de ampla distribuição na região nordeste e com reconhecida capacidade de infestar ecótopos artificiais (Vinhaes & Dias 2000, Carcavallo et al. 1999, Assis et al. 2007), ocorreu somente no estado de GO e no DF. Nossos resultados mostram uma menor adequabilidade climática para ocorrência de *T. pseudomaculata* nos estados do MT e MS, o que está de acordo com Carbajal de La Fuente et al. (2009) usando diferentes variáveis ambientais para produzir os mapas de distribuição potencial.

Observou-se a ocorrência histórica de *T. infestans* em uma localidade do estado de Goiás (Posse) em 2000, também detectada por Oliveira & Silva (2007). No estado da Bahia, Gurgel-Gonçalves et al. (2012c), registram vários municípios com focos residuais de *T. infestans*. Dessa forma, áreas limítrofes entre os estados de Goiás e Bahia devem ser constantemente monitoradas para prevenir eventuais reinfestações de *T. infestans* no estado de GO.

Entre as espécies de *Panstrongylus*, *P. geniculatus* apresentou maior ocorrência potencial na RCO; diferente de *P. megistus* cuja distribuição não foi prevista no norte do estado do Mato Grosso e *P. diasi* com ausência predita no sul do MS. *P. geniculatus* é uma espécie de triatomíneo com amplo nicho ecológico, ocorrendo em pelo menos 16 países nas Américas; já *P. diasi* parece ser endêmica do Cerrado brasileiro (Carcavallo et al. 1999) enquanto *P. megistus* tem a Floresta Atlântica como centro de dispersão (Forattini 1980), e a ocorrência no cerrado estaria relacionada a áreas úmidas (matas de galeria).

Entre as variáveis climáticas analisadas a variação sazonal de temperatura foi a que melhor explicou os modelos de ocorrência dos triatomíneos na RCO. Foi observada uma maior riqueza de triatomíneos sinantrópicos em áreas com maior variação sazonal da temperatura. Outros estudos mostraram a temperatura como importante fator associado à distribuição de triatomíneos em escala regional ou continental (Gorla 2002, Rodrigueiro & Gorla 2004, Batista & Gurgel-Gonçalves 2009, Gurgel-Gonçalves & Silva, 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2011), porém outras variáveis ambientais como a declividade do terreno (Leite et al. 2011) e umidade (Arboleda et al. 2009) também tem sido apontadas como principais determinantes para ocorrência de algumas espécies.

A influência de variáveis socioeconômicas para ocorrência de triatomíneos é amplamente conhecida em escala local, onde áreas rurais com alta ocorrência de casas com paredes de barro e abundância de animais domésticos são características que favorecem a infestação (Walter et al. 2005, Campbell-Lendrum et al. 2007, Bustamante et al. 2009). Adicionalmente, é conhecido o impacto da melhoria habitacional como medida eficiente de controle da infestação triatomínica em longo prazo (Garcia Zapata et al. 1992, Rojas- de -Arias 2001, 2007, Monroy et al. 2009), assim como a eficiência da participação comunitária na vigilância entomológica (Abad-Franch et al. 2011). Entretanto, estudos avaliando esses fatores socioeconômicos em escala regional são escassos. Para nosso conhecimento este é o primeiro estudo que testa associação entre riqueza esperada de triatomíneos sinantrópicos e variáveis socioeconômicas no Brasil numa escala regional. A associação negativa detectada entre riqueza de espécies de triatomíneos e

alfabetização, PIB municipal e crescimento era esperada, pois estes são indicadores de municípios pobres, os quais oferecem maiores condições para a infestação triatomínica. A associação positiva entre riqueza de triatomíneos e frequência escolar poderia ser indicador da importância da educação em saúde no reconhecimento dos triatomíneos, o que facilitaria sua notificação pelo morador, quanto maior a frequência escolar maiores seriam as chances de conhecer um triatomíneo e notificá-lo, aumentando dessa forma a ocorrência conhecida na localidade ou município. Esses resultados são primordiais para indicação das áreas de maior risco de domiciliação, o que pode ser usado pelos programas de controle no momento de selecionar municípios onde há maior necessidade de intervenção.

As estratégias fundamentais para o controle e a vigilância entomológica da doença de Chagas na RCO do Brasil são: monitorar a possível reinfestação de *T. infestans*, principalmente nos limite entre os estados de GO e BA e reduzir a infestação domiciliar de triatomíneos nativos com ampla distribuição geográfica e potencial sinantrópico descritas no presente trabalho. Para alcançar esses objetivos são necessárias ações integradas de vigilância e controle das espécies de triatomíneos, particularmente nos municípios indicados no presente estudo. Essas ações incluem inspeção rotineira de agentes de saúde nos domicílios, assim como medidas de informação e educação continuada com objetivo de uma maior notificação pelos moradores, estímulo ao manejo ambiental e quando necessário a utilização do controle químico.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa foi apoiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os autores também são gratos a todos os agentes de saúde da Região Centro-Oeste do Brasil, que forneceram informações sobre a distribuição de triatomíneos, bem como ao César Augusto Cuba Cuba pela revisão do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

- Abad-Franch F, Monteiro FA 2007. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Hemiptera: Reduviidae): implications for Chagas diseases surveillance in humid Forest ecoregions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (Suppl. I): 57-69.
- Abad-Franch F, Monteiro FA, Jaramillo NO, Gurgel-Gonçalves R, Dias FBS, Diotaiuti L 2009. Ecology, evolution and the long-term surveillance of vector-borne Chagas disease: A multi-scale appraisal of the tribe *Rhodniini* (Triatominae). *Acta Trop* 112: 159-177.
- Abad-Franch F, Vega MC, Rolon MS, Santos WS, Rojas-de-Arias A. 2011. Community Participation in Chagas Disease Vector Surveillance: Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis* 5(6): e1207.
- Almeida PS, Ceretti Júnior W, Obara MT, Santos HR, Barata JM, Faccenda O 2008. Levantamento da fauna de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) em ambiente domiciliar e infecção natural por Trypanosomatidae no Estado de Mato Grosso do Sul. *Rev Soc Bras Med Trop* 41(Suppl 4): 374-80.
- Arboleda S, Gorla DE, Porcasi X, Saldaña A, Calzada J, Jaramillo N 2009. Development of a geographical distribution model of *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 using environmental data recorded by remote sensing. *Infect Genet and Evolut* 9 (Suppl. 4): 441-448.
- Arrais-Silva WW, Rodrigues RSV, Moraes LN, Venere PC, Lunardi RR, Souza IL, Souto PCS 2011. First report of occurrence of *Triatoma williami* Galvão, Souza e Lima, 1965 naturally infected with *Trypanosoma cruzi* Chagas, 1909 in the State of Mato Grosso, Brazil Asian Pacific. *J Trop Dis*: 245-246.
- Assis GFM, Azeredo BVM, Carbajal de la Fuente AL, Diotaiuti L, Lana M 2007. Domiciliation of *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espínola 1964) in the

- Jequitinhonha Valley, State of Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl. 4): 391-396.
- Barretto MP, Albuquerque DRR, Funayama GK 1969. Estudos sobre reservatórios e vectores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XXXVI: Investigação sobre triatomíneos de palmeiras no município de Uberaba, MG, Brasil. *Rev Bras Biol* 29: 577-588.
- Batista TA, Gurgel-Gonçalves R 2009. Ecological niche modelling and differentiation between *Rhodnius neglectus* Lent, 1954, and *R. nasutus* Stål, 1859 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae), in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104: 1165-1170.
- Bedin C, Mello F, Wilhelms TS, Torres MA, Estima C, Ferreira CF, Sehn L 2009. Vigilância Ambiental: Doença de Chagas no Rio Grande do Sul. *Bol Epidemiológico* 11 (Suppl. 3): 1-8.
- Brasil 2009. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, - 7. ed, - Brasília: Ministério da Saúde. 816p (Serie A. Normas e Manuais Técnicos).
- Bustamante DM, Monroy MC, Pineda S, Rodas AG, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B, Trampe R 2009. Risk factors for intradomiciliary infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* Jutiapa, Guatemala. *Cad. Saúde Pública* 25 (Suppl 1): S83-S92.
- Bustamante DM, Monroy MC, Rodas AG, Juarez JA, Malone JB 2007. Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vectors in south-eastern Guatemala. *Geospatial Health* 1(Suppl 2): 199-211.
- 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 2007. House-level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *Int J Epidemiol* 36 (Suppl 4): 866-72.

- Carbajal de la Fuente AL, Porcasi X, Noireau F, Diotaiuti L, Gorla DE 2009. The association between the geographic distribution of *Triatoma pseudomaculata* and *Triatoma wygodzinskyi* (Hemiptera: Reduviidae) with environmental variables recorded by remote sensors. *Infect Genet Evol* 9 (Suppl 1): 54–61.
- Carcavallo RU, Jurberg J 2000. *Triatoma baratai* sp.n. do estado do Mato Grosso do Sul (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Entomol Vect* 7: 373-387.
- Carcavallo R, Rodríguez M, Salvatella R, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galvão C 1998. Habitats and related fauna. In RU Carcavallo, I Galíndez Girón, J Jurberg, H Lent (eds.), *Atlas of Chagas Disease Vectors in Americas*. Vol. II, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 561-619.
- Carcavallo RU, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galíndez Girón I, Jurberg J, Galvão C, Mena Segura CA, Noireau F 1999. Geographical distribution and altitudinal dispersion. *Atlas of Chagas disease vectors in Americas*, Vol. III, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 747-792.
- Carcavallo RU, Jurberg J, Rocha DS, Galvão C, Noireau, Lent H 2002. *Triatoma vanda* n. sp. do Complexo *oliveirai* encontrada no estado de Mato Grosso, Brasil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 97: 649-654.
- Chagas C 1909. Nova tripanozomiase humana. *Mem Inst Oswaldo Cruz* (Tomo I): 159-218.
- Coura JR, Dias JCP 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (suppl 1): 31-40.
- Coura JR, Viñas PA 2010. Chagas disease: a new worldwide challenge. *Nature* 465: 56-57.
- Costa J, Almeida CE, Dotson EM, Lins A, Vinhaes M, Silveira AC, Beard CB 2003. The epidemiologic importance of *Triatoma brasiliensis* as a Chagas disease vector in Brazil: a revision of domiciliary captures during 1993-1999. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98:443-449.

- Costa J, Argolo AM, Felix M 2006. Redescription of *Triatoma melanica* Neiva & Lent, 1941, new status (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) *Zootaxa* 1385: 47-52.
- Costa J, Felix M 2007. *Triatoma juazeirensis* sp. nov. from the state of Bahia, northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (1): 87-90.
- Costa J, Peterson AT 2012. Ecological niche modeling as a tool for understanding distributions and interactions of vectors, hosts and etiologic agents of Chagas disease. In Peterson AT (ed.). *Recent Advances on Model Hosts*. Vol. I, Springer, Kansas, p. 59-70.
- Dias JCP, Machado EMM, Fernandes AL, Vinhaes MC 2000. Esboço geral e perspectivas da doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Cad Saúde Pública* 16: S13-S34.
- Diotaiuti L, Loiola CF, Falcão PL, Dias JCP 1993. The ecology of *Triatoma sordida* in natural environments in two different regions of the state of Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 35 (Suppl 3): 237-245.
- Elith JC, Graham C, Anderson R, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans R, Huettmann F, Leathwick J, Lehmann A, Li J, Lohmann L, Loisell B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton J, Peterson A, Phillips S, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire E, Soberon J, Williams S, Wisz M, Zimmerman N 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129 - 151.
- ESRI. 2002. ArcView 3.2 Geographical Information System. Readlands, CA: *Environment System Research Institute, Inc.*
- Figueiredo JF, Silva LC, Bolognez CA. 2007. Influência das agressões ecológicas na migração de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae), para os ecótopos artificiais criados pelo homem em municípios do Estado de Mato Grosso. *Biodiversidade* 6: 52-61.

- Forattini OP 1980. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Pública São Paulo* 14: 265-299.
- Frías-Lasserre D 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías et al. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its Parapatric Model of Speciation. *Neotrop Entomol* 39 (Suppl 1): 572-583.
- Galvão C, Carcavallo RU, Rocha DS, Jurberg J 2003. A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa* 202: 1-36.
- García-Zapata MT, Marsden PD, Soares VA, Castro CN 1992. The effect of plastering in a house persistently infested with *Triatoma infestans* (Klug) 1934. *J Trop Med Hyg* 95 (Suppl 6): 420-3.
- Gorla DE, 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecologia Austral* 12: 117-127.
- Graham CH, Elith J, Hijmans RJ, Guisan A, Peterson AT, Loiselle BA, Group NW 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *J Applied Ecology* 45: 239-247.
- Gurgel-Gonçalves R, Cuba CAC 2009. Predicting the potential geographical distribution of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera, Reduviidae) based on ecological niche modeling. *J Med Entomol* 46: 952-960.
- Gurgel-Gonçalves R, Silva RB 2009. Analysis of the geographical distribution of *Psammolestes Bergroth* (Heteroptera: Reduviidae) in South America with new records of *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg. *Zootaxa* 2033: 41-48.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Costa J, Peterson AT 2012a. Geographic distribution of Chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modeling. *J Trop Med* 2012 (705326): 1-15.

- Gurgel-Gonçalves R, Cura C, Schijman AG, Cuba CAC 2012b. Infestation of *Mauritia flexuosa* palms by triatomines (Hemiptera: Reduviidae), vectors of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* in the Brazilian savanna. *Acta Trop* 121: 105-111.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Mendonça J, Costa-Neto RM 2012c. Guia de triatomíneos da Bahia. Editora da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. No prelo.
- Gurgel-Gonçalves R, Pereira FCA, Lima IP, Cavalcante RR 2010. Distribuição geográfica, infestação domiciliar e infecção natural de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) no Estado do Piauí, Brasil, 2008. *Rev Pan-Amaz de Saúde* 1: 57-64.
- Gurgel-Gonçalves R, Ferreira JBC, Rosa AF, Bar ME, Galvão C 2011. Geometric morphometrics and ecological niche modelling for delimitation of near-sibling triatomine species. *Med Vet Entomol* 25: 84-93.
- Gurgel-Gonçalves R, Duarte MA, Ramalho ED, Romaña CA, Cuba CAC 2004. Distribuição espacial de populações de Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) em palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* no Distrito Federal, Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 37: 241-247.
- Gurgel-Gonçalves R, Abad-Franch F, Ferreira JBC, Santana DB, Cuba CAC 2008. Is *Rhodnius prolixus* (Triatominae) invading houses in central Brazil? *Acta Trop* 107: 90-98.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climat* 25: 1965-1978.
- Leite GR, Santos CB, Falqueto A 2011. Influence of the landscape on dispersal of sylvatic triatomines to anthropic habitats in the Atlantic Forest. *J Biogeog* 38 (Suppl4): 651-663.
- Lent H, Wygodzinsky P 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas Disease. *Bul Amer Mus Nat Hist* 163: 520-529.

- Lorosa ES, Andrade RE, Santos SM, Pereira CA, Vinhaes MC, Jurberg J 1999. Estudo da infecção natural e fontes alimentares de *Triatoma costalimai* Verano & Galvão, 1959, *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 e *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 do estado de Goiás, Brasil, através da técnica de precipitina. *Entomol Vect* 6: 405-414.
- Machiner F, Cardoso RM, Castro CN, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of *Triatoma costalimai* (Hemiptera: Reduviidae) in different environments and climatic seasons: a field study in the Brazilian savanna. *Rev Soc Bras Med Trop*. In press.
- Maeda MH, Knox MB, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of synanthropic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in the Federal District of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 71-76.
- Martins RB, Libânio, JC 2003. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Fundação João Pinheiro. Disponível em [<http://www.pnud.org.br/atlas>].
- Mello DA 1982. Roedores, marsupiais e triatomíneos silvestres capturados no município de Mambaí, Goiás. Infecção natural pelo *Trypanosoma cruzi*. *Rev Saúde Pública* 16: 282-291.
- Mello DA, Borges MM 1981. Primeiro encontro do *Triatoma costalimai* naturalmente infectado pelo *Trypanosoma cruzi*: estudo de aspectos biológicos da amostra isolada. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 76: 61-69.
- Monroy C, Bustamante DM, Pineda S, Rodas A, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B 2009. House improvements and community participation in the control of *Triatoma dimidiata* re-infestation in Jutiapa, Guatemala. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 1): S168-S178.
- Obara MT, Barata JMS, Rosa JA, Ceretti Junior W, Almeida PS, Goncalves GA, Dale C, Gurgel-Gonçalves R 2012. Description of the female and new records of *Triatoma baratai* Carcavallo & Jurberg, 2000 (Hemiptera, Reduviidae) from

- Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to the species of the *Triatoma matogrossensis* subcomplex. *Zootaxa* 3151: 63-68.
- Oliveira AWS, Silva IG 2007. Distribuição geográfica e indicadores entomológicos de triatomíneos sinantrópicos capturados no Estado de Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl 2): 204-208.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeog* 34: 102-117.
- Peterson AT, Papes M, Eaton M 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
- Peterson AT, Papes M, Soberón J 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecol Model* 213 (Suppl 1): 63-72.
- Peterson AT 2011. Ecological niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerg Infect Dis* 12 (Suppl 2): 1822-1826
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell* 190: 231-259.
- Phillips SJ, Dudík M 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Rodriguero MS, Gorla DE 2004. Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). *Global Ecol Biogeogr* 13: 75-84
- Rojas-de-Arias A 2001. Chagas disease prevention through improved housing using an ecosystem approach to health. *Cad Saúde Pública* 17: 89-97.
- Rojas-de-Arias A 2007. Social and epidemiological determinants of Chagas disease: basic information for a surveillance and control policy in the Southern Cone. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (Suppl. I): 19-21.

- Schofield CJ, Galvão C 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Trop* 110: 88-100.
- Schofield CJ, Jannin J, Salvatella R 2006. The future of Chagas disease control. *Trends Parasitol*, 22(Suppl 12): 583-588.
- Silva IG, Lustosa ES 1993. Biologia de *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev Patol Trop* 22: 29-42.
- Silva EOR, Rodrigues VLCC, Silva RA, Wanderley DMV 2011. Control program of Chagas disease in São Paulo, Brazil: the control and surveillance of vector transmission. *Rev Soc Bras Med Trop* 44 (Suppl 2): 74-84.
- Silva MBA, Barreto AVMS, Silva HA, Galvão C, Rocha D, Jurberg J, Gurgel-Gonçalves R 2012. Synanthropic triatomines (Hemiptera, Reduviidae) in the state of Pernambuco, Brazil: geographical distribution and natural *Trypanosoma* infection rates between 2006 and 2007. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 60-65.
- Silveira AC 2004. Enfoque de riesgo em actividades de control de triatomíneos. *Rev Patol Trop* 33(Suppl 2): 193-206.
- Silveira AC, Feitosa VR, Borges R 1984. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período de 1975/83, Brasil. *Rev Bras Malariologia e Doenças Trop* 39: 15-312.
- Silveira AC, Rezende DF 1994. Epidemiologia e controle da transmissão vetorial da doença de Chagas no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 27: 11-22
- Silveira AC, Dias JCP 2011. O controle da transmissão vetorial. *Rev Soc Bras Med Trop* 44: 52-63.
- Stockwell DRB, Peterson AT 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecol Modell* 148: 1-13.
- Villela MM, Souza JMB, Melo VP, Dias JCP 2009. Avaliação do Programa de Controle da Doença de Chagas em relação à presença de *Panstrongylus megistus* na região centro-oeste do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 4): 907-917.

- Vinhaes MC, Dias JCP 2000. Doença de Chagas no Brasil. *Cad Saúde Pública* Rio de Janeiro 16: 7-12.
- Walter A, Rego IP, Ferreira AJ, Rogier C 2005. Risk factors for reinvasion of human dwellings by sylvatic triatomines in northern Bahia State, Brazil. *Cad. Saúde Pública* 21(Suppl 3): 974-978.
- Wisz MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, Elith J, Dudik M, Ferrier S, Huettman F, Leathwick JR, Lehmann A, Lohamnn L, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, McC Overton J, Phillips SJ, Richardson KS, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberón J, Williams SE, Zimmermann NE 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers Distrib* 14(5): 763-773.
- WWF. World Wildlife Fund. List of ecoregions [homepage on the Internet]. [updated 2012 Apr 9; cited 2012 Mar 9]. Available from: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/ecoregions/ecoregion\\_list/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/ecoregion_list/)

TABELA I.

Lista de variáveis ambientais não correlacionadas ( $r < 0,8$ ) utilizadas na modelagem das oito espécies de triatomíneos sinantrópicos da Região Centro Oeste do Brasil. As variáveis marcadas em negrito tiveram maior contribuição para explicar o modelo de nicho ecológico de acordo com o teste de Jackknife.

Variáveis Ambientais	Descrição	<i>T.williami</i>	<i>T.costalimai</i>	<i>R.neglectus</i>	<i>P.diasi</i>	<i>T.pseudomaculata</i>	<i>P.geniculatus</i>	<i>P.megistus</i>	<i>T.sordida</i>
Bio 1	Temperatura média anual	X	X	X	X	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 2	Faixa diurna da Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 3	Isotermia	-	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>
Bio 4	Temperatura sazonal	-	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 6	Temperatura mínima nos meses mais frios	-	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-
Bio 11	Temperatura média no trimestre mais frio	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-	-
Bio12	Precipitação anual	<b>X</b>	-	-	-	-	-	<b>X</b>	-
Bio 14	Precipitação no mês mais seco	X	-	X	-	-	-	-	-
Bio 15	Precipitação sazonal	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-
Bio 16	Precipitação no trimestre mais úmido	-	X	X	X	X	X	X	X
Bio 17	Precipitação no trimestre mais seco	-	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	X	X	X
Bio 18	Precipitação no trimestre mais quente	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 19	Precipitação no trimestre mais frio	<b>X</b>	X	X	<b>X</b>	X	X	X	X
-	Altitude	-	-	-	-	-	X	X	-

TABELA II.

Correlação das variáveis com os dois componentes principais (PC1 e PC2), que refletem a importância de índices socioeconômicos para os municípios da RCO analisados.

<b>Variáveis</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>
Esperança de vida	-0.74	-0.08
Nível de alfabetização	-0.88	-0.04
Frequência escolar	-0.13	-0.82
Renda	-0.87	-0.08

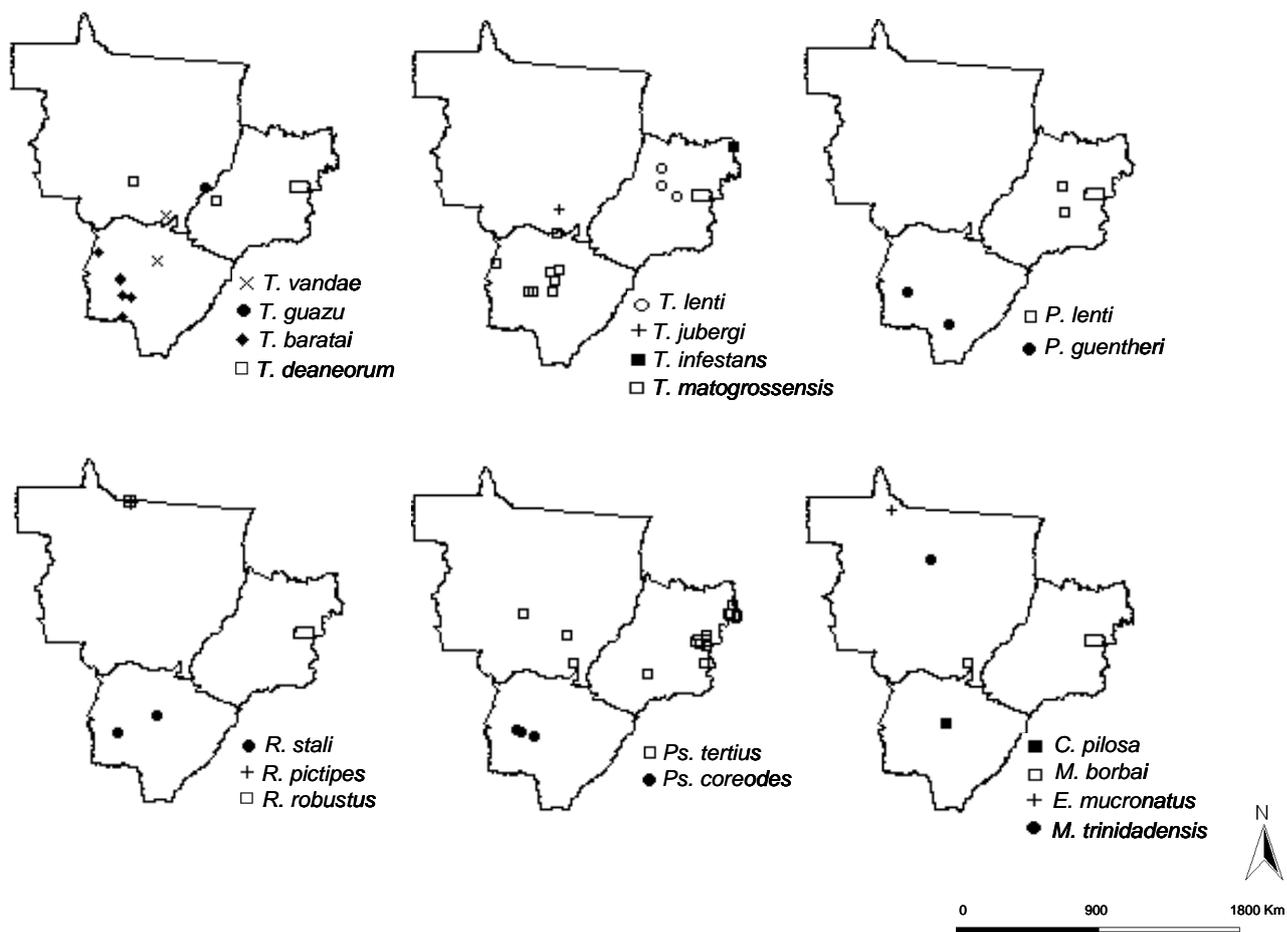


Fig 1. Distribuição geográfica das espécies de triatomíneos com menos de 20 registros de ocorrência na Região Centro Oeste do Brasil (DF: Distrito Federal, GO: Goiás, MT: Mato Grosso, MS: Mato Grosso do Sul). Os símbolos representam os registros de ocorrência das espécies.

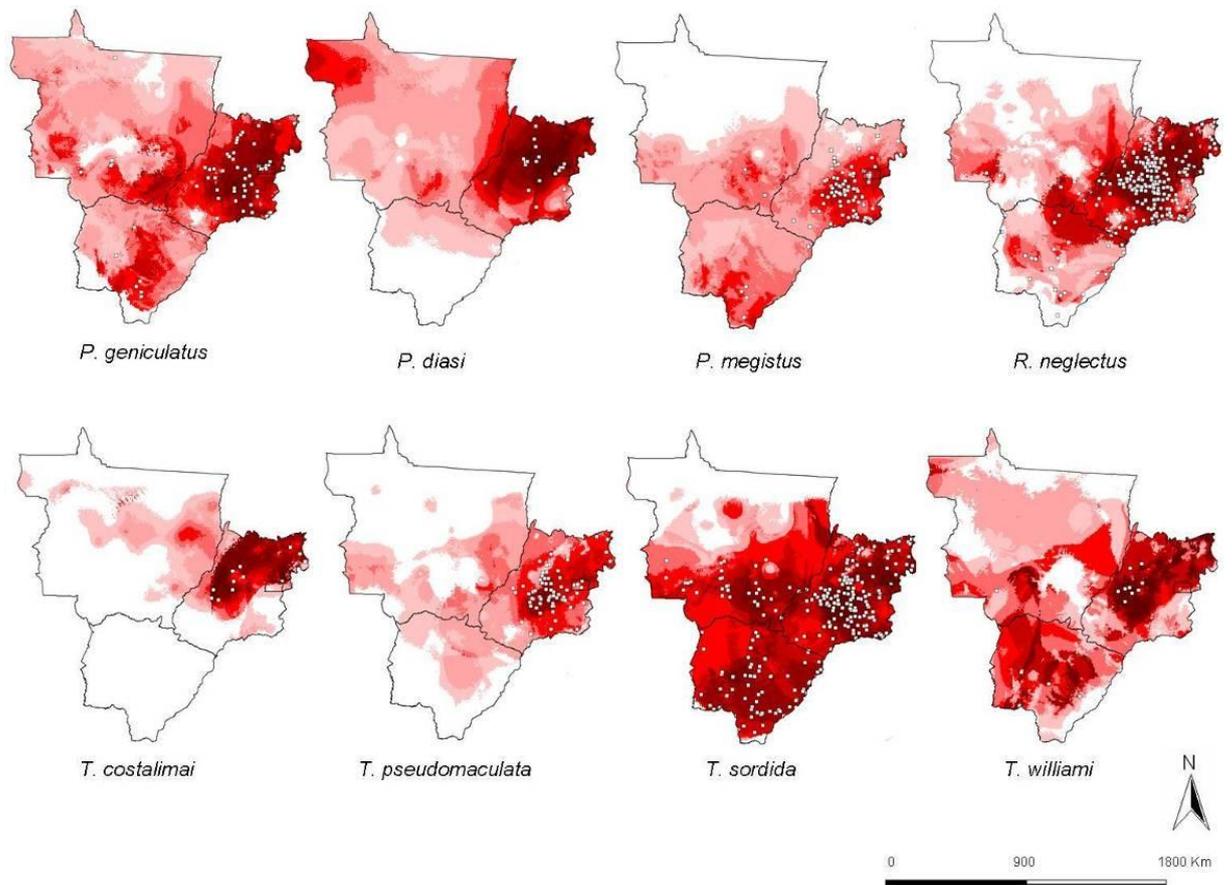


Fig 2: Modelos de nicho ecológico das espécies de triatomíneos com mais de 20 registros de ocorrência na Região Centro Oeste do Brasil. As áreas em branco representam ausência de triatomíneos prevista pelo modelo. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são representadas em escala de vermelho claro (baixa adequabilidade) ao vermelho escuro (alta adequabilidade). Os quadrados representam ocorrências conhecidas das espécies de triatomíneos.

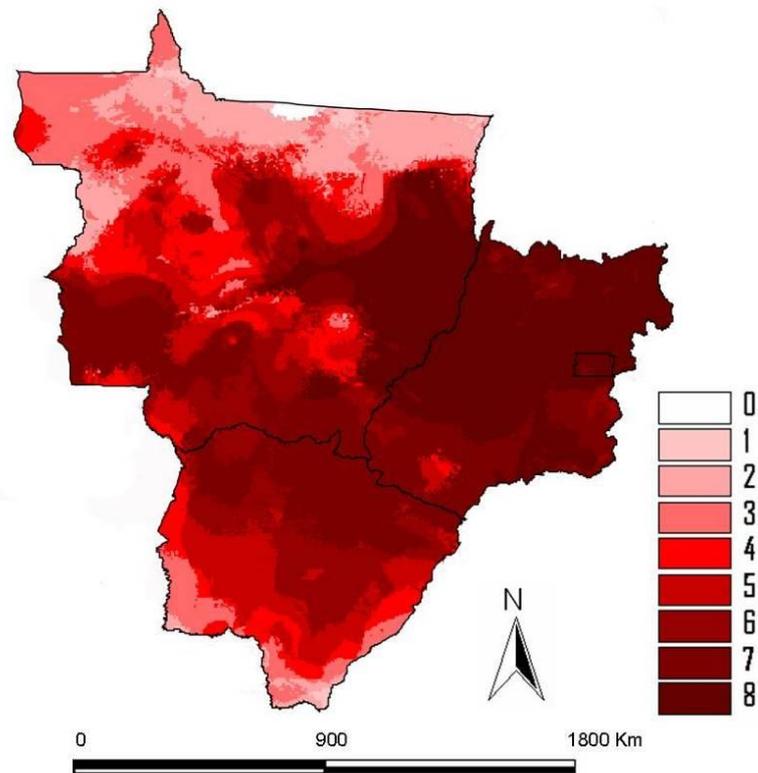


Fig 3. Modelo final de adequabilidade climática somando os modelos de nicho ecológico das oito espécies de triatomíneos sintrópicos mais comuns na Região Centro Oeste do Brasil (RCO). As áreas em branco representam ausência prevista pelos modelos. As áreas em escala de vermelho representam o número esperado de espécies de triatomíneos na RCO de acordo com a adequabilidade climática.

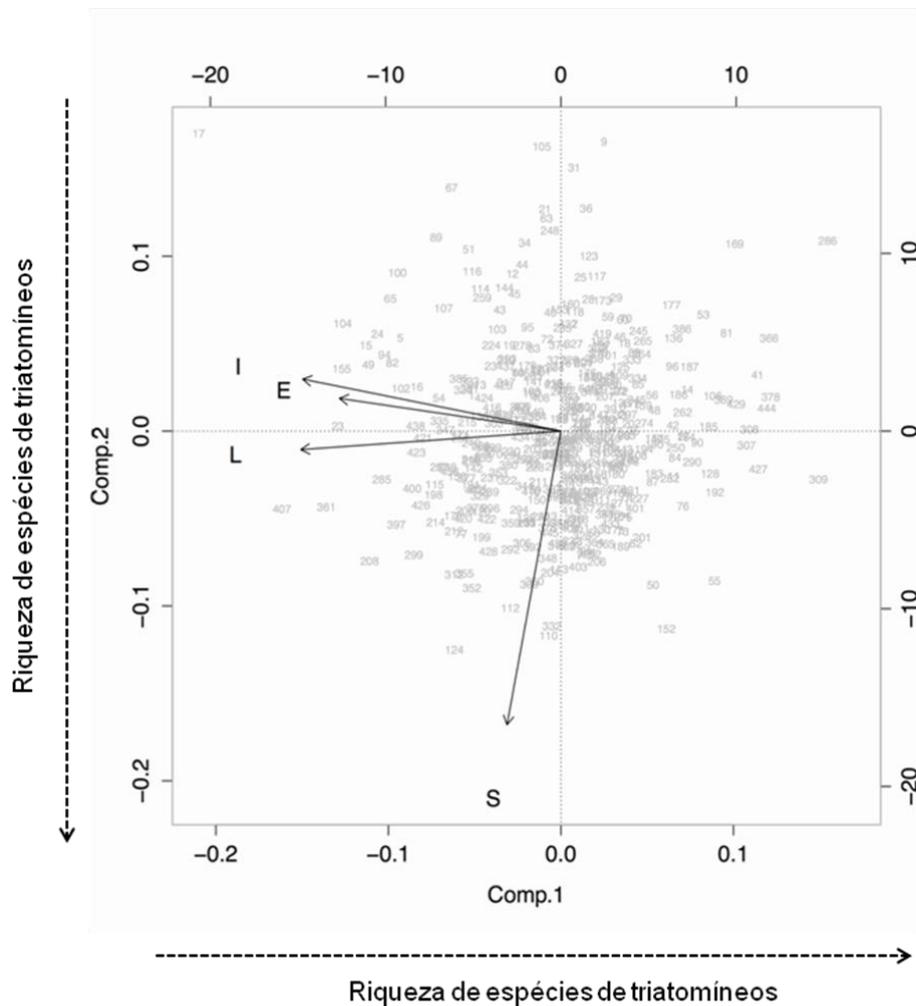


Fig 4: Distribuição dos 466 municípios da Região Centro Oeste do Brasil no que diz respeito a variação do desenvolvimento sócio-econômico, resumido nos dois primeiros componentes principais (Comp 1 e Comp 2). As setas contínuas representam a análise das variáveis (renda I, esperança de vida E, nível de alfabetização L, e frequência escolar S) Setas tracejadas representam o gradiente de riqueza de espécies de triatomíneos.

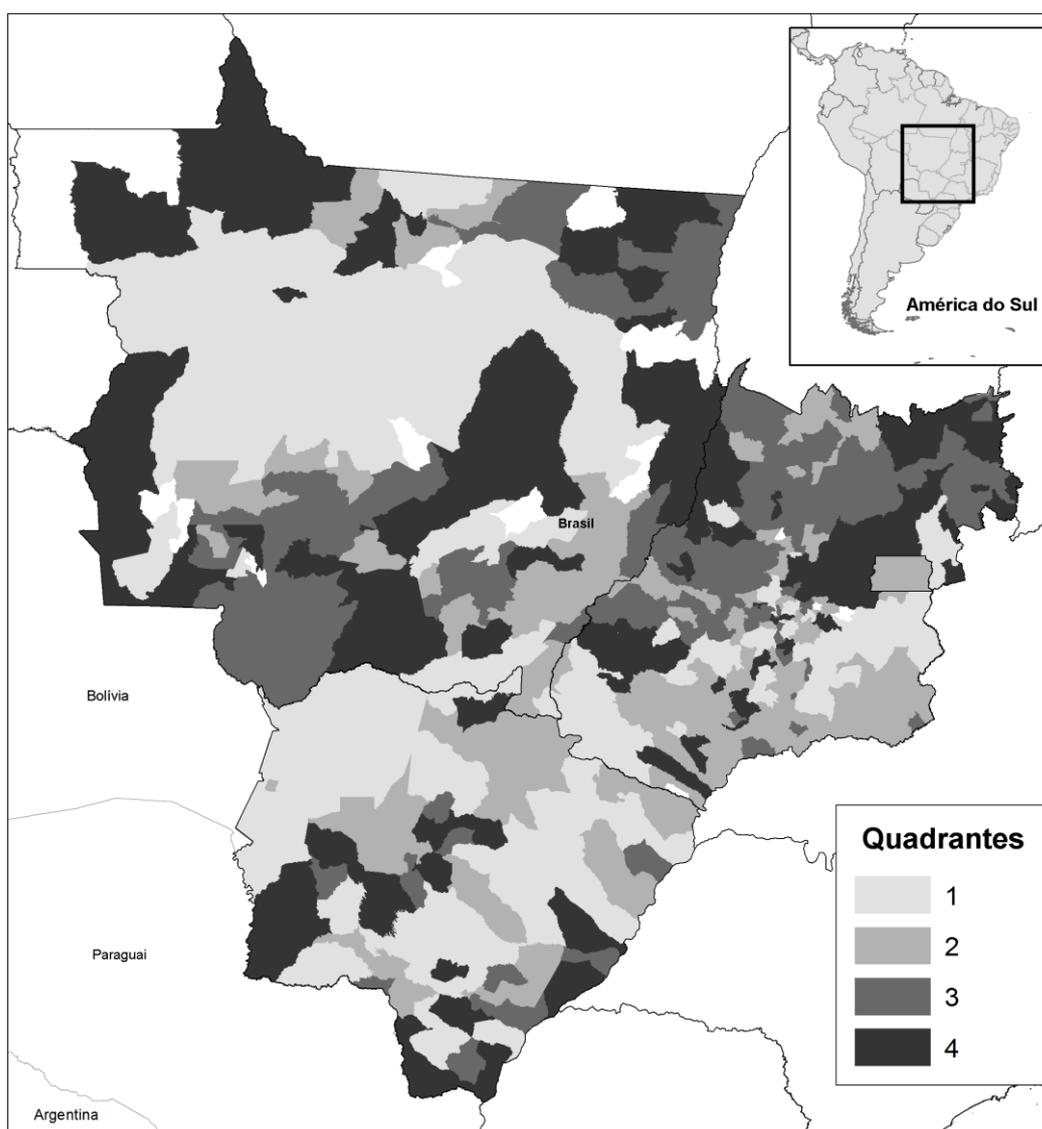


Fig 5: Mapa da RCO indicando a classificação dos municípios de acordo com a distribuição nos quadrantes da PCA em função das variáveis socioeconômicas. Os quadrantes 1 e 2 indicam municípios com altos valores de renda, alfabetização e esperança de vida; os quadrantes 3 e 4 mostram municípios com baixos valores dessas variáveis. Em relação à frequência escolar, os quadrantes 1 e 4 indicam altos valores de frequência escolar; os quadrantes 2 e 3 mostram municípios com baixos valores de frequência escolar. Os municípios em branco não foram classificados devido a ausência de dados socioeconômicos no ano 2000.

## 6. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, foi atualizada a lista de espécies de triatomíneos encontrados na região Centro-Oeste do Brasil, nosso resultado mostrou que 43.5% de todas as espécies de triatomíneos brasileiros são encontrados nesta região. Observou-se que em todos os estados da região, as informações quanto à riqueza de espécies eram inferiores as encontradas neste estudo (Oliveira e Silva 2007, Figueiredo et al. 2007, Almeida et al. 2008).

A maior riqueza de espécies no Estado do Mato Grosso deve estar relacionada à extensão geográfica do estado e à variedade de biomas (cerrado, floresta amazônica e pantanal) e zonas de transição, propiciando a diversificação da fauna triatomínica. Entretanto, a análise dos mapas preditivos nos mostrou uma menor adequabilidade climática para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos no norte do Mato Grosso, onde predomina vegetação amazônica. Áreas de florestas mais úmidas da RCO apresentaram menor ocorrência de triatomíneos, reforçando a idéia da infestação domiciliar ocorrer com maior chance em regiões mais secas, como proposto para os triatomíneos amazônicos por Abad-Franch e Monteiro (2007).

As espécies com maior ocorrência e distribuição geográfica na RCO foram: *T. sordida*, espécie mais freqüente no Brasil, e *R. neglectus*, que habita com frequência palmeiras na RCO (Barretto et al. 1969, Gurgel-Gonçalves 2004a, Gurgel-Gonçalves e Cuba 2009, Abad-Franch et al. 2009).

Apenas uma ocorrência de *T. infestans* foi registrada no ano de 2000 em Posse (Goiás), também observada por Oliveira e Silva (2007). Entretanto, Gurgel-Gonçalves et al. (2012c) mostraram focos residuais de *T. infestans* em vários municípios do estado da Bahia. Sendo assim, faz-se necessário o contínuo monitoramento destas áreas, para prevenir eventuais reinfestações em demais áreas.

A modelagem de nicho ecológico permitiu prever quais áreas ao leste do estado de GO até o MT, são favoráveis para ocorrência tanto de *T.*

*costalimai* como *T. williami*. A MNE possibilitou um maior conhecimento dos limites de distribuição dessas espécies. Este método está sendo utilizado por pesquisadores até mesmo, para subsidiar estudos de diferenciação de complexos de espécies (Costa et al. 2012)

*T. pseudomaculata* limitou-se ao estado de GO e o DF. Áreas dos estados do MT e MS apresentaram menor adequabilidade climática para ocorrência dessa espécie, embora ela apresente boa capacidade de infestar ecótopos artificiais (Vinhaes e Dias 2000, Carcavallo et al. 1999, Assis et al. 2007), principalmente na região nordeste do Brasil. Entre as espécies de *Panstrongylus*, *P. geniculatus* apresentou maior ocorrência potencial na RCO; diferente de *P. megistus* cuja distribuição não foi prevista no norte do estado do MT e *P. diasi* com ausência predita no sul do MS.

Os resultados mostram ainda que a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos é maior em áreas de cerrado com grande variação sazonal de temperatura, sendo esta variável climática a que melhor explicou os modelos de nicho ecológico para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos na região Centro-Oeste. A temperatura vem sendo mencionada em diversos trabalhos científicos como variável associada à distribuição de triatomíneos em escala regional ou continental (Gorla 2002, Rodrigues e Gorla 2004, Batista e Gurgel-Gonçalves 2009, Gurgel-Gonçalves e Silva, 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2011). A declividade do terreno (Leite et al. 2011) e a umidade (Arboleda et al. 2009) também são variáveis ambientais mencionadas como determinantes para ocorrência de espécies de triatomíneos. O presente estudo reforça a importância das análises ambientais em estudos entomológicos e epidemiológicos, uma vez que essas análises permitem entender melhor o comportamento de insetos vetores, prever novas áreas prováveis de circulação de doenças e compreender a interação parasito-hospedeiro em diferentes ambientes.

A influência de variáveis socioeconômicas para ocorrência de triatomíneos (Walter et al. 2005, Campbell-Lendrum et al. 2007, Bustamante et al. 2009), a melhoria habitacional como medida de controle da infestação

triatomínica em longo prazo (Garcia Zapata et al. 1992, Rojas- de -Arias 2001, 2007, Monroy et al. 2009), assim como a eficiência da participação comunitária na vigilância entomológica (Abad-Franch et al. 2011), são medidas sabidamente favoráveis nas ações de controle da infestação de triatomíneos. Entretanto, estudos como este, onde se avalia a associação entre riqueza esperada de triatomíneos sinantrópicos e variáveis socioeconômicas ainda são escassos.

O presente estudo mostra que existe associação significativa entre a riqueza de triatomíneos sinantrópicos e indicadores socioeconômicos dos municípios. Estes resultados são fundamentais para a indicação de áreas com maior risco de domiciliação e transmissão vetorial do *Trypanosoma cruzi* ao homem, caracterizando assim, regiões de maior importância epidemiológica. Desta forma, os resultados possibilitam nortear as ações dos PCDCh dos estados, no momento de selecionar e aplicar suas ações de vigilância e controle da doença em municípios com maior necessidade de intervenção.

No apêndice 9, listamos todos os municípios da RCO, classificados de acordo com o número de espécies de triatomíneos registradas e previstas pela modelagem de nicho ecológico e indicadores socioeconômicos. Ainda se destaca nesta lista os municípios que apresentaram maior número esperado de triatomíneos e piores indicadores socioeconômicos, nos quais ações de intervenção e controle seriam prioritárias (melhoria habitacional por exemplo). Nos municípios em que o número de espécies de triatomíneos esperado foi alto, porém com baixo número de espécies registrado (entre 0 a 2 por exemplo) recomenda-se avaliação entomológica para tomada de decisão. A escolha da localidade no município seria decidida pelos gestores das secretarias de saúde que conhecem melhor a realidade, mas com fiscalização do estado ou comissão do MS (para assegurar aplicação do recurso no local certo). Em nível municipal também poderiam ser considerados índices de infestação domiciliar de anos anteriores.

Futuros estudos poderão refinar os critérios de seleção dos municípios para realização de ações de intervenção. O presente estudo é apenas um primeiro passo nessa direção. Apesar de mostrar existência de associações

entre ocorrência de triatomíneos e indicadores socioeconômicos, os níveis de correlação foram baixos. Novas análises devem ser realizadas incluindo outras variáveis socioeconômicas que possam indicar com maior acurácia a ocorrência dos triatomíneos em uma escala regional, com por exemplo, dados de perfil habitacional dos municípios e do censo agropecuário. Da mesma forma, variáveis indicadoras de desmatamento poderiam ser analisadas em futuros estudos de modelagem de nicho ecológico de triatomíneos no Brasil.

As estratégias fundamentais para o controle e a vigilância entomológica da DC na RCO do Brasil são: monitorar a possível reinfestação de *T. infestans*, principalmente nos limites entre os estados de Goiás e Bahia e reduzir a infestação domiciliar de triatomíneos nativos com ampla distribuição geográfica e potencial sinantrópico descritas no presente trabalho. Para tanto, recomenda-se a implantação de ações integradas de vigilância e controle das espécies de triatomíneos, com intensificação das atividades em municípios de maior risco de ocorrência de triatomíneos sinantrópicos, inspeção rotineira de agentes de saúde nos domicílios, como também ações integradas do serviço de saúde a instituições, que possibilitem o desenvolvimento de pesquisas envolvendo vigilância entomológica, assim como medidas de informação e educação continuada com objetivo de uma maior notificação pelos moradores, estímulo ao manejo ambiental e quando necessário a utilização do controle químico.

## 7. CONCLUSÕES

A região Centro-Oeste apresenta relevante riqueza de espécies de triatomíneos, quase a metade (43.5%) de todas as espécies que ocorrem no Brasil.

O Mato Grosso é o estado da região Centro-Oeste com maior riqueza de espécies, *Triatoma* é o gênero que apresenta o maior número de espécies na RCO.

Praticamente todo o território da RCO apresenta condições climáticas para ocorrência de pelo menos uma espécie de triatomíneo.

As áreas de Cerrado no estado de Goiás apresentam maior adequabilidade climática para a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos, enquanto áreas de floresta amazônica do norte do estado do Mato Grosso apresentam a menor adequabilidade climática.

A sazonalidade da temperatura é a variável climática que melhor explica os modelos de nicho ecológico dos triatomíneos sinantrópicos da RCO.

Há uma associação negativa entre riqueza esperada de espécies de triatomíneos e indicadores socioeconômicos (alfabetização, produto interno bruto e crescimento populacional) nos municípios da RCO.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad-Franch F, Monteiro FA 2007. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Hemiptera: Reduviidae): implications for Chagas disease surveillance in humid Forest ecoregions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (Suppl. I): 57-69.
- Abad-Franch F, Monteiro FA, Jaramillo NO, Gurgel-Gonçalves R, Dias FBS, Diotaiuti L 2009. Ecology, evolution and the long-term surveillance of vector-borne Chagas disease: A multi-scale appraisal of the tribe *Rhodniini* (Triatominae). *Acta Trop* 112: 159-177.
- Abad-Franch F, Vega MC, Rolon MS, Santos WS, Rojas-de-Arias A. 2011. Community Participation in Chagas Disease Vector Surveillance: Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis* 5(6): e1207.
- Almeida PS, Ceretti Júnior W, Obara MT, Santos HR, Barata JM, Faccenda O 2008. Levantamento da fauna de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) em ambiente domiciliar e infecção natural por Trypanosomatidae no Estado de Mato Grosso do Sul. *Rev Soc Bras Med Trop* 41(Suppl 4): 374-80.
- Aragão MB, Dias E 1956. Aspectos climáticos da doença de Chagas. I: considerações sobre a distribuição geográfica do *Triatoma infestans*. *Rev Bras Malariol D Trop* 8: 633-641.
- Arboleda S, Gorla DE, Porcasi X, Saldaña A, Calzada J, Jaramillo N 2009. Development of a geographical distribution model of *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 using environmental data recorded by remote sensing. *Infect Genet and Evolut* 9 (Suppl. 4): 441-448.
- Argolo AM, Felix M, Pacheco R, Costa J 2008. Doença de Chagas e seus Principais Vetores no Brasil. Rio de Janeiro: *Imp. Nov Mil*;. 67p.
- Arrais-Silva WW, Rodrigues RSV, Moraes LN, Venere PC, Lunardi RR, Souza IL, Souto PCS 2011. First report of occurrence of *Triatoma williami* Galvão, Souza e Lima, 1965 naturally infected with *Trypanosoma cruzi* Chagas, 1909 in the State of Mato Grosso, Brazil Asian Pacific. *J Trop Dis*: 245-246.

- Assis AL 1999. Vigilância epidemiológica da doença de Chagas no Distrito Federal. Monografia de especialização em Saúde Coletiva, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Assis GFM, Azeredo BVM, Carbajal de la Fuente AL, Diotaiuti L, Lana M 2007. Domiciliation of *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espínola 1964) in the Jequitinhonha Valley, State of Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl. 4): 391-396.
- Barretto MP 1979. Epidemiologia. In Brener Z, Andrade ZA (eds), *Trypanosoma cruzi* e Doenças de chagas. *Guanabara Koogan*, Rio de Janeiro, p. 89-291.
- Barretto MP, Albuquerque DRR, Funayama GK 1969. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XXXVI: Investigação sobre triatomíneos de palmeiras no município de Uberaba, MG, Brasil. *Rev Bras Biol* 29: 577-588.
- Batista TA, Gurgel-Gonçalves R 2009. Ecological niche modelling and differentiation between *Rhodnius neglectus* Lent, 1954, and *R. nasutus* Stål, 1859 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae), in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104: 1165-1170.
- Bedin C, Mello F, Wilhelms TS, Torres MA, Estima C, Ferreira CF, Sehn L 2009. Vigilância Ambiental: Doença de Chagas no Rio Grande do Sul. *Bol Epidemiol* 11 (Suppl. 3): 1-8.
- Brasil 2012. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Doença de Chagas. Aspectos epidemiológicos. [homepage on the Internet]. [updated 2012 Mai 30; cited 2012 Jun 11]. Available from: [http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=31454](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31454)
- Brasil 2009. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, - 7. ed, - Brasília: Ministério da Saúde. 816p (Serie A. Normas e Manuais Técnicos).

- Burgos JJ, Curto de Casas SI, Carcavallo RU, Galíndez Giron I 1994. Global climate change influence in the distribution of some pathogenic complexes (malaria and Chagas' disease) in Argentina. *Entomol Vect* 1: 69-78.
- Bustamante DM, Monroy MC, Pineda S, Rodas AG, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B, Trampe R 2009. Risk factors for intradomiciliary infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cad. Saúde Pública* 25 (Suppl 1): S83-S92.
- Bustamante DM, Monroy MC, Rodas AG, Juarez JA, Malone JB 2007. Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vectors in south-eastern Guatemala. *Geospatial Health* 1(Suppl 2): 199-211.
- Camargo ME, Silva JR, Castilho EA, Silveira AC 1984. Inquérito sorológico da prevalência da infecção chagásica no Brasil, 1975-1980. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 26: 192-204.
- 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 2007. House-level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *Int J Epidemiol* 36 (Suppl 4): 866-72.
- Carbajal de la Fuente AL, Porcasi X, Noireau F, Diotaiuti L, Gorla DE 2009. The association between the geographic distribution of *Triatoma pseudomaculata* and *Triatoma wygodzinskyi* (Hemiptera: Reduviidae) with environmental variables recorded by remote sensors. *Infect Genet Evol* 9 (Suppl 1): 54-61.
- Carcavallo R, Rodríguez M, Salvatella R, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galvão C 1998. Habitats and related fauna. In RU Carcavallo, I Galíndez Girón, J Jurberg, H Lent (eds.), *Atlas of Chagas Disease Vectors in Americas*. Vol. II, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 561-619.
- Carcavallo RU, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galíndez Girón I, Jurberg J, Galvão C, Mena Segura CA, Noireau F 1999. Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion. *Atlas of Chagas disease vectors in Americas*, Vol. III, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 747-792.

- Carcavallo RU, Jurberg J 2000. *Triatoma baratai* sp.n. do estado do Mato Grosso do Sul (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Entomol Vect* 7: 373-387.
- Carcavallo RU, Jurberg J, Rocha DS, Galvão C, Noireau, Lent H 2002. *Triatoma vandae* n. sp. do Complexo *oliveirai* encontrada no estado de Mato Grosso, Brasil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 97: 649-654.
- Chagas C 1909. Nova tripanozomiose humana. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, (Tomo I): 159-218.
- Costa J, Almeida CE, Dotson EM, Lins A, Vinhaes M, Silveira AC, Beard CB 2003. The epidemiologic importance of *Triatoma brasiliensis* as a Chagas disease vector in Brazil: a revision of domiciliary captures during 1993-1999. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98:443-449.
- Costa J, Argolo AM, Felix M 2006. Redescription of *Triatoma melanica* Neiva & Lent, 1941, new status (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) *Zootaxa* 1385: 47-52.
- Costa J, Felix M 2007. *Triatoma juazeirensis* sp. nov. from the state of Bahia, northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (1): 87-90.
- Costa J, Peterson AT 2012. Ecological niche modeling as a tool for understanding distributions and interactions of vectors, hosts and etiologic agents of Chagas disease. In Peterson AT (ed.). *Recent Advances on Model Hosts*. Vol. I, Springer, Kansas, p. 59-70.
- Costa J, Peterson AT, Beard CB 2002. Ecologic niche modeling 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* 67: 516-520.
- Coura JR 2007. Chagas disease: what is known and what is needed: a background article. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*; 102 (1): 113-22.

- Coura JR, Dias JCP 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (suppl 1): 31-40.
- Coura JR, Viñas PA 2010. Chagas disease: a new worldwide challenge. *Nature* 465: 56-57.
- Curto de Casas SI, Carcavallo RU, Mena Segura CA, Galindez Giron I, Burgos JJ 1994. Bioclimatic factors of Triatominae distribution. Useful techniques for studies on climatic change. *Entomol Vect* 1:51- 68.
- Dias E, Pellegrino J 1948. Alguns ensaios com o Gammexane no combate aos transmissores da doença de Chagas. *Brasil Med* 62: 85-191.
- Dias JCP, Borges Dias R 1979. Aspectos sociais, econômicos e culturais da Doença de Chagas. *Ciênc Cult*. 31(Supl):105-17.
- Dias JCP, Machado EMM, Fernandes AL, Vinhaes MC 2000. Esboço geral e perspectivas da doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Cad Saúde Pública* 16: S13-S34.
- Dias JCP. 2006. Doença de Chagas: sucessos e desafios. *Cad. Saúde Pública* 22 (10): 2020-2021.
- Diotaiuti L, Loiola CF, Falcão PL, Dias JCP 1993. The ecology of *Triatoma sordida* in natural environments in two different regions of the state of Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 35 (Suppl 3): 237-245.
- Elith JC, Graham C, Anderson R, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans R, Huettmann F, Leathwick J, Lehmann A, Li J, Lohmann L, Loisell B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton J, Peterson A, Phillips S, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire E, Soberon J, Williams S, Wisz M, Zimmerman N 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129 - 151.
- ESRI. 2002. ArcView 3.2 Geographical Information System. Redlands, CA: *Environment System Research Institute, Inc.*

- Figueiredo JF, Silva LC, Bolognez CA. 2007. Influência das agressões ecológicas na migração de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae), para os ecótopos artificiais criados pelo homem em municípios do Estado de Mato Grosso. *Biodiv* 6: 52-61.
- Forattini OP 1980. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Pública São Paulo* 14: 265-299.
- Frías-Lasserre D 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías et al. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its Parapatric Model of Speciation. *Neotrop Entomol* 39 (Suppl 1): 572-583.
- Galvão C, Carcavallo RU, Rocha DS, Jurberg J 2003. A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa* 202: 1-36.
- García-Zapata MT, Marsden PD, Soares VA, Castro CN 1992. The effect of plastering in a house persistently infested with *Triatoma infestans* (Klug) 1934. *J Trop Med Hyg* 95 (Suppl 6): 420-3.
- Garcia-Zapata MTA 1991. A divulgação científica no controle de doenças tropicais: Um ponto de vista. *Comunicação e Sociedade* 10: 103-114.
- Gorla DE, 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecol Aust* 12: 117-127.
- Graham CH, Elith J, Hijmans RJ, Guisan A, Peterson AT, Loiselle BA, Group NW 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *J Appl Ecol* 45: 239-247.
- Grinnell, J. 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk* 34:427-433.

- Gurgel-Gonçalves R, Abad-Franch F, Ferreira JBC, Santana DB, Cuba CAC 2008. Is *Rhodnius prolixus* (Triatominae) invading houses in central Brazil? *Acta Trop* 107: 90-98.
- Gurgel-Gonçalves R, Cuba CAC 2009. Predicting the potential geographical distribution of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera, Reduviidae) based on ecological niche modeling. *J Med Entomol* 46: 952-960.
- Gurgel-Gonçalves R, Cura C, Schijman AG, Cuba CAC 2012b. Infestation of *Mauritia flexuosa* palms by triatomines (Hemiptera: Reduviidae), vectors of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* in the Brazilian savanna. *Acta Trop* 121: 105-111.
- Gurgel-Gonçalves R, Duarte MA, Ramalho ED, Romaña CA, Cuba CAC 2004a. Distribuição espacial de populações de Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) em palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* no Distrito Federal, Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 37: 241-247.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Costa J, Peterson AT 2012a. Geographic distribution of Chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modeling. *J Trop Med* 2012 (705326): 1-15.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Mendonça J, Costa-Neto RM 2012c. Guia de triatomíneos da Bahia. Editora da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. No prelo.
- Gurgel-Gonçalves R, Pereira FCA, Lima IP, Cavalcante RR 2010. Distribuição geográfica, infestação domiciliar e infecção natural de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) no Estado do Piauí, Brasil, 2008. *Rev Pan-Amazônica de Saúde* 1: 57-64.
- Gurgel-Gonçalves R, Ramalho ED, Duarte MA, Palma ART, Abad-Franch F, Carranza JC, Cuba CAC 2004b. Enzootic transmission of *Trypanosoma cruzi* and *T. rangeli* in the Federal District of Brazil. *Rev Inst Med Trop São Paulo*. 46: 323-330.

- Gurgel-Gonçalves R, Silva RB 2009. Analysis of the geographical distribution of *Psammolestes Bergroth* (Heteroptera: Reduviidae) in South America with new records of *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg. *Zootaxa* 2033: 41-48.
- Gurgel-Gonçalves R, Ferreira JBC, Rosa AF, Bar ME, Galvão C 2011. Geometric morphometrics and ecological niche modelling for delimitation of near-sibling triatomine species. *Med Vet Entomol* 25: 84-93.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climat* 25: 1965-1978.
- Ibarra-Cerdeña CN, Sánchez-Cordero V, Peterson AT, Ramsey JM 2009. Ecology of North American Triatominae. *Acta Trop* 110: 178-186.
- Leite GR, Santos CB, Falqueto A 2011. Influence of the landscape on dispersal of sylvatic triatomines to anthropic habitats in the Atlantic Forest. *J Biogeog* 38 (Suppl4): 651-663.
- Lent H, Wygodzinsky P 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas Disease. *Bul Amer Mus Nat Hist* 163: 520-529.
- Lima VLC, Yaguchi MK, Alves ZCPVT 1990. Aspectos da atividade de “notificação de barbeiros” pela população no controle de *Panstrongylus megistus* em 12 municípios da região noroeste do estado de São Paulo, Brasil, 1974 a 1983. *Rev Saúde Pública* 24(6): 497-505.
- Lopez-Cardenas J, González-Bravo FE, Salazar-Schettino PM, Gallaga-Solorzano JC, Ramírez-Barba E, Martínez-Mendez J, Sanchez-Cordero V, Peterson AT, Ramsey J 2005. Fine-scale predictions of distributions of Chagas disease vectors in the state of Guanajuato, Mexico. *J Med Entomol* 42: 1068-1081.
- Lorosa ES, Andrade RE, Santos SM, Pereira CA, Vinhaes MC, Jurberg J 1999. Estudo da infecção natural e fontes alimentares de *Triatoma costalimai* Verano & Galvão, 1959, *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 e *Psammolestes*

- tertius* Lent & Jurberg, 1965 do estado de Goiás, Brasil, através da técnica de precipitina. *Entomol Vect* 6: 405-414.
- Machiner F, Cardoso RM, Castro CN, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of *Triatoma costalimai* (Hemiptera: Reduviidae) in different environments and climatic seasons: a field study in the Brazilian savanna. *Rev Soc Bras Med Trop*. In press.
- Maeda MH, Knox MB, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of synanthropic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in the Federal District of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 71-76.
- Martins AV 1968. Epidemiologia. In Cançado JR, Doença de Chagas, Imprensa Oficial, Belo Horizonte, p. 225-260.
- Martins RB, Libânio, JC 2003. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Fundação João Pinheiro. Disponível em [<http://www.pnud.org.br/atlas>].
- Mello DA 1982. Roedores, marsupiais e triatomíneos silvestres capturados no município de Mambai, Goiás. Infecção natural pelo *Trypanosoma cruzi*. *Rev Saúde Pública São Paulo* 16: 282-291.
- Mello DA, Borges MM 1981. Primeiro encontro do *Triatoma costalimai* naturalmente infectado pelo *Trypanosoma cruzi*: estudo de aspectos biológicos da amostra isolada. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 76: 61-69.
- Ministério da Saúde 2005. Consenso Brasileiro Em Doença De Chagas. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*; 38(3): 1-29.
- Moncayo A 2003. Chagas` Disease: current epidemiological trends after the interruption of vectorial and transfusional transmission in the Southern Cone Countries. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98(5): 577-91.
- Monroy C, Bustamante DM, Pineda S, Rodas A, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B 2009. House improvements and community participation in the

control of *Triatoma dimidiata* re-infestation in Jutiapa, Guatemala. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 1): S168-S178.

Obara MT, Barata JMS, Rosa JA, Ceretti Junior W, Almeida PS, Goncalves GA, Dale C, Gurgel-Gonçalves R 2012. Description of the female and new records of *Triatoma baratai* Carcavallo & Jurberg, 2000 (Hemiptera, Reduviidae) from Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to the species of the *Triatoma matogrossensis* subcomplex. *Zootaxa* (Online) 3151: 63-68.

Oliveira AWS, Silva IG 2007. Distribuição geográfica e indicadores entomológicos de triatomíneos sinantrópicos capturados no Estado de Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl 2): 204-208.

Oliveira KCS, Costa Neto EM, Gurgel-Gonçalves R, 2011. Distribuição geográfica de *Triatoma* spp. (Hemiptera, Reduviidae) nas ecorregiões do estado da Bahia. In: Giovanni Seabra; Ivo Mendonça. (Org.). Educação ambiental: Responsabilidade para a conservação da sociobiodiversidade. João Pessoa: *Editora Universitária da UFPB*, 1: 93-99.

Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeog* 34: 102-117.

Peterson AT 2011. Ecological niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerg Infect Dis* 12 (Suppl 2): 1822-1826

Peterson AT, Nakazawa Y, 2008 Environmental data sets matter in ecological niche modeling: An example with *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*, *Glob Ecol and Biog*, 17: 135-144.

Peterson AT, Papes M, Eaton M 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.

Peterson AT, Papes M, Soberón J 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecol. Model* 213 (Suppl 1): 63-72.

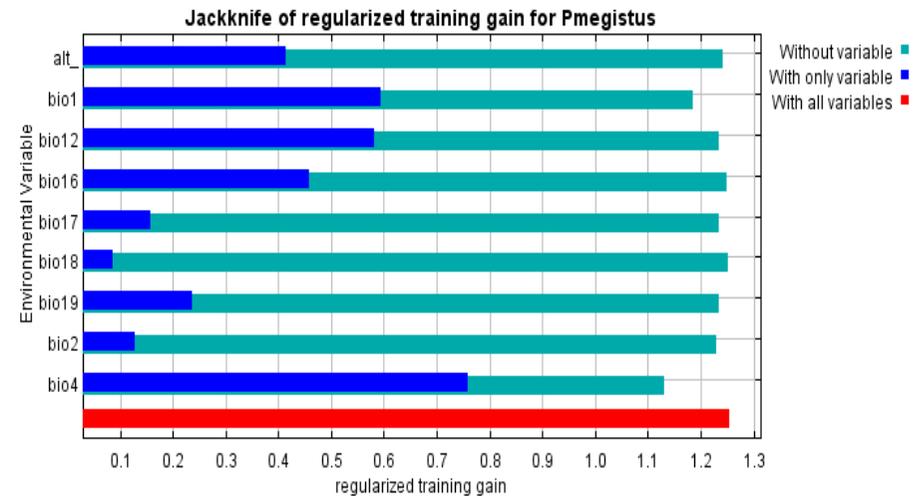
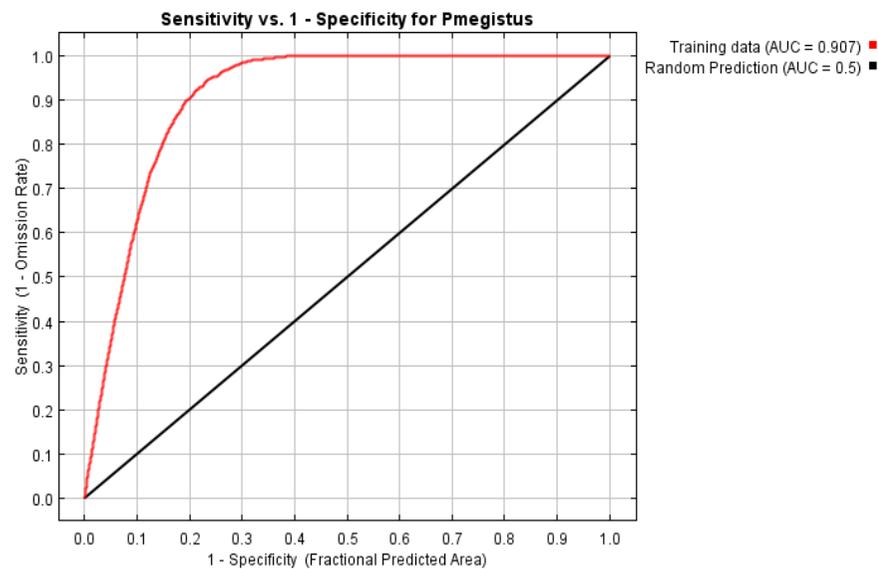
- Peterson, A. T., and D. A. Vieglais. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience* 51:363-371.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Modell* 190: 231-259.
- Phillips SJ, Dudík M 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Rodriguero MS, Gorla DE 2004. Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). *Global Ecol Biogeogr* 13: 75-84
- Rojas-de-Arias A 2001. Chagas disease prevention through improved housing using an ecosystem approach to health. *Cad Saúde Pública* 17: 89-97.
- Rojas-de-Arias A 2007. Social and epidemiological determinants of Chagas disease: basic information for a surveillance and control policy in the Southern Cone. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (Suppl. I): 19-21.
- Sandoval-Ruiz CA, Zumaquero-Rios JL, Rojas-Soto OR 2008. Predicting geographic and ecological distributions of triatomine species in the southern Mexican state of Puebla using ecological niche modeling. *J Med Entomol* 45: 540-546.
- Schofield CJ, Galvão C 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Trop* 110: 88-100.
- Schofield CG, Dias JCP 1998. The Southern Cone initiative against Chagas disease. *Advan Parasitol* 42: 1-27.
- Schofield CJ, Jannin J, Salvatella R 2006. The future of Chagas disease control. *Trends Parasitol*, 22(Suppl 12): 583-588.
- Silva EOR, Rodrigues VLCC, Silva RA, Wanderley DMV 2011. Control program of Chagas disease in São Paulo, Brazil: the control and surveillance of vector transmission. *Rev Soc Bras Med Trop* 44 (Suppl 2): 74-84.
- Silva IG, Lustosa ES 1993. Biologia de *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev Patol Trop* 22: 29-42.

- Silva MBA, Barreto AVMS, Silva HA, Galvão C, Rocha D, Jurberg J, Gurgel-Gonçalves R 2012. Synanthropic triatomines (Hemiptera, Reduviidae) in the state of Pernambuco, Brazil: geographical distribution and natural *Trypanosoma infection* rates between 2006 and 2007. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 60-65.
- Silveira AC 2000a. Situação do controle da transmissão vetorial da doença de Chagas nas Américas. *Cad Saúde Pública* 16 Suppl 2: 35-42.
- Silveira AC 2000b. Profilaxia Doença de Chagas. In: Brener Z, Andrade Z, Barral-Neto M, editores. *Trypanozoma cruzi* e Doença de Chagas. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan p.75-87.
- Silveira AC 2004. Enfoque de riesgo em actividades de control de triatomíneos. *Rev Patol Trop* 33(Suppl 2): 193-206.
- Silveira AC, Dias JCP 2011. O controle da transmissão vetorial. *Rev Soc Bras Med Trop* 44: 52-63.
- Silveira AC, Diotaiuti L, Neiva E, Matos CAS, Elias M 1983. Domiciliação do *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 no Estado de Goiás, Brasil. *X Reunião Anual de Pesquisa Básica em Doença de Chagas*, Caxambu-MG.
- Silveira AC, Feitosa VR, Borges R 1984. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período de 1975/83, Brasil. *Rev Bras Malariologia e Doenças Trop* 39: 15-312.
- Silveira AC, Rezende DF 1994. Epidemiologia e controle da transmissão vetorial da doença de Chagas no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 27: 11-22
- Silveira AC, Vinhaes M 1998. Doença de Chagas: aspectos epidemiológicos e de controle. *Rev Soc Bras Med Trop* 31 Supl 2:50-60.
- Silveira, AC 1993. Indicadores Operacionais para o Programa de Eliminação de *Triatoma infestans*. *Rev Soc Bras Med Trop* 26: 51-54.
- Silveira, AC 2005. Informe de Consultoria. Enfoque de risco na vigilância epidemiológica da doença de Chagas. OPAS. Mimeo. 15p.

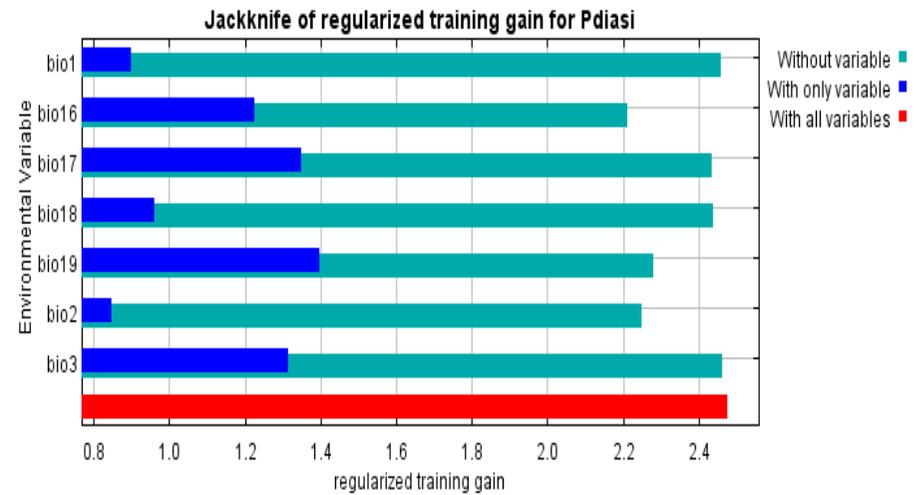
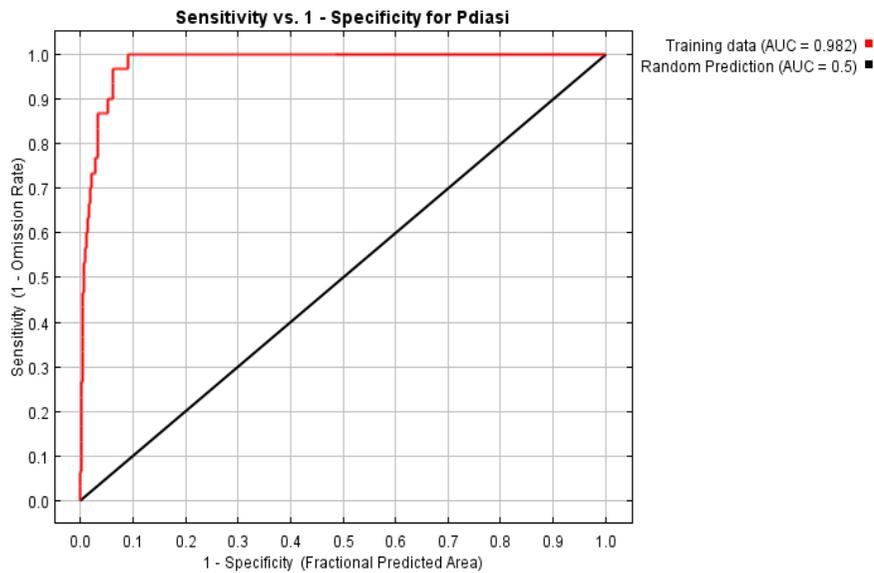
- Stockwell DRB, Peterson AT 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecol Modell* 148: 1-13.
- Tsoar A, Allouche O, Steinitz O, Rotem D, Kadm R 2007. A comparative evaluation of presence only methods for modelling species distribution. *Divers Distrib* 13: 397-405.
- Villela MM, Souza JMB, Melo VP, Dias JCP 2009. Avaliação do Programa de Controle da Doença de Chagas em relação à presença de *Panstrongylus megistus* na região centro-oeste do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 4): 907-917.
- Vinhaes MC, Dias JCP 2000. Doença de Chagas no Brasil. *Cad Saúde Pública* Rio de Janeiro 16: 7-12.
- Walter A, Rego IP, Ferreira AJ, Rogier C 2005. Risk factors for reinvasion of human dwellings by sylvatic triatomines in northern Bahia State, Brazil. *Cad. Saúde Pública* 21(Suppl 3): 974-978.
- WHO (World Health Organization) 1991. Control of Chagas Disease. Geneva: *Tech Rep Series*. 811 p.
- WHO 2002 Control of Chagas Disease. Second reporto of the WHO Expert Committee. WHO. *Tech Rep Series* 905, Geneva, 109pp.
- Wisn MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, Elith J, Dudík M, Ferrier S, Huettman F, Leathwick JR, Lehmann A, Lohamnn L, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, McC Overton J, Phillips SJ, Richardson KS, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberón J, Williams SE, Zimmermann NE 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers Distrib* 14(5): 763-773.
- WWF. World Wildlife Fund. List of ecoregions [homepage on the Internet]. [updated 2012 Apr 9; cited 2012 Mar 9]. Available from: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/ecoregions/ecoregion\\_list/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/ecoregion_list/)

## 9. APÊNDICES

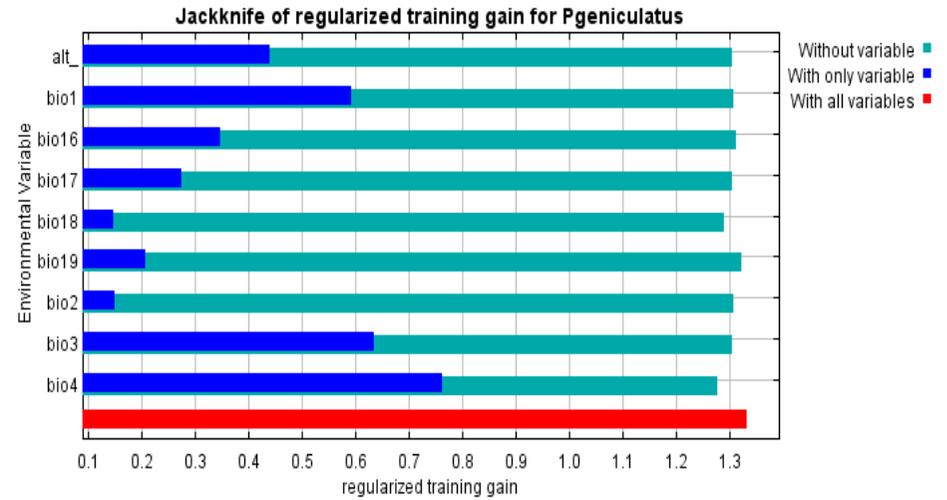
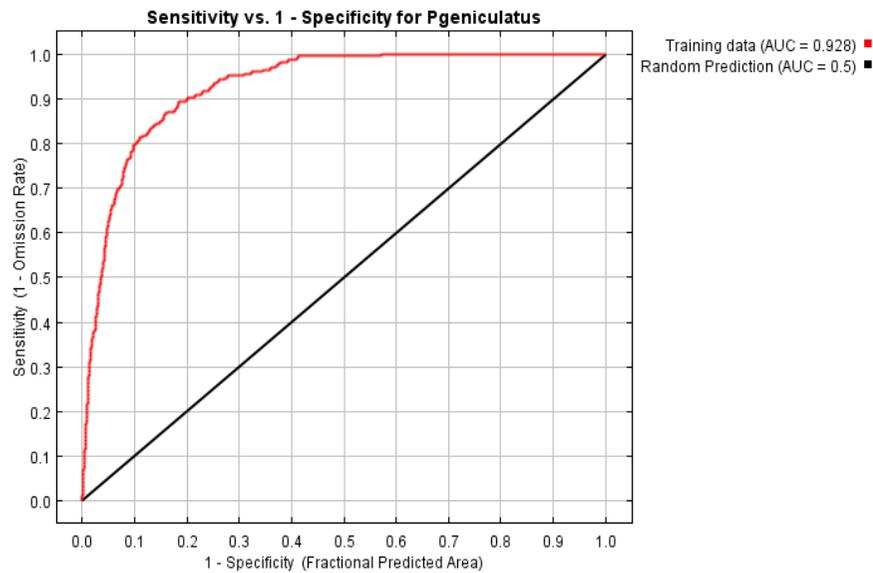
### 9.1. Dados suplementares



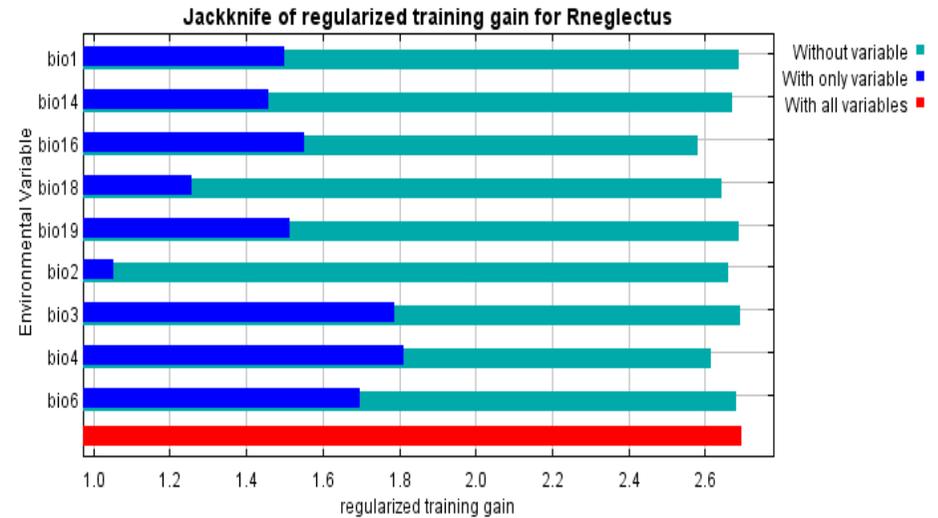
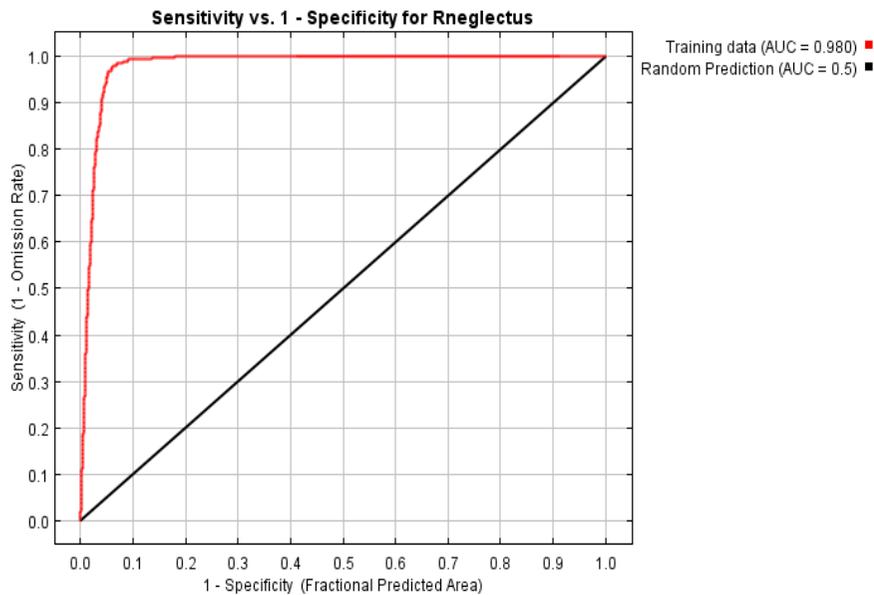
Apêndice 1: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus megistus*, gerada pelo programa Maxent



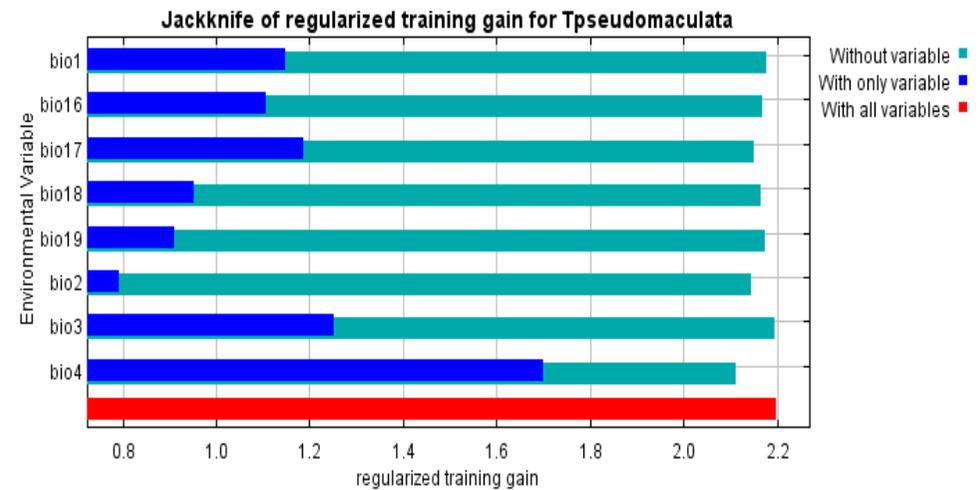
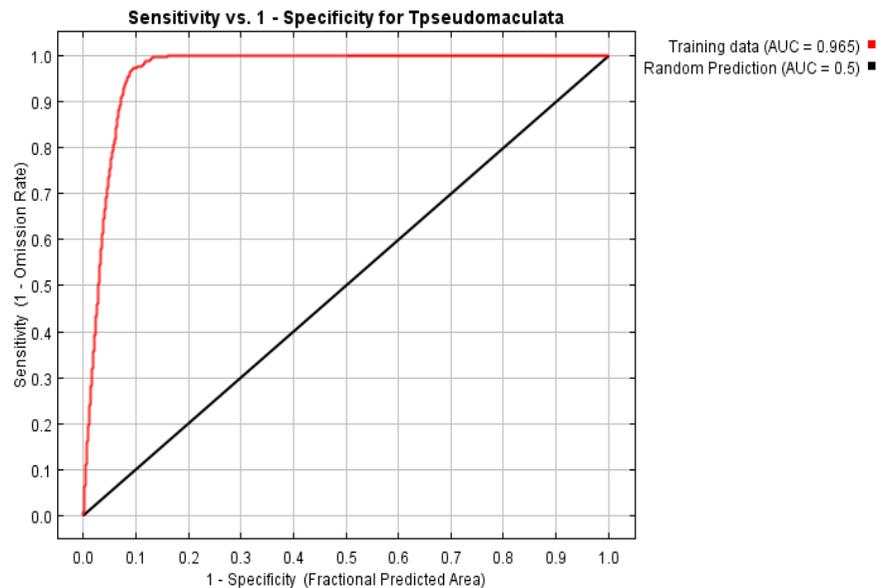
Apêndice 2: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (*Area Under the Curve* - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus diasi*, gerada pelo programa Maxent.



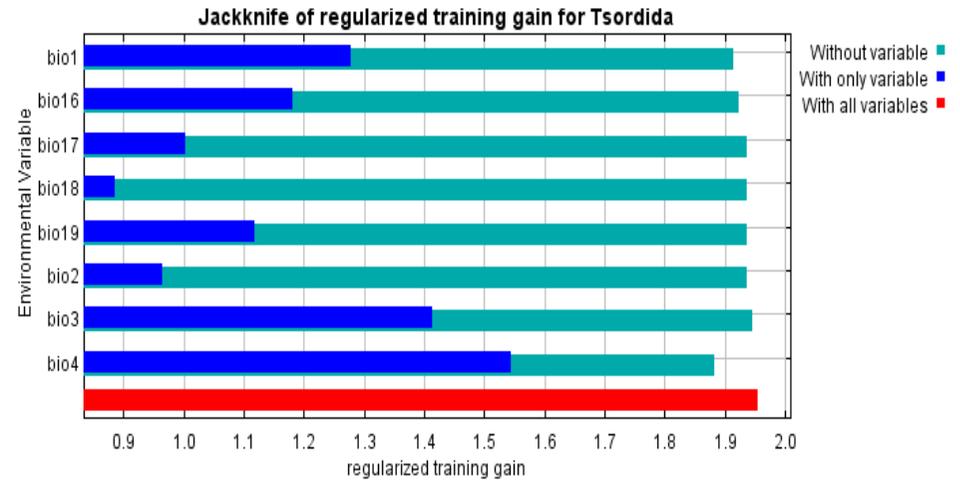
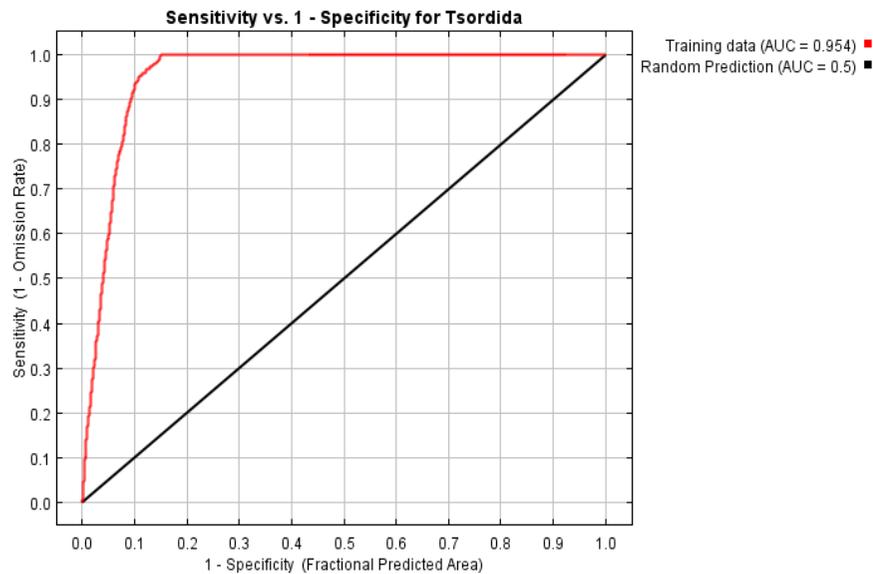
Apêndice 3: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Panstrongylus geniculatus* diasi, gerada pelo programa Maxent.



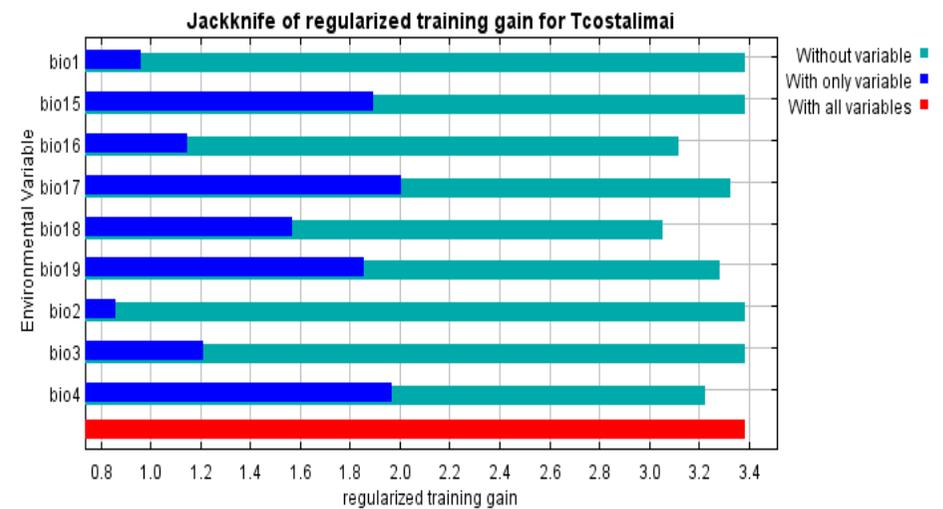
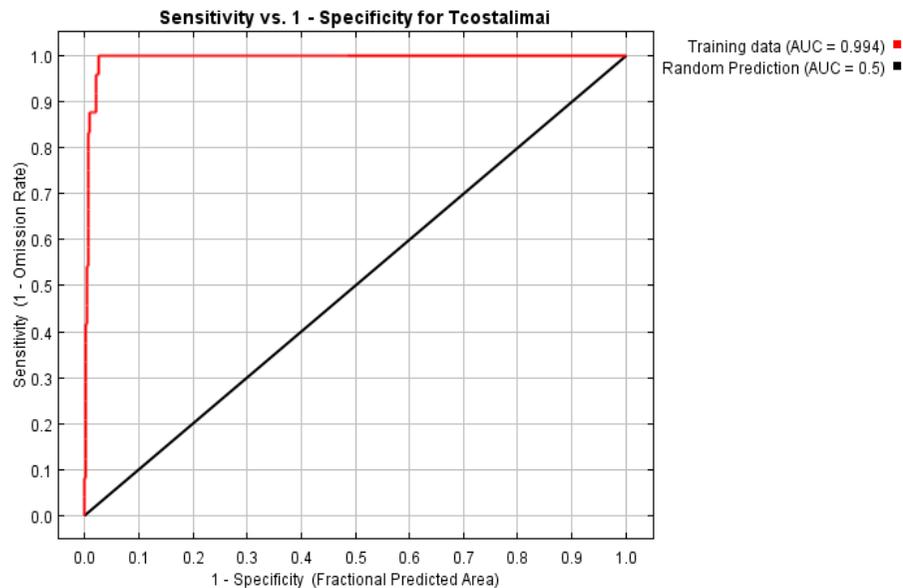
Apêndice 4: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Rhodnius neglectus* diasi, gerada pelo programa Maxent.



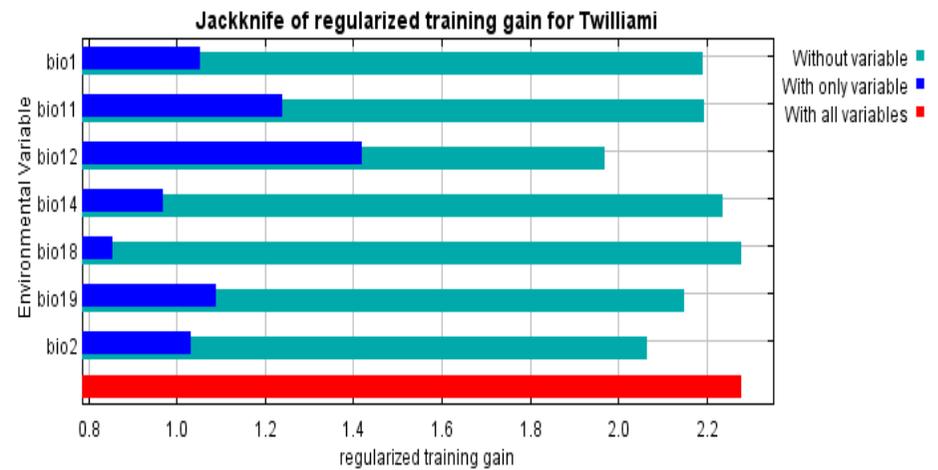
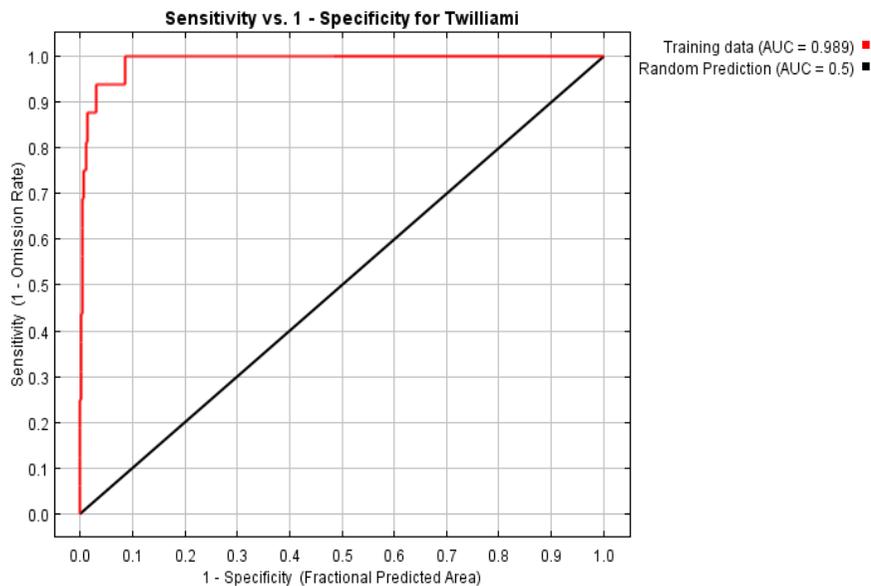
Apêndice 5: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Triatoma pseudomaculata*, gerada pelo programa Maxent.



Apêndice 6: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jacknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Triatoma sordida*, gerada pelo programa Maxent.



Apêndice 7: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Triatoma costalimai*, gerada pelo programa Maxent.



Apêndice 8: Área sob a curva ROC, conhecida como AUC (Area Under the Curve - Área sob a curva) (A) e resultado do teste de Jackknife para as variáveis climáticas que mais influenciaram o modelos de nicho ecológico (B) da espécie *Triatoma williami*, gerada pelo programa Maxent.

Apêndice 9. Lista de municípios da Região Centro-Oeste do Brasil, classificados de acordo com o número de espécies de triatomíneos registradas e previstas pela modelagem de nicho ecológico e indicadores socioeconômicos. Os municípios em negrito são os que apresentaram maior número esperado de triatomíneos e menores indicadores socioeconômicos (PIB abaixo de 0,600 e renda abaixo de 200).

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Novo Mundo	0	0	2	67,388	0,874	0,739	204,059	0,706	0,829	0,660	0,732	1,060
Matupá	0	0	3	67,631	0,858	0,830	258,460	0,711	0,849	0,700	0,753	1,041
Guarantã do Norte	0	0	3	68,393	0,887	0,751	267,834	0,723	0,842	0,706	0,757	1,060
Santa Terezinha	0	1	3	63,802	0,781	0,786	114,857	0,647	0,783	0,565	0,665	0,992
Itaquiraí	0	1	4	69,678	0,799	0,777	138,066	0,745	0,791	0,595	0,710	0,992
Carlinda	0	1	3	67,429	0,808	0,782	138,085	0,707	0,799	0,595	0,700	0,937
Nova Bandeirantes	0	1	4	67,247	0,848	0,692	147,345	0,704	0,796	0,606	0,702	1,144
Mundo Novo	0	1	2	66,172	0,788	0,759	153,625	0,686	0,778	0,613	0,692	0,948
Terra Nova do Norte	0	1	4	68,470	0,864	0,957	163,175	0,725	0,895	0,623	0,748	0,986
Eldorado	0	1	2	67,107	0,809	0,778	164,033	0,702	0,799	0,624	0,708	0,961
Porto Murtinho	3	1	5	65,751	0,820	0,728	166,251	0,679	0,789	0,626	0,698	0,961
São José do Xingu	0	1	3	63,320	0,799	0,729	169,271	0,639	0,776	0,629	0,681	1,144

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Peixoto de Azevedo	0	1	3	67,388	0,776	0,879	179,233	0,706	0,811	0,639	0,719	0,937
Nova Guarita	0	1	3	67,388	0,869	0,734	184,088	0,706	0,824	0,643	0,725	1,009
Vila Rica	0	1	3	68,353	0,852	0,697	187,861	0,723	0,800	0,647	0,723	1,129
Iguatemi	1	1	4	67,497	0,843	0,797	200,708	0,708	0,828	0,658	0,731	1,028
Apiacás	0	1	3	66,863	0,786	0,778	201,762	0,698	0,783	0,659	0,713	0,919
Sete Quedas	0	1	3	67,497	0,788	0,741	224,325	0,708	0,772	0,676	0,719	1,063
Alta Floresta	1	1	4	70,204	0,881	0,875	264,663	0,753	0,879	0,704	0,779	0,937
Colíder	0	1	6	67,130	0,853	0,813	270,462	0,702	0,840	0,708	0,750	0,986
Marcelândia	0	1	4	70,696	0,880	0,672	330,979	0,762	0,810	0,741	0,771	1,129
Japorã	0	2	2	65,930	0,684	0,741	88,744	0,682	0,703	0,522	0,636	1,005
Paranhos	1	2	3	69,108	0,749	0,691	113,769	0,735	0,730	0,563	0,676	1,030
Tacuru	0	2	3	65,211	0,739	0,756	118,411	0,670	0,745	0,570	0,661	1,008
Canabrava do Norte	0	2	8	67,416	0,833	0,712	124,879	0,707	0,793	0,579	0,693	1,140
Luciára	0	2	6	62,872	0,831	0,898	132,832	0,631	0,853	0,589	0,691	0,924
Nortelândia	0	2	6	67,105	0,849	0,867	139,291	0,702	0,855	0,597	0,718	0,990
Caracol	1	2	4	70,689	0,862	0,695	148,366	0,761	0,806	0,607	0,725	1,028

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Aral Moreira	0	2	4	71,003	0,796	0,788	148,641	0,767	0,794	0,608	0,723	0,961
Coronel Sapucaia	0	2	3	70,528	0,770	0,765	153,573	0,759	0,768	0,613	0,713	1,063
Confresa	0	2	3	68,366	0,810	0,685	162,240	0,723	0,768	0,622	0,704	1,170
Arenópolis	1	2	5	65,699	0,837	0,867	177,339	0,678	0,847	0,637	0,721	0,990
Nova Monte verde	0	2	4	67,429	0,846	0,757	183,839	0,707	0,817	0,643	0,722	1,103
Porto Alegre do Norte	0	2	5	63,802	0,825	0,838	193,941	0,647	0,829	0,652	0,709	1,129
São Félix do Araguaia	0	2	8	66,287	0,836	0,841	195,265	0,688	0,838	0,653	0,726	0,990
Aripuanã	0	2	7	67,896	0,832	0,560	197,362	0,715	0,741	0,655	0,704	1,060
Nova Canaã do Norte	0	2	6	64,740	0,832	0,697	201,180	0,662	0,787	0,658	0,702	0,943
Denise	0	2	6	66,410	0,839	0,886	208,101	0,690	0,854	0,664	0,736	1,140
Naviraí	1	2	5	70,221	0,850	0,773	224,173	0,754	0,824	0,676	0,751	1,051
Cotriguaçu	0	2	4	68,697	0,840	0,587	225,959	0,728	0,756	0,678	0,721	1,144
Amambaí	1	2	4	72,159	0,832	0,766	229,542	0,786	0,810	0,680	0,759	1,030
Paranaíta	1	2	3	66,733	0,836	0,655	232,533	0,696	0,776	0,682	0,718	0,919
Paranatinga	1	2	8	65,628	0,838	0,748	238,528	0,677	0,808	0,687	0,724	1,007
Comodoro	0	2	7	67,468	0,812	0,696	242,474	0,708	0,774	0,689	0,724	1,129

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Novo São Joaquim	0	2	8	69,100	0,839	0,731	243,989	0,735	0,803	0,690	0,743	1,062
Juruena	0	2	6	69,636	0,883	0,692	244,920	0,744	0,819	0,691	0,751	1,144
Ponta Porã	2	2	5	71,416	0,893	0,832	248,974	0,774	0,872	0,694	0,780	1,051
Gaúcha do Norte	0	2	8	71,280	0,754	0,640	257,071	0,771	0,716	0,699	0,729	1,007
Itaúba	0	2	7	68,321	0,839	0,710	261,640	0,722	0,796	0,702	0,740	1,062
Querência	0	2	8	69,100	0,841	0,742	267,612	0,735	0,808	0,706	0,750	1,144
Juína	0	2	6	68,914	0,861	0,674	284,604	0,732	0,799	0,716	0,749	0,937
União do Sul	0	2	5	70,696	0,884	0,698	292,687	0,762	0,822	0,721	0,768	1,130
Feliz Natal	0	2	7	68,263	0,844	0,662	324,841	0,721	0,784	0,738	0,748	1,041
Alto Paraguai	1	3	7	66,008	0,836	0,874	125,416	0,683	0,849	0,579	0,704	0,938
Antônio João	1	3	4	66,917	0,807	0,812	142,258	0,699	0,808	0,600	0,702	0,989
Batayporã	3	3	5	67,693	0,816	0,757	146,533	0,712	0,796	0,605	0,704	1,097
Nova Marilândia	0	3	7	63,936	0,831	0,870	152,069	0,649	0,844	0,611	0,702	1,144
Taquarussu	0	3	5	67,693	0,775	0,814	154,616	0,712	0,788	0,614	0,705	0,923
Novo Horizonte do Norte	0	3	4	68,759	0,791	0,704	156,615	0,729	0,762	0,616	0,703	0,924

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Jateí	1	3	5	67,497	0,827	0,793	159,679	0,708	0,816	0,620	0,715	0,922
Santo Afonso	0	3	7	66,008	0,861	0,881	162,062	0,683	0,867	0,622	0,724	0,924
Nobres	0	3	8	67,844	0,824	0,842	166,867	0,714	0,830	0,627	0,724	1,041
Santa Rita do Pardo	2	3	6	69,218	0,808	0,765	174,182	0,737	0,794	0,634	0,722	1,057
Anaurilândia	1	3	4	67,693	0,816	0,782	183,741	0,712	0,805	0,643	0,720	0,992
Castanheira	0	3	6	70,029	0,878	0,616	191,417	0,750	0,791	0,650	0,730	0,919
Bataguassu	2	3	5	67,693	0,845	0,810	215,058	0,712	0,834	0,669	0,738	1,063
Bela Vista	2	3	5	69,758	0,873	0,785	223,186	0,746	0,843	0,675	0,755	1,030
Aparecida do Taboado	2	3	7	72,692	0,850	0,755	224,049	0,795	0,818	0,676	0,763	1,028
Corumbá	3	3	7	71,350	0,910	0,766	226,182	0,773	0,862	0,678	0,771	1,007
Pontes e Lacerda	1	3	7	70,708	0,846	0,755	232,203	0,762	0,815	0,682	0,753	1,060
Laguna Carapã	0	3	5	71,003	0,825	0,762	235,335	0,767	0,804	0,684	0,752	1,057
Porto dos Gaúchos	0	3	7	69,698	0,866	0,758	245,828	0,745	0,830	0,692	0,756	1,140
Nova Maringá	0	3	6	70,713	0,822	0,640	253,966	0,762	0,761	0,697	0,740	0,924
Brasnorte	0	3	6	71,698	0,844	0,687	260,404	0,778	0,792	0,701	0,757	1,140
São José do Rio Claro	0	3	6	70,713	0,829	0,730	263,663	0,762	0,796	0,703	0,754	1,041

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Tabaporã	0	3	7	68,697	0,860	0,575	271,109	0,728	0,765	0,708	0,734	1,144
Nova Ubiratã	0	3	8	74,371	0,879	0,626	290,330	0,823	0,794	0,719	0,779	1,088
Diamantino	1	3	6	71,121	0,888	0,852	291,129	0,769	0,876	0,720	0,788	0,986
Jardim	2	3	5	68,913	0,887	0,825	292,023	0,732	0,866	0,720	0,773	1,024
Juara	0	3	6	70,274	0,858	0,717	295,759	0,755	0,811	0,722	0,763	1,068
Tapurah	0	3	7	71,280	0,910	0,717	315,604	0,771	0,846	0,733	0,783	1,062
Tangará da Serra	1	3	7	69,158	0,876	0,846	323,837	0,736	0,866	0,738	0,780	1,060
Primavera do Leste	0	3	6	71,496	0,935	0,769	374,569	0,775	0,879	0,762	0,805	1,170
Lucas do Rio Verde	0	3	6	73,273	0,934	0,777	384,027	0,805	0,882	0,766	0,817	1,129
Nova Mutum	0	3	8	71,030	0,940	0,718	395,343	0,767	0,866	0,771	0,801	1,062
Cláudia	0	3	6	73,121	0,890	0,764	439,760	0,802	0,848	0,789	0,813	1,129
Campo Novo do Parecis	0	3	7	69,698	0,913	0,773	514,427	0,745	0,866	0,815	0,809	1,170
Novo Horizonte do Sul	1	4	5	69,650	0,811	0,803	123,738	0,744	0,808	0,577	0,710	0,922
Acorizal	1	4	7	69,666	0,740	0,809	124,330	0,744	0,763	0,578	0,695	1,062
Poconé	0	4	7	63,936	0,780	0,841	132,385	0,649	0,800	0,588	0,679	1,007

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Rosário Oeste	1	4	8	69,666	0,779	0,833	144,640	0,744	0,797	0,603	0,715	0,941
General Carneiro	1	4	8	66,642	0,798	0,767	145,695	0,694	0,788	0,604	0,695	1,035
Nova Brasilândia	1	4	6	70,968	0,740	0,783	149,548	0,766	0,754	0,609	0,710	0,934
Juti	0	4	5	71,003	0,763	0,727	152,025	0,767	0,751	0,611	0,710	1,006
Anastácio	3	4	6	68,071	0,850	0,790	165,713	0,718	0,830	0,626	0,724	1,030
Bodoquena	2	4	5	65,396	0,827	0,811	167,482	0,673	0,822	0,628	0,707	0,961
Caarapó	2	4	5	68,137	0,813	0,766	169,177	0,719	0,798	0,629	0,715	0,968
Dom Aquino	1	4	6	67,634	0,820	0,828	172,832	0,711	0,822	0,633	0,722	0,989
Planalto da Serra	0	4	7	70,968	0,822	0,793	175,267	0,766	0,812	0,635	0,738	0,985
Porto Esperidião	2	4	7	65,174	0,817	0,705	176,493	0,670	0,780	0,636	0,695	0,919
Poxoréo	2	4	8	71,533	0,805	0,825	181,235	0,776	0,812	0,641	0,743	0,937
Itaporã	4	4	5	65,654	0,842	0,743	188,727	0,678	0,809	0,647	0,711	0,992
Chapada dos Guimarães	0	4	7	66,843	0,800	0,762	189,265	0,697	0,787	0,648	0,711	1,034
Tesouro	0	4	8	71,422	0,842	0,880	191,713	0,774	0,854	0,650	0,759	0,924
Vila Bela da Santíssima Trindade	0	4	7	67,939	0,826	0,670	195,797	0,716	0,774	0,654	0,714	1,041

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Nova Olímpia	0	4	7	69,158	0,822	0,858	198,170	0,736	0,834	0,656	0,742	0,980
Ivinhema	2	4	5	68,183	0,854	0,798	199,193	0,720	0,836	0,656	0,737	0,968
Guiratinga	2	4	8	70,999	0,836	0,882	210,791	0,767	0,851	0,666	0,761	0,943
Aparecida do Rio Doce	1	4	7	71,550	0,824	0,795	218,703	0,776	0,815	0,672	0,754	1,079
Cáceres	4	4	7	66,353	0,841	0,871	218,718	0,689	0,851	0,672	0,737	1,007
Ladário	2	4	5	71,301	0,916	0,812	219,667	0,772	0,881	0,673	0,775	1,012
Bonito	2	4	5	72,259	0,875	0,740	231,923	0,788	0,830	0,682	0,767	1,064
Rio Brilhante	4	4	6	68,137	0,866	0,788	233,838	0,719	0,840	0,683	0,747	1,063
Guia Lopes da Laguna	1	4	5	71,073	0,824	0,782	240,000	0,768	0,810	0,688	0,755	1,030
Maracaju	2	4	6	72,527	0,886	0,805	246,651	0,792	0,859	0,692	0,781	1,030
Cachoeira Alta	2	4	7	67,161	0,826	0,786	251,537	0,703	0,813	0,695	0,737	0,957
Vera	0	4	6	73,121	0,883	0,685	254,609	0,802	0,817	0,697	0,772	1,041
Nova Andradina	1	4	6	73,045	0,880	0,819	256,342	0,801	0,859	0,699	0,786	1,051
Brasilândia	5	4	6	69,218	0,851	0,789	266,355	0,737	0,830	0,705	0,757	1,008
Caçu	3	4	7	71,958	0,852	0,865	276,404	0,783	0,856	0,711	0,783	0,957

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Três Lagoas	2	4	7	70,799	0,894	0,819	290,050	0,763	0,869	0,719	0,784	1,030
Jataí	2	4	7	71,550	0,887	0,848	304,950	0,776	0,874	0,728	0,793	1,084
Dourados	4	4	6	70,491	0,910	0,813	308,068	0,758	0,878	0,729	0,788	1,046
Rio Verde	5	4	8	73,162	0,884	0,846	339,813	0,803	0,871	0,746	0,807	1,044
Campo Verde	0	4	6	72,154	0,907	0,788	342,010	0,786	0,868	0,747	0,800	1,129
Sapezal	0	4	6	73,414	0,905	0,704	377,713	0,807	0,838	0,763	0,803	1,170
Sorriso	0	4	7	73,273	0,925	0,756	461,371	0,805	0,869	0,797	0,823	1,170
Campos de Júlio	0	4	7	73,227	0,950	0,647	777,449	0,804	0,849	0,884	0,845	1,129
Porto Estrela	0	5	7	66,293	0,712	0,709	112,743	0,688	0,711	0,561	0,654	0,924
Jangada	1	5	7	67,634	0,729	0,798	122,983	0,711	0,752	0,576	0,680	1,062
Dois Irmãos do Buriti	1	5	6	65,050	0,812	0,786	132,222	0,668	0,803	0,588	0,686	1,007
Campinaçu	0	5	7	73,214	0,782	0,848	135,599	0,804	0,804	0,592	0,733	0,958
Araguainha	0	5	7	70,346	0,813	0,898	139,644	0,756	0,841	0,597	0,731	0,985
Nioaque	3	5	5	69,758	0,824	0,749	142,825	0,746	0,799	0,601	0,715	1,063
Campinápolis	0	5	8	63,320	0,790	0,745	145,536	0,639	0,775	0,604	0,673	1,013
Lambari D'Oeste	0	5	7	65,553	0,791	0,770	156,339	0,676	0,784	0,616	0,692	0,919

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Angélica	1	5	6	69,464	0,828	0,825	160,175	0,741	0,827	0,620	0,729	0,961
Salto do Céu	0	5	7	68,116	0,780	0,732	163,881	0,719	0,764	0,624	0,702	0,919
Santo Antônio do Leverger	1	5	7	69,864	0,802	0,726	164,461	0,748	0,777	0,624	0,716	0,986
Campinorte	1	5	8	73,341	0,820	0,812	167,988	0,806	0,817	0,628	0,750	1,026
São José dos Quatro Marcos	0	5	7	69,690	0,846	0,806	168,053	0,745	0,832	0,628	0,735	0,986
Formoso	2	5	8	68,917	0,830	0,885	169,832	0,732	0,848	0,630	0,737	0,961
Corguinho	1	5	7	67,587	0,853	0,782	170,119	0,710	0,829	0,630	0,723	0,922
São Pedro da Cipa	1	5	6	67,634	0,782	0,865	170,813	0,711	0,809	0,631	0,717	1,035
Deodápolis	1	5	6	71,020	0,813	0,812	178,558	0,767	0,813	0,638	0,739	0,948
Terenos	2	5	6	68,235	0,865	0,756	183,076	0,721	0,829	0,642	0,730	1,030
Barra do Bugres	0	5	7	66,293	0,819	0,804	184,567	0,688	0,814	0,644	0,715	1,060
Minaçu	2	5	8	70,194	0,853	0,841	187,431	0,753	0,849	0,646	0,750	1,025
Douradina	1	5	6	65,494	0,837	0,779	187,937	0,675	0,818	0,647	0,713	0,989
Ponte Branca	0	5	7	70,346	0,809	0,811	190,173	0,756	0,810	0,649	0,738	1,034
Selvíria	2	5	7	69,218	0,828	0,807	190,491	0,737	0,821	0,649	0,736	1,033

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Juscimeira	1	5	8	67,062	0,781	0,848	191,113	0,701	0,803	0,650	0,718	1,013
Vicentina	1	5	5	68,137	0,795	0,841	193,383	0,719	0,810	0,652	0,727	0,923
Ribas do Rio Pardo	2	5	7	70,665	0,849	0,640	204,212	0,761	0,780	0,661	0,734	1,028
Glória de Dourados	2	5	5	69,464	0,832	0,831	205,092	0,741	0,832	0,661	0,745	0,961
Torixoréu	0	5	8	70,346	0,862	0,947	208,312	0,756	0,890	0,664	0,770	0,989
Rio Verde de Mato Grosso	3	5	7	71,349	0,859	0,736	211,072	0,772	0,818	0,666	0,752	1,063
Itajá	3	5	7	69,694	0,826	0,823	216,734	0,745	0,825	0,671	0,747	1,018
Fátima do Sul	4	5	5	68,137	0,844	0,903	217,512	0,719	0,863	0,671	0,751	0,968
Cristalina	5	5	8	71,962	0,862	0,750	221,351	0,783	0,825	0,674	0,760	1,084
Mirassol d'Oeste	1	5	7	68,167	0,842	0,790	221,578	0,719	0,825	0,674	0,739	1,007
Sidrolândia	3	5	6	70,245	0,886	0,763	226,096	0,754	0,845	0,678	0,759	1,063
Nova Alvorada do Sul	1	5	6	68,403	0,864	0,750	235,891	0,723	0,826	0,685	0,745	0,923
Glória D'Oeste	1	5	7	68,403	0,825	0,701	238,172	0,723	0,784	0,686	0,731	0,924
Serranópolis	3	5	7	69,012	0,827	0,755	241,271	0,734	0,803	0,688	0,742	0,957
Cassilândia	2	5	7	71,872	0,860	0,850	241,579	0,781	0,856	0,689	0,775	1,030

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Aquidauana	4	5	7	68,217	0,868	0,846	244,079	0,720	0,861	0,690	0,757	1,007
Miranda	3	5	6	65,050	0,834	0,764	248,187	0,668	0,811	0,693	0,724	1,007
Água Clara	1	5	7	71,273	0,867	0,694	250,685	0,771	0,809	0,695	0,758	1,097
Jaciara	2	5	6	72,401	0,873	0,880	257,560	0,790	0,875	0,699	0,788	1,060
Itarumã	2	5	7	67,168	0,836	0,720	265,600	0,703	0,797	0,704	0,735	1,010
Inocência	2	5	7	72,692	0,835	0,768	272,086	0,795	0,813	0,709	0,772	1,097
Aporé	2	5	7	69,012	0,837	0,766	273,284	0,734	0,813	0,709	0,752	1,008
Paranaíba	4	5	7	70,151	0,847	0,849	286,924	0,753	0,847	0,717	0,772	1,007
Barra do Garças	3	5	8	69,270	0,911	0,925	290,363	0,738	0,915	0,719	0,791	1,007
Alto Garças	3	5	7	72,489	0,875	0,817	325,448	0,791	0,855	0,738	0,795	0,919
Santa Carmem	0	5	6	73,121	0,881	0,671	342,905	0,802	0,811	0,747	0,787	1,144
Campo Grande	3	5	6	70,430	0,940	0,864	394,708	0,757	0,915	0,771	0,814	1,016
Amaralina	1	6	8	63,332	0,770	0,810	109,692	0,639	0,783	0,557	0,660	0,951
Barão de Melgaço	2	6	7	65,629	0,775	0,767	116,299	0,677	0,772	0,567	0,672	0,919
Nossa Senhora do Livramento	1	6	7	69,177	0,659	0,650	120,513	0,736	0,656	0,573	0,655	1,015

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Mara Rosa	3	6	8	67,630	0,802	0,839	154,262	0,710	0,815	0,614	0,713	0,951
Davinópolis	4	6	7	68,718	0,810	0,896	169,566	0,729	0,839	0,630	0,732	0,996
Rio Negro	2	6	7	68,637	0,806	0,822	170,331	0,727	0,811	0,630	0,723	0,923
Jaraguari	2	6	7	69,209	0,868	0,755	174,676	0,737	0,830	0,635	0,734	1,006
Doverlândia	1	6	8	67,243	0,799	0,771	175,619	0,704	0,789	0,635	0,710	0,957
Rochedo	3	6	7	67,587	0,862	0,808	177,955	0,710	0,844	0,638	0,730	1,034
Nova Iguaçu de Goiás	4	6	8	67,630	0,825	0,797	182,954	0,710	0,816	0,642	0,723	0,947
Caiapônia	2	6	8	71,333	0,804	0,749	187,643	0,772	0,786	0,646	0,735	1,007
Bandeirantes	2	6	7	69,209	0,839	0,765	190,662	0,737	0,814	0,649	0,733	1,006
Uruaçu	5	6	8	67,710	0,839	0,874	192,721	0,712	0,850	0,651	0,738	0,995
Cumari	4	6	8	68,718	0,863	0,919	198,988	0,729	0,882	0,656	0,755	1,025
Santa Rita do Araguaia	1	6	7	70,558	0,841	0,853	208,767	0,759	0,845	0,664	0,756	1,062
Ribeirãozinho	0	6	8	66,642	0,829	0,832	209,675	0,694	0,830	0,665	0,730	1,034
Luziânia	5	6	8	70,098	0,880	0,791	209,950	0,752	0,850	0,665	0,756	1,105
Perolândia	0	6	7	67,243	0,835	0,786	211,070	0,704	0,819	0,666	0,730	1,079

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Ipameri	3	6	8	68,718	0,884	0,861	214,698	0,729	0,876	0,669	0,758	1,025
Corumbaíba	5	6	8	70,588	0,898	0,815	217,240	0,760	0,870	0,671	0,767	1,026
Cocalinho	0	6	8	69,908	0,802	0,682	218,286	0,748	0,762	0,672	0,727	1,009
Camapuã	2	6	7	70,133	0,876	0,819	220,075	0,752	0,857	0,673	0,761	1,028
São Miguel do Araguaia	0	6	8	68,331	0,810	0,817	222,200	0,722	0,813	0,675	0,737	1,025
Goandira	3	6	8	68,718	0,885	0,895	224,941	0,729	0,888	0,677	0,765	0,958
Nova Lacerda	1	6	7	68,167	0,789	0,699	228,714	0,719	0,759	0,680	0,719	1,041
Alto Araguaia	1	6	7	73,809	0,861	0,860	233,345	0,813	0,861	0,683	0,786	1,013
Itiquira	2	6	7	72,359	0,889	0,701	236,883	0,789	0,826	0,685	0,767	0,988
Nova Aurora	2	6	8	73,218	0,846	0,903	236,886	0,804	0,865	0,685	0,785	0,977
Portelândia	1	6	7	74,390	0,844	0,808	237,931	0,823	0,832	0,686	0,780	1,009
Orizona	5	6	7	70,695	0,883	0,788	245,554	0,762	0,851	0,691	0,768	1,025
Várzea Grande	2	6	7	71,403	0,910	0,889	247,121	0,773	0,903	0,692	0,790	0,995
Mineiros	3	6	7	72,104	0,866	0,779	289,857	0,785	0,837	0,719	0,780	1,025
Rondonópolis	1	6	8	70,669	0,894	0,883	294,333	0,761	0,890	0,722	0,791	1,054

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Porangatu	4	6	8	65,883	0,853	0,929	295,854	0,681	0,878	0,722	0,761	1,007
Catalão	5	6	8	74,133	0,912	0,900	303,489	0,819	0,908	0,727	0,818	1,025
Canarana	0	6	8	69,310	0,847	0,746	308,691	0,738	0,814	0,730	0,761	0,995
Sinop	0	6	7	73,121	0,915	0,791	340,378	0,802	0,874	0,746	0,807	1,170
São Gabriel do Oeste	0	6	7	71,470	0,914	0,772	425,187	0,774	0,867	0,783	0,808	1,063
Cuiabá	2	6	7	69,060	0,939	0,934	442,099	0,734	0,938	0,790	0,821	1,029
Chapadão do Sul	1	6	7	72,930	0,933	0,790	451,524	0,799	0,885	0,793	0,826	1,097
Brasília	5	6	8	70,370	0,943	0,920	605,406	0,756	0,935	0,842	0,845	1,049
Monte Alegre de Goiás	4	7	8	62,279	0,721	0,746	91,353	0,621	0,729	0,526	0,626	0,957
Cavalcante	3	7	8	66,779	0,583	0,643	91,495	0,696	0,603	0,527	0,609	1,061
Sítio d'Abadia	3	7	8	64,805	0,702	0,782	96,552	0,663	0,729	0,536	0,643	1,025
Nova Roma	5	7	8	66,779	0,793	0,789	103,788	0,696	0,792	0,548	0,679	0,958
São Domingos	4	7	8	63,176	0,706	0,704	106,031	0,636	0,705	0,551	0,631	0,918
Colinas do Sul	0	7	8	63,359	0,802	0,779	125,675	0,639	0,794	0,580	0,671	1,009
Pilar de Goiás	5	7	8	65,757	0,850	0,809	130,363	0,679	0,836	0,586	0,700	0,958

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Reserva do Cabaçal	0	7	7	64,399	0,789	0,802	134,151	0,657	0,793	0,590	0,680	0,924
Baliza	2	7	8	70,658	0,771	0,828	136,509	0,761	0,790	0,593	0,715	0,996
Jauru	0	7	7	64,399	0,793	0,776	138,936	0,657	0,787	0,596	0,680	0,943
Trombas	0	7	8	72,039	0,813	0,914	140,480	0,784	0,847	0,598	0,743	0,958
Guarinos	3	7	8	65,757	0,808	0,778	145,726	0,679	0,798	0,604	0,694	0,946
Goianápolis	3	7	8	65,510	0,823	0,709	147,649	0,675	0,785	0,606	0,689	1,061
Campos Belos	7	7	8	67,988	0,796	0,807	147,725	0,716	0,800	0,607	0,708	1,025
Bonópolis	0	7	8	63,440	0,795	0,816	148,430	0,641	0,802	0,607	0,683	1,007
Novo Planalto	1	7	8	67,699	0,802	0,872	149,179	0,712	0,825	0,608	0,715	0,958
Cabeceiras	4	7	8	65,649	0,821	0,758	149,264	0,677	0,800	0,608	0,695	0,957
Águas Lindas de Goiás	0	7	8	68,583	0,872	0,700	150,347	0,726	0,815	0,610	0,717	1,243
Rio Branco	0	7	7	65,553	0,781	0,830	161,673	0,676	0,797	0,622	0,698	0,989
Indiavaí	0	7	7	67,151	0,818	0,808	164,233	0,703	0,814	0,624	0,714	0,924
Mutunópolis	4	7	8	69,857	0,782	0,812	165,784	0,748	0,792	0,626	0,722	1,028
Ribeirão Cascalheira	0	7	8	63,802	0,840	0,741	166,439	0,647	0,807	0,626	0,693	1,009

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Abadiânia	4	7	8	69,590	0,825	0,742	168,306	0,743	0,797	0,628	0,723	1,026
Santo Antônio da Barra	1	7	8	75,665	0,743	0,810	168,513	0,844	0,766	0,629	0,746	1,062
Alexânia	3	7	8	64,831	0,823	0,741	168,607	0,664	0,796	0,629	0,696	1,084
Estrela do Norte	5	7	8	72,039	0,786	0,902	169,330	0,784	0,824	0,629	0,746	1,008
Alto Boa Vista	0	7	8	66,287	0,836	0,741	172,000	0,688	0,804	0,632	0,708	1,144
Itapaci	4	7	8	66,413	0,836	0,879	173,381	0,690	0,850	0,633	0,725	1,025
Bom Jardim de Goiás	3	7	8	69,761	0,831	0,821	177,577	0,746	0,827	0,637	0,737	1,010
Pedro Gomes	2	7	7	70,111	0,782	0,765	179,599	0,752	0,777	0,639	0,723	0,992
Turvelândia	1	7	8	64,086	0,766	0,759	181,339	0,651	0,764	0,641	0,685	1,079
Panamá	3	7	8	69,314	0,802	0,855	182,558	0,739	0,820	0,642	0,733	1,025
Maurilândia	2	7	7	69,012	0,791	0,818	184,775	0,734	0,800	0,644	0,726	1,061
Santa Tereza de Goiás	2	7	8	66,173	0,831	0,891	189,885	0,686	0,851	0,648	0,729	1,009
Anhanguera	1	7	7	73,218	0,902	0,983	190,669	0,804	0,929	0,649	0,794	0,994
Piranhas	5	7	8	67,390	0,829	0,905	190,724	0,706	0,855	0,649	0,737	1,054
Gouvelândia	1	7	8	69,694	0,823	0,808	191,453	0,745	0,818	0,650	0,738	0,958

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Alcinópolis	0	7	7	69,459	0,856	0,818	192,470	0,741	0,844	0,651	0,745	0,922
Leopoldo de Bulhões	3	7	8	66,319	0,841	0,727	194,274	0,689	0,803	0,652	0,715	1,026
Pedra Preta	2	7	8	69,688	0,822	0,774	196,185	0,745	0,806	0,654	0,735	0,996
Figueirópolis D'Oeste	0	7	7	64,334	0,812	0,788	197,532	0,656	0,804	0,655	0,705	0,924
Aragoiânia	3	7	8	72,516	0,838	0,809	199,016	0,792	0,828	0,656	0,759	1,061
Bela Vista de Goiás	5	7	8	69,460	0,865	0,771	199,217	0,741	0,833	0,656	0,744	1,084
Três Ranchos	4	7	7	73,218	0,891	0,923	199,589	0,804	0,902	0,657	0,787	1,079
Aparecida de Goiânia	4	7	8	70,160	0,913	0,815	201,683	0,753	0,880	0,659	0,764	1,129
Alto Paraíso de Goiás	2	7	8	67,988	0,848	0,818	203,050	0,716	0,838	0,660	0,738	1,062
Professor Jamil	3	7	8	67,479	0,817	0,883	203,689	0,708	0,839	0,660	0,736	1,079
Inaciolândia	3	7	8	67,980	0,755	0,808	206,341	0,716	0,773	0,662	0,717	1,009
Edealina	3	7	8	73,975	0,818	0,836	206,820	0,816	0,824	0,663	0,768	0,958
Niquelândia	5	7	8	68,044	0,823	0,864	209,602	0,717	0,836	0,665	0,740	0,951
Castelândia	1	7	7	70,558	0,775	0,767	209,710	0,759	0,772	0,665	0,732	1,062
Hidrolândia	4	7	8	68,430	0,856	0,740	210,992	0,724	0,817	0,666	0,736	0,986
Ouvidor	4	7	8	71,929	0,892	0,933	211,205	0,782	0,906	0,666	0,785	1,027

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Urutaí	3	7	8	68,772	0,872	0,890	218,238	0,730	0,878	0,672	0,760	1,009
Caldazinha	3	7	8	68,638	0,867	0,750	219,014	0,727	0,828	0,672	0,742	1,079
Palmelo	3	7	8	75,738	0,839	0,846	220,178	0,846	0,841	0,673	0,787	1,009
Santa Helena de Goiás	4	7	8	68,551	0,822	0,878	220,851	0,726	0,840	0,674	0,747	0,995
Hidrolina	5	7	8	66,413	0,846	0,848	220,925	0,690	0,847	0,674	0,737	0,958
Cachoeira Dourada	2	7	8	72,057	0,805	0,844	223,839	0,784	0,818	0,676	0,759	0,995
Cromínia	4	7	8	71,342	0,842	0,885	227,810	0,772	0,856	0,679	0,769	1,027
Buriti Alegre	5	7	8	69,950	0,839	0,856	229,417	0,749	0,845	0,680	0,758	1,009
São Miguel do Passa Quatro	3	7	8	70,695	0,888	0,798	230,391	0,762	0,858	0,681	0,767	1,025
Formosa	4	7	8	68,814	0,866	0,789	230,866	0,730	0,840	0,681	0,750	1,084
Água Limpa	4	7	8	66,747	0,853	0,816	231,213	0,696	0,841	0,681	0,739	1,026
São Simão	3	7	7	67,161	0,835	0,959	233,652	0,703	0,876	0,683	0,754	1,061
Silvânia	5	7	8	72,835	0,867	0,786	235,352	0,797	0,840	0,684	0,774	1,025
Mairipotaba	4	7	8	70,705	0,838	0,833	236,071	0,762	0,836	0,685	0,761	0,994
Bom Jesus de Goiás	3	7	8	72,473	0,825	0,857	240,910	0,791	0,836	0,688	0,772	1,025

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Paranaiguara	2	7	7	69,694	0,823	0,810	241,722	0,745	0,819	0,689	0,751	1,061
Quirinópolis	5	7	8	71,997	0,856	0,885	243,296	0,783	0,866	0,690	0,780	1,007
Araputanga	1	7	7	68,167	0,846	0,860	249,034	0,719	0,850	0,694	0,755	1,041
Acreúna	4	7	8	70,088	0,814	0,907	249,956	0,751	0,845	0,694	0,763	1,025
Piracanjuba	6	7	8	68,582	0,865	0,799	250,503	0,726	0,843	0,695	0,755	1,007
Cristianópolis	3	7	8	68,772	0,903	0,851	252,910	0,730	0,886	0,696	0,771	1,079
Porteirão	1	7	7	67,479	0,778	0,739	256,732	0,708	0,765	0,699	0,724	1,007
Vicentinópolis	2	7	7	72,890	0,824	0,810	259,839	0,798	0,819	0,701	0,773	1,062
Santa Cruz de Goiás	3	7	8	73,382	0,863	0,785	261,523	0,806	0,837	0,702	0,782	0,946
Sonora	0	7	7	72,879	0,837	0,737	264,304	0,798	0,804	0,704	0,768	1,097
Edéia	4	7	8	69,475	0,850	0,790	266,671	0,741	0,830	0,705	0,759	1,061
Valparaíso de Goiás	0	7	8	71,008	0,926	0,854	284,097	0,767	0,902	0,716	0,795	1,105
Itumbiara	4	7	8	69,915	0,878	0,875	289,318	0,749	0,877	0,719	0,782	1,025
Anápolis	6	7	8	70,240	0,912	0,844	293,890	0,754	0,889	0,721	0,788	1,040
Campo Alegre de Goiás	2	7	8	73,218	0,883	0,874	294,208	0,804	0,880	0,722	0,802	1,009

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Coxim	3	7	7	71,200	0,850	0,832	299,931	0,770	0,844	0,725	0,780	1,030
Pires do Rio	5	7	8	68,772	0,900	0,882	311,433	0,730	0,894	0,731	0,785	1,084
Joviânia	4	7	8	70,705	0,858	0,860	325,604	0,762	0,859	0,738	0,786	1,009
Goiatuba	5	7	8	73,746	0,876	0,878	339,931	0,812	0,877	0,746	0,812	1,007
Costa Rica	3	7	7	71,872	0,866	0,857	346,150	0,781	0,863	0,749	0,798	1,028
Morrinhos	6	7	8	73,441	0,878	0,827	348,563	0,807	0,861	0,750	0,806	1,024
Caldas Novas	5	7	8	69,915	0,917	0,879	351,821	0,749	0,905	0,751	0,802	1,084
Vianópolis	4	7	7	70,695	0,862	0,783	355,471	0,762	0,836	0,753	0,784	1,026
Chapadão do Céu	0	7	7	74,816	0,947	0,830	381,029	0,830	0,908	0,765	0,834	1,078
Pontalina	5	7	8	73,269	0,847	0,844	381,289	0,804	0,846	0,765	0,805	1,025
Montividiu	0	7	8	71,550	0,856	0,806	383,357	0,776	0,839	0,766	0,794	1,061
Alto Taquari	0	7	7	72,489	0,887	0,761	409,132	0,791	0,845	0,777	0,804	1,034
<b>Buritinópolis</b>	3	8	8	61,099	0,673	0,811	72,580	0,602	0,719	0,488	0,603	1,078
<b>Damianópolis</b>	5	8	8	63,176	0,718	0,807	86,714	0,636	0,748	0,518	0,634	0,958
<b>Guarani de Goiás</b>	7	8	8	64,346	0,692	0,763	89,658	0,656	0,716	0,523	0,632	0,958
<b>Mambaí</b>	5	8	8	65,654	0,711	0,763	95,947	0,678	0,728	0,535	0,647	1,062

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
<b>Divinópolis de Goiás</b>	3	8	8	68,968	0,708	0,821	103,447	0,733	0,745	0,547	0,675	0,996
<b>Montividiu do Norte</b>	0	8	8	61,369	0,786	0,890	104,478	0,606	0,821	0,549	0,659	1,025
<b>Vila Propício</b>	4	8	8	69,953	0,719	0,715	109,248	0,749	0,718	0,556	0,674	0,995
<b>Flores de Goiás</b>	3	8	8	61,099	0,756	0,782	111,656	0,602	0,764	0,560	0,642	1,027
<b>Simolândia</b>	4	8	8	65,654	0,719	0,761	112,472	0,678	0,733	0,561	0,657	1,026
<b>Mimoso de Goiás</b>	0	8	8	67,533	0,725	0,697	117,295	0,709	0,716	0,568	0,664	0,946
<b>Iaciara</b>	3	8	8	70,368	0,767	0,820	119,392	0,756	0,785	0,571	0,704	1,009
<b>Teresina de Goiás</b>	1	8	8	67,988	0,694	0,793	119,932	0,716	0,727	0,572	0,672	1,078
<b>Uirapuru</b>	1	8	8	62,279	0,768	0,825	125,046	0,621	0,787	0,579	0,662	1,009
<b>Vila Boa</b>	1	8	8	67,151	0,738	0,739	127,437	0,703	0,738	0,582	0,674	0,946
<b>Guaraíta</b>	2	8	8	65,757	0,807	0,869	129,672	0,679	0,828	0,585	0,697	1,025
<b>Cocalzinho de Goiás</b>	1	8	8	69,093	0,799	0,741	138,400	0,735	0,780	0,596	0,703	1,061
<b>Santa Rita do Novo Destino</b>	2	8	8	65,773	0,763	0,801	139,489	0,680	0,775	0,597	0,684	1,021
<b>Santo Antônio do Descoberto</b>	0	8	8	67,953	0,843	0,746	141,711	0,716	0,810	0,600	0,709	1,243
Campos Verdes	1	8	8	63,332	0,792	0,940	143,043	0,639	0,841	0,601	0,694	0,957

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Água Fria de Goiás	3	8	8	68,349	0,779	0,731	143,080	0,722	0,763	0,601	0,695	0,958
Barro Alto	5	8	8	68,542	0,765	0,859	143,905	0,726	0,796	0,602	0,708	0,918
São José do Povo	1	8	8	67,634	0,756	0,829	146,089	0,711	0,781	0,605	0,699	1,034
Nova América	5	8	8	68,024	0,806	0,859	147,169	0,717	0,823	0,606	0,715	1,025
Nova Glória	2	8	8	68,542	0,812	0,899	147,257	0,726	0,841	0,606	0,724	1,026
Itapirapuã	4	8	8	67,287	0,804	0,808	150,698	0,705	0,805	0,610	0,707	1,009
Alvorada do Norte	3	8	8	64,805	0,776	0,824	150,832	0,663	0,792	0,610	0,688	1,009
Posse	5	8	8	68,731	0,765	0,846	153,087	0,729	0,792	0,613	0,711	1,025
Brazabrantes	2	8	8	72,817	0,842	0,818	156,910	0,797	0,834	0,617	0,749	1,079
Santa Fé de Goiás	3	8	8	68,065	0,818	0,782	157,142	0,718	0,806	0,617	0,713	0,996
Santa Isabel	4	8	8	68,066	0,808	0,861	157,424	0,718	0,826	0,617	0,720	0,958
Campestre de Goiás	2	8	8	68,454	0,790	0,825	157,680	0,724	0,802	0,617	0,715	1,025
Araçu	3	8	8	71,458	0,791	0,843	157,901	0,774	0,808	0,618	0,733	0,996
São Luíz do Norte	0	8	8	68,444	0,783	0,800	158,003	0,724	0,789	0,618	0,710	0,958
Senador Canedo	1	8	8	67,578	0,889	0,803	158,249	0,710	0,860	0,618	0,729	1,084
Buriti de Goiás	2	8	8	68,607	0,851	0,846	158,364	0,727	0,849	0,618	0,731	1,078

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Santa Terezinha de Goiás	4	8	8	67,630	0,809	0,884	158,745	0,710	0,834	0,619	0,721	0,951
Planaltina	6	8	8	68,753	0,843	0,772	159,141	0,729	0,820	0,619	0,723	1,084
Diorama	3	8	8	69,761	0,815	0,869	159,211	0,746	0,833	0,619	0,733	1,008
Morro Agudo de Goiás	3	8	8	66,413	0,840	0,842	159,979	0,690	0,841	0,620	0,717	0,946
Faina	2	8	8	67,287	0,770	0,809	160,233	0,705	0,783	0,620	0,703	0,958
São Patrício	3	8	8	69,393	0,820	0,826	160,584	0,740	0,822	0,621	0,728	0,958
Matrinchã	2	8	8	67,287	0,798	0,813	161,148	0,705	0,803	0,621	0,710	1,062
Córrego do Ouro	4	8	8	67,778	0,837	0,854	162,962	0,713	0,843	0,623	0,726	0,946
Padre Bernardo	3	8	8	66,765	0,804	0,777	163,146	0,696	0,795	0,623	0,705	1,007
Terezópolis de Goiás	0	8	8	67,578	0,808	0,747	163,745	0,710	0,788	0,624	0,707	1,062
Itaçu	3	8	8	70,739	0,833	0,850	163,819	0,762	0,839	0,624	0,742	0,957
Adelândia	2	8	8	68,607	0,792	0,797	164,756	0,727	0,794	0,625	0,715	1,079
Santa Rosa de Goiás	1	8	8	67,889	0,805	0,800	165,587	0,715	0,804	0,626	0,715	0,958
Fazenda Nova	5	8	8	71,287	0,821	0,877	166,946	0,771	0,839	0,627	0,746	1,026
Caturai	3	8	8	70,080	0,812	0,793	167,392	0,751	0,806	0,627	0,728	0,996

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Israelândia	4	8	8	68,793	0,828	0,844	167,735	0,730	0,833	0,628	0,730	1,008
Ivolândia	3	8	8	68,793	0,796	0,825	168,405	0,730	0,805	0,628	0,721	1,009
Jaupaci	3	8	8	65,040	0,823	0,855	169,359	0,667	0,834	0,629	0,710	0,946
Arenópolis	1	8	8	71,306	0,796	0,856	169,508	0,772	0,816	0,630	0,739	0,958
Nova Veneza	3	8	8	68,352	0,849	0,828	169,981	0,723	0,842	0,630	0,731	1,062
São Francisco de Goiás	3	8	8	70,168	0,803	0,782	169,986	0,753	0,796	0,630	0,726	0,996
Crixás	6	8	8	66,172	0,821	0,864	170,428	0,686	0,835	0,630	0,717	0,951
Jesúpolis	2	8	8	67,586	0,805	0,856	171,638	0,710	0,822	0,632	0,721	0,994
Cachoeira de Goiás	2	8	8	65,040	0,800	0,842	171,805	0,667	0,814	0,632	0,704	0,947
Sanclerlândia	4	8	8	69,140	0,835	0,834	172,190	0,736	0,835	0,632	0,734	1,026
Damolândia	2	8	8	70,314	0,831	0,825	172,288	0,755	0,829	0,632	0,739	1,009
Santa Bárbara de Goiás	3	8	8	69,167	0,835	0,819	172,848	0,736	0,829	0,633	0,733	1,062
Carmo do Rio Verde	7	8	8	68,954	0,825	0,802	174,268	0,733	0,817	0,634	0,728	0,957
Aurilândia	3	8	8	68,607	0,825	0,852	175,301	0,727	0,834	0,635	0,732	1,028
Corumbá de Goiás	5	8	8	68,771	0,794	0,759	175,441	0,730	0,782	0,635	0,716	0,957

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Varjão	3	8	8	69,475	0,812	0,806	175,742	0,741	0,810	0,636	0,729	1,009
Moiporá	4	8	8	67,168	0,844	0,869	176,395	0,703	0,852	0,636	0,730	0,946
Ouro Verde de Goiás	4	8	8	66,591	0,843	0,798	177,283	0,693	0,828	0,637	0,719	1,027
Amorinópolis	2	8	8	68,793	0,814	0,855	177,852	0,730	0,828	0,638	0,732	0,958
Alto Horizonte	5	8	8	68,917	0,845	0,887	178,175	0,732	0,859	0,638	0,743	1,079
Palestina de Goiás	3	8	8	71,851	0,812	0,774	178,302	0,781	0,799	0,638	0,739	1,025
Britânia	1	8	8	68,065	0,812	0,814	178,564	0,718	0,813	0,638	0,723	1,062
Goianira	4	8	8	69,137	0,869	0,794	179,027	0,736	0,844	0,639	0,739	1,084
Pirenópolis	5	8	8	67,641	0,826	0,714	180,760	0,711	0,789	0,640	0,713	0,995
Cezarina	2	8	8	68,454	0,857	0,909	182,100	0,724	0,874	0,641	0,747	1,026
Guapó	4	8	8	68,217	0,852	0,768	182,433	0,720	0,824	0,642	0,729	1,026
Novo Brasil	3	8	8	65,040	0,820	0,846	182,687	0,667	0,828	0,642	0,713	0,958
Trindade	5	8	8	72,516	0,880	0,766	184,447	0,792	0,842	0,644	0,759	1,013
Palmeiras de Goiás	5	8	8	72,603	0,863	0,796	185,394	0,793	0,841	0,644	0,760	1,025
Araguaiana	2	8	8	69,270	0,841	0,805	185,901	0,738	0,829	0,645	0,737	1,015
Taquaral de Goiás	4	8	8	67,181	0,829	0,832	186,408	0,703	0,830	0,645	0,726	0,958

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Novo Gama	0	8	8	68,583	0,881	0,801	186,672	0,726	0,855	0,646	0,742	1,105
Aragarças	2	8	8	68,722	0,869	0,864	188,590	0,729	0,867	0,647	0,748	1,084
Nova Crixás	1	8	8	64,517	0,768	0,715	189,124	0,659	0,750	0,648	0,686	0,957
Jandaia	4	8	8	68,454	0,862	0,873	189,217	0,724	0,866	0,648	0,746	1,009
Firminópolis	3	8	8	68,607	0,843	0,890	189,288	0,727	0,859	0,648	0,744	0,996
Heitorai	4	8	8	69,923	0,841	0,819	189,659	0,749	0,834	0,648	0,744	0,994
Petrolina de Goiás	3	8	8	71,113	0,801	0,736	192,064	0,769	0,780	0,650	0,733	0,957
São João d'Aliança	3	8	8	67,988	0,817	0,730	193,130	0,716	0,788	0,651	0,719	1,061
Indiara	1	8	8	68,454	0,835	0,779	193,262	0,724	0,816	0,651	0,731	1,061
Aruanã	3	8	8	68,065	0,819	0,738	193,322	0,718	0,792	0,651	0,721	1,027
Mossâmedes	5	8	8	70,424	0,827	0,873	194,118	0,757	0,842	0,652	0,751	0,957
Montes Claros de Goiás	4	8	8	71,306	0,825	0,826	194,332	0,772	0,826	0,652	0,750	0,957
Jaraguá	6	8	8	68,633	0,851	0,709	194,481	0,727	0,803	0,652	0,728	1,025
Bonfinópolis	2	8	8	67,578	0,840	0,738	196,565	0,710	0,806	0,654	0,723	1,062
Goiás	5	8	8	67,287	0,838	0,866	197,544	0,705	0,847	0,655	0,736	1,007

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Itaguari	1	8	8	67,181	0,801	0,795	199,565	0,703	0,799	0,657	0,720	1,028
Uruana	6	8	8	71,645	0,851	0,811	201,567	0,777	0,838	0,658	0,758	1,025
Rubiataba	7	8	8	68,382	0,851	0,880	201,809	0,723	0,861	0,659	0,748	1,007
Nazário	4	8	8	72,238	0,855	0,835	202,017	0,787	0,848	0,659	0,765	1,026
Turvânia	4	8	8	68,160	0,841	0,809	202,136	0,719	0,830	0,659	0,736	1,009
Goianésia	5	8	8	68,344	0,847	0,851	202,499	0,722	0,848	0,659	0,743	1,025
Americano do Brasil	1	8	8	68,607	0,813	0,799	204,952	0,727	0,808	0,661	0,732	1,027
Abadia de Goiás	2	8	8	67,578	0,880	0,802	205,270	0,710	0,854	0,661	0,742	1,055
Jussara	6	8	8	68,065	0,833	0,843	211,525	0,718	0,836	0,666	0,740	0,995
Araguapaz	1	8	8	70,105	0,762	0,777	213,515	0,752	0,767	0,668	0,729	1,025
Santo Antônio de Goiás	1	8	8	70,160	0,855	0,763	215,349	0,753	0,824	0,669	0,749	1,079
Anicuns	4	8	8	64,006	0,841	0,837	217,933	0,650	0,840	0,671	0,720	0,995
Itapuranga	7	8	8	67,996	0,808	0,829	219,464	0,717	0,815	0,673	0,735	0,995
Palminópolis	3	8	8	69,475	0,867	0,798	220,410	0,741	0,844	0,673	0,753	0,958
Avelinópolis	2	8	8	69,140	0,807	0,786	220,542	0,736	0,800	0,673	0,736	1,026

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Pontal do Araguaia	0	8	8	73,121	0,888	0,894	221,052	0,802	0,890	0,674	0,789	1,034
Marzagão	3	8	8	73,427	0,843	0,878	222,072	0,807	0,855	0,675	0,779	1,079
Mundo Novo	1	8	8	70,221	0,843	0,877	222,303	0,754	0,855	0,675	0,761	0,949
Itaguaru	4	8	8	68,080	0,844	0,847	222,460	0,718	0,845	0,675	0,746	0,958
Aloândia	4	8	8	68,582	0,811	0,855	226,047	0,726	0,826	0,678	0,743	1,008
São João da Paraúna	2	8	8	73,539	0,855	0,837	227,277	0,809	0,849	0,678	0,779	1,025
Rianópolis	2	8	8	71,645	0,820	0,810	231,535	0,777	0,817	0,682	0,759	1,009
Iporá	5	8	8	71,849	0,860	0,909	232,029	0,781	0,876	0,682	0,780	1,025
Nerópolis	3	8	8	75,176	0,862	0,786	232,173	0,836	0,837	0,682	0,785	1,084
São Luís de Montes Belos	4	8	8	68,160	0,866	0,823	238,745	0,719	0,851	0,687	0,752	1,007
Nova Xavantina	0	8	8	69,100	0,846	0,879	239,027	0,735	0,857	0,687	0,760	1,007
Paraúna	5	8	8	68,454	0,834	0,766	245,927	0,724	0,811	0,692	0,742	1,061
Itaberaí	4	8	8	68,520	0,825	0,737	254,248	0,725	0,796	0,697	0,739	1,025
Inhumas	4	8	8	70,259	0,865	0,796	256,276	0,754	0,842	0,699	0,765	1,018
Cidade Ocidental	2	8	8	71,226	0,933	0,881	259,110	0,770	0,915	0,700	0,795	1,084

Município	Número de espécies de triatomíneos			Indicadores socioeconômicos								
	Registrado	Esperado (mín)	Esperado (máx)	esperanca	alfabe	f_escolar	renda	ind_espera	ind_educ	PIB	IDHM	Cresc
Ceres	7	8	8	70,595	0,881	0,860	275,505	0,760	0,874	0,711	0,782	0,951
Rialma	3	8	8	68,382	0,883	0,864	313,301	0,723	0,876	0,732	0,777	1,061
Água Boa	0	8	8	69,100	0,876	0,789	343,934	0,735	0,847	0,748	0,776	1,019
Rio Quente	3	8	8	69,161	0,915	0,922	379,328	0,736	0,917	0,764	0,806	1,078
Mozarlândia	5	8	8	67,168	0,825	0,815	418,914	0,703	0,822	0,781	0,768	1,009
Goiânia	4	8	8	70,060	0,948	0,902	508,296	0,751	0,933	0,813	0,832	1,033

## **9.2. Artigo submetido na Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**

### **Triatomine occurrence in central Brazil**

#### **Climatic and socio-economic determinants for triatomine occurrence in the midwest region of Brazil**

Joyce Mendes Pereira<sup>1\*</sup>, Paulo Silva de Almeida<sup>2</sup>, Adair Vieira de Sousa<sup>3</sup>, Aécio Moraes de Paula<sup>4</sup>, Ricardo Bomfim Machado<sup>5</sup>, & Rodrigo Gurgel-Gonçalves<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Núcleo de Medicina Tropical /Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde.

<sup>2</sup>Laboratório Regional de Entomologia, Núcleo Regional de Saúde, Secretaria de Estado de Saúde, Dourados, MS.

<sup>3</sup>Núcleo de Apoio ao Controle de Endemias, Secretaria de Saúde do Estado de Goiás.

<sup>4</sup>Laboratório de Entomologia, Secretaria de Saúde do Estado do Mato Grosso.

<sup>5</sup>Universidade de Brasília, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia.

<sup>6</sup>Laboratório de Parasitologia Médica e Biologia de Vetores, Área de Patologia, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília.

\* Autor para correspondência:

Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde

Setor Comercial Sul, Quadra 4, Bloco A, 3º andar - Edifício Principal

CEP: 70304-000 - Brasília/DF

Tel: (61) 8211-6506 E-mail: [joyce.pereira@saude.gov.br](mailto:joyce.pereira@saude.gov.br)

Financial support: CAPES

## ABSTRACT

In this paper, we analyze the climatic and socio-economic determinants for triatomine occurrence in the Midwest Region of Brazil (MRB). Overall, 3,396 records of 27 species of synanthropic triatomines were registered and analyzed. Using the maximum entropy method, ecological niche models based on 13 climatic variables and altitude were produced for 8 species occurring in at least 20 municipalities. Regression analyses were performed to test the association between species richness and socio-economic variables, in the municipalities of MRB. *Cerrado* areas in the state of Goiás were found to be more suitable to the occurrence of synanthropic triatomines than Amazon forest areas in the north of the state of Mato Grosso. Temperature seasonality constitutes the variable that best explains the models evaluated. A negative correlation between triatomine species richness and socio-economic indicators (literacy, gross domestic product and population growth) was found in the municipalities of MRB. The results indicate that practically the entire territory of MRB presents climatic conditions for occurrence of at least one species of triatomine, and that occurrence is also determined by socio-economic factors. Therefore, it is recommended that entomological surveillance must be reinforced in the MRB, particularly in the areas indicated by the present study.

Keywords: Triatominae, ecological niches, midwest region, Brazil, entomological surveillance, Chagas disease.

## INTRODUCTION

Chagas disease (CD) is a chronic and potentially fatal infection caused by the protozoan *Trypanosoma cruzi* (Chagas 1909). The principal mode of parasite transmission is via hematophagous insects of the Triatominae sub-family (Lent & Wygodzinsky 1979), and control of synanthropic triatomines is the main strategy for preventing human infection (Coura & Dias 2009, Coura & Viñas 2010).

At present there are 142 known species of triatomines, and one fossil specimen has been described (Galvão et al. 2003, Schofield & Galvão 2009, Costa et al. 2006, Costa & Felix 2007, Frias-Lasserre, 2010). In Brazil there are 62 species, but only a few of which are of relevance in terms of synanthropic potential (Silveira et al. 1984, Silveira & Rezende 1994, Vinhaes & Dias 2000, Costa et al. 2003, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a). In 2006, Brazil was declared free of vectorial transmission of CD by the domestic vector *Triatoma infestans* (Schofield et al. 2006, Silveira & Dias 2011). Nevertheless, acute disease human cases caused by transmission by native triatomine species are still being registered (Brasil 2009). These triatomines continue infesting homes in different states of Brazil (Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Bedin et al. 2009, Villela et al. 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2010, Silva et al. 2011, Maeda et al. 2012, Silva et al. 2012).

Studies of the geographic distribution of triatomines and causal factors are of fundamental importance to understanding the transmission risk of CD. Specific climatic conditions can interact with socio-economic factors, influencing the occurrence of triatomines (Bustamante et al. 2007). Ecological Niche Modelling (ENM) is an approach that makes it possible to explore geographic and ecological

phenomena on the basis of occurrences of known species (Peterson et al. 2011). In recent years, ENM has been widely applied in the study of the geographic distribution of triatomines (Costa & Peterson 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a).

Acute cases of CD have been observed less frequently in the midwest region than in other regions of Brazil. There were only two registered cases from 2005 to 2009, both in the state of Mato Grosso (MT) (Brasil 2009). However, the risk of vectorial transmission of *T. cruzi* to humans persists, due to the continuing presence of triatomines in domiciliary and peridomiciliary environments. Up to date knowledge of the geographic distribution of triatomines and the factors influencing their occurrence can aid to planning the vectorial surveillance and control measures to be undertaken in the midwest region. The objective of the present study is to analyze the geographic distribution of synanthropic triatomine species in the Midwest Region of Brazil (MRB) and the climatic and socio-economic determinants of their occurrence.

## **MATERIALS AND METHODS**

*Study area* - The MRB comprises the states of MT, Mato Grosso do Sul (MS) and Goiás (GO), as well as the Federal District of Brazil (DF). According to the 2010 census conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the region occupies an area of 1,606,371.505 km<sup>2</sup> distributed among 466 municipalities, a majority of which are located in GO. The total population of MRB is 14,050,340 inhabitants, most of whom (89%) reside in urban areas. Geographically, the MRB is formed by the central and meridional plateaus and the

pantanal plains. The *cerrado* is the prevailing biome, with the greatest territorial extension. It exists in all the states and the DF. Nevertheless, the pantanal, remnants of the Atlantic rainforest, the Amazon and enclaves of dry forests are also present in the MRB (WWF, 2012). Its tropical climate is characterized by two well defined periods: a rainy summer, between the months of October and March, and a dry winter in the months of April through September.

*Distribution data* - Information regarding the occurrence of the different triatomine species was provided by the Program of Chagas Disease Control (PCDCh) in the states of the MRB, and corresponds to captures made in domiciliary environments between 2000 and 2010. The PCDCh does both active research (a community health workers' household survey at least once a year) and entomological surveillance with community participation (residents reports of triatomine occurrence to health workers), in accordance with the classification of risk in the municipalities (Silveira 2004). At the present time, most of the municipalities in the states of the MRB give priority to surveillance with community participation.

Data on the occurrence of triatomine species in domiciliary environments between 1975 and 1983 were also taken into account (Silveira et al. 1984), as were data from the literature (Silva & Lustosa 1993, Carcavallo & Jurberg 2000, Carcavallo et al. 1999, 2002, Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Gurgel-Gonçalves & Silva 2009, Obara et al. 2012, Gurgel-Gonçalves et al. 2012a, Maeda et al. 2012). In addition, records of triatomines in the collections of Rodolfo Carcavallo and Herman Lent at the National and International Reference Laboratory on Triatomine Taxonomy, Oswaldo Cruz Institute, FIOCRUZ, were analyzed.

*Predictor variables* - For building ecological niche models of triatomine species, climatic and altitudinal variables obtained from the Worldclim project (<http://www.worldclim.org>) were included. These variables result from the interpolation of mean monthly climatic data from the climate stations over a period of between 30 (1960-1990) and 50 (1950-2000) years, depending on their availability at the meteorological stations (Hijmans et al. 2005). The environmental database used in the analyses covers Central and South America. It has a spatial resolution of 2.5 minutes (5 x 5 km per pixel). Only variables that were not strongly correlated ( $r < 0.8$ ) were used in building the models. Thus 13 climatic variables and altitude were analyzed (Table I).

For the analyses of the association between triatomine species richness and socio-economic factors in the municipalities of MRB, the variables comprising the Municipal Human Development Index for 2000 were used (Martins & Libânio 2003). There were nine variables in all: life expectancy, school attendance, income, index of life expectancy, index of scholary, index of gross domestic product, municipal human development index and population growth of the municipality. These variables were divided up into four sets, the first of which was formed by all 9 variables. Next was the set of primary values (life expectancy, literacy, school attendance and income), then decomposed indices (index of life expectancy, index of education and index of gross domestic product) and the set of composed indices plus growth (human development index and population growth). The population growth variable was calculated as the ratio of population in 1999 to that in 1997, and indicated which municipalities are growing faster or slower than the others.

*ENM* – In all, 3,396 occurrences of 27 triatomine species were registered and analyzed. These occurrences were referenced by geographic coordinates, with a reasonable degree of confidence (i.e., with an uncertainty of <5km and a precision of 0.01°), an error that would not influence the results generated by the method of niche modelling utilized (Graham et al. 2008). Records of triatomine species with georeferencing or identification errors were eliminated. All records were georeferenced, based on consulting <http://www.fallingrain.com/world> and <http://www.ibge.gov.br>. The data were organized into spreadsheets for analysis (Gurgel-Gonçalves et al. 2012a).

For ENM, a criterion of exclusion was employed, considering a minimum of 20 points of occurrence per species, in order to permit robust analysis based on prior analyses (Stockwell & Peterson 2002, Wisz et al. 2008). This threshold left a total of eight species: *Triatoma pseudomaculata*, *T. sordida*, *T. williami*, *T. costalimai*, *Panstrongylus megistus*, *P. diasi*, *P. geniculatus*, and *Rhodnius neglectus*.

Maps of potential distribution of the species were produced using Maxent version 3.2.1 (Phillips et al. 2006), applying the basic default parameters, which are considered appropriate for most situations (Phillips & Dudík 2008). The choice of method took into consideration the particular characteristics of the study, i.e. the area of interest is the area sampled, with no need for transfer of models over broader or other landscapes (Elith et al. 2006, Peterson et al. 2007).

The points of occurrence were separated into two sets, one of which was for training (80% of the points for running the model) and the other for testing (20% of the points for evaluating the model). The percentage of points utilized for testing

models varies widely in the literature. Percentages ranging from 40% (Phillips & Dudík 2008) to 25% (Graham et al. 2008) may be found. In view of the volume of data available for modelling the triatomines, 20% was considered most appropriate for this study. Subsequently, each model was converted into a binary model (indicating places of presence or absence of the species), using as a cut-off point the value right above the smallest 10% of predicted values associated with the records of each species (Pearson et al. 2007). This value is related to the number of errors relative to the precision of the records of occurrence (Peterson et al. 2008). Its application is justified by the use of different sources of data for building up the spreadsheet with the data on distribution of the species.

Analyses were focused on the species diversity of broadly distributed triatomines. As a result, we took the final, thresholded, and combined map for each of the eight species listed above and summed them using the Spatial Analyst extension of ArcGis (command raster calculator) (ESRI 2002). Given the binary nature of each of the maps, the sums yield a hypothesis of numbers of species (triatomine species richness) present across MRB.

For the occurrence maps of the other triatomine species that were not modelled by ENM, only point maps were generated, using the TerraView version 4.0.0. The digital mesh network (in shape file format) of Brazil was obtained at <http://siscom.ibama.gov.br/>, and subsequently edited for the MRB.

*Model validation* - The quality of the models generated was evaluated using an ROC (Receiver Operating Characteristics) curve, which relates two parameters of the model, sensitivity and specificity (Phillips et al. 2006). The

sensitivity of the model is defined as the proportion of true presences in relation to the total number of presences predicted by the model. This parameter is also a measure of the absence of omission errors (occurrence records of the species outside the area predicted by the model); good quality models should show greater sensitivity. The specificity of the model is the proportion of true absences in relation to the total number of absences predicted by the model. Value 1-specificity is a measure of error of overestimation (the predicted area exceeds the observed occurrence). The calculated area under the ROC curve, also known as AUC (Area Under the Curve), provides a unique measure of the model performance. The AUC ranges from zero to one. Readings close to one indicate high performance, while readings below 0.5 indicate poor performance of the model (Elith et al. 2006).

An independent test (chi square) was also done to evaluate the models. It was assessed whether the test points fit the model of potential distribution of each species, when compared with a random distribution. Using the Jackknife test and adopting the procedures described by Pearson et al. (2007), the variables that most influence the distribution of the species of triatomines were identified.

*Regression analysis* - To test the association between triatomine species richness and socio-economic data in the municipalities, regression analyses were done, using the R version 2.14.1 (<http://www.r-project.org/>). In these analyses, we consider the minimum species richness values generated by the modelling of ecological niches of the eight most frequent synanthropic species in MRB. In order to characterize the municipalities with regard to the presence of triatomines as a function of socio-economic variables, a principal components analysis (PCA) was

performed with the primary variables (life expectancy, literacy level, school attendance and income). The municipalities were classified into 4 categories, according to their position in relation to the first two components generated by the PCA. Thus, municipalities with positive values on the two axes were given a classification of 1. Municipalities with positive values on the first component and negative on the second were classified as 2. Municipalities with negative values on components 1 and 2 were classified as 3, and those with negative values on the first component and positive on the second were classified as 4. The four categories utilized for the municipalities were then represented on a map of the MRB municipalities.

## RESULTS

Twenty-seven triatomine species were registered in the MRB: *Triatoma sordida*, *T. pseudomaculata*, *T. williami*, *T. infestans*, *T. costalimai*, *T. baratai*, *T. matogrossensis*, *T. lenti*, *T. jubergi*, *T. guazu*, *T. deaneorum*, *T. vanda*, *Panstrongylus megistus*, *P. diasi*, *P. geniculatus*, *P. guentheri*, *P. lenti*, *Rhodnius neglectus*, *R. pictipes*, *R. robustus*, *R. stali*, *Psammolestes tertius*, *Ps. coreodes*, *Microtriatoma trinidadensis*, *M. borbai*, *Eratyrus mucronatus*, and *Cavernicola pilosa*. This set of species accounts for 43.5% of the 62 known species in Brazil. MT was the state with the greatest number of triatomine species (n=17, 63%), followed by MS (n=15, 55.5%), GO (n=14, 52%), and the DF (n=7, 26%).

The genus *Triatoma* had the greatest species richness (n=12). Of these, *T. sordida* is the most widely distributed in comparison with the other species (Figs. 1 and 2). The genus *Panstrongylus* was represented by five species; *P. geniculatus* was

the most widespread (Fig. 2). Four species of the genus *Rhodnius* were registered; of these, *R. neglectus* was the most widespread (Fig. 2). Other genera, such as *Psammolestes*, *Microtriatoma*, *Eratyrus*, and *Cavernicola* had smaller numbers of species, with their distributions limited to a few municipalities (Fig. 1). Only one occurrence of *T. infestans* was registered in the year 2000 (in the state of GO). The species *T. jubergi*, *T. guazu*, *R. robustus*, *M. trinidadensis*, *M. borbai*, *E. mucronatus* and *C. pilosa* (Fig. 1) had a very restricted geographical distribution, with occurrence in just one municipality.

All the models derived from the analysis performed well (AUC > 0.90), summarizing the ecological conditions necessary for the occurrence of the species. Errors of omission were detected only for the species *P. megistus* (0.3%), *T. sordida* (0.8%), *R. neglectus* (1.3%) and *P. geniculatus* (1.7%). Thus, all models had sensitivities greater than 98%. The test of independence (chi-square) was statistically significant for these species (P<0.01), showing the good quality of the models.

The map aggregating the ecological niche models for eight species (Fig. 3) indicated greater climatic suitability for the occurrence of triatomines in *cerrado* areas in the state of GO, in contrast to Amazon forest areas in the north of the state of MT. The Jackknife tests showed that temperature seasonality was the variable that best explained the models.

The analyses of association between triatomine species richness and socio-economic indices in the municipalities of the MRB showed that in the model with all variables analyzed there was no significant association. On the other hand, in the model with the basic variables (life expectancy [E], literacy level [L], school

attendance [S] and income [I]), there was a significant negative association between triatomine richness and literacy level, and a significant positive association between triatomine richness and school attendance, although the coefficients of correlation were low in both cases ( $r=-0.132$ ,  $p<0.001$  for triatomine richness and L, and  $r=0.336$ ,  $p<0.001$  for triatomine richness and S). In other words, it was found that the lower the literacy level in a municipality, the greater the expected triatomine richness. On the other hand, the greater the school attendance, the greater the expected triatomine richness. In the model with decomposed indices, there was a significant negative association between species richness and municipal gross domestic product ( $r=-0.142$ ,  $p<0.001$ ), and a significant positive association between richness and the education index ( $r=0.074$ ,  $p<0.001$ ). In the model including the municipal human development index (IDH-M) and growth, there was no association between species richness and IDH-M. A significant negative association ( $r=-0.107$ ,  $p<0.001$ ) was, however, detected between species richness and rate of population growth.

In the PCA including the basic variables (Fig. 4), the first two components explain 78% of the variation (PC1=53%, PC2=25%); positive values on the PC1 were associated with municipalities with lower literacy, income and life expectancy (Table II), which have greater triatomine species richness. Positive readings on PC2 were associated with municipalities with lower school attendance (Table II), which showed a smaller triatomine species richness. The classification of the municipalities in accordance with the quadrants of the PCA, as a function of the socio-economic variables, is represented in Fig. 5.

## DISCUSSION

The results show a great number of triatomine species in MRB. Almost half of all the known species in Brazil are represented in that region. Practically the entire territory of the MRB offers favorable conditions for the occurrence of at least one species of triatomine. Furthermore, our results show that the triatomine occurrence is greatest in areas of the *cerrado* biome with major seasonal temperature variations, and that there are significant associations between number of synanthropic triatomine species and socio-economic indicators in the municipalities. Triatomine species richness tends to be greater in municipalities with low literacy levels, index of gross domestic product, and population growth. Taken together, these findings indicate that the potential risk of vectorial transmission of *Trypanosoma cruzi* persists, and must be continually monitored.

In our study, the list of triatomine species found in the states of MRB has been brought up to date. Oliveira & Silva (2007) registered 9 species in the state of GO, which is fewer than the 14 species registered in this present study. In MS, Almeida et al. (2008) reported a list of 12 species, which is also fewer than presented in our list. In MT we registered 17 species, an species richness much greater than that detected by Figueiredo et al. (2007). The greater number of triatomine species in MT is probably due to the size of the state and to the diversity of its biomes (*cerrado*, Amazon rainforest and pantanal) and zones of transition, which may be propitious to the diversification of its triatomine fauna. The analysis of the predictive maps showed that there is less climatic suitability for the occurrence of synanthropic triatomines in the north of MT, where Amazon rainforest predominates. The less

frequent occurrence of synanthropic triatomines in rainforests areas in MRB reinforces the hypothesis that the chances of domiciliary infestation by triatomines are greater in drier regions, just as Abad-Franch & Monteiro (2007) proposed for Amazon triatomines.

*Triatoma sordida* and *R. neglectus* were the species with the greatest occurrence and geographic distribution in MRB. They are capable of adapting to different ecosystems, as has been found in other research (Lent & Wygodzinsky 1979, Forattini 1980, Gurgel-Gonçalves et al. 2009, 2011, 2012a). Although it is the most frequently species encountered in Brazil, *T. sordida* occurs mainly in the peridomicile, and generally feeds on the blood of birds - which reduces the chances of vectorial transmission of *T. cruzi* to humans (Diotaiuti et al. 1993, Dias et al. 2000). *R. neglectus* frequently inhabits palm trees in central Brazil (Barretto et al. 1969, Gurgel-Gonçalves 2004, Gurgel-Gonçalves & Cuba 2009, Abad-Franch et al. 2009), where it participates actively in the enzootic transmission of *T. cruzi* and *T. rangeli* (Gurgel-Gonçalves et al. 2012b). Meanwhile, there have been frequent reports of this species in domiciliary environments in recent years (Oliveira & Silva 2007, Almeida et al. 2008, Gurgel-Gonçalves et al. 2008). This may be related to ecological processes (Abad-Franch et al. 2009), which may foment the invasion of artificial ecotopes by potentially infected specimens.

*T. costalimai* seems to be endemic in the *cerrado*. This species has frequently been captured in limestones in peridomiciliary environments in the northeast of GO (Mello & Borges 1981, Mello 1982, Lorosa et al. 1999, Machiner et al. 2012); however, our findings point to areas propitious for occurrence of the species in the

east of GO and even in MT, where *T. williami*, a species similar to *T. costalimai* (Obara et al. 2012) has also been reported. Thus, co-occurrence of these species in municipalities of the state of GO may be considered quite likely. Studies of ecological niche differentiation among these species are needed in order to understand their limits of distribution. Our results indicate that *T. williami* also occurs in areas of the pantanal in the northwest of MS. Although individuals of this species have been found to be infected, in domiciliary environments (Arrais-Silva et al. 2011), little is known to date about their biology; and their natural habitat is still unknown.

*T. pseudomaculata*, a widespread species in the northeast region of Brazil and with known capability to infest artificial ecotopes (Vinhaes & Dias 2000, Carcavallo et al. 1999, Assis et al. 2007), occurred only in the state of GO and the DF. Our results show lower climatic suitability for occurrence of *T. pseudomaculata* in the states of MT and MS. This finding is in agreement with Carbajal de la Fuente et al. (2009), who used different environmental variables to produce maps of potential distribution.

The historical occurrence of *T. infestans* in the municipality of Posse, state of GO, was observed in 2000; this was also detected by Oliveira & Silva (2007). In the state of Bahia (BA), Gurgel-Gonçalves et al. (2012c) reported residual foci of *T. infestans* in some municipalities. Thus, the areas around the state line between GO and BA should be continually monitored to prevent any re-infestations of *T. infestans* in the state of GO.

Among the species of *Panstrongylus*, *P. geniculatus* showed the greatest potential for occurrence in MRB. In contrast, distribution of *P. megistus* was not predicted in the north of the state of MT, and absence of *P. diasi* was predicted in the south of MS. *P. geniculatus* is a triatomine species with a widespread ecological niche; it occurs in at least 16 countries in the Americas. *P. diasi* seems to be endemic in the Brazilian *cerrado* (Carcavallo et al. 1999), while *P. megistus* has the Atlantic rainforest as its center of dispersion (Forattini 1980); its occurrence in the *cerrado* seems to be greater in humid areas (gallery forests).

Among the climatic variables analyzed, temperature seasonality was the one that best explained the models of triatomine occurrence in MRB. A greater number of synanthropic triatomine species was observed in areas with greater seasonal temperature variation. Other studies have shown temperature to be an important determinant of distribution of triatomines on a regional or continental scale (Gorla 2002, Rodrigueiro & Gorla 2004, Batista & Gurgel-Gonçalves 2009, Gurgel-Gonçalves & Silva 2009, Gurgel-Gonçalves et al. 2011). However, other environmental variables, such as slope of terrain (Leite et al. 2011) and humidity (Arboleda et al. 2009) have also been identified as the principal determinants of occurrence of certain species.

The influence of socio-economic variables on the occurrence of triatomines in a local scale is well known: rural settings and the occurrence of houses with adobe walls and many domestic animals are characteristics favorable to infestation (Walter et al. 2005, Campbell-Lendrum et al. 2007, Bustamante et al. 2009). In addition, household improvement is known to be an effective control measure for the control

of triatomine infestation in the long term (Garcia Zapata et al. 1992, Rojas-de-Arias 2001, 2007, Monroy et al. 2009), as well as community participation in terms of entomological surveillance (Abad-Franch et al. 2011). However, studies evaluating these socio-economic factors on a regional scale are scarce. To our knowledge, this is the first study testing the association between expected number of triatomine species and socio-economic indices in Brazil on a regional scale. The negative associations detected between triatomine species richness and socio-economic indices (literacy, municipal gross domestic product, and population growth) were expected, because these indices indicate poorer municipalities, which are more susceptible to triatomine infestation. The positive association between triatomine species richness and school attendance could be an indicator of the importance of health education to the recognition of triatomines. This would facilitate their reporting by the inhabitants. The greater the school attendance, the greater the probability of recognizing and reporting a triatomine; thus, the knowledge of their occurrence in the locality or municipality would increase. These results are of fundamental importance to the determination of areas of highest risk of triatomine infestation. This information may be used by the control programs in the selection of municipalities with the greatest need for intervention.

The basic strategies for Chagas disease vector surveillance in the MRB are the following: monitor the possible re-infestation of *T. infestans*, particularly along the state line between GO and BA, and reduce the domiciliary infestation of triatomines of widespread geographic distribution, as described in this paper. To reach this goal, it is required integrated actions of surveillance and control of synanthropic triatomines, particularly in the municipalities indicated by the present

study. These actions include routine household inspection by community health workers, information and continuing education aiming at greater notification by the inhabitants, encouragement of environmental management and, when needed, chemical control.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). The authors are also grateful to all the health agents of the midwest region of Brazil who provided information on the distribution of triatomines, as well César Augusto Cuba Cuba for reviewing the manuscript.

### REFERENCES

- Abad-Franch F, Monteiro FA 2007. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Hemiptera: Reduviidae): implications for Chagas disease surveillance in humid forest ecoregions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102: 57-70.
- Abad-Franch F, Monteiro FA, Jaramillo NO, Gurgel-Gonçalves R, Dias FBS, Diotaiuti L 2009. Ecology, evolution and the long-term surveillance of vector-borne Chagas disease: A multi-scale appraisal of the tribe *Rhodniini* (Triatominae). *Acta Trop* 112: 159-177.

- Abad-Franch F, Vega MC, Rolon MS, Santos WS, Rojas-de-Arias A. 2011. Community participation in Chagas disease vector surveillance: systematic review. *PLoS Negl Trop Dis* 5: e1207.
- Almeida PS, Ceretti Júnior W, Obara MT, Santos HR, Barata JM, Faccenda O 2008. Levantamento da fauna de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) em ambiente domiciliar e infecção natural por Trypanosomatidae no Estado de Mato Grosso do Sul. *Rev Soc Bras Med Trop* 41: 374-380.
- Arboleda S, Gorla DE, Porcasi X, Saldaña A, Calzada J, Jaramillo N 2009. Development of a geographical distribution model of *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 using environmental data recorded by remote sensing. *Inf Gen Evol* 9: 441-448.
- Arrais-Silva WW, Rodrigues RSV, Moraes LN, Venere PC, Lunardi RR, Souza IL, Souto PCS 2011. First report of occurrence of *Triatoma williami* Galvão, Souza e Lima, 1965 naturally infected with *Trypanosoma cruzi* Chagas, 1909 in the State of Mato Grosso, Brazil. *Asian Pac J Trop Dis* 2011: 245-246.
- Assis GFM, Azeredo BVM, Carbajal de la Fuente AL, Diotaiuti L, Lana M 2007. Domiciliation of *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espínola 1964) in the Jequitinhonha Valley, State of Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop* 40: 391-396.
- Barretto MP, Albuquerque DRR, Funayama GK 1969. Estudos sobre reservatórios e vectores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. XXXVI: Investigação sobre

- triatomíneos de palmeiras no município de Uberaba, MG, Brasil. *Rev Bras Biol* 29: 577-588.
- Batista TA, Gurgel-Gonçalves R 2009. Ecological niche modelling and differentiation between *Rhodnius neglectus* Lent, 1954, and *R. nasutus* Stal, 1859 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104: 1165-1170.
- Bedin C, Mello F, Wilhelms TS, Torres MA, Estima C, Ferreira CF, Sehn L 2009. Vigilância ambiental: doença de Chagas no Rio Grande do Sul. *Bol Epidemiol* 11: 1-8.
- Brasil 2009. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. *Guia de vigilância epidemiológica*, 7. Ed, Ministério da Saúde, Brasília, 816pp.
- Bustamante DM, Monroy MC, Pineda S, Rodas AG, Castro X, Ayala V, Quiñónes J, Moguel B, Trampe R 2009. Risk factors for intradomiciliary infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cad Saúde Pública* 25: S83-S92.
- Bustamante DM, Monroy MC, Rodas AG, Juarez JA, Malone JB 2007. Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vectors in south-eastern Guatemala. *Geosp Health* 1: 199-211.
- 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 2007. House-level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *Int J Epidemiol* 36: 866-872.

- Carbajal de la Fuente AL, Porcasi X, Noireau F, Diotaiuti L, Gorla DE 2009. The association between the geographic distribution of *Triatoma pseudomaculata* and *Triatoma wygodzinskyi* (Hemiptera: Reduviidae) with environmental variables recorded by remote sensors. *Inf Gen Evol* 9: 54–61.
- Carcavallo RU, Jurberg J 2000. *Triatoma baratai* sp.n. do estado do Mato Grosso do Sul (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Entomol Vect* 7: 373-387.
- Carcavallo R, Rodríguez M, Salvatella R, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galvão C 1998. Habitats and related fauna. In RU Carcavallo, I Galíndez Girón, J Jurberg, H Lent (eds.), *Atlas of Chagas Disease Vectors in Americas*. Vol. II, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 561-619.
- Carcavallo RU, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galíndez Girón I, Jurberg J, Galvão C, Mena Segura CA, Noireau F 1999. Geographical distribution and altitudinal dispersion. *Atlas of Chagas disease vectors in Americas*, Vol. III, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 747-792.
- Carcavallo RU, Jurberg J, Rocha DS, Galvão C, Noireau, Lent H 2002. *Triatoma vanda* n. sp. do Complexo *oliveirai* encontrada no estado de Mato Grosso, Brasil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 97: 649-654.
- Chagas C 1909. Nova tripanozomíase humana: estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo de *Schizotrypanum cruzi* n. gen., n. sp. agente etiológico de nova entidade morbida do homem. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1: 159-218.
- Coura JR, Dias JCP 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (suppl 1): 31-40.

- Coura JR, Viñas PA 2010. Chagas disease: a new worldwide challenge. *Nature* 465: 56-57.
- Costa J, Almeida CE, Dotson EM, Lins A, Vinhaes M, Silveira AC, Beard CB 2003. The epidemiologic importance of *Triatoma brasiliensis* as a Chagas disease vector in Brazil: a revision of domiciliary captures during 1993-1999. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98:443-449.
- Costa J, Argolo AM, Felix M 2006. Redescription of *Triatoma melanica* Neiva & Lent, 1941, new status (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) *Zootaxa* 1385: 47-52.
- Costa J, Felix M 2007. *Triatoma juazeirensis* sp. nov. from the state of Bahia, northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102: 87-90.
- Costa J, Peterson AT 2012. Ecological niche modeling as a tool for understanding distributions and interactions of vectors, hosts and etiologic agents of Chagas disease. In Peterson AT (ed.). *Recent Advances on Model Hosts*. Vol. I, Springer, Kansas, p. 59-70.
- Dias JCP, Machado EMM, Fernandes AL, Vinhaes MC 2000. Esboço geral e perspectivas da doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Cad Saúde Pública* 16: S13-S34.
- Diotaiuti L, Loiola CF, Falcão PL, Dias JCP 1993. The ecology of *Triatoma sordida* in natural environments in two different regions of the state of Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med trop S Paulo* 35: 237-245.

- Elith JC, Graham C, Anderson R, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans R, Huettmann F, Leathwick J, Lehmann A, Li J, Lohmann L, Loisell B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton J, Peterson A, Phillips S, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire E, Soberon J, Williams S, Wisz M, Zimmerman N 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129 - 151.
- ESRI 2002. ArcView 3.3 - Geographical Information System. Readlands, CA: *Environment System Research Institute, Inc.*
- Figueiredo JF, Silva LC, Bolognez CA. 2007. Influência das agressões ecológicas na migração de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae), para os ecótopos artificiais criados pelo homem em municípios do Estado de Mato Grosso. *Biodiversidade* 6: 52-61.
- Forattini OP 1980. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Públ* 14: 265-299.
- Frías-Lasserre D 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías et al. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its parapatric model of speciation. *Neotrop Entomol* 39: 572-583.
- Galvão C, Carcavallo RU, Rocha DS, Jurberg J 2003. A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa* 202: 1-36.

- García-Zapata MT, Marsden PD, Soares VA, Castro CN 1992. The effect of plastering in a house persistently infested with *Triatoma infestans* (Klug) 1934. *J Trop Med Hyg* 95: 420-423.
- Gorla DE, 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecol Austral* 12: 117-127.
- Graham CH, Elith J, Hijmans RJ, Guisan A, Peterson AT, Loiselle BA, Group NW 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *J Applied Ecol* 45: 239-247.
- Gurgel-Gonçalves R, Cuba CAC 2009. Predicting the potential geographical distribution of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera, Reduviidae) based on ecological niche modeling. *J Med Entomol* 46: 952-960.
- Gurgel-Gonçalves R, Silva RB 2009. Analysis of the geographical distribution of *Psammolestes* Bergroth (Heteroptera: Reduviidae) in South America with new records of *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg. *Zootaxa* 2033: 41-48.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Costa J, Peterson AT 2012a. Geographic distribution of Chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modeling. *J Trop Med* 2012: 1-15.
- Gurgel-Gonçalves R, Cura C, Schijman AG, Cuba CAC 2012b. Infestation of *Mauritia flexuosa* palms by triatomines (Hemiptera: Reduviidae), vectors of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* in the Brazilian savanna. *Acta Trop* 121: 105-111.

- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Mendonça J, Costa-Neto RM 2012c. Guia de triatomíneos da Bahia. Editora da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. No prelo.
- Gurgel-Gonçalves R, Pereira FCA, Lima IP, Cavalcante RR 2010. Distribuição geográfica, infestação domiciliar e infecção natural de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) no Estado do Piauí, Brasil, 2008. *Rev Pan-Amaz Saúde 1*: 57-64.
- Gurgel-Gonçalves R, Ferreira JBC, Rosa AF, Bar ME, Galvão C 2011. Geometric morphometrics and ecological niche modelling for delimitation of near-sibling triatomine species. *Med Vet Entomol 25*: 84-93.
- Gurgel-Gonçalves R, Duarte MA, Ramalho ED, Romaña CA, Cuba CAC 2004. Distribuição espacial de populações de Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) em palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* no Distrito Federal, Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop 37*: 241-247.
- Gurgel-Gonçalves R, Abad-Franch F, Ferreira JBC, Santana DB, Cuba CAC 2008. Is *Rhodnius prolixus* (Triatominae) invading houses in central Brazil? *Acta Trop 107*: 90-98.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol 25*: 1965-1978.
- Leite GR, Santos CB, Falqueto A 2007. Insecta, Hemiptera, Reduviidae, *Panstrongylus geniculatus*: Geographic distribution map. *Check List 3*: 147-152.

- Leite GR, Santos CB, Falqueto A 2011. Influence of the landscape on dispersal of sylvatic triatomines to anthropic habitats in the Atlantic Forest. *J Biogeog* 38: 651-663.
- Lent H, Wygodzinsky P 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas Disease. *Bul Amer Mus Nat Hist* 163: 520-529.
- Lorosa ES, Andrade RE, Santos SM, Pereira CA, Vinhaes MC, Jurberg J 1999. Estudo da infecção natural e fontes alimentares de *Triatoma costalimai* Verano & Galvão, 1959, *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 e *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 do estado de Goiás, Brasil, através da técnica de precipitina. *Entomol Vect* 6: 405-414.
- Machiner F, Cardoso RM, Castro CN, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of *Triatoma costalimai* (Hemiptera: Reduviidae) in different environments and climatic seasons: a field study in the Brazilian savanna. *Rev Soc Bras Med Trop*. In press.
- Maeda MH, Knox MB, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of synanthropic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in the Federal District of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 71-76.
- Martins RB, Libânio, JC 2003 [database on the Internet]. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Fundação João Pinheiro. [cited 2012 Mar 9]. Available from: <http://www.pnud.org.br/atlas>.

- Mello DA 1982. Roedores, marsupiais e triatomíneos silvestres capturados no município de Mambaí, Goiás. Infecção natural pelo *Trypanosoma cruzi*. *Rev Saúde Públ* 16: 282-291.
- Mello DA, Borges MM 1981. Primeiro encontro do *Triatoma costalimai* naturalmente infectado pelo *Trypanosoma cruzi*: estudo de aspectos biológicos da amostra isolada. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 76: 61-69.
- Monroy C, Bustamante DM, Pineda S, Rodas A, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B 2009. House improvements and community participation in the control of *Triatoma dimidiata* re-infestation in Jutiapa, Guatemala. *Cad Saúde Pública* 25: S168-S178.
- Obara MT, Barata JMS, Rosa JA, Ceretti Junior W, Almeida PS, Goncalves GA, Dale C, Gurgel-Gonçalves R 2012. Description of the female and new records of *Triatoma baratai* Carcavallo & Jurberg, 2000 (Hemiptera, Reduviidae) from Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to the species of the *Triatoma matogrossensis* subcomplex. *Zootaxa* 3151: 63-68.
- Oliveira AWS, Silva IG 2007. Distribuição geográfica e indicadores entomológicos de triatomíneos sinantrópicos capturados no Estado de Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop* 40: 204-208.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeog* 34: 102-117.

- Peterson AT, Papes M, Eaton M 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
- Peterson AT, Papes M, Soberón J 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecol Model* 213: 63-72.
- Peterson AT 2011. Ecological niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerg Infect Dis* 12: 1822-1826
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190: 231-259.
- Phillips SJ, Dudík M 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Rodriguero MS, Gorla DE 2004. Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). *Global Ecol Biogeogr* 13: 75-84
- Rojas-de-Arias A 2001. Chagas disease prevention through improved housing using an ecosystem approach to health. *Cad Saúde Pública* 17: 89-97.
- Rojas-de-Arias A 2007. Social and epidemiological determinants of Chagas disease: basic information for a surveillance and control policy in the Southern Cone. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102: 19-21.
- Schofield CJ, Galvão C 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Trop* 110: 88-100.
- Schofield CJ, Jannin J, Salvatella R 2006. The future of Chagas disease control. *Trends Parasitol* 22: 583-588.

- Silva IG, Lustosa ES 1993. Biologia de *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg, 1965 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev Patol Trop* 22: 29-42.
- Silva EOR, Rodrigues VLCC, Silva RA, Wanderley DMV 2011. Control program of Chagas disease in São Paulo, Brazil: the control and surveillance of vector transmission. *Rev Soc Bras Med Trop* 44 (Suppl 2): 74-84.
- Silva MBA, Barreto AVMS, Silva HA, Galvão C, Rocha D, Jurberg J, Gurgel-Gonçalves R 2012. Synanthropic triatomines (Hemiptera, Reduviidae) in the state of Pernambuco, Brazil: geographical distribution and natural *Trypanosoma* infection rates between 2006 and 2007. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 60-65.
- Silveira AC 2004. Enfoque de riesgo em actividades de control de triatomíneos. *Rev Patol Trop* 33: 193-206.
- Silveira AC, Feitosa VR, Borges R 1984. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período de 1975/83, Brasil. *Rev Bras Malariol D Trop* 39: 15-312.
- Silveira AC, Rezende DF 1994. Epidemiologia e controle da transmissão vetorial da doença de Chagas no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 27: 11-22
- Silveira AC, Dias JCP 2011. O controle da transmissão vetorial. *Rev Soc Bras Med Trop* 44 (Suppl 2): 52-63.
- Stockwell DRB, Peterson AT 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecol Model* 148: 1-13.
- Villela MM, Souza JMB, Melo VP, Dias JCP 2009. Avaliação do Programa de Controle da Doença de Chagas em relação à presença de *Panstrongylus megistus*

na região centro-oeste do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública* 25: 907-917.

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

Walter A, Rego IP, Ferreira AJ, Rogier C 2005. Risk factors for reinvasion of human dwellings by sylvatic triatomines in northern Bahia State, Brazil. *Cad Saúde Pública* 21: 974-978.

Wisz MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, Elith J, Dudik M, Ferrier S, Huettman F, Leathwick JR, Lehmann A, Lohamnn L, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, McC Overton J, Phillips SJ, Richardson KS, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberón J, Williams SE, Zimmermann NE 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers Distrib* 14: 763-773.

WWF. World Wildlife Fund. List of ecoregions [homepage on the Internet]. [updated 2012 Apr 9; cited 2012 Mar 9]. Available from: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/ecoregions/ecoregion\\_list/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/ecoregion_list/)

TABLE I

List of uncorrelated ( $r < 0.8$ ) environmental variables utilized in ENM for eight synanthropic triatomine species in MRB. The variables highlighted in boldface made the greatest contribution to explaining the ecological niche model, as shown by the Jackknife test.

Variables	Description	<i>T. williami</i>	<i>T. costalimai</i>	<i>R. neglectus</i>	<i>P. diasi</i>	<i>T. pseudomaculata</i>	<i>P. geniculatus</i>	<i>P. megistus</i>	<i>T. sordida</i>
Bio 1	Annual mean temperature	X	X	X	X	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 2	Mean diurnal range	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 3	Isothermality	-	X	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>
Bio 4	Temperature seasonality	-	<b>X</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Bio 6	Min. temperature of coldest month	-	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-
Bio 11	Mean temperature of coldest quarter	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-	-
Bio 12	Annual precipitation	<b>X</b>	-	-	-	-	-	<b>X</b>	-
Bio 14	Precipitation of driest month	X	-	X	-	-	-	-	-
Bio 15	Precipitation seasonality	-	<b>X</b>	-	-	-	-	-	-
Bio 16	Precipitation of wettest quarter	-	X	X	X	X	X	X	X
Bio 17	Precipitation of driest quarter	-	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	X	X	X
Bio 18	Precipitation of warmest quarter	X	X	X	X	X	X	X	X
Bio 19	Precipitation of coldest quarter	<b>X</b>	X	X	<b>X</b>	X	X	X	X
-	Altitude	-	-	-	-	-	X	X	-

TABLE II

Correlation of the variables with the two principal components (PC1 and PC2), which reflect the importance of socio-economic indices for the MRB municipalities analyzed.

<b>Variables</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>
Life expectancy	-0.74	-0.08
Literacy level	-0.88	-0.04
School attendance	-0.13	-0.82
Income	-0.87	-0.08

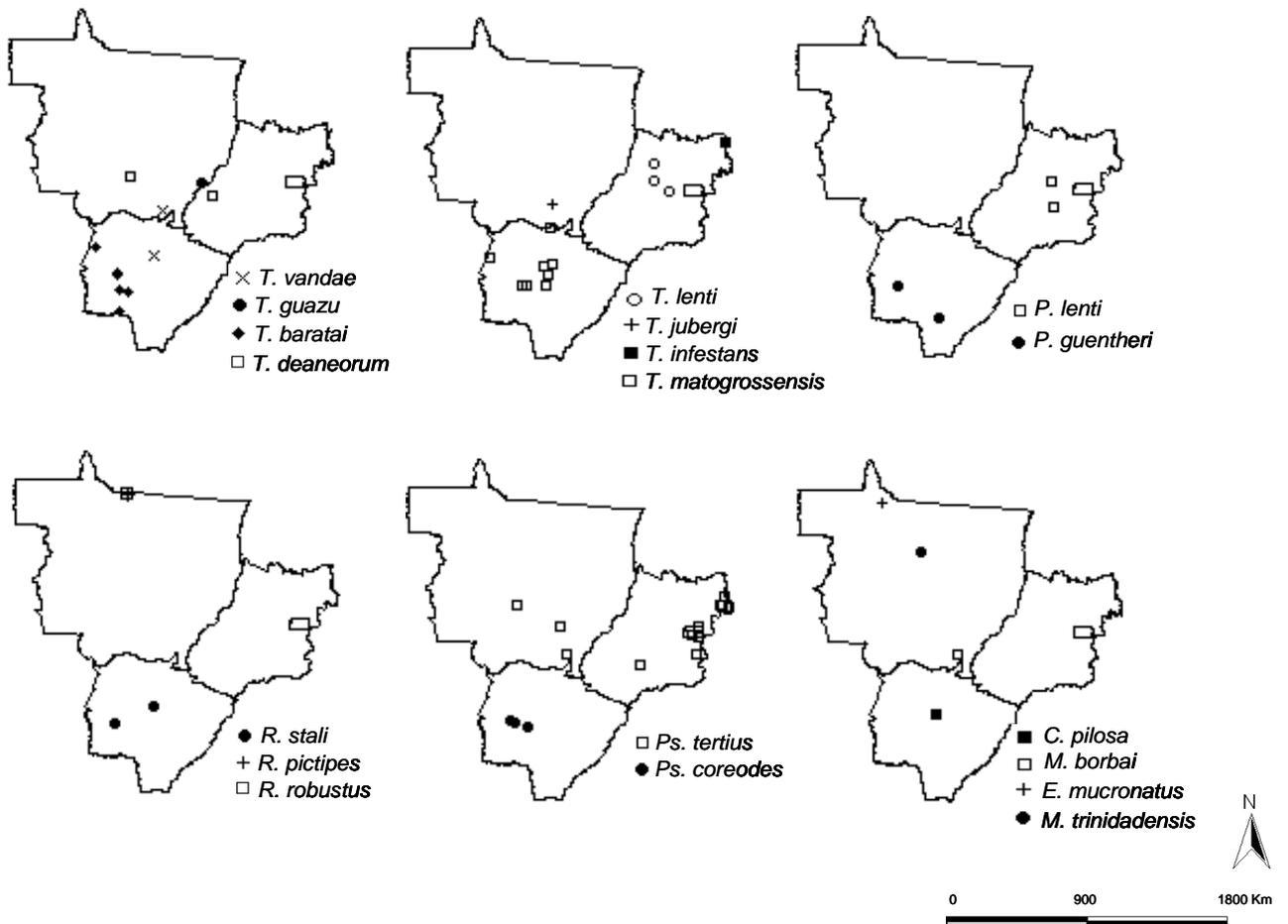


Fig 1: Geographical distribution of triatomine species with fewer than 20 registered occurrences in the states of the midwest region of Brazil (DF: Federal District, GO: Goiás, MS: Mato Grosso do Sul, MT: Mato Grosso). The symbols represent known occurrences of the species.

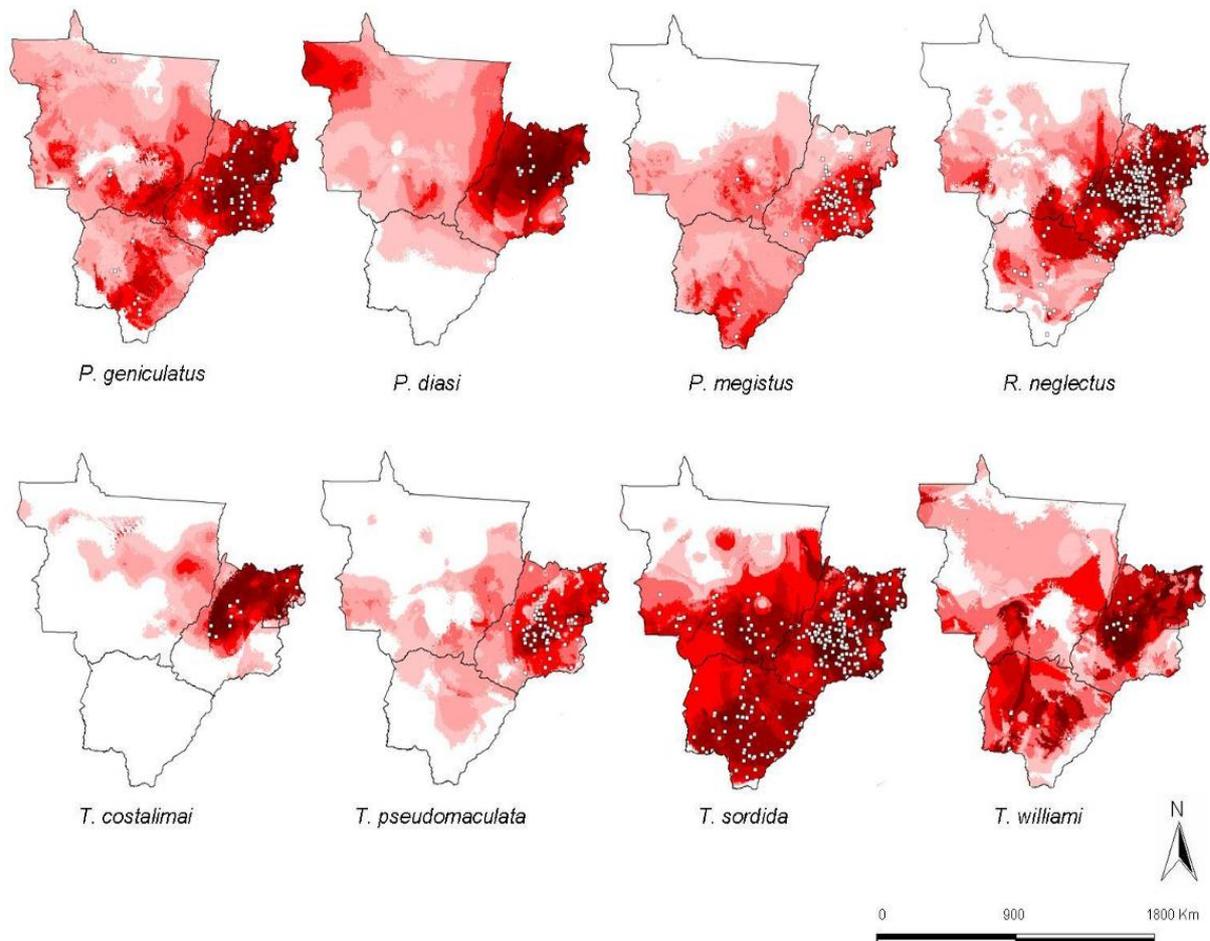


Fig 2: Ecological niche models for triatomine species with more than 20 registered occurrences in the midwest region of Brazil. The blank areas represent triatomine absence predicted by the model. Areas identified as suitable based on climatic variables are shown in redscale: light red (low suitability) to dark red (high suitability). The squares represent known occurrences of the triatomine species.

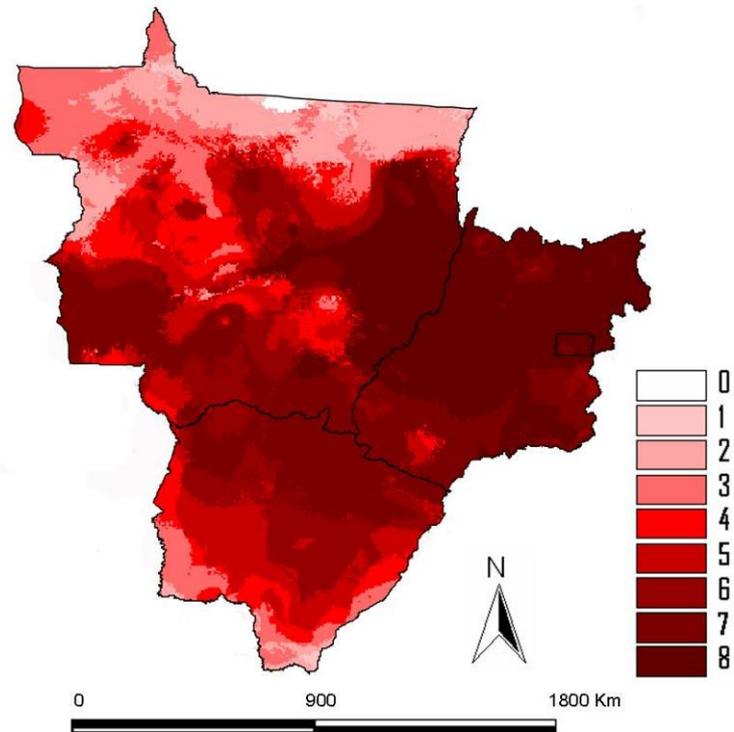


Fig 3: Final model of climatic suitability, summing up the models for the eight most common species of synanthropic triatomines in the midwest region of Brazil (MRB). The blank areas represent triatomine absence predicted by the models. The redscale represent the expected number of triatomine species in MRB, in accordance with the climatic suitability.

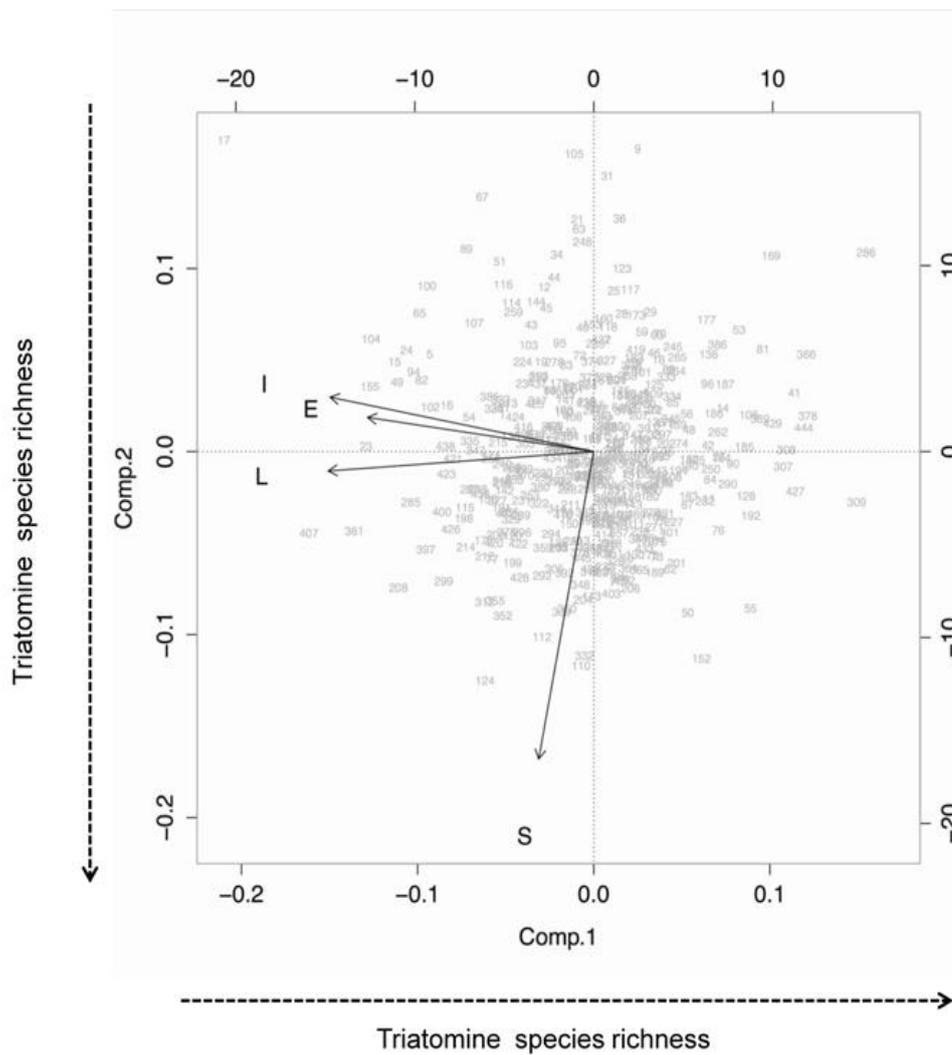


Fig 4: Distribution of 466 municipalities of the midwest region of Brazil with respect to socio-economic variation summarized as the first two principal components (Comp. 1 and Comp. 2). Solid arrows represent the variables analysed (I: income, E: life expectancy, L: literacy and S: school attendance). Dashed arrows represent the triatomine species richness gradient.

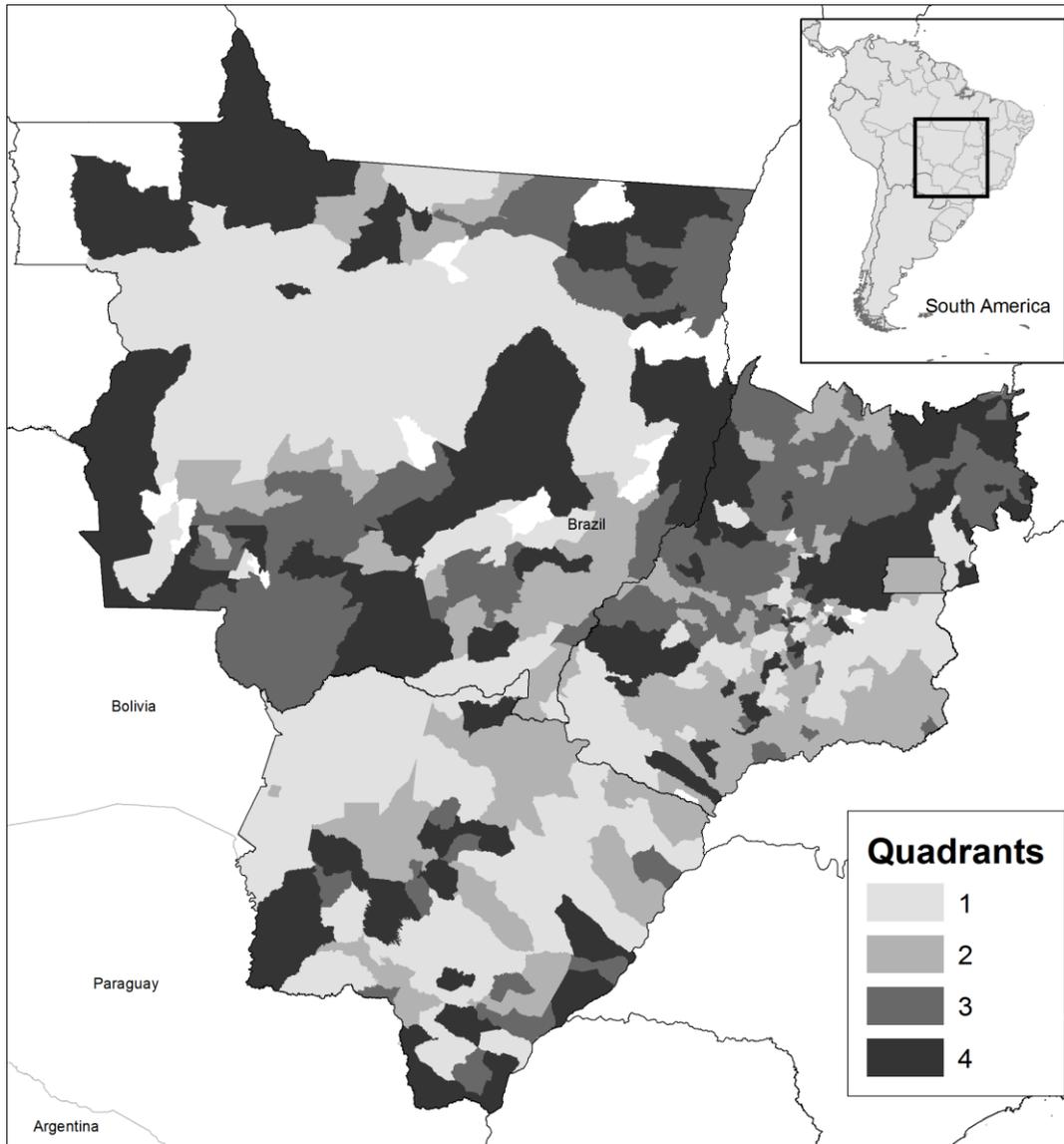


Fig 5: Map of the midwest region of Brazil indicating the classification of municipalities according to the distribution of the quadrants of the PCA, as a function of the socio-economic variables. Quadrants 1 and 2 indicate municipalities with high scores on income, literacy and life expectancy, while quadrants 3 and 4 point to those municipalities with low values on these variables. With regard to school attendance, quadrants 1 and 4 indicate high scores on school attendance, while quadrants 2 and 3 reflect those municipalities with low scores on that variable.

## 10. ANEXOS

### 10.1. Sequência de elementos da dissertação de acordo com a norma PPGMT01 de julho de 2011

#### Elementos pré-textuais

- i. Capa
- ii. Página de rosto
- iii. Ficha Catalográfica (no verso da página de rosto)
- iv. Composição da banca examinadora
- v. Dedicatória (Opcional)
- vi. Agradecimentos
- vii. Listas de quadros, tabelas, figuras e abreviações
- viii. Financiamento (inclui qualquer tipo de financiamento de agências de fomento, bolsas, etc.)
- ix. Índice x. Resumo e Abstract

**Elementos textuais:** os elementos textuais do capítulo de resultados poderão ser apresentados em dois tipos de formato; na forma de publicações e na forma tradicional.

- i. Capítulo: Introdução (Revisão de literatura)
- ii. Capítulo: Justificativa
- iii. Capítulo: Objetivos
- iv. Capítulo: Métodos
- v. Resultados 1. Formato de publicações: incluir um capítulo para cada artigo. Incluir **no mínimo um artigo para Dissertação (mestrado) e dois**

**para Tese (doutorado).** Os artigos devem seguir a formatação exigida por uma revista indexada escolhida pelos autores, e deverá conter título, autores e filiação institucional, resumo, palavras-chave, introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, agradecimentos e referências no padrão indicado pela revista escolhida.

vi. Capítulo: Discussão e considerações finais

vii. Capítulo: Conclusões

viii. Capítulo: Referências Bibliográficas: deverá conter todas as referências bibliográficas utilizadas na dissertação ou tese, listadas na ordem alfabética e citadas no texto no formato “author – ano” próprio do estilo de citação de Harvard. Na lista de referências deve ser utilizado o formato sugerido pelo *International Committee of Medical Journal Editors. Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals* que é mais simples, fazendo opção pela forma que exclui da citação o número e o mês da publicação. Recomenda-se a consulta dos documentos citados nas referências utilizadas para a elaboração da presente norma.

### **Elementos pós-textuais**

i. Apêndices

ii. Anexos

## **10.2. Instruções aos autores da Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz de abril de 2012**

As Memórias do Instituto Oswaldo Cruz são uma revista multidisciplinar que publica pesquisas originais relativas aos campos da medicina tropical (incluindo patologia, epidemiologia de campo e estudos clínicos), parasitologia médica e veterinária (protozoologia, helmintologia, entomologia e malacologia) e microbiologia médica (virologia, bacteriologia e micologia). A revista aceita, especialmente, pesquisas básicas e aplicadas em bioquímica, imunologia, biologia molecular e celular, fisiologia, farmacologia e genética relacionada a essas áreas. Comunicações breves são também consideradas. Artigos de revisão só quando solicitados. A revista publica oito números regulares, constituindo um por ano. Ocasionalmente, trabalhos apresentados em simpósios ou congressos são publicados como suplementos.

Os artigos apresentados devem ser escritos preferencialmente em inglês. Quando neste idioma, para não causar atrasos na publicação sugerimos que sejam checados por alguém que tenha o inglês como primeira língua e que, preferencialmente, seja um cientista da área.

A submissão de um manuscrito às Memórias requer que este não tenha sido publicado anteriormente (exceto na forma de resumo) e que não esteja sendo considerado para publicação por outra revista. A veracidade das informações e das citações bibliográficas é de responsabilidade exclusiva dos autores.

Os manuscritos serão analisados por pelo menos dois pareceristas; a aprovação dos trabalhos será baseada no conteúdo científico e na apresentação.

- Somente serão aceitas submissões eletrônicas dos artigos, no seguinte endereço: <http://submission.scielo.br/index.php/mioc/login>.
- O manuscrito deverá ser preparado de acordo com as Orientações aos Autores.

O manuscrito (incluindo tabelas e referências) deve ser preparado em um software para edição de textos, em espaço duplo, fonte 12, paginado. As margens devem ser de pelo menos 3 cm. As figuras deverão vir na extensão tiff, com resolução mínima de 300 dpi. Tabelas e legendas de figuras devem ser submetidos juntos em arquivo único. Somente figuras deverão ser encaminhadas como arquivo suplementar. O manuscrito deve ser apresentado na seguinte ordem:

- **Título resumido:** com até 40 caracteres (letras e espaços)
- **Título:** com até 250 caracteres
- **Autores:** sem títulos ou graduações
- **Afiliação institucional:** endereço completo somente do autor correspondente
- **Resumo:** com até 200 palavras (100 palavras no caso de comunicações breves). Deve enfatizar novos e importantes aspectos do estudo ou observações.
- **Palavras-chave:** devem ser fornecidos de 3 a 6 termos, de acordo com a lista Medical Subject Headings (Mesh) do Index Medicus.

- **Notas de rodapé:** indicando a fonte de financiamento e mudança de endereço
- **Introdução:** deve determinar o propósito do estudo, oferecer um breve resumo (e não uma revisão de literatura) dos trabalhos anteriores relevantes, e especificar quais novos avanços foram alcançados através da pesquisa. A introdução não deve incluir dados ou conclusões do trabalho em referência.
- **Materiais e Métodos:** deve oferecer, de forma breve e clara, informações suficientes para permitir que o estudo seja repetido por outros pesquisadores. Técnicas padronizadas bastam ser referenciadas.
- **Ética:** ao descrever experimentos relacionados a temas humanos, indicar se os procedimentos seguidos estiveram de acordo com os padrões éticos do comitê responsável por experimentos humanos (institucional ou regional) e de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, revisada em 1983. Ao relatar experimentos em animais, indicar se diretrizes de conselhos de pesquisa institucionais ou nacionais, ou qualquer lei nacional relativa aos cuidados e ao uso de animais de laboratório foram seguidas.
- **Resultados:** devem oferecer uma descrição concisa das novas informações descobertas, com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto todos os dados contidos em tabelas e ilustrações.
- **Discussão:** deve limitar-se ao significado de novas informações e relacionar as novas descobertas ao conhecimento existente. Somente as citações indispensáveis devem ser incluídas.
- **Agradecimentos:** devem ser breves e concisos e se restringir ao absolutamente necessário.
- **Referências:** devem ser precisas. Somente as citações que aparecem no texto devem ser referenciadas. Trabalhos não publicados, a não ser os já aceitos para publicação, não devem ser citados. Trabalhos aceitos

para publicação devem ser citados como "in press"; nesse caso, uma carta de aceitação da revista deverá ser fornecida. Dados não publicados devem ser citados somente no texto como "unpublished observations"; nesse caso, uma carta com a permissão do autor deve ser fornecida. As referências ao final do manuscrito devem ser organizadas em ordem alfabética de acordo com o sobrenome do primeiro autor.

- **Os títulos de revistas:** devem ser abreviados de acordo com o estilo usado no Index Medicus. Consultar: <http://www2.bg.am.poznan.pl/czasopisma/medicus.php?lang=eng>
- **No texto, usar o sobrenome do autor e a data:** Lutz (1910) ou (Lutz 1910).
- **Com dois autores, a forma é:** (Lutz & Neiva 1912) ou Lutz and Neiva (1912).
- **Quando há mais que dois autores, somente o primeiro é mencionado:** Lutz et al. (1910) ou (Lutz et al. 1910).
- **Nas referências, usar os seguintes estilos:**
  - **Artigo de revista**

Chagas C, Villela E 1922. Forma cardíaca da tripanosomiase americana. Mem Inst Oswaldo Cruz 14: 15-61.
  - **Livro ou Tese**

Forattini OP 1973. Entomologia Médica. Psychodidae, Phlebotominae, Leishmaniose, Bartonelose, Vol. IV, Edgard Blucher, São Paulo, 658 pp.

Morel CM 1983. Genes and Antigens of Parasites. A Laboratory Manual, 2nd ed., Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, xxii + 580 pp.

Mello-Silva CC 2005. Controle alternativo e alterações fisiológicas em *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818), hospedeiro intermediário de *Schistosoma mansoni* Sambom, 1907 pela ação do látex de *Euphorbia*

splendens var. hislopii N.E.B (Euphorbiaceae), PhD Thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 85 pp.

➤ **Capítulo de livro**

Cruz OG 1911. The prophylaxis of malaria in central and southern Brasil. In R Ross, The Prevention of Malaria, John Murray, London, p. 390-398.

➤ **Artigo de revista na Internet**

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs [serial on the Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12];102(6):[about 3 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>

➤ **Monografia na Internet**

Foley KM, Gelband H, editors. Improving palliative care for cancer [monograph on the Internet]. Washington: National Academy Press; 2001 [cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.nap.edu/books/0309074029/html/>.

➤ **Homepage/Web site**

Cancer-Pain.org [homepage on the Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>.

➤ **Parte de uma homepage/Web site**

American Medical Association [homepage on the Internet]. Chicago: The Association; c1995-2002 [updated 2001 Aug 23; cited 2002 Aug 12]. AMA Office of Group Practice Liaison; [about 2 screens]. Available from: <http://www.ama-assn.org/ama/pub/category/1736.html>

• **BASE DE DADOS NA INTERNET**

➤ **Acesso aberto:**

Who's Certified [database on the Internet]. Evanston (IL): The American Board of Medical Specialists. c2000 - [cited 2001 Mar 8]. Available from: <http://www.abms.org/newsearch.asp>

➤ **Acesso fechado:**

Jablonski S. Online Multiple Congenital Anomaly/Mental Retardation (MCA/MR) Syndromes [database on the Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US). c1999 [updated 2001 Nov 20; cited 2002 Aug 12]. Available from: [http://www.nlm.nih.gov/mesh/jablonski/syndrome\\_title.html](http://www.nlm.nih.gov/mesh/jablonski/syndrome_title.html)

➤ **Parte de uma base de dados na Internet**

MeSH Browser [database on the Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine(US); 2002 - [cited 2003 Jun 10]. Meta-analysis; unique ID: D015201; [about 3 p.]. Available from: <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html> Files updated weekly. Updated June 15, 2005

- **Ilustrações:** figuras e tabelas devem ser compreensíveis sem a necessidade de referência ao texto
- **Figuras:** as fotografias devem ser bem nítidas, com alto contraste, ampliadas em preto e branco em papel brilhante, se apresentadas lâminas, as figuras devem ser numeradas consecutivamente em algarismos arábicos. As escalas devem ser indicadas por uma linha ou barra na figura, e referenciadas, se necessário, na legenda (por exemplo, bar = 1 mm etc.). Lâminas e gráficos devem ajustar-se tanto em uma coluna (8 cm) ou na largura completa (16.5 cm) da página, e devem ser menores que a página para permitir a inclusão da legenda. As letras e números nas figuras devem ter tamanho legível após a redução ou a impressão. Ilustrações coloridas somente podem ser aceitas se os autores assumirem os custos. Por outro lado, uma fotografia colorida ilustra a capa de cada fascículo de Memórias, e os autores são

convidados a submeter para consideração da revista ilustrações com legendas de seus manuscritos que poderão vir a ilustrar a capa.

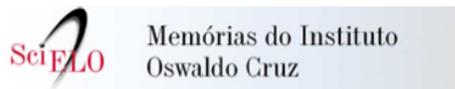
- **Tabelas:** devem complementar, e não duplicar, o texto. Elas devem ser numeradas em algarismos romanos. Um título breve e descritivo deve constar no alto de cada tabela, com quaisquer explicações ou notas de rodapé (identificadas com letras a, b, c etc.) colocadas abaixo.
  - **Comunicações breves:** devem ser breves e diretas. Seu objetivo é comunicar com rapidez resultados ou técnicas particulares. As comunicações não devem ocupar mais do que três páginas impressas, incluindo figuras e/ou tabelas. Não devem conter referências em excesso. As referências devem ser citadas no final do texto, usando o mesmo formato para artigos originais. Um resumo breve e três palavras-chave devem ser apresentados.
  - **Formato alternativo:** Os manuscritos podem ser submetidos seguindo os "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" produzidos pelo International Committee of Medical Journal Editors, também conhecidos como Vancouver Style. Nesse caso, os autores devem seguir as diretrizes da quinta edição (*Annals of Internal Medicine* 1997; 126: 36-47, ou no website <http://www.acponline.org/journals/resource/unifreqr/htm>), sendo responsáveis por modificar o manuscrito onde diferir das instruções aqui apresentadas, se o manuscrito for aceito para publicação. Os autores também deverão seguir os Uniform Requirements para quaisquer outras diretrizes omitidas nestas instruções
- **Uma vez que um trabalho seja aceito para publicação, os autores devem enviar:**
    - **Uma declaração de affidavit** fornecida pela produção editorial da revista, assinada por todos os autores. Autores de diferentes países ou

instituições podem assinar em diferentes folhas que contenham a mesma declaração.

- **Uma declaração de copyright** fornecida pela produção editorial da revista, assinada pelo autor responsável pela correspondência.
- **Taxas:** a revista não cobra taxas para publicação.
- **Provas:** serão enviadas provas tipográficas aos autores para a correção de erros de impressão. As provas devem retornar para a Produção Editorial na data estipulada. Outras mudanças no manuscrito original não serão aceitas nesta fase

### 10.3. Comprovante de submissão do Artigo a Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz

Memórias do Instituto Oswaldo Cruz



#### Climatic and socio-economic determinants for triatomine occurrence in the midwest region of Brazil

Journal:	<i>Memórias do Instituto Oswaldo Cruz</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Pereira, Joyce de Almeida, Paulo de Sousa, Adair de Paula, Aécio Machado, Ricardo; UnB, Gonçalves, Rodrigo; Universidade de Brasília, Patologia
Keyword:	Triatominae, Ecological niches, Midwest region of Brazil, Entomological surveillance , Chagas disease

SCHOLARONE™  
Manuscripts

Only

<http://mc04.manuscriptcentral.com/mioc-scielo>