

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS - CCHN**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**GUILHERME SANCHES CORRÊA DO NASCIMENTO**

**ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS E ECOLÓGICOS DE *RHODNIUS***  
***DOMESTICUS* NEIVA & PINTO, 1923 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE),**  
**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA**  
**EPIDEMIOLOGIA DA DOENÇA DE CHAGAS**

**Vitória, ES**

**2016**

**GUILHERME SANCHES CORRÊA DO NASCIMENTO**

**ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS E ECOLÓGICOS DE *RHODNIUS  
DOMESTICUS* NEIVA & PINTO, 1923 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE),  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA  
EPIDEMIOLOGIA DA DOENÇA DE CHAGAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rocha Leite**

Vitória, ES

2016

**GUILHERME SANCHES CORRÊA DO NASCIMENTO**

**ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS E ECOLÓGICOS DE *RHODNIUS*  
*DOMESTICUS* NEIVA & PINTO, 1923 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE),  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA  
EPIDEMIOLOGIA DA DOENÇA DE CHAGAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em 11 de julho de 2016

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gustavo Leite Rocha  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Orientador

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Narcisa Imaculada Brant Moreira  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Blima Fux  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer com muito carinho aos meus pais Ana Lucia de Oliveira Sanches Nascimento e José Roberto Corrêa do Nascimento pelo amor incondicional e por sempre priorizarem meu bem estar, minha formação pessoal e acadêmica.

Aos meus padrinhos Margareth Sanches Sancio e Antonio Valentim Sancio que sempre estiveram ao meu lado cuidando de mim, nunca medindo esforços para me ajudar, me tendo como um filho e que considero como pais.

Agradeço a toda minha família: meu irmão Lucas Sanches Corrêa do Nascimento, meus avós, tios e primos que sempre foram meu maior apoio e sempre estiveram ao meu lado em todas as situações que eu precisei.

A minha namorada Paula Padrão Fonseca, que desde o momento que conheci se mostrou muito amiga. Agradeço por me acalmar nos momentos que fiquei mais estressado, compreender nos momentos que fiquei nervoso e por todo amor e carinho que me deu.

Aos meus colegas de sala, que dividiram comigo as dificuldades da graduação e me proporcionaram vários momentos de descontração, em especial o Matheus Dalbem, João Felipe de Souza, Fabiano Volponi e Emanuela Carvalho.

Ao Professor Doutor Gustavo Rocha Leite, que me orientou durante todas as etapas do trabalho, sempre se mostrando disponível, com muita boa vontade e me passando vários conhecimentos teóricos e práticos relacionados à área acadêmica.

As Professoras Doutoras Blima Fux e Narcisa Moreira por participarem da minha banca e auxiliarem no meu processo de formação acadêmica e ao Claudiney dos Santos por disponibilizar dados da Secretaria de Estado da Saúde (SESA) utilizados nesse trabalho.

A todos os funcionários da universidade que ajudaram criar e manter a instituição onde pude me graduar no ensino superior, principalmente os funcionários das bibliotecas que se mostraram muito eficazes e atenciosos na obtenção de materiais imprescindíveis para esse trabalho. Ao corpo docente que me guiou no processo de formação acadêmica e pessoal, tendo grande influencia os professores: Albert Ditchfield, Robson do Santos, Tânia Guerra e Yuri Leite.

## RESUMO

*Rhodnius domesticus* é uma espécie de triatomíneo vetor do *Trypanosoma cruzi*, agente etiológico da Doença de Chagas. Tal moléstia é considerada uma das parasitoses mais negligenciadas da América Latina, afligindo principalmente populações no Brasil. Essa espécie de barbeiro tem hábito silvestre e possui registros de ocorrência em vários biomas brasileiros. Entretanto sua identificação é feita frequentemente de forma errônea e a espécie parece ser endêmica da Mata Atlântica. O objetivo deste estudo foi modelar a distribuição geográfica atual e futura de *R. domesticus* e caracterizar a sua importância na epidemiologia da Doença de Chagas. Registros de ocorrência da espécie foram obtidos a partir de pesquisas bibliográficas e dados disponibilizados pela Secretaria de Estado da Saúde (SESA). O georreferenciamento destes dados foi feito com base em coordenadas geográficas provenientes do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e GEOBASES (Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo). Variáveis bioclimáticas, derivadas da temperatura, precipitação e elevação foram obtidas do projeto Worldclim. A modelagem de nicho ecológico da espécie foi então realizada por meio do algoritmo de máxima entropia (Maxent). Posteriormente os resultados foram também projetados para previsões climáticas, pessimista e otimista, dos anos 2050 e 2070 (CIMIP5). O modelo gerado apontou alta adequabilidade em áreas de Mata Atlântica em vários estados brasileiros e no Paraguai, área onde a espécie não foi registrada. As distribuições previstas para a espécie no futuro variaram ao passar dos anos de forma diferente nos cenários utilizados (otimista e pessimista). Em geral, as regiões ao interior do continente são as mais afetadas com as mudanças climáticas. As alterações climáticas observadas são importantes, pois podem mudar a distribuição geográfica de uma espécie vetor da Doença de Chagas, e conseqüentemente, influenciar na área de risco para transmissão dessa doença.

*Palavras-chave:* Biogeografia, Neotropical, Modelos de distribuição.

## ABSTRACT

*Rhodnius domesticus* is a species of triatomine that serve as a vector of *Trypanosoma cruzi*, etiologic agent of Chagas Disease. Such illness is considered one of the most neglected parasitic diseases in Latin America, mainly afflicting populations in Brazil. This kind of insect has a sylvatic habit and occurrence records in several Brazilian biomes. However its identification is often made wrongly and the species seems to be endemic at the Atlantic Forest. This study goal was to model the current geographic distribution and future of *R. domesticus* and characterize its importance in the epidemiology of Chagas Disease. Records of the species were obtained from bibliographic research and data available for the State Department of Health (SESA). The georeferencing of this data was based on geographic coordinates from the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) and GEOBASES (Integrated Geospatial Bases of the State of Espírito Santo). Bioclimatic variables, derived from temperature, precipitation and elevation, were obtained from Worldclim project. The ecological niche model of the species was created, using the maximum entropy algorithm (Maxent). Subsequently the results were also designed for climate predictions to the years of 2050 and 2070, in pessimistic and optimistic scenarios (CMIP5). The generated model showed high niche suitability in rainforest areas in several Brazilian states and Paraguay, region where the specie was never recorded. Distributions predictions for the specie in the future varied over the years differently in each scenario (optimistic and pessimistic). In general, the midland are the most affected by climate changes. The observed climate changes are important because they can modify the geographical distribution of the species that transmit Chagas Disease, and consequently influence its risk area.

*Keywords:* Biogeography, Neotropical, Models of Distribution.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Jackknife de AUC para *Rhodnius domesticus* das variáveis climáticas utilizadas na modelagem. “omissão” é a barra relativa à produção do modelo excluindo a variável em questão; “única variável” é a barra relativa a produção do modelo utilizando somente a variável em questão; “total” barra relativa a produção do modelo com todas as dez variáveis. As variáveis foram abreviadas: elevação (ELE), oscilação térmica diária (OTD), sazonalidade térmica (ST), temperatura máxima do mês mais quente (TMMQ), temperatura média da estação seca (TMES), precipitação no mês úmido (PMU), precipitação no mês mais seco (PMS), sazonalidade de precipitação (SP), precipitação da estação quente (PEQ) e precipitação da estação fria (PEF)....**18**

Figura 2. Gráficos de adequabilidade de cada variável climática utilizada na modelagem para o nicho de *Rhodnius domesticus*. O eixo y representa a probabilidade de ocorrência da espécie e o eixo x a uma faixa de valores das variáveis.....**19**

Figura 3. Mapas de distribuição de nicho ecológico para *Rhodnius domesticus* com os pontos utilizados na modelagem (analisados) e pontos omitidos da modelagem (excluídos). O valor 1 é equivalente as áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, por tanto puderam ser arredondados para simplificar a legenda. A – Modelo de distribuição com estados brasileiros delimitados em preto e outros países sul americanos delimitados em cinza. B – Modelo de distribuição incluindo a área de Mata Atlântica.....**20**

Figura 4. Mapas de modelagem de nicho para *Rhodnius domesticus* no presente (A), previstos para os anos de 2050 no cenário RPC 2.6 (B) e RPC 8.5 (C), previstos para os anos de 2070 no cenário RPC 2.6 (D) e RPC 8.5 (E). O valor 1 é equivalente as áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, por tanto puderam ser arredondados com intuito de simplificar a legenda. Os estados brasileiros foram delimitados em preto e os demais países da America latina em cinza.....**21**

Figura 5. Mapa de distribuição de nicho ecológico para *Rhodnius domesticus* delimitando o Espírito Santo. Os números romanos I e II são relativos aos municípios onde foram coletados espécimes no estado. O valor 1 é equivalente as áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, por tanto puderam ser arredondados para simplificar a legenda.....**22**

Figura 6. Área de risco para *Rhodnius domesticus* nos futuros até 2070. Regiões vermelhas são as áreas com perturbação e possível risco de surtos da Doença de Chagas. Estados brasileiros delimitados em preto e demais países latino americanos em cinza claro.....**23**



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de AUC e desvio padrão para os modelos de distribuição geográfica de <i>Rhodnius domesticus</i> no presente e nos cenários RCP 2.6 e RCP 8.5 para os anos de 2050 e 2070.....	17
---	----

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	11
2	Objetivos.....	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivos Específicos .....	12
3	Metodologia .....	13
3.1	Área de Estudo .....	13
3.2	Dados de Ocorrência .....	13
3.3	Georreferenciamento .....	13
3.4	Variáveis Ambientais .....	14
3.5	Modelagem da Distribuição.....	14
3.6	Validação do Modelo.....	15
3.7	Modelagem da Distribuição Futura.....	15
3.8	Determinação de Áreas de Risco no Futuro.....	16
4	Resultados.....	16
5	Discussão .....	23
6	Conclusão.....	26
	REFERÊNCIAS.....	28
	APÊNDICE.....	32

## 1 Introdução

---

A Doença de Chagas é causada por um protozoário flagelado denominado *Trypanosoma cruzi* da ordem Kinetoplastida e família Trypanosomatidae. Na sua fase inicial os sintomas são quase sempre inespecíficos, mas na fase crônica da doença ocorre o comprometimento do sistema cardíaco ou digestivo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005). Os responsáveis pela transmissão do agente etiológico são insetos hematófagos popularmente conhecido como barbeiros (DIAS *et al.*, 2002; WHO, 2002), pertencentes à subfamília Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) que se distribui principalmente pela região Neotropical (GALVÃO *et al.*, 2003; RODRIGUERO & GORLA, 2004). De acordo com a Organização mundial de Saúde (World Health Organization) existem entre 6 a 7 milhões de portadores da doença no mundo e a maioria dos infectados estão na América Latina, representando uma das parasitoses mais importantes e negligenciadas dessa região (DIAS *et al.*, 2002; WHO, 2002). No Brasil entre 2000 e 2011 foram registradas 76.847 mortes relacionadas a doenças tropicais negligenciadas, onde 76,7% dessas mortes foram devido à Doença de Chagas (MARTINS-MELLO *et al.*, 2016).

A Doença de Chagas foi classificada primeiramente como uma zoonose do tipo enzoótico, somente atingindo e sendo mantida por animais silvestres e triatomíneos de hábitos silvestres. Com as modificações no meio natural, causadas pelos processos antrópicos, novos ciclos biológicos foram se constituindo e ocorreu a adaptação dos vetores ao domicílio humano (MOURA *et al.*, 1969). No entanto a maior parte das espécies dos vetores ocorre em ecótopos silvestres (GAUNT & MILES, 2000) que frequentemente têm invadido e esporadicamente colonizado ambientes antrópicos (DIAS-LIMA & SHERLOCK, 2000; WOLFF & CASTILLO, 2002; ZELEDÓN *et al.*, 2006).

*Rhodnius domesticus* é uma espécie de triatomíneo descrita por Neiva e Pinto em 1923, tendo Angra dos Reis como sua localidade tipo (GALVÃO *et al.*, 1960) e possuindo pontos de ocorrência em áreas de Mata Atlântica na Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (GURGEL-GONÇALVES, *et al.*, 2012). Apesar de seu epíteto específico, a espécie possui hábito silvestre e ocasionalmente invade residências, provavelmente sendo atraída pela luz (LENT, 1942). O inseto é encontrado principalmente em bromélias, palmeiras, ninhos de marsupiais e roedores (FORATTINI *et al.*, 1978; LENT; WYGODZINSKY, 1979). A infecção pelo *T. cruzi* em *R. domesticus* foi verificada tanto experimentalmente como na natureza (GALVÃO *et al.*, 1960; GUANERI *et al.*, 1958) caracterizando a espécie como potencial transmissora da Doença de Chagas para o homem e atuante na manutenção do ciclo silvestre do agente etiológico.

Condições ambientais e distribuição geográfica das espécies estão diretamente relacionadas, de forma que mudanças climáticas podem alterar a distribuição geográfica de uma espécie (LEITE *et al.*, 2011; PETERSON *et al.*, 2002). As condições climáticas podem atuar como fatores limitantes em certas regiões dependendo das necessidades ecológicas e fisiológicas de uma determinada espécie. Áreas onde as variáveis ambientais apresentam condições adequáveis para a ocorrência da espécie há uma maior chance da existência de populações viáveis (SOBERÓN & PETERSON). Em se tratando de vetores, esse ponto se torna ainda mais preocupante, pois estas mudanças podem influenciar na expansão da área de risco para transmissão de determinada doença (PETERSON & SHAW, 2003). Estudos biogeográficos auxiliam no entendimento da transmissão de *T. cruzi* e na formulação de medidas de controle, devido a necessidade de conhecimento detalhado da distribuição geográfica de suas espécies de vetores, de suas adaptações às condições do ambiente, e prevalência de infecção por *T. cruzi* (DE PAULA *et al.*, 2007; GURGEL-GONÇALVES *et al.*, 2012; JURBERG *et al.*, 1996).

## 2 Objetivos

---

### 2.1 Objetivo Geral

Indicar a distribuição geográfica atual e apresentar a distribuição futura de *R. domesticus* e caracterizar a sua importância na epidemiologia da Doença de Chagas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Fazer uma revisão bibliográfica dos dados de ocorrência de *R. domesticus*.
- Atualizar a distribuição geográfica de *R. domesticus* por meio de modelagem.
- Apresentar as características climáticas e ambientais ideais para a ocorrência de *R. domesticus*.
- Investigar a probabilidade de ocorrência de *R. domesticus* fora da Mata Atlântica.
- Modelar a distribuição geográfica futura de *R. domesticus* modificada por alterações climáticas.
- Delinear áreas de risco para transmissão da Doença de Chagas por *R. domesticus*.

### 3 Metodologia

---

#### 3.1 Área de Estudo

A América Latina apresenta grande mortalidade relacionada à Doença de Chagas, especialmente no Brasil (MARTINS-MELO, *et al.*, 2012). *R. domesticus* ocorre em áreas de Mata Atlântica nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (GURGEL-GONÇALVES, *et al.*, 2012). Esse bioma apresenta condições ambientais bastante variáveis. Apresenta vegetação de florestas Ombrófilas, onde a temperatura varia em geral entre 22 e 25 °C, mas em algumas regiões no sul do país permanece ao redor de 18 °C chegando a temperaturas menores que 15 °C em algumas épocas do ano. Essa vegetação é amplamente distribuída e é encontrada em áreas sem período seco ou variando entre dois ou quatro meses. As florestas Estacional Semidecidual e Estacional Decidual, também fazem parte desse bioma. Essa vegetação está em áreas com períodos chuvosos e secos bem marcados e com medias de temperaturas anuais ao redor de 24 °C, mas podendo chegar a valores abaixo de 15 °C em algumas localidades. Na Mata Atlântica também estão presente regiões de savana, estepe e algumas formações pioneiras. O bioma é extremamente diverso e abrange vários climas e vegetações (CAMPANILI & SCHAFFER, 2010).

#### 3.2 Dados de Ocorrência

O presente estudo foi realizado com base em levantamento de dados de ocorrência de *R. domesticus*. Esses dados foram obtidos por meio de revisão bibliográfica detalhada e exaustiva da literatura científica, e também a partir de registros da Secretaria Estadual de Saúde (SESA) no período de 1996 a 2016. Devido à elevada frequência de identificação errônea dessa espécie (FERREIRA *et al.*, 2014), dados duvidosos não foram utilizados nas análises.

#### 3.3 Georreferenciamento

O georreferenciamento foi feito por meio de informações dos dados da ocorrência da espécie em municípios e localidades do Brasil, com base em coordenadas geográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e GEOBASES (Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo). Esses dados foram utilizados para criação de um

mapa com os pontos de ocorrência da espécie e para isso foi utilizado o programa ArcGIS 9.3 (ESRI, Redlands, CA, USA).

### 3.4 Variáveis Ambientais

O projeto WorldClim disponibiliza vinte variáveis bioclimáticas (HIJMANS *et al.*, 2005), são elas: elevação, temperatura média anual, oscilação térmica diária, isothermalidade, sazonalidade térmica, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, oscilação térmica anual, temperatura média da estação quente, temperatura média da estação seca, temperatura média da estação úmida, temperatura média da estação fria, precipitação anual, precipitação do mês mais úmido, precipitação do mês mais seco, sazonalidade de precipitação, precipitação da estação úmida, precipitação da estação seca, precipitação da estação quente, e precipitação da estação fria.

A correlação entre as variáveis foi verificada por meio de análises de Correlação de Pearson. Caso duas ou mais variáveis apresentassem o coeficiente  $r$  maior que  $|0,7|$ , somente uma seria selecionada para a modelagem. A seleção foi feita de modo a conseguir a maior quantidade de variáveis não correlacionadas entre si.

### 3.5 Modelagem da Distribuição

Utilizou-se para a modelagem da distribuição da espécie o Maxent, algoritmo que estima a probabilidade de ocorrência da espécie por meio da distribuição da probabilidade da máxima entropia, sujeita a uma série de restrições que representam as informações incompletas sobre a distribuição da espécie. Neste modelo de distribuição, utilizam-se locais da presença da espécie, junto com variáveis ambientais em um cenário definido pelo usuário que é dividido em células. Deste cenário, o Maxent extrai uma amostra de localizações conhecidas que contrasta com os locais de presença (PHILLIPS *et al.*, 2006; PHILLIPS & DUDÍK, 2008). Para a modelagem da distribuição, selecionamos aleatoriamente 70% dos pontos de ocorrência da espécie, sendo que os 30% restantes foram utilizados para validação do modelo. Com o intuito de incluir todos os pontos na análise, esse processo foi feito 10 vezes e a média dos valores foi obtida, gerando um modelo final que utiliza todos os pontos de ocorrência da espécie. Permitindo ainda, 10 validações independentes do modelo final.

A partir dos pontos de ocorrência, variáveis ambientais, e modelagem, é possível obter as variáveis mais importantes para a ocorrência da espécie e assim definir suas características bioecológicas.

Para determinar quais variáveis climáticas são melhores indicadoras de locais adequáveis para ocorrência da espécie, foi utilizado o Jackknife. Esse método de reamostragem se baseia na criação de diversos modelos de nicho ecológico retirando uma de suas variáveis em cada e finalmente comparando com o modelo gerado utilizando todas variáveis. Comparando o modelo com o jogo completo de variáveis com os modelos omitindo ou utilizando somente uma das variáveis, é possível analisar como cada uma delas é capaz de influenciar e alterar a distribuição de ocorrência da espécie como um todo. Variáveis que têm área prevista de ocorrência mais próxima ao modelo completo são boas indicadoras. Variáveis que mudam muita a distribuição quando excluídas da análise apresentam grande influencia na distribuição da espécie.

### **3.6 Validação do Modelo**

Utilizamos como teste externo, que representa o método de validação do modelo, o método da área sob a curva (*área under the curve*) da característica operatória do receptor (*receiver operating characteristic*). Os valores de AUC normalmente variam entre 0,5 para modelos sem habilidade de discriminação até 1,0 para modelos com discriminação perfeita (FIELDING & BELL, 1997). Esta medida é considerada normalmente uma das melhores para avaliação do desempenho do modelo (ELITHE *et al.*, 2006).

### **3.7 Modelagem da Distribuição Futura**

Para modelagem de distribuição em cenários futuros foram utilizados dados climáticos obtidos do Modelo Hadley Global Environment Model 2 - Earth System (HadGEM2-ES). Nessa análise foram considerados dois dos quatro cenários climáticos possíveis para os anos de 2050 e 2070, determinados pelo Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CIMIP5): O cenário RCP 2.6 e RCP 8.5, que é a predição mais otimista e mais pessimista em relação às mudanças climáticas nos próximos anos, respectivamente.

O RCP 2.6 cria um cenário onde a emissão de gases do efeito estufa (GHG) diminui significativamente após um pico de produção entre 2010 e 2020. Enquanto o RCP 8.5 prediz um crescimento na taxa de emissão de GHG durante todo século vinte e um. Utilizando esses dois

modelos é possível observar a influência das mudanças climáticas na distribuição de *R. domesticus*, nas predições dos cenários ambientais mais extremos para os anos de 2050 e 2070.

### 3.8 Determinação de Áreas de Risco no Futuro

As áreas de riscos foram caracterizadas como as áreas mais perturbadas com as mudanças climáticas, locais onde a chance de ocorrer adaptação e êxodo da espécie de áreas silvestres para urbanas seria maior. Para a delimitação no mapa foram utilizadas a distribuição do presente e as médias dos modelos nos cenários RCP 2.6 e 8.5 para os anos de 2050 e 2070. Estes foram então cortados pelo método *minimum training presence*. Usando de parâmetro o menor valor de adequabilidade encontrado nos pontos que geraram o modelo, esse método define dois tipos de áreas, as que a espécie não ocorre e as que a espécie ocorre, sendo respectivamente as áreas com valores de adequabilidade menores e maiores da que a do ponto indicado. A partir do ArcGIS 9.3 foi obtida a interseção da área de ocorrência do presente com as do futuro. Os locais cuja ocorrência da espécie foi prevista no presente, mas não no futuro, representariam as áreas de risco.

## 4 Resultados

---

Na revisão bibliográfica foram encontrados pontos de ocorrência de *R. domesticus* entre 1923 e 2016, em nove estados brasileiros: Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rondônia, Santa Catarina e São Paulo. Em algumas referências o estado do Piauí estava incluso na região de ocorrência, entretanto nenhum ponto foi encontrado para essa localidade. Devido a espécie ser frequentemente identificada de forma equivocada (FERREIRA *et al.*, 2014), dos trinta e seis pontos coletados, seis foram descartados das análises por serem considerados duvidosos. Com a retirada dos pontos dos municípios de Lassance (MG), Presidente Dutra (BA), Pastos Bons (MA) e os três de Porto Velho (RO), somente os demais pontos dos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo foram utilizados na modelagem de nicho (Apêndice 1).

Algumas variáveis bioclimáticas disponíveis no projeto WorldClim apresentaram grande correlação ente si. Portanto das vinte variáveis somente dez foram utilizadas na modelagem, essas são: elevação, oscilação térmica diária, sazonalidade térmica, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura média da estação seca, precipitação no mês úmido, precipitação no mês



mais seco, sazonalidade de precipitação, precipitação da estação quente e precipitação da estação fria.

A modelagem de distribuição geográfica gerada pelo Maxent apresentou valores médios de AUC acima de 0,97 para o presente e para os anos de 2050 e 2070 nos dois cenários utilizados em cada um. O valor médio foi dado pela média de dez réplicas do mesmo modelo, onde o menor e o maior valor de AUC foi presente no ano de 2070. No cenário RPC 2.6 desse ano uma das réplicas apresentou o valor de 0,8686 e no cenário RCP 8.5 um dos valores de AUC chegou a 0,9992 para uma das réplicas (Tabela 1).

**Tabela 1. Valores de AUC e desvio padrão para os modelos de distribuição geográfica de *Rhodnius domesticus* no presente e nos cenários RCP 2.6 e RCP 8.5 para os anos de 2050 e 2070.**

Cenário	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Presente	0.9858	0.0148	0.9966	0.9581
Futuro 2050 (RCP 2.6)	0.9815	0.0129	0.9929	0.9519
Futuro 2050 (RCP 8.5)	0.9847	0.0146	0.9981	0.9496
Futuro 2070 (RCP 2.6)	0.9732	0.0390	0.9982	0.8686
Futuro 2070 (RCP 8.5)	0.9841	0.0168	0.9992	0.9483

Utilizando o Jackknife, a modelagem de *R. domesticus* indicou que todas as condições climáticas apresentaram AUCs próximos e maiores que 0,95 no teste de sua omissão. Quando cada variável foi utilizada individualmente para gerar o modelo houve uma diferença brusca nos valores de AUC. A sazonalidade térmica (ST), temperatura máxima do mês mais quente (TMMQ) e temperatura média da estação seca (TMES) apresentaram os maiores valores de AUC, sendo iguais ou maiores que 0,9. A elevação (ELE) apresentou o AUC próximo de 0,6 se destacando das demais variáveis pelo seu valor bem baixo. As demais condições climáticas variaram seus valores entre 0,75 e 0,9 (Figura 1).

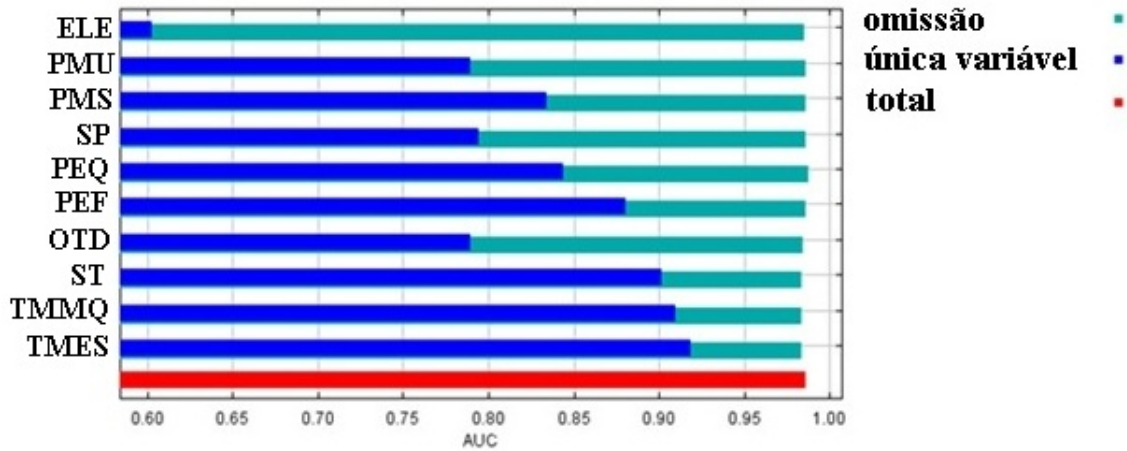
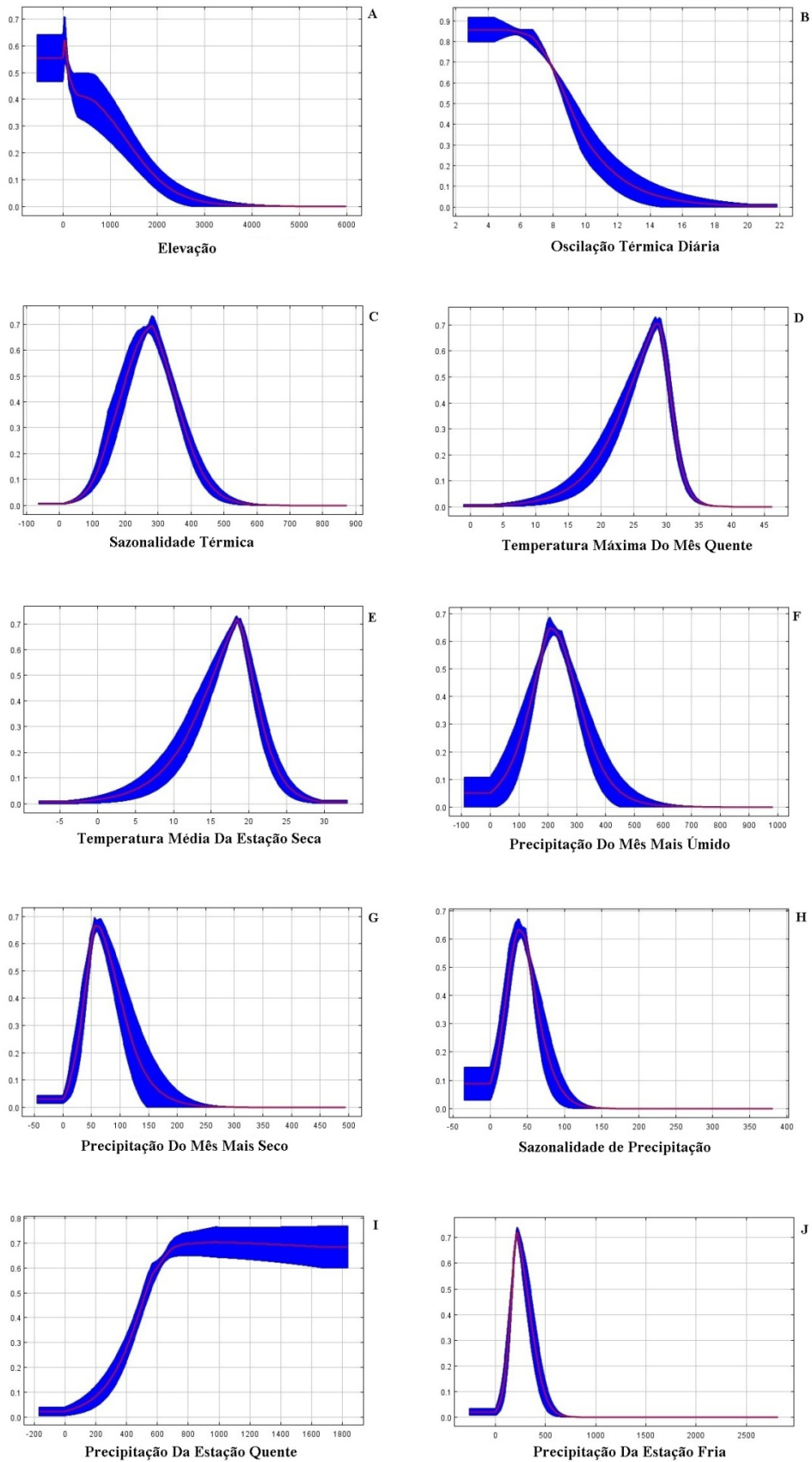


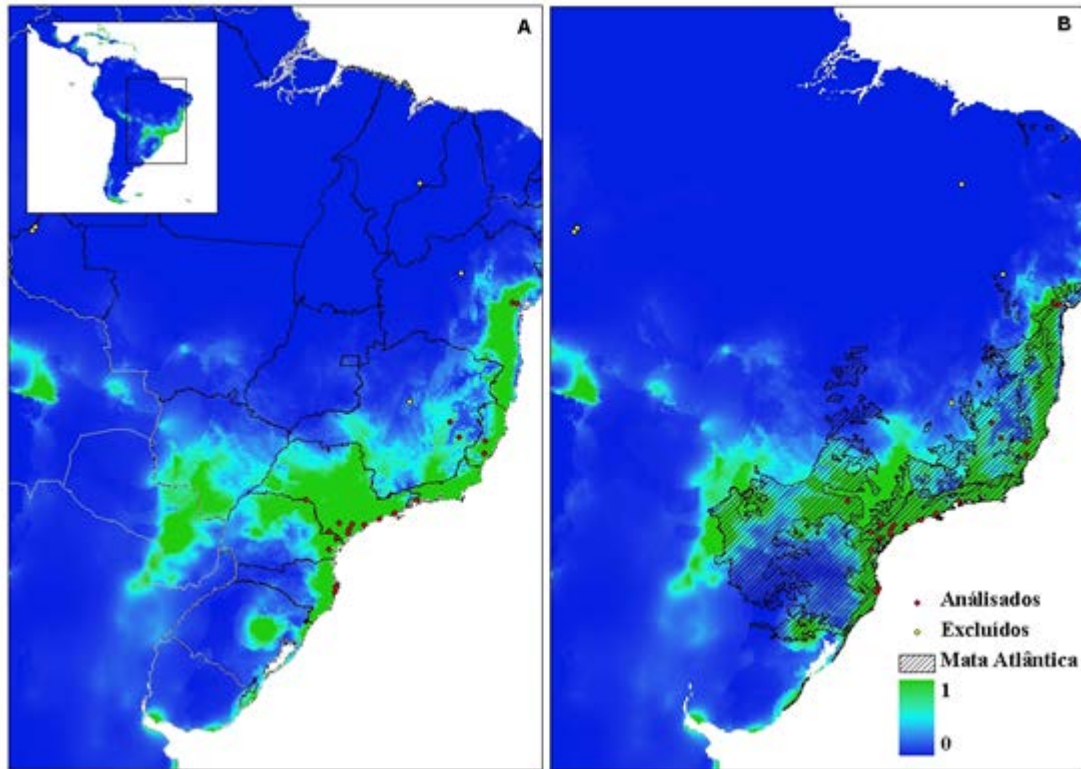
Figura 1. Jackknife de AUC para *Rhodnius domesticus* das variáveis climáticas utilizadas na modelagem. “omissão” é a barra relativa à produção do modelo excluindo a variável em questão; “única variável” é a barra relativa a produção do modelo utilizando somente a variável em questão; “total” barra relativa a produção do modelo com todas as dez variáveis. As variáveis foram abreviadas: elevação (ELE), oscilação térmica diária (OTD), sazonalidade térmica (ST), temperatura máxima do mês mais quente (TMMQ), temperatura média da estação seca (TMES), precipitação no mês úmido (PMU), precipitação no mês mais seco (PMS), sazonalidade de precipitação (SP), precipitação da estação quente (PEQ) e precipitação da estação fria (PEF).

O modelo gerou curvas de probabilidade utilizando cada variável independentemente para propor as melhores condições climáticas para a espécie: elevação próxima a 0 m, oscilação térmica diária abaixo de 7°C, sazonalidade térmica ao redor de 2,70°C, temperatura máxima do mês mais quente ao redor de 27 °C, temperatura média da estação seca ao redor de 18 °C, precipitação no mês úmido ao redor de 220 mm, precipitação no mês mais seco de 70 mm, sazonalidade de precipitação entre 25 e 40, precipitação da estação quente de acima de 650 mm, precipitação da estação fria próxima de 250 mm (Figura 2).



**Figura 2.** Gráficos de adequabilidade de cada variável climática utilizada na modelagem para o nicho de *Rhodnius domesticus*. O eixo y representa a probabilidade de ocorrência da espécie e o eixo x a uma faixa de valores das variáveis.

Todos os pontos de ocorrência excluídos da modelagem se encontram em áreas com probabilidade de ocorrência da espécie quase nula (Figura 3A). Também foi verificado que os pontos utilizados se encontravam dentro da região de Mata Atlântica e que esse bioma compreendeu grande parte da região adequada para a ocorrência de *R. domesticus* (Figura 3B).



**Figura 3.** Mapas de distribuição de nicho ecológico para *Rhodnius domesticus* com os pontos utilizados na modelagem (analisados) e pontos omitidos da modelagem (excluídos). O valor 1 é equivalente as áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, portanto puderam ser arredondados para simplificar a legenda. A – Modelo de distribuição com estados brasileiros delimitados em preto e outros países sul americanos delimitados em cinza. B – Modelo de distribuição incluindo a área de Mata Atlântica.

A modelagem de distribuição do presente mostra uma grande área de adequabilidade climática para *R. domesticus*, compreendendo os estados brasileiros da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e parte do Paraguai (Figura 4A). No cenário RCP 2.6 em 2050 essa área em geral diminui, se retraindo mais para o sul do continente (Figura 4B) e no ano 2070 ocorre uma pequena expansão (Figura 4D). No cenário 8.5 em 2050 ocorre semelhante redução da área (Figura 4C). Entretanto em 2070 é apresentada uma área de adequabilidade muito menor, onde ocorre uma retração para as regiões mais litorâneas (Figura 4E).

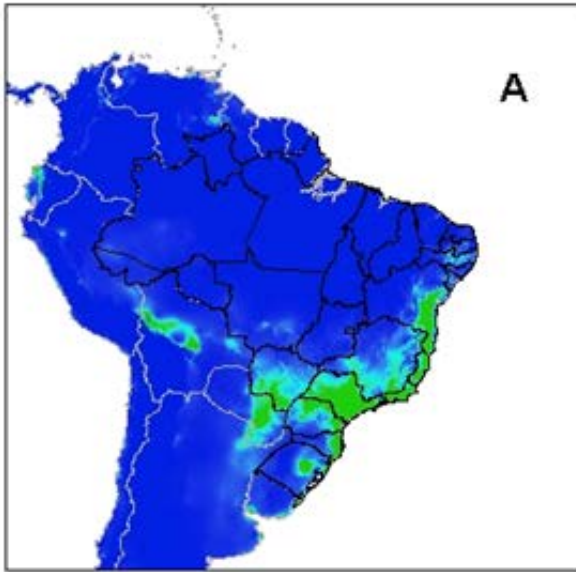
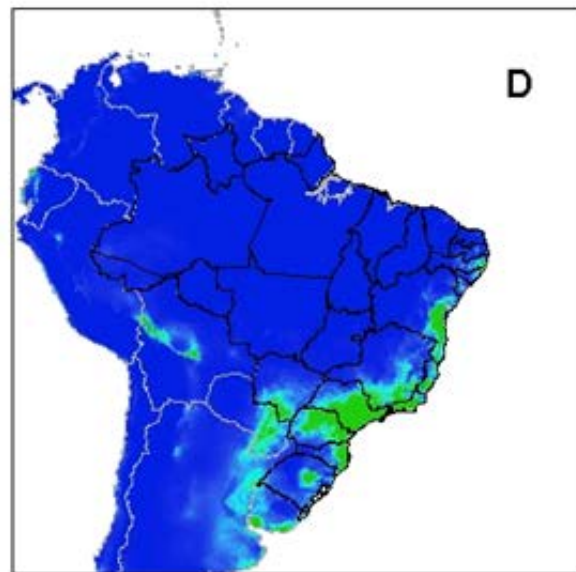
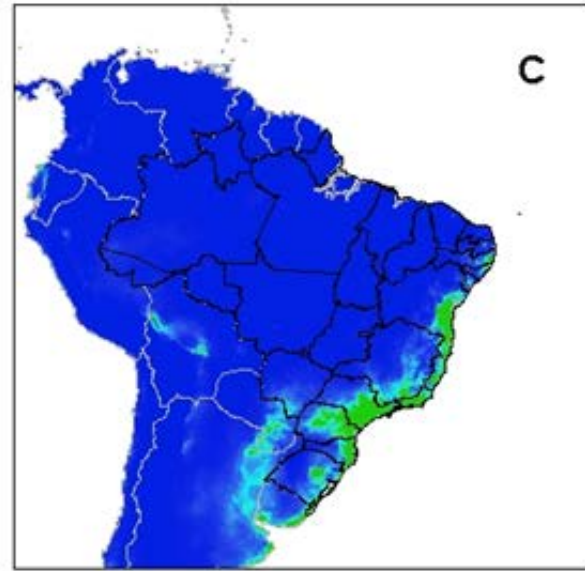
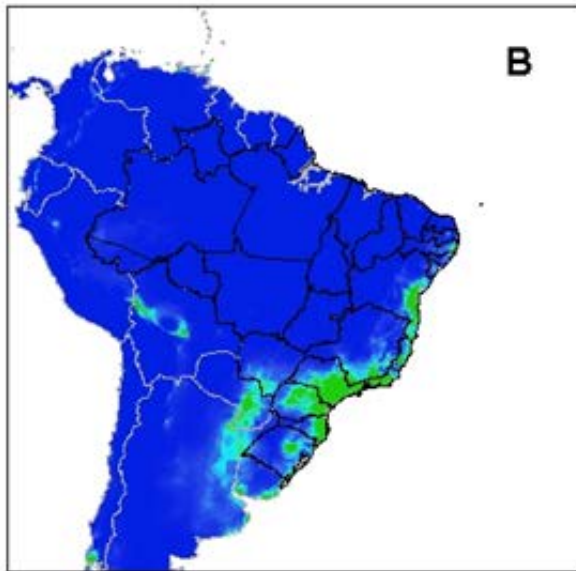
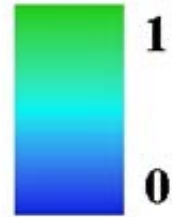


Figura 4. Mapas de modelagem de nicho para *Rhodnius domesticus* no presente (A), previstos para os anos de 2050 no cenário RPC 2.6 (B) e RPC 8.5 (C), previstos para os anos de 2070 no cenário RPC 2.6 (D) e RPC 8.5 (E). O valor 1 é equivalente as áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, portanto puderam ser arredondados com intuito de simplificar a legenda. Os estados brasileiros foram delimitados em preto e os demais países da America latina em cinza.





O Espírito Santo apresentou vários municípios com adequabilidade climática alta para ocorrência da *R. domesticus*. Vários municípios do interior do estado próximos de Minas Gerais e de Cachoeiro de Itapimirim apresentaram probabilidades menores comparadas às demais localidades (Figura 5).

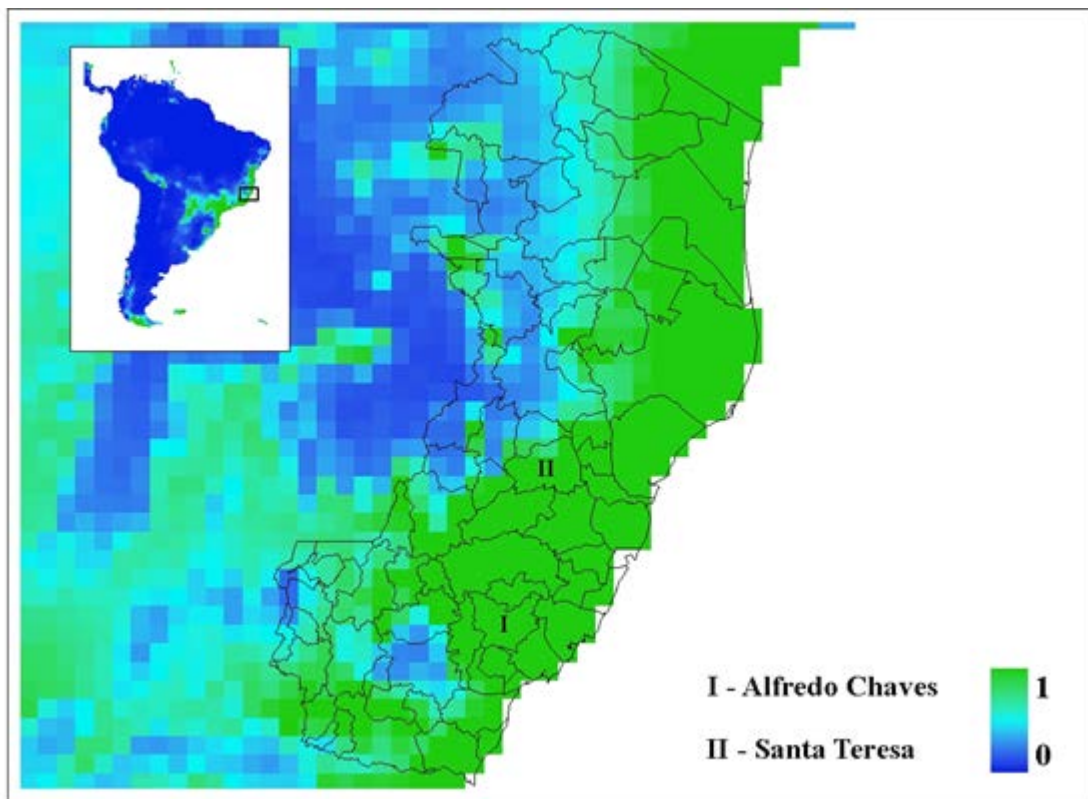


Figura 5. Mapa de distribuição de nicho ecológico para *Rhodnius domesticus* delimitando o Espírito Santo. Os números romanos I e II são relativos aos municípios onde foram coletados espécimes no estado. O valor 1 é equivalente às áreas mais adequadas para espécie e o 0 é equivalente aos locais menos adequados para sua ocorrência. Os valores reais gerados pela modelagem eram bem próximos de 1 e 0, por tanto puderam ser arredondados para simplificar a legenda.

As áreas de risco para o futuro foram em geral delimitadas nas bordas da área de ocorrência modelada para a espécie no presente. Há uma grande área de risco indicada pelo modelo próximo ao litoral que vai da Bahia até o Rio de Janeiro e uma outra grande área de risco encontrada no interior dos estados de São Paulo, no Mato Grosso do Sul, Paraná e no Paraguai (Figura 6).

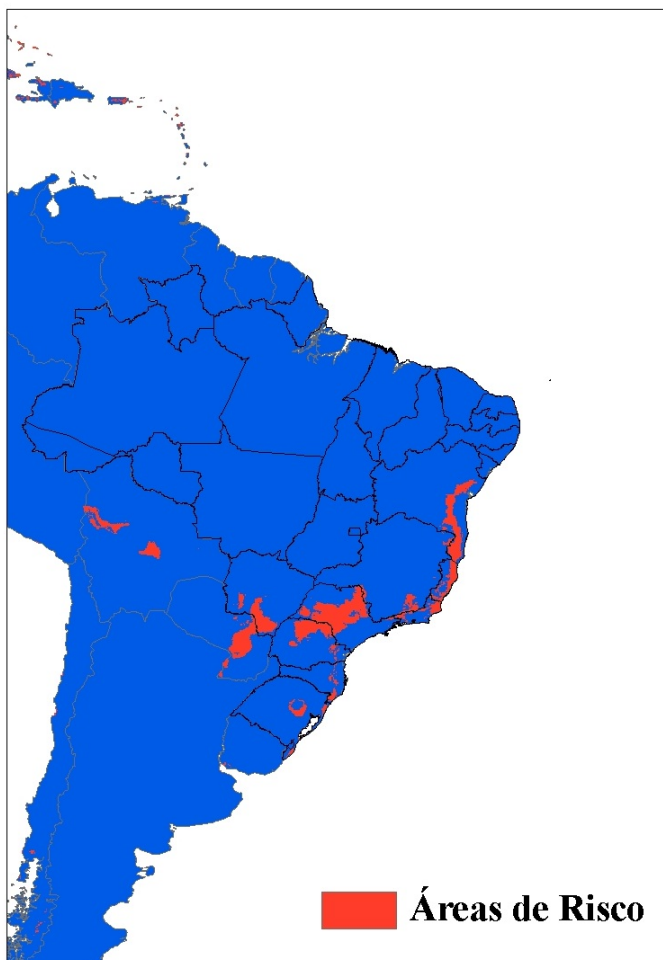


Figura 6. Área de risco para *Rhodnius domesticus* nos futuros até 2070. Regiões vermelhas são as áreas com perturbação e possível risco de surtos da Doença de Chagas. Estados brasileiros delimitados em preto e demais países latino americanos em cinza claro.

## 5 Discussão

---

Durante a revisão bibliográfica foram encontrados trinta e seis pontos de ocorrência de *R. domesticus*. Trinta e um desses pontos ocorreram em regiões serranas na área de Mata Atlântica, os seis pontos restantes se distribuíram em regiões com condições ambientais extremamente distintas. Os três pontos do município de Porto Velho se encontram em região de floresta amazônica, os pontos de Lassance e Pastos Bons estão em regiões de cerrado e o ponto de Presidente Dutra se encontra em região de caatinga. A grande divergência de condições climáticas de alguns poucos pontos com a maioria tornou esses registros de ocorrência duvidosos, especialmente porque a espécie não é comumente encontrada e é frequentemente identificada de forma equivocada (FERREIRA *et al.*, 2014). Em 1940, Lent e Martins verificaram que houve um possível engano no trabalho de Neiva e Pinto e os espécimes do município de Lassance, em Minas Gerais, deveriam ser identificados como *Rhodnius prolixus*

(Stal, 1859), o que suporta a hipótese que esse registro de ocorrência não é da espécie (FERREIRA *et al.*, 2014).

Utilizando os pontos de ocorrência mais confiáveis, o algoritmo Maxent gerou as modelagens de nicho com valores de AUC que dão suporte ao modelo, sendo sempre maiores de 8,5 para todas as réplicas, incluindo as utilizadas para previsões de cenários futuros (Tabela 1). Esses valores foram utilizados para analisar quais variáveis influenciaram mais a modelagem. O teste estatístico Jackknife utilizando os valores de AUC indicou a sazonalidade térmica, temperatura máxima do mês mais quente e temperatura média da estação seca, como as condições climáticas que quando utilizadas sozinhas geraram os modelos mais próximos ao esperado para espécie (Figura 1). Essas variáveis limitam a ocorrência quando suas condições não estão compreendidas na faixa ideal para a espécie. Para *R. domesticus* a alta sazonalidade térmica, temperaturas que destoam muito de 27 °C no mês mais quente e 18 °C na estação mais seca, respectivamente, são os principais fatores que restringem distribuição de ocorrência da espécie (Figura 2). Apesar de a espécie ser coletada apenas em regiões com presença serras ou vales, a elevação foi a condição que demonstrou menos precisão nessa forma de análise (Figura 1), esse fato talvez seja observado devido essa variável sozinha abranger áreas com condições climáticas bem distintas, onde algumas não são favoráveis para *R. domesticus*.

A alta correlação das variáveis utilizadas com algumas variáveis ignoradas na modelagem impede que seja indicada com precisão quais condições climáticas que afetam diretamente a espécie. Mas devido essa relação, elas ainda são boas indicadoras de um ambiente adequado para espécie ocorrer.

Quando utilizada a mesma análise omitindo uma das variáveis foi visto que nenhuma delas alterou significativamente os valores de AUC. A precisão desses modelos foi bastante próxima e alta e nenhuma condição ambiental se destacou (Figura 1). Essas variáveis foram elaboradas a partir de valores máximos, mínimos e médios de temperatura e precipitação, devidos essa relação, quando omitido uma das variáveis as demais condições climáticas suprem a lacuna de informações formada em sua omissão.

A modelagem gerou uma área de distribuição adequada para *R. domesticus* bastante abrangente (Figura 4A), mas sua baixa taxa de presença observável não suporta a proposta dessa ampla distribuição. Os dados de ocorrência da espécie podem estar sendo mascarado por serem identificados como outra espécie ou existem condições ambientais que não foram utilizadas nesse trabalho, que limitam sua área de ocorrência.

Nessa modelagem de nicho é visto que os pontos de Lassance (MG), Pastos Bons (MA), Presidente Dutra (BA) e todos dos estados de Rondônia estão presentes em áreas de baixa



adequabilidade para ocorrência de *R. domesticus* (Figura 3A). Devido à alta frequência de identificação equivocada relacionada à espécie é possível que esses pontos não condizem com a realidade.

A região de Mata Atlântica apresentou em geral grande adequabilidade para *R. domesticus* (Figura 3B). Os pontos de outros biomas tiveram pequeno suporte para serem considerados da espécie, de modo que o registro de ocorrência se limita a áreas de Mata Atlântica. Esses dados apontam para um possível endemismo na região. Entretanto, altos valores de ocorrência podem ser observados fora desses locais e como existem pontos duvidosos em outros biomas não é possível ter certeza dessa relação. A modelagem de nicho foi feita utilizando somente pontos da Mata Atlântica, caso os pontos excluídos fossem utilizados na análise, provavelmente a área de adequabilidade aumentaria no mapa.

De acordo com o modelo várias áreas da região Neotropical se apresentam adequadas para *R. domesticus*, mas várias delas são localidades isoladas e por isso não serão levadas em consideração. O registro de ocorrência da espécie se encontra inteiramente no Brasil, país da América Latina que apresenta uma grande área com altos valores de probabilidade de ocorrência (Figura 3A). O Paraguai apresenta uma grande área de adequabilidade em seu território e tem uma conexão de Mata Atlântica com regiões brasileiras, é possível que a espécie ocorra nesse país só que ainda não foi registrada, assim como nos estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (Figura 3B).

Praticamente todos os municípios do Espírito Santo apresentaram adequabilidade para ocorrência da espécie. A região litorânea apresenta em sua conformidade uma alta probabilidade de ocorrência, apesar das amostras do estado terem sido provenientes de regiões serranas (Figura 5). A precisão da probabilidade de ocorrência nos municípios pode não ser tão elevada, devido à resolução dos pixels na análise.

Com a perturbação causada pelas mudanças climáticas é possível que populações de *R. domesticus* se extingam em alguns locais com o passar dos anos. Durante esse processo, as características climáticas em algumas localidades se tornam desfavoráveis para a espécie, sendo possível que espécimes tentem explorar novas áreas a procura de condições favoráveis. Esse fato é preocupante em vista que locais urbanizados próximos a áreas perturbadas possam ser invadidos por barbeiros transmissores da Doença de Chagas. Com o aumento repentino de invasões da espécie a domicílios, outro risco é a ocorrência da adaptação desses barbeiros ao ambiente antrópico. Partindo dessa idéia, todos estados onde a *R. domesticus* ocorre apresentaram áreas com perda de adequabilidade e conseqüentemente focos de risco. Entretanto, duas grandes áreas de risco podem ser estabelecidas uma perto do litoral da Bahia até o Rio de

Janeiro passando pelo Espírito Santo, e outra no interior do continente em São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul e alguns estados do Paraguai (Figura 6). Apesar de alguns locais não apresentarem registros da espécie, eles foram incluídos na área de risco por apresentarem alta adequabilidade, podendo conter populações de *R. domesticus* ainda não descobertas.

As predições para os modelos de 2050 nos cenários 2.6 e 8.5 são relativamente parecidos, há uma redução da área adequada total para espécie no continente principalmente nos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, entretanto no cenário 8.5 a redução no Paraguai também é grande (Figura 4B e C). No cenário 2.6 no ano de 2070 a área apresenta um pequeno aumento, mas não volta a ocupar a adequabilidade total proposta para o presente (Figura 4D). O cenário 8.5 para 2070 é onde ocorre a maior diminuição da área para a espécie, todos os estados brasileiros são afetados significativamente e o Mato Grosso do Sul e o Paraguai apresentam adequabilidade quase nula (Figura 4E). As mudanças climáticas também podem afetar a área de Mata Atlântica e conseqüentemente a espécie de maneira que não foi prevista.

## 6 Conclusão

---

A partir dos pontos de ocorrência e dos resultados da modelagem é preferível estabelecer a distribuição geográfica de *R. domesticus* nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina.

As condições climáticas ideais para ocorrência da espécie seriam de locais com temperaturas amenas na estação seca, em torno de 27 °C nos meses mais quentes e permanecendo estável durante o ano.

O modelo final indica um possível endemismo da espécie na Mata Atlântica, mas os registros de ocorrência duvidosos dificultam estabelecer essa relação. Sendo assim, qualquer novo registro de ocorrência da espécie deve ser feito com cautela, de forma a prevenir erros de identificação. O mapa gerado nesse estudo pode ser uma ferramenta útil para auxiliar nas futuras identificações da espécie.

Além dos estados que a espécie já foi registrada existe a possibilidade que ela também ocorra no Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e no Paraguai. Essas regiões apresentam altos valores de adequabilidade e áreas de Mata Atlântica.

As previsões para 2050 atingem principalmente as regiões adequáveis para a espécie que ainda não possuem registro de ocorrência. Em 2070 dentro do cenário 2.6 a adequabilidade voltar a se assemelhar com a do presente. A predição para o cenário 8.5 é que as mudanças climáticas reduzam bastante a área adequável para a ocorrência da espécie, onde os locais mais

prováveis para sua ocorrência sejam mais próximos ao litoral do continente. Independente da intensidade das mudanças climáticas, quando ocorre a diminuição da área de adequabilidade para espécie, ela se dá nas regiões mais ao interior do continente.

Por fim, a diminuição do hábitat adequável para a espécie pode não ser somente um problema de biodiversidade como também um problema de saúde pública. A perturbação do habitat de barbeiros silvestres pode acarretar na invasão de espécimes em domicílios próximos. A modelagem indicou áreas de risco para transmissão da Doença de Chagas por esse vetor na América Latina em regiões com matas nos estados brasileiros da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, assim como em alguns estados do Paraguai. No Espírito Santo, apesar de vários municípios terem alta probabilidade de ocorrência da espécie, é provável que ela seja encontrada em regiões serranas ao redor de Santa Teresa e Alfredo Chaves, locais parecidos com as demais regiões onde a espécie foi registrada. Tais áreas devem implementar medidas de profilaxia e controle da Doença de Chagas, pois podem conter populações de *R. domesticus* infectadas na região.

## REFERÊNCIAS

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. Mata atlântica: manual de adequação ambiental. **Brasília MMA/SBF**, p. 4-10, 2010

CODA D.; FALCI N.; MENDES F. A. T. Contribuição para o estudo e a profilaxia da moléstia de Chagas no estado de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. p. 83-121, 1958.

BARATA. J. M. S. ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE OVOS DE TRIATOMINAE. **Rev. Saúde publi. S. Paulo**. 15, p 490-542, 1981.

BARRET T. V.; de OLIVEIRA T. S. A trypanosome, indistinguishable from *Trypanosoma rangeli*, in the haemolymph of *Rhodnius domestic* from Brazil. **TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF TROPICAL MEDICINE AND HYGIENE**. v. 71, n. 5, p. 445-446, 1977.

DA SILVAR R. A.; MERCADO V. T. C.; BARBOSA G. L.; RODRIGUES V. L. C. C.; WANDERLEY D. M. V. Situação atual de vigilância entomológica da doença de Chagas no estado de São Paulo. **Bepa**:8 p. 4-13, 2011.

DE PAULA, A. S.; DIOTAIUTI, L.; GALVÃO, C. Systematics and biogeography of *Rhodniini* (Heteroptera: Reduviidae: Triatominae) based on 16S mitochondrial rDNA sequences. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 699–712, 2007.

DIAS, J. C.; SILVEIRA, A. C.; SCHOFIELD, C. J. The impact of Chagas disease control in Latin America: a review. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 97, n. 5, p. 603–12, Jul 2002.

DIAS-LIMA, A. G.; SHERLOCK, I. A. Sylvatic vectors invading houses and the risk of emergence of cases of Chagas disease in Salvador, State of Bahia, Northeast Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 5, p. 611–3, Sep-Oct 2000.

ELITH J; GRAHAM C. H.; ANDERSON R. P.; DUDIK M.; FERRIER S.; GUISAN A.; HIJMANS R. J.; HUETTMANN F.; LEATHWICK J. R.; LEHMANN A.; LI J.; LOHMANN L. G.; LOISELLE B. A.; MANION G.; MORITZ C.; NAKAMURA M.; NAKAZAWA Y.; OVERTON J. M.; PETTERSON A. T.; PHILLIPS S. J.; RICHARDSON Richa K.; SCACHETTI-PEREIRA R.; SCHAPIRA R. E.; SOBERÓN J.; WILLIAMS S.; WISZ M. S.; ZIMMERMANN N. E.; Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, 29, p. 129–151, 2006.

FERREIRA R. A.; SILVA J. D.; DE FARIA T. C. M.; LAGE D. L.; BARBOSA S. E. DIOTAIUTI L. G.; Primeiro encontro de *Rhodnius domesticus* Neiva e Pinto, 1923 (Hemiptera: Reduviidae) no município de Açucena, Minas Gerais Brasil. **Rev Patol Trop** Vol. 43 p. 369-375, 2014

FIELDING A. H. BELL J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environ Conserv**, 24, p. 38–49, 1997

FORATTINI, O. P.; FERREIRA O. A.; SILVA E. O. R.; RABELLO E. X. Aspectos ecológicos da tripanossomiase americana XII — variação regional da tendencia de *Panstronglyus megistus* à domiciliação. **Ver. Súde. Públ.**, S.Paulo, 12, p.209-233, 1978.

GALVÃO, A. B.; MELLO L. R.; FERREIRA Neto A, J.; LEAL H. Sobre a distribuição geográfica e infecção natural do *Rhodnius domesticus* Neiva & Pinto, 1923. **Rev. Brasileira Malariol. Doenças Trop.** v. 13, p. 57-60, 1960.

GALVÃO, C. *et al.* A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1909 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. **Zootaxa**, v. 202, p. 1–36, 2003.

GAUNT, M.; MILES, M. The ecotopes and evolution of triatomine bugs (Triatominae) and their associated trypanosomes. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 4, p. 557–565, Jul-Aug 2000.

GUANERI A. A.; PINTO C. J. C.; SCHOFIELD C. J.; STEINDEL M. Population Biology of *Rhodnius domesticus* Neiva e Pinto, 1923 (Hemiptera: Reduviidae) under Laboratory Conditions. **Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.** v. 93, p. 273-276, 1998.

GURGEL-GONÇALVES, R. *et al.* Geographic Distribution of Chagas Disease Vectors in Brazil Based on Ecological Niche Modeling. **Journal of Tropical Medicine**, p. 15, 2012.

HIJMANS, R. J. *et al.* Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 1965–1978, 2005.

JURBERG, J. *et al.* Distribucion geografica y dispersion altitudinal de las especies del genero *Triatoma* Laporte, 1832 de Norte America, America Central y El Caribe. **Entomologia y Vectores**, v. 3, n. 4, p. 87–117, 1996.

LEAL, H.; FERREIRA NETO, J. A.; MARTINS, C. M. Dados ecológicos sôbre os triatomíneos silvestres na Ilha de Santa Catarina (Brasil). **Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo**, v.3, p. 213-220, 1961

LEITE, G. R.; SANTOS, C. B.; FALQUETO, A. Influence of the landscape on dispersal of sylvatic triatomines to anthropic habitats in the Atlantic Forest. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 4, p. 651–663, 2011.

LENT, H. — Transmissores da moléstia de Chagas no Estado do Rio de Janeiro, **Res.Flum. Med.**, 7: 151-161, 1942.

LENT, H.; WYGODZINSKY, P. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. **Bull. American Mus. Nat. Hist.** 163 (Art. 3): p.410, 1979.

MARTINS-MELO F.R.; ALENCAR C.H.; RAMOS A. N. Jr.; HEUKELBACH J. Epidemiology of Mortality Related to Chagas' Disease in Brazil, 1999–2007. **PLoS Negl Trop Dis**, 2012

MARTINS-MELO, F. R. *et al.* Mortality from neglected tropical diseases in Brazil, 2000–2011. **Research: Bulletin of the World Health Organization**, Geneva, p.103-110, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde.** – 6. ed. – Brasília. p. 282, 2005.

MOURA, A., LUZ, E., CORRÊA-LIMA, E., BORBA, A. M., CHRISTAN, A., VEIGA, A. A. Cardiopatia chagásica de origem silvestre no litoral paranaense. Estudo epidemiológico da área. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo 11**, p.408 – 424, 1969.

PETERSON, A. T. *et al.* Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. **Nature**, v. 416, p. 626–629, 2002.

PETERSON, A. T.; SHAW, J. *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in Southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, v. 33, n. 9, p. 919-31, 2003.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, p. 231–259, 2006.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, p. 161–175, 2008.

RODRIGUERO, M. S.; GORLA, D. E. Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). **Global Ecology & Biogeography**, v. 13, n. 1, p. 75–84, 2004.

SANTO ANTÔNIO ENERGIA. **PROGRAMA DE SAÚDE PÚBLICA, SUBPROGRAMA MONITORAMENTO DE VETORES, TRIATOMÍNEOS: TERCEIRO RELATÓRIO.** Porto Velho, Rondônia. Novembro de 2013.

SANTOS M. U.; PINTO A. F. S.; ZAGANELLI L.; ALMEIDA A. Z.; MARTINS A.; CARANCHO P. V.; VIEIRA H. H.; Doença de Chagas no Espírito Santo. **Rev.Soc.Bras.Med.Trop.** v. 3, p 51-54

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE (SESA), 2016.

SILVEIRA A. C.; FEITOSA V. R.; BORGES R. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período 1975/83, Brasil. **Rev.brasil.Malariol.D.trop.** 36 : p. 15-312, 1984.

SIR ROBERTSON A. Nineteenth Seminar on Trypanosomiasis. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.** v. 73, n. 5, 1979.

SOBERÓN J.; PETERSON A. T. Interpretation of models of fundamental ecological niches e species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, v 2, p. 1-10, , 2005

WHO. **Control of Chagas disease: second report of the WHO Expert Committee.** World Health Organization. Geneva. 2002

WOLFF, M.; CASTILLO, D. Domiciliation trend of *Panstrongylus rufotuberculatus* in Colombia. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 97, n. 3, p. 297–300, Apr 2002.

ZELEDÓN, R. *et al.* Distribution and ecological aspects of *Rhodnius pallescens* in Costa Rica and Nicaragua and their epidemiological implications. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, n. 1, p. 75–9, Feb 2006.

**Apêndice 1. Dados de ocorrência de *Rhodnius domesticus* coletados no Brasil entre 1923 e 2016, caracterizando seu ecótopo e a infecção dos espécimes pelo *Trypanosoma cruzi*. Os pontos indicados pelo asterisco (\*) foram considerados duvidosos e não foram incluídos na modelagem de distribuição de nicho.**

Estado	Município	Localidade	Ecótopo	Latitude	Longitude	<i>T. cruzi</i>	Coletado	Autor	Ano
Bahia	Castro Alves	Fazenda Alcacuz Reunidas	Silvestre	-12.77413	-39.36684	-	antes de 1977	Barret et al	1977
Bahia	São Felipe	-	Silvestre	-12.83783	-39.09494	-	antes de 1979	Sir Robertson	1979
Espirito Santo	Alfredo Chaves	-	-	-20.56306	-40.82642	-	antes 1969	Santos et al.	1969
Espirito Santo	Santa Teresa	Baixo Caldeirão	-	-19.95415	-40.74243	-	2016	SESA	2016
Minas Gerais	Açucena	Povoado de Caeté	Domiciliar	-18.97000	-42.58000	-	2013	Ferreira et al.	2014
Minas Gerais	Caratinga	-	Domiciliar	-19.71182	-42.10234	-	Entre 1975 e 1983	Silveira et al.	1984
Paraná	Morretes	-	Domiciliar	-25.51787	-48.85621	-	antes de 1919	Moura et al.	1969
Paraná	Cambará	-	Silvestre	-22.99618	-50.08393	positivo	1968	Moura et al.	1969
Paraná	Cambará	-	Silvestre	-22.99618	-50.08393	-	1968	Moura et al.	1969
Rio de Janeiro	Angra dos Reis	Jupuiba	Domiciliar	-22.97478	-44.30044	-	1923	Lent. H.	1942
Santa Catarina	Florianopolis	Ribeirão da Ilha	-	-27.71845	-48.56263	-	1985	Guarneri et al.	1998
Santa Catarina	Florianopolis	Ribeirão da Iha	Silvestre	-27.71845	-48.56263	-	antes de 1960	Galvão et al.	1960
Santa Catarina	Florianopolis	Canasvieiras	Silvestre	-27.43505	-48.47061	positivo	antes de 1961	Leal et al.	1961
Santa Catarina	Florianopolis	Ratones	Silvestre	-27.50700	-48.49382	-	antes de 1961	Leal et al.	1961
Santa Catarina	Florianopolis	Ribeirão da Ilha	Silvestre	-27.71845	-48.56263	positivo	antes de 1961	Leal et al.	1961
São Paulo	Pariquera-Açu	-	Domiciliar	-24.67775	-47.84919	-	antes de 1978	Forattini et al.	1978
São Paulo	Pariquera-Açu	-	Silvestre	-24.67775	-47.84919	-	antes de 1978	Forattini et al.	1978
São Paulo	Pariquera-Açu	-	Silvestre	-24.67775	-47.84919	-	antes de 1978	Forattini et al.	1978
São Paulo	Registro	-	Domiciliar	-24.50322	-47.81924	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Peruíbe	-	Domiciliar	-24.27738	-47.01177	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Itaoca	-	Domiciliar	-24.61166	-48.84121	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Ribeirão Grande	-	Domiciliar	-24.18890	-48.35853	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Barra do Turvo	-	Domiciliar	-24.88764	-48.42621	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Juquiá	-	Domiciliar	-24.21340	-47.65316	negativo	entre 2007 e 2009	da Silva et al.	2011
São Paulo	Caraguatatuba	-	-	-23.63889	-45.48765	-	entre 1950 e 1957	Coda et al.	1958
São Paulo	Guarujá	-	-	-23.95123	-46.23449	negativo	entre 1950 e 1957	Coda et al.	1958
São Paulo	Juquiá	-	-	-24.21340	-47.65316	negativo	entre 1950 e 1957	Coda et al.	1958
São Paulo	Registro	-	-	-24.50322	-47.81924	-	entre 1950 e 1957	Coda et al.	1958
São Paulo	Pariquera-Açu	Estação Experimental de Pariquera-Açú	Silvestre	-24.67775	-47.84919	-	1974	Barata J. M. S.	1981
São Paulo	Juquiá	-	-	-24.21340	-47.65316	-	antes de 1942	Lent. H.	1942
Bahia*	Presidente Dutra	-	Domiciliar	-11.25517	-42.02500	-	Entre 1975 e 1983	Silveira et al.	1984
Maranhão*	Pastos Bons	-	Domiciliar	-6.63016	-44.17508	-	Entre 1975 e 1983	Silveira et al.	1984
Rondônia*	Porto Velho	Reassentamento Santa Rita	Silvestre	-9.05694	-64.20764	negativo	2013	Santo Antônio Energia	2013
Rondônia*	Porto Velho	Vila Franciscana	Silvestre	-8.82944	-64.05053	negativo	2013	Santo Antônio Energia	2013
Rondônia*	Porto Velho	Reassentamento Vila Nova de Teotônio	Silvestre	-8.87289	-64.05053	negativo	2013	Santo Antônio Energia	2013
Minas Gerais*	Lassance	-	-	-17.88104	-44.69603	-	antes de 1940	Ferreira et al.	2014