

UFRRJ
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

DISSERTAÇÃO

**ESTUDO DOS FATORES CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS
ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS *Amblyomma*
sculptum (ACARI: IXODIDAE) ADULTOS NA MESORREGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO**

Thiago Bernardo Pedro

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**ESTUDO DOS FATORES CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS
ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS *Amblyomma
sculptum* (ACARI: IXODIDAE) ADULTOS NA MESORREGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO**

THIAGO BERNARDO PEDRO

Sob a Orientação do Professor
Wagner de Souza Tassinari

e Coorientação da D.Sc.
Andrea Kill Silveira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Seropédica, RJ
23 de Fevereiro de 2015

636.2089696

P372e

T

Pedro, Thiago Bernardo, 1989-

Estudo dos fatores climáticos e ambientais associados à ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) adultos na mesorregião metropolitana do Rio de Janeiro / Thiago Bernardo Pedro - 2015.

40 f.: il.

Orientador: Wagner de Souza Tassinari.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Inclui bibliografias.

1. Carrapato - Controle - Teses. 2. Carrapato - Doenças - Teses. 3. Carrapato - Fatores climáticos - Teses. 4. Relação hospedeiro-parasito - Teses. I. Tassinari, Wagner de Souza, 1976-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

THIAGO BERNARDO PEDRO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Veterinárias**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de Concentração em Ciências Veterinárias.

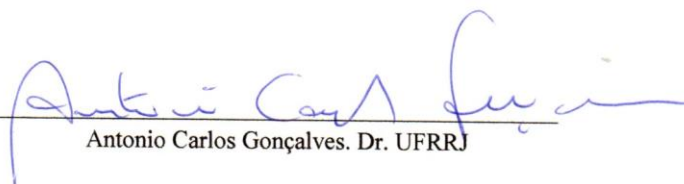
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23 / 02 / 2015



Wagner de Souza Tassinari. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Márcia Cristina de Azevedo Prata. Dra. EMBRAPA



Antonio Carlos Gonçalves. Dr. UFRRJ

“A única forma de lidar com um mundo não livre é tornar-se tão absolutamente livre que o mero fato de você existir já representa um ato de rebelião.”

Albert Camus

*À minha mãe,
Aparecida e*

*Minha avó,
Telma*

*Pelo amor incondicional
e todo o apoio e compreensão.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela acolhida e pela oportunidade que me foi dada de me tornar mestre.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Wagner de Souza Tassinari, meu orientador, pela grande paciência, atenção, auxílio e ensinamentos fundamentais para que eu pudesse desenvolver a pesquisa da melhor forma possível.

À Dra. Andrea Kill Silveira, minha coorientadora, por todo o apoio, dedicação, bom humor, e principalmente por permitir que eu pudesse conviver com uma pessoa verdadeiramente iluminada.

Ao Prof. Dr. Adevair Henrique da Fonseca, por me apresentar ao Prof. Wagner, ceder parte dos dados utilizados neste trabalho e ter me aceitado como estagiário em seu laboratório, sem o qual eu não teria oportunidade de ter iniciado este mestrado.

Aos meus amigos, que também se tornarão mestres, Aline Braga Moreno, Marcio Barizon Cepeda, Tassia Torres Furtado e Aline Quintanilha de Freitas, pois sem o apoio e companhia deles ao longo destes dois anos, tudo teria sido muito mais difícil. E à minha amiga, Jaqueline Rodrigues de Almeida Valim, futura doutora, pelo carinho e amizade sincera.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram durante esse período de muito aprendizado e alegrias também.

E principalmente a Deus, por me dar saúde e força para não desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

BIOGRAFIA

THIAGO BERNARDO PEDRO, filho de **Aparecida Bernardo Machado Pedro** e **Antônio Claudio Machado Pedro**, nascido na cidade de Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro.

Em 1992 iniciou sua vida escolar no Colégio Nossa Senhora das Mercês, em Nova Friburgo, onde cursou desde a pré-escola até o Ensino Médio, finalizando-o em 2006.

Ingressou, no início de 2007, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), município de Campos dos Goytacazes/RJ, no curso de Medicina Veterinária, graduando-se em abril de 2012.

Durante a graduação, foi bolsista de apoio acadêmico – FAPERJ/UENF, entre setembro de 2007 e agosto de 2008, no Protocolo da Reitoria. Após isso, foi bolsista de monitoria – FAPERJ/UENF, de setembro de 2008 a agosto de 2009, nas disciplinas Histologia Veterinária (curso de Medicina Veterinária) e Histologia e Embriologia Veterinária (curso de Zootecnia). Em setembro de 2009, tornou-se bolsista de iniciação científica – CNPq, função que exerceu até fevereiro de 2012, no laboratório de Virologia e Viroses da UENF. Realizou estágio supervisionado de 590 horas, entre novembro de 2011 e março de 2012, no laboratório de Epidemiologia do Instituto de Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Apresentou monografia de final de curso intitulada “Identificação, Caracterização e Mapeamento de Abrigos de Morcegos Hematófagos *Desmodus rotundus* no Norte-Noroeste Fluminense e Sul Capixaba”.

Ingressou, em março de 2013, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRRJ, na linha de pesquisa em Epidemiologia Veterinária, como bolsista de mestrado – CNPq.

RESUMO GERAL

BERNARDO-PEDRO, Thiago. **Estudo dos fatores climáticos e ambientais associados à ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) adultos na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro.** 2015. 41 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias, Ciências Veterinárias). Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

A emergência e reemergência de doenças transmitidas por carrapatos são controladas por mudanças no ecossistema ao nível da paisagem e por fatores climáticos, pois ambos determinam o tipo de vegetação presente em determinado local, além da abundância e diversidade de hospedeiros. Esta dissertação está dividida em dois capítulos, e pretende: 1) analisar a relação entre fatores climáticos e a distribuição de ocorrência de carrapatos adultos da espécie *Amblyomma sculptum*, em municípios da mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro; 2) estudar a relação entre a ocorrência de *A. sculptum* e características de paisagem, além da presença de hospedeiros, no município de Seropédica, RJ. Em ambos os capítulos, foram utilizados dados referentes a coletas de carrapatos realizadas nos municípios de Seropédica e Mangaratiba entre dezembro de 2008 e o agosto de 2012. Tais dados foram analisados através dos seguintes modelos de regressão: Poisson, Binomial Negativa, Extra Poisson (μ^2) e Poisson Inflacionada de Zeros (ZIP). Em relação às variáveis climáticas, considerou-se temperatura média, umidade relativa do ar e volume de precipitação, no dia das coletas e nos 15 dias anteriores a cada coleta. No caso das características de paisagem, foram incluídas no estudo: altitude, declividade, geomorfologia, tipo de solo e favorabilidade de ocorrência de *A. sculptum*; o registro de hospedeiros em cada ponto de coleta também foi considerado nas análises. Em cada capítulo, foram ajustados modelos bivariados e, posteriormente, multivariados, e então foi escolhido o melhor modelo multivariado, considerando-se razão de prevalência (RP e seus respectivos intervalos com 90 % de confiança), p-valor, *Akaike Information Criterion* (AIC), quadrado médio dos resíduos e correlação Y esperado/ Y observado. Um maior número de *A. sculptum* adultos foi observado no outono, entre abril e maio. Três defasagens da variável temperatura, três de umidade e uma de precipitação foram as mais significativas na análise bivariada, e, combinadas entre si, deram origem a nove modelos multivariados, sendo o de melhor ajuste um modelo ZIP com as seguintes estimativas da RP: temperatura entre o 11º e o 15º dia antes da coleta (1,06 [1,01; 1,11]), umidade no dia anterior à coleta (1,04 [1,02; 1,05]) e precipitação no 12º dia anterior à coleta (0,97 [0,94; 0,99]). Os modelos que mais se adequaram ao ajuste dos dados foram os ZIP. A maioria dos carrapatos foi coletada em altitudes entre 20-40 m, declividades de 0 a 2,5 %, regiões de planície, solo do tipo planossolo, locais com circulação de capivaras e considerados de alta favorabilidade para a ocorrência de *A. sculptum*. A utilização da ferramenta *stepAIC* indicou que o modelo com as variáveis: altitude, declividade, tipo de solo e favorabilidade de ocorrência foi o melhor para explicar as características de paisagem de maior influência na ocorrência de *A. sculptum*, sendo declividade a variável independente mais importante. A correlação encontrada entre variáveis climáticas/características de paisagem e ocorrência de carrapatos sugere que estudos acerca deste tema são fundamentais para o controle epidemiológico de doenças transmitidas por carrapatos aos humanos e animais domésticos.

Palavras-chave: *Amblyomma sculptum*. Fatores climáticos. Características de paisagem.

GENERAL ABSTRACT

BERNARDO-PEDRO, Thiago. Analysis of climatic and environmental factors associated to the occurrence of adult ticks *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) in Rio de Janeiro Metropolitan mesoregion. 2015. 41 p. Dissertation (Master of Science in Veterinary Sciences, Veterinary Sciences). Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

The emergence and reemergence of tick-borne diseases are controlled by changes in the ecosystem on a landscape basis and on a climatic basis, both determining the type of vegetation present in a certain place, besides the host abundance and diversity. This dissertation is divided into two chapters aimed at: 1) analyze the connection between climatic factors and occurrence of distribution of adult ticks *Amblyomma sculptum*, in Rio de Janeiro Metropolitan mesoregion; 2) study the connection between *A. sculptum* occurrence and landscape features, in addition to host presence, in the municipality of Seropédica, RJ. In both chapters was used data relative to tick sampling in the municipalities of Seropédica and Mangaratiba between December/2008 and August/2012. The data was analyzed through the following regression models: Poisson, Negative Binomial, Quasi Poisson (μ^2) and Zero-Inflated Poisson (ZIP). Regarding the climatic variables, mean temperature, relative humidity and rainfall were considered in the day of sampling and in the 15 days prior to each sampling. For the landscape features, altitude, declivity, geomorphology, type of soil and *A. sculptum* occurrence of favorability were included, as well as hosts registered in each sampling site. Bivariate models and, afterwards, multivariate models were fitted, then the best multivariate model was chosen regarding the prevalence ratio (PR and its respective intervals with 90 % of confidence), p-value, *Akaike Information Criterion* (AIC), mean square of residuals and correlation between expected *Y*/observed *Y*. Most of *A. sculptum* adults were found in the autumn, from April to May. Three mean temperature delays, three relative humidity delays and one rainfall delay were the most significant independent variables, among the climatic ones, in the bivariate analysis. Thus these seven variables were combined among, what resulted in nine multivariate models, being the best fitted one a ZIP model with the following PR estimates: temperature between the 11th and 15th day prior to sampling (1,06 [1,01; 1,11]), humidity on the day before sampling (1,04 [1,02; 1,05]) and rainfall on the 12th day prior to sampling (0,97 [0,94; 0,99]). The most satisfactory parameters were presented by ZIP models. Most of ticks were collected in sites between 20-40 m high, 0-2,5 % of declivity, lowland regions, albaqualf soil, with movement of capybaras and considered of high favorability to *A. sculptum* occurrence. The use of *stepAIC* tool indicated that the best model contained the variables: altitude, declivity, type of soil and occurrence favorability. This model can explain better the most influent landscape features to *A. sculptum* occurrence, being declivity the most important independent variable. The correlation found between climatic factors/landscape features and tick occurrence suggests that researches about this topic are fundamental for the epidemiologic control of tick-borne diseases transmitted to humans and domestic animals.

Key words: *Amblyomma sculptum*. Climatic factors. Landscape features.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Total de carrapatos <i>Amblyomma sculptum</i> adultos coletados, média e coeficiente de variação por período de coleta, por estação do ano e por área amostral, entre dezembro de 2008 e agosto de 2012, na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil.	13
Tabela 1.2	Modelos bivariados com suas respectivas estimativas de razão de prevalência e intervalos de confiança (RP [IC 90%]).	15
Tabela 1.3	Modelos multivariados com suas respectivas estimativas de razão de prevalência (RP), <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC), quadrado médio dos resíduos (QMR) e correlação entre <i>Y</i> esperado e <i>Y</i> observado (Corr), quando estes foram fornecidos pelo modelo.	15
Tabela 2.1	Total de carrapatos <i>Amblyomma sculptum</i> adultos coletados em relação a cada categoria das variáveis explicativas e ao número de pontos de coleta, entre dezembro de 2008 e agosto de 2012, no município de Seropédica, Brasil.	33
Tabela 2.2	Modelos bivariados com seus respectivos coeficientes de regressão, <i>p-valores</i> [IC 90%] e <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC).	34
Tabela 2.3	Modelo multivariado com os coeficientes de regressão, <i>p-valores</i> [IC 90%], quadrado médio dos resíduos (QMR) e <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC).	35

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** Razão de prevalência (RP) das variáveis temperatura, umidade e precipitação em função das suas respectivas defasagens, do dia da coleta ao 15º dia anterior, a partir das análises bivariadas no modelo ZIP. 18

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I – MODELAGEM DE FATORES CLIMÁTICOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS <i>Amblyomma sculptum</i> ADULTOS NOS MUNICÍPIOS DE SEROPÉDICA E MANGARATIBA	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Caracterização das áreas de estudo	10
2.2 Variáveis do estudo	11
2.3 Análise dos dados	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1 Distribuição de ocorrência de <i>Amblyomma sculptum</i>	13
3.2 Modelagem estatística	14
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO II – MODELAGEM DE CARACTERÍSTICAS DE PAISAGEM ASSOCIADAS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS <i>Amblyomma sculptum</i> ADULTOS NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA	26
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Caracterização das áreas de estudo	31
2.2 Variáveis do estudo	32
2.3 Análise dos dados	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33

3.1 Distribuição de ocorrência de <i>Amblyomma sculptum</i>	33
3.2 Modelagem estatística	34
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CONCLUSÕES GERAIS	41

INTRODUÇÃO GERAL

Áreas selvagens ao redor do planeta têm sofrido um crescimento vertiginoso da pressão humana nas últimas décadas, devido a atividades como agropecuária, turismo ecológico e intensa exploração de recursos minerais. Com isso, a importância de estudos relacionados aos parasitos, vetores e agentes etiológicos presentes nessas áreas tem aumentado consideravelmente, como, por exemplo, pesquisas a respeito de carrapatos. É sabido que carrapatos cada vez oferecem mais risco aos animais domésticos e aos humanos em contato com a natureza, pois são vetores de patógenos dos mais variados tipos.

A dinâmica de transmissão desses patógenos depende de inúmeros processos bióticos e abióticos que afetam o ecossistema como um todo e que controlam a sobrevivência dos carrapatos. A emergência de tais doenças pode ser atribuída à resposta do ecossistema à pressão resultante de mudanças ambientais.

Nesse contexto, os aspectos da paisagem e os fatores meteorológicos controlam não apenas a emergência, mas também a concentração e difusão espacial do risco de infecção. A análise de complexos sistemas de paisagem requer uma abordagem interdisciplinar. Dados de origens diferentes e coletados em escalas distintas precisam ser relacionados, utilizando métodos analíticos inovadores.

Com isso, epidemiologistas vêm buscando cada vez mais o auxílio de ferramentas de cunho quantitativo, que sejam capazes de explicar a ocorrência deste fenômeno e sugerir quais fatores possam estar ligados direta ou indiretamente. Dentre tais ferramentas, a modelagem estatística vem sendo a mais utilizada.

Frequentemente, pesquisadores se deparam com a quantidade excessiva de zeros em suas pesquisas epidemiológicas, e estes zeros podem ser originários de erro estrutural (zeros verdadeiros), metodológico ou de observação (zeros falsos). Recentemente, uma família de modelos de regressão, os Modelos Lineares Generalizados e suas extensões, tem ganhado destaque em diversas áreas do conhecimento, inclusive na área de epidemiologia. Tais modelos comportam análises bivariadas ou multivariadas, entre a variável resposta e as variáveis independentes, e a escolha do melhor modelo está condicionada à avaliação das seguintes métricas: razão de prevalência, *p*-valor, *Akaike Information Criterion*, quadrado médios dos resíduos e correlação entre *Y* esperado e *Y* observado.

A partir desse contexto, este estudo teve o objetivo de analisar a relação entre a distribuição de ocorrência de carrapatos adultos da espécie *Amblyomma sculptum*, fatores climáticos e características de paisagem, em municípios da mesorregião Metropolitana do estado do Rio de Janeiro. O estudo pertence à linha de pesquisa, desenvolvida há alguns anos na UFRRJ, a respeito da distribuição e ocorrência de carrapatos, e é um desmembramento do trabalho já realizado pela *D.Sc.* Andrea Kill Silveira, porém agora é dado enfoque à utilização de ferramentas estatísticas contemporâneas para analisar o problema da ocorrência de carrapatos em áreas peri-urbanas.

A presente dissertação foi dividida em dois capítulos. O capítulo I apresenta a análise da influência de fatores climáticos sob a ocorrência de *A. sculptum* em quatro áreas amostrais nos municípios de Seropédica e Mangaratiba, utilizando quatro tipos de modelos lineares generalizados. No capítulo II, estuda-se a associação entre características de paisagem e a ocorrência de *A. sculptum* no município de Seropédica, através da regressão de Poisson Inflacionada de Zeros (ZIP). Em ambos os capítulos, são determinados os melhores modelos multivariados para explicar a ocorrência do evento em estudo.

CAPÍTULO I

MODELAGEM DE FATORES CLIMÁTICOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS *Amblyomma sculptum* ADULTOS NOS MUNICÍPIOS DE SEROPÉDICA E MANGARATIBA

RESUMO

O presente estudo avalia a influência de variáveis climáticas sob a distribuição de ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* adultos em quatro áreas amostrais nos municípios de Seropédica e Mangaratiba, na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro. Foram utilizados dados referentes a coletas de carrapatos realizadas entre a primavera de 2008 e o inverno de 2012. As variáveis climáticas consideradas foram temperatura média, umidade relativa do ar e volume de precipitação, no dia das coletas e nos 15 dias anteriores a cada coleta. Para a análise estatística, foram utilizados quatro tipos de modelos de regressão lineares generalizados: Poisson, Binomial Negativa, Extra Poisson (μ^2) e Poisson Inflacionada de Zeros. Foram coletados, ao todo, 574 carrapatos, sendo a maioria no outono. A análise bivariada entre cada uma das variáveis explicativas e a variável de desfecho, contagem de carrapatos, apresentou sete variáveis significativas em pelo menos dois modelos (sendo um deles o ZIP): temperatura no dia anterior à coleta, temperatura entre o 4º e o 6º dia anterior, temperatura entre o 11º e o 15º dia anterior, umidade no dia anterior à coleta, umidade no 5º dia anterior, umidade entre o 9º e o 12º dia anterior e precipitação no 12º dia anterior à coleta. Essas variáveis foram combinadas na análise multivariada, com isso, nove modelos foram ajustados. Através da análise da razão de prevalência (RP), *Akaike Information Criterion* (AIC), quadrado médio dos resíduos (QMR) e correlação entre Y esperado e Y observado (Corr), foi escolhido o melhor modelo, com as seguintes variáveis (RP [IC 90%]): temperatura entre o 11º e o 15º dia antes da coleta (1,06 [1,01; 1,11]), umidade no dia anterior à coleta (1,04 [1,02; 1,05]) e precipitação no 12º dia anterior (0,97 [0,94; 0,99]). Considerando-se os modelos ajustados, foi possível observar que os parâmetros mais satisfatórios foram apresentados pelos modelos ZIP, em que os valores de QMR foram os mais baixos, e os valores de Corr, os mais elevados. As análises bivariadas realizadas a partir do modelo ZIP destacaram o fato de que a temperatura se apresenta como fator de proteção para a ocorrência de *A. sculptum* adultos no dia da coleta e nos dois dias anteriores, mas como fator de risco a partir do 3º dia anterior até o 15º. Já umidade e precipitação apresentam-se como fatores de proteção para a ocorrência de carrapatos a partir do 3º e do 5º dia anterior à coleta, respectivamente, até o 15º. Nos dias mais próximos à coleta, essas duas últimas variáveis não apresentam um comportamento definido de risco ou proteção em relação à ocorrência dos carrapatos em estudo. Dentro desse contexto, conclui-se que entender os parâmetros que controlam o ciclo de vida de *A. sculptum* é essencial para a geração de modelos de risco de transmissão de doenças.

Palavras-chave: *Amblyomma sculptum*. Variáveis climáticas. Modelos de regressão.

ABSTRACT

This study evaluates the influence of climatic variables on the occurrence distribution of *Amblyomma sculptum* adult ticks in four sample areas in Seropédica and Mangaratiba, two municipalities in Rio de Janeiro Metropolitan mesoregion. The data used is relative to tick sampling between the spring of 2008 and the winter of 2012. The climatic variables included in the study were mean temperature, relative humidity and rainfall, in the day of sampling and in the 15 days prior to each sampling. For the statistical analysis, four types of generalized linear models were used: Poisson, Negative Binomial, Quasi Poisson (μ^2) and Zero Inflated Poisson (ZIP). A total of 574 ticks were found, most of them in the autumn. The bivariate analysis between each one of the independent variables and the response variable, tick count, showed seven variables that were significant at least in two types of models (being ZIP one of them): temperature in the day before sampling, temperature between the 4th and 6th days prior to sampling, temperature between the 11th and 15th days prior, humidity in the day before sampling, humidity in 5th day before, humidity between the 9th and 12th days prior and rainfall in the 12th day prior to sampling. These variables were combined in the multivariate analysis, therewith, nine models were fitted. Analyzing the prevalence ratio (PR), *Akaike Information Criterion* (AIC), mean square of residuals (MSR) and correlation between expected Y and observed Y (Corr), the best model was chosen, with the following variables (PR [CI 90%]): temperature between the 11th and 15th days prior to sampling (1,06 [1,01; 1,11]), humidity in the day before (1,04 [1,02; 1,05]) and rainfall in the 12th day prior to sampling (0,97 [0,94; 0,99]). Regarding the fitted models, it was possible to notice that the most satisfactory parameters were presented by ZIP models, in which the MSR values were the lowest and Corr values were the highest. The bivariate analyzes performed as of ZIP models contrasted the fact that temperature acts as a protection factor for the occurrence of *A. sculptum* adult ticks in the day of sampling and in the two days before, but it acts as a risk factor from the 3rd to the 15th day before. Humidity and rainfall act as protection factors for tick occurrence as from the 3rd and the 5th day prior to sampling, respectively. In the days closer to sampling, these two latter variables did not show a definite conduct of risk or protection with respect to the studied tick occurrence. Within this context, we conclude that understanding the parameters responsible for controlling the life cycle of *A. sculptum* is essential to generate risk models of disease transmission.

Key words: *Amblyomma sculptum*. Climatic variables. Regression models.

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, Nava et al. (2014) reavaliaram o status taxonômico do gênero *Amblyomma* com a descrição de três novas espécies, *Amblyomma tonelliae* n. sp., *Amblyomma interandinum* n. sp. e *Amblyomma patinoi* n. sp., além do restabelecimento de *Amblyomma mixtum* Koch, 1844 e *Amblyomma sculptum* Berlese, 1888. Os resultados de análises moleculares e biológicas realizadas nos anos anteriores (LABRUNA et al., 2011; MASTROPAOLO et al., 2011; BEATI et al., 2013) são corroborados por este recente estudo, que examinou três coleções de carrapatos, da Argentina, Brasil e Estados Unidos.

De acordo com Nava et al. (2014), em termos de distribuição geográfica, *A. sculptum* possui uma distribuição que vai das áreas úmidas do norte da Argentina, passando por Bolívia e Paraguai, até as áreas de transição com a floresta amazônica do Brasil (todos os estados da região Sudeste; estado do Paraná na região Sul; Pernambuco e Piauí na região Nordeste; e Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás no Centro-oeste).

O presente trabalho se baseará em revisão de literatura direcionada para *A. cajennense*, dando especial atenção a trabalhos que tenham sido realizados com esta espécie de carrapato nas áreas de distribuição geográfica relacionadas à ocorrência de *A. sculptum*.

Os carrapatos são ectoparasitos pertencentes ao filo Arthropoda, classe Arachnida, subclasse Acari e ordem Parasitiformes. Parasitam uma ampla variedade de hospedeiros: anfíbios, répteis, aves e mamíferos; estão distribuídos por todos os continentes (BARROS-BATTESTI et al., 2006).

Possuem o cefalotórax e o abdômen fusionados; o corpo é coberto por placas dorsais e/ou ventrais. As larvas são hexápodes e ninfas e adultos são octópodes. Realizam respiração cutânea ou traqueal (MONTEIRO, 2010).

Carrapatos transmitem uma grande variedade de microrganismos patogênicos para humanos e animais domésticos, além de serem a causa direta de paralisia, anemia grave, toxicose, irritação e alergia (JONGEJAN; UILENBERG, 2004).

Dentro da ordem Parasitiformes, há a família Ixodidae, cujos integrantes são conhecidos como carrapatos duros, pois possuem um escudo que cobre toda a face dorsal nos machos e um terço da mesma face em fêmeas, ninfas e larvas (MONTEIRO, 2010).

As fêmeas, depois de se destacarem do hospedeiro, procuram abrigo próximo ao solo. Nesse abrigo, ocorre a oviposição, após a qual elas morrem. As larvas, ao eclodirem, sobem pelas gramíneas e arbustos e aguardam a passagem de um hospedeiro, ao qual se fixam. Após alimentarem-se no hospedeiro durante alguns dias, as larvas sofrem o processo de ecdise e transformam-se em ninfas, que se ingurgitam de sangue novamente para sofrer nova ecdise e transformarem-se em adultos (macho ou fêmea). Ocorre a cópula e, então, as fêmeas realizam novo repasto sanguíneo e caem ao solo (FACCINI; BARROS-BATTESTI, 2006).

Carrapatos de um hospedeiro se alimentam e realizam todas as mudas sobre um único hospedeiro. Para os de dois hospedeiros, os estádios de larva e ninfa ocorrem em um e adultos parasitam outro. No caso dos carrapatos de três hospedeiros (gênero *Amblyomma*, por exemplo), cada estágio possui um hospedeiro diferente (na maioria das vezes) e as mudas ocorrem fora deles (MONTEIRO, 2010).

Esta dinâmica do ciclo de vida dos carrapatos é dependente de fatores ambientais, como a estrutura do habitat, clima e disponibilidade de hospedeiros (RANDOLPH, 2004).

Dentre as espécies do gênero *Amblyomma*, a mais estudada é *A. sculptum*, provavelmente por ser a mais abundante em vários habitats, frequentemente atacar humanos e animais domésticos, e ser o principal vetor do patógeno *Rickettsia rickettsii* (agente causador da febre maculosa brasileira), sendo que os carrapatos adultos e ninfas têm uma maior

probabilidade de estarem infectados com esta bactéria ou outros microrganismos patogênicos (ESTRADA-PEÑA et al., 2004; RANDOLPH, 2004; GUGLIELMONE et al., 2006).

As doenças causadas por espécies de bactérias do gênero *Rickettsia* se situam entre aquelas que mais causaram sofrimento e morte ao homem, inclusive para vários pesquisadores pioneiros no diagnóstico e na pesquisa sobre as mesmas. O Brasil apresenta histórico de doença riquetsial desde a década de 1920, sendo a febre maculosa brasileira a mais severa das riquetsioses descritas, ocorrendo principalmente no Sudeste do país (GALVÃO, 1996). Essa doença apresenta característica infecciosa febril aguda, cuja sintomatologia clínica pode variar desde as formas leves e atípicas até formas graves, com elevada taxa de letalidade até para indivíduos jovens e saudáveis, além de estar entre as infecções mais virulentas já identificadas em seres humanos e ser de difícil diagnóstico na clínica médica (DANTAS-TORRES, 2007).

A febre maculosa brasileira é adquirida pela picada do carrapato infectado com *Rickettsia*, e a transmissão, em geral, ocorre quando o artrópode permanece aderido ao hospedeiro por um período de 4 a 6 horas, pois a doença não é transmitida de pessoa a pessoa, e os principais reservatórios da *R. rickettsii* são os carrapatos do gênero *Amblyomma*. Tal doença foi incluída, em 2001, na Lista Nacional de Doenças de Notificação Compulsória, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2009).

Amblyomma sculptum é popularmente conhecida no Brasil como carrapato estrela ou carrapato rodoleiro na fase adulta. As ninfas são chamadas de carrapatinhos e as larvas são conhecidas como micuins (ARAGÃO, 1936). Possui baixa especificidade quanto ao hospedeiro nas fases imaturas, parasitando assim diversas espécies de animais domésticos e silvestres, além de humanos. Na fase adulta, a preferência é por animais de grande porte, como equinos, bovinos, antas e capivaras (LABRUNA et al., 2002; GUGLIELMONE et al., 2006). Após a introdução de equinos pelos colonizadores europeus na América Latina, *A. sculptum* se tornou uma praga para esses animais, que são os principais hospedeiros domésticos para todos os estágios parasitários (LABRUNA et al., 2002). Apesar disso, *A. sculptum* possui uma gama bastante ampla de hospedeiros, e pode ser encontrada em muitos outros mamíferos e aves (ARAGÃO, 1936; GUGLIELMONE et al., 2003; LABRUNA et al., 2005; PEREZ et al., 2008; SZABÓ et al., 2009; DANTAS-TORRES et al., 2012).

Estudos realizados na Argentina e na região Sudeste do Brasil demonstraram que *A. sculptum* completa uma geração por ano sob condições ideais. Tal geração é caracterizada por predominância de larvas no inverno, ninfas no inverno e primavera, enquanto os adultos ocorrem majoritariamente durante o outono e verão (GUGLIELMONE et al., 1990; MANGOLD et al., 1994; SOUZA; SERRA-FREIRE, 1994; LEMOS et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2000, 2003; LABRUNA et al., 2002; SILVEIRA; FONSECA, 2013).

Em estudo realizado com cavalos no estado de São Paulo por Labruna et al. (2002), foi verificado que o intervalo entre a primeira observação de larvas se alimentando e de ninfas se alimentando foi de aproximadamente 8 semanas. Assim como o intervalo entre a primeira observação de ninfas se alimentando até o pico da primeira infestação de adultos nos equinos também durou em torno de 8 semanas. Embora uma quantidade significativa de fêmeas ingurgitadas tenha se soltado dos hospedeiros e caído ao solo no início de outubro, larvas não foram observadas nos cavalos antes de abril (após 6 meses).

Esse padrão anual de geração do carrapato *A. cajennense* é primordialmente controlado pela diapausa comportamental realizada pelas larvas no verão, uma condição fisiológica em que as larvas não procuram os hospedeiros (LABRUNA et al., 2003).

A diapausa é definida como uma quiescência prospectiva que precede o começo de um efeito adverso, favorecendo a sobrevivência dos carrapatos e permitindo a sincronização de ciclos de vida com condições favoráveis (BELOZEROV, 1982). Em carrapatos ixodídeos, a diapausa tem sido caracterizada por: 1) atraso sazonal no desenvolvimento de ovos ou de carrapatos ingurgitados enquanto não estão sob as condições do hospedeiro, normalmente

chamado de diapausa morfogênica, menos comum; 2) atraso sazonal na alimentação e ingurgitamento de carrapatos que estão parasitando o hospedeiro; e 3) atraso sazonal de carrapatos não-alimentados na atividade de procura do hospedeiro, conhecida como diapausa comportamental e caracterizada por uma perda temporária da agressividade do indivíduo, com um conseqüente aumento no período de fome (BELOZEROV, 1999).

Em estudo realizado no campus da UFRRJ, em Seropédica, Serra Freire (1982) verificou que as larvas de *A. sculptum*, após subirem em arbustos ou em folhas de gramíneas, abandonam-se ao vento, dispersando-se com grande facilidade e rapidez. De acordo com esse autor, a dispersão eólica é tanto mais abundante quanto maior for a velocidade do vento e menor a intensidade da luz solar, tendo essa dispersão sido muito mais intensa no segundo semestre do ano. Serra Freire (1982) ainda afirmou que, embora a dispersão eólica ocorra em todos os meses do ano, ela varia de acordo com as condições ambientais reinantes.

Os fatores climáticos têm uma influência direta sobre a abundância de carrapatos, pois eles determinam o tipo de vegetação presente em determinado local, além da abundância e diversidade de hospedeiros (SONENSHINE; MATHER, 1994). De acordo com Sonenshine (1993), temperatura e umidade são dois importantes fatores abióticos que contribuem para a manutenção dos estágios de vida livre dos carrapatos.

Apesar disso, *A. sculptum* é extremamente tolerante à desidratação, visto que testes em laboratório indicaram que, sob condições ideais (23 °C e 85 % UR), o tempo para mortalidade de 50 % dos carrapatos adultos gira em torno de 515 dias. No entanto, em condições de desidratação (23 °C e 35 % UR), esse tempo é reduzido para 35 dias (STREY et al., 1996). Porém apesar de esse carrapato ser tolerante a condições de aridez, ele não é capaz de completar seu ciclo de vida em temperatura acima de 32 °C (CHACÓN et al., 2003).

De acordo com estudo realizado por Beck et al. (2011) com *A. mixtum*, a presença de larvas nas armadilhas apresentou-se negativamente correlacionada à temperatura média no dia da coleta, mas positivamente correlacionada à umidade relativa nas 3 semanas anteriores à coleta, assim como ao volume de precipitação nas 7 semanas anteriores. A atividade das ninfas de *A. mixtum* não apresentou qualquer correlação com indicadores meteorológicos. Ainda de acordo com o estudo, o número de carrapatos adultos coletados em dias com temperaturas acima de 30 °C foi muito maior do que em dias com temperaturas abaixo dos 20 °C, e o volume de precipitação nas 6 semanas anteriores à coleta apresentou-se negativamente correlacionado à atividade de *A. mixtum* adultos.

Foi salientado por Gray (1998) a importância da umidade relativa do ar para a dinâmica de populações do carrapato *Ixodes ricinus* na Europa. De acordo com este autor, *I. ricinus* requer umidade relativa de, no mínimo, 80 % ao longo de todo o ano para que o ciclo biológico se complete. Em estudo realizado na França, Boyard et al. (2007) demonstraram, através de um modelo binomial negativo, a influência da umidade mínima diária (p -valor = 0,016) e da umidade média diária (p -valor = 0,007) mais de 10 dias antes da coleta para favorecer a abundância de carrapatos *I. ricinus* em pastagens.

Em estudo realizado por Farias et al. (1995) no estado de São Paulo, concluiu-se que, durante os períodos de chuva, o microclima junto ao solo torna-se mais úmido, o que favorece a fase de vida livre do carrapato *Rhipicephalus microplus*. Além disso, temperatura mínima, precipitação pluviométrica e temperatura máxima foram, em ordem decrescente, as variáveis climáticas mais correlacionadas com a duração do período de pré-postura de teleóginas incubadas de *R. microplus* (coeficiente de correlação = -0,65386, -0,60743, -0,57643, respectivamente), sendo a queda da temperatura mínima e da precipitação pluviométrica nos meses de inverno os fatores que desfavoreceram a fase de vida livre do carrapato (FARIAS et al., 1995).

Dentro desse contexto, conclui-se que entender os parâmetros que controlam o ciclo de vida de *A. sculptum* é essencial para o ajuste de modelos explicativos para transmissão de

doenças. A gestão eficiente de doenças transmitidas por carrapatos pode ser consideravelmente realçada a partir do desenvolvimento de tais modelos (BECK et al., 2011).

Os modelos estatísticos de regressão são utilizados quando se deseja estudar a relação entre um desfecho (variável dependente ou resposta) e um conjunto de potenciais fatores de risco (variáveis independentes ou explicativas), sendo o objetivo a determinação de um modelo matemático que descreva essa relação funcional. A variável resposta representa um determinado resultado ou fenômeno que se deseja estudar, enquanto as variáveis independentes estão relacionadas às causas de ocorrência desse mesmo resultado ou fenômeno (ZUUR et al., 2009).

Os modelos mais antigos utilizados pela literatura são os modelos de regressão linear, para situações em que a variável resposta não apresenta uma distribuição Normal, ou quando a relação entre a variável resposta e as variáveis explicativas não é linear (DOBSON, 1990).

Porém, na década de 1970, surgiram os Modelos Lineares Generalizados (GLM), como uma extensão dos modelos lineares clássicos, em que a variável resposta pode ser definida como pertencente à família exponencial na forma canônica. As variáveis explicativas entram na forma de um modelo linear (componente sistemático), e a ligação entre os componentes aleatório e sistemático é estabelecida através de uma função de ligação (logarítmica para os modelos log-lineares, por exemplo) (NELDER; WEDDERBURN, 1972).

Os GLM descrevem a dependência de uma variável resposta y_i sobre um vetor de regressores x_i . A distribuição condicional de $y_i | x_i$ é uma família exponencial linear com a seguinte função de densidade de probabilidade (1):

$$f(y; \lambda, \Phi) = \exp(y \cdot \lambda - b(\lambda) / \Phi + c(y, \Phi)) \quad (1),$$

em que λ é o parâmetro canônico que depende dos regressores a partir de um preditor linear, e Φ é o parâmetro de dispersão, que é normalmente conhecido. As funções $b(\lambda)$ e $c(y, \Phi)$ são conhecidas e determinam qual distribuição será utilizada (ZEILEIS et al., 2008).

Entre os GLM, os mais utilizados são os de regressão logística, em que a variável-resposta é binária, e a regressão de Poisson, em que a variável desfecho se apresenta na forma de contagem. O ajuste desses modelos é comumente baseado no método de estimação da máxima verossimilhança, pelo qual os estimadores são obtidos a partir da maximização da função de verossimilhança (BOLFARINE; SANDOVAL, 2001).

Determinadas áreas do conhecimento trabalham com modelos bastante específicos, um exemplo disso é a área da epidemiologia humana e animal, pois utilizam dados de contagem na maioria de suas pesquisas. Dados de contagem apresentam algumas fragilidades, uma delas é o excessivo número de zeros, ou seja, a variável resposta contém mais zeros do que é esperado, inviabilizando muitas vezes o uso dos modelos baseados nas distribuições tradicionais de Poisson e/ou binomial negativa (ZUUR et al., 2009).

Nos últimos anos, vem sendo desenvolvidos alguns modelos que levam em conta esse excessivo número de zeros, são eles: Poisson inflacionada de zeros (ZIP) e com alteração de zeros (ZAP), Binomial Negativa inflacionada de zeros (ZINB) e com alteração de zeros (ZANB). Os modelos ZINB e ZANB são utilizados quando há um grau de super dispersão da variável resposta, independentemente do número de zeros na variável. No entanto, os modelos ZIP e ZAP são utilizados especificamente quando há um inflacionamento de zeros, ou seja, um número de zeros acima do esperado (ZUUR et al., 2009).

O inflacionamento de zeros ocorre quando a variável desfecho de uma contagem realmente apresenta valor igual a zero, devido a diferentes tipos de erros. São eles: erro estrutural, em que o valor é zero porque o local da pesquisa não é adequado (ex.: coleta de determinada espécie de peixe em um ambiente terrestre); erro metodológico, quando o experimento é realizado em uma época do ano inadequada ou por um espaço de tempo muito curto (ex.: captura de aves migratórias no inverno em local que elas habitam apenas durante o verão); e erro de observação, em que o valor é zero porque o pesquisador é inexperiente ou

porque é muito difícil identificar a ocorrência do evento (ex.: observação da ocorrência de determinada espécie de pássaro que tem grande capacidade de se camuflar na copa das árvores). Os zeros provenientes de um erro estrutural são chamados de zeros positivos ou verdadeiros. Já os zeros que são consequência de erro metodológico ou de observação são chamados de zeros falsos ou negativos (ZUUR et al., 2009).

Diante disso, é recomendável a utilização de tais ferramentas estatísticas para o estudo da ocorrência e comportamento de carrapatos em áreas de transição rural-urbana no estado do Rio de Janeiro, pois observa-se que em muitas coletas a variável resposta assumiu valor igual a zero, o que chegou a prevalecer em determinadas situações. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de variáveis climáticas sob a distribuição de ocorrência de carrapatos *A. sculptum* adultos em quatro áreas amostrais nos municípios de Seropédica e Mangaratiba, na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro, utilizando Modelos Lineares Generalizados e suas extensões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das Áreas de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida a partir dos dados referentes a coletas de carrapatos ixodídeos realizadas na mesorregião Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de dezembro/2008 a agosto/2012 (SILVEIRA; FONSECA, 2013).

A cada estação do ano foi realizada, em diferentes horários, uma coleta em seis pontos fixos de quatro áreas amostrais, totalizando 24 pontos e 384 coletas. As áreas amostrais foram as seguintes: no município de Seropédica; área 1 – Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); área 2 – Floresta Nacional Mario Xavier (FLONA); área 3 – Depósito Central de Munição do Exército Brasileiro (DCMun). E no município de Mangaratiba: área 4 – Restinga da Marambaia (Marambaia).

Os dois municípios da região de pesquisa apresentam clima tropical com uma estação seca (inverno), segundo a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média mensal é superior a 18 °C, e pode variar entre 20 e 28 °C. Os índices pluviométricos são elevados, principalmente no verão, e variam entre 1.000 e 2.000 mm anuais. Os municípios de Mangaratiba e Seropédica pertencem à microrregião de Itaguaí (IBGE, 2014).

A área 1 (UFRRJ) localiza-se no km 7 da BR-465. Nos pontos em que ocorreram as coletas, há circulação de alunos e funcionários da UFRRJ, Embrapa e PESAGRO-RIO. A vegetação é secundária, apresentando pastagens, fragmentos de mata e áreas de reflorestamento. O solo predominante é do tipo latossolo e podzólico, sendo o relevo considerado como planície litorânea. Nesta área, são manejados a campo rebanhos de bovinos, caprinos, ovinos e equinos, mas também podem ser encontrados mamíferos silvestres de pequeno e médio porte (VELOSO et al., 1991; SILVEIRA; FONSECA, 2011).

Na área 2 encontra-se a FLONA, que fica localizada no km 3,5 da BR-465. No seu entorno há loteamentos urbanos que exercem elevada ação antrópica sobre a área, além da BR-116 (Rodovia Presidente Dutra). Tal pressão antrópica tem se intensificado devido a um anel rodoviário que corta a área, aumentando o impacto ambiental já existente na região. As espécies vegetais mais encontradas são eucaliptos, sabiás e andirobas, e a fauna é composta por pequenos e médios mamíferos e aves silvestres, além de animais domésticos de pequeno e grande porte introduzidos pela população que vive no entorno (FERNANDES et al., 2006; SILVEIRA; FONSECA, 2011).

A área 3 (DCMun) localiza-se às margens da RJ-127, na altura do km 6. A vegetação predominante são as matas secundárias e pastagens. Nesta área podem ser encontrados animais domésticos como cães, bovinos e equinos, além de pequenos e médios mamíferos silvestres. O DCMun possui um efetivo de militares de carreira que realizam atividades frequentes de treinamento militar nas áreas de mata e pastagem (SILVEIRA; FONSECA, 2011).

Por fim, a área 4 (Marambaia) localiza-se em uma península formada por uma estreita faixa arenosa, com cerca de 40 km de comprimento. Na extremidade oeste da restinga, há uma região montanhosa chamada Ilha da Marambaia (MENEZES; ARAÚJO, 2005). O local é composto por trechos de mata atlântica, manguezais e restinga. Há presença de animais domésticos, como cães, equinos e aves, além de primatas, capivaras, pequenos mamíferos e aves silvestres (SILVEIRA; FONSECA, 2011).

2.2 Variáveis do Estudo

A variável de desfecho considerada na pesquisa foi contagem de carrapatos adultos da espécie *A. sculptum*.

Os 24 pontos amostrais para a coleta de carrapatos foram escolhidos considerando a presença de humanos, animais domésticos e/ou silvestres e de vegetação mista (grama e arbustos). Foram considerados para a formação do banco de dados três tipos de coleta de carrapatos: armadilha química de CO₂, arrasto de flanela e as roupas dos pesquisadores que participaram das coletas (SILVEIRA; FONSECA, 2011). Após isso, as amostras foram levadas ao Departamento de Parasitologia Animal da UFRRJ para identificação até espécie, com auxílio de microscópio estereoscópio e seguindo as descrições de Barros-Battesti et al. (2006).

Foram consideradas na pesquisa as seguintes variáveis explicativas, de origem climática: temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e volume de precipitação (mm). Para cada uma dessas variáveis, foi considerado o valor no dia de cada coleta e nos últimos 15 dias anteriores a cada coleta, totalizando 48 variáveis explicativas. Esses dados foram coletados a partir das medições realizadas na estação meteorológica Ecologia Agrícola (83741), localizada no km 7 da BR-465, no município de Seropédica, e disponibilizadas por Carvalho (2014). Tais dados foram extrapolados para análise da área amostral pertencente ao município de Mangaratiba (Ilha da Marambaia).

2.3 Análise dos Dados

Primeiramente foi realizada uma análise exploratória de dados considerando a contagem de carrapatos, a média e o coeficiente de variação em função dos meses do ano, das áreas amostrais e das estações do ano. O coeficiente de variação é empregado como um parâmetro de comparação entre diferentes distribuições, e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média.

Em seguida, para verificar a relação funcional entre a ocorrência de carrapatos e as variáveis climáticas, realizou-se uma análise bivariada, utilizando quatro tipos de modelos de regressão: Poisson, Binomial Negativa, Extra Poisson (supondo a variância ser igual ao quadrado da média, $\sigma = \mu^2$) e Poisson Inflacionada de Zeros (ZIP). As 48 variáveis explicativas são formadas por três grupos com 16 variáveis cada, representando a temperatura média, a umidade relativa do ar e o volume de precipitação. As 16 variáveis de cada grupo correspondem ao número de defasagens medidas desde o dia da coleta até o 15º dia anterior à mesma coleta, totalizando 16 medições consecutivas para cada uma das três grandezas. No caso de variáveis consecutivas (por exemplo, umidade 9, 10, 11 e 12 dias antes da coleta) apresentarem-se significativas, foi calculada a média destas variáveis para criação de uma nova e única variável (por exemplo, umidade do 9º ao 12º dia anterior à coleta).

A estatística utilizada a partir dos modelos para avaliar a relação funcional entre a ocorrência de carrapatos e as variáveis climáticas é chamada de razão de prevalência (RP) e seu respectivo intervalo, com 90 % de confiança. Quanto mais próxima do valor um, significa que a ocorrência dos carrapatos tem menor relação com as variáveis climáticas. Entre zero e um, significa uma relação negativa (fator de proteção), e maior do que o valor um, que existe uma associação positiva entre as duas variáveis (fator de risco) (MEDRONHO et al., 2008).

Dos modelos gerados, foram extraídas as variáveis que se apresentaram significativas em pelo menos três modelos. Essas variáveis foram, então, combinadas entre si, respeitando-se o critério de serem variáveis climáticas distintas, ou seja, uma variável de temperatura, uma de umidade e uma de precipitação para cada modelo. Assim, cada combinação entre essas variáveis significativas gerou uma análise multivariada para cada um dos 5 modelos testados

na pesquisa. Os resultados desses modelos foram confrontados, considerando-se os seguintes critérios: razão de prevalência (índice de confiança = 90 %), *p*-valor, *Akaike Information Criterion* (AIC), quadrado médio dos resíduos (QMR) e correlação (Corr) entre o *Y* esperado e o *Y* observado, quando esses critérios eram fornecidos pelo modelo. A partir dessas métricas, foi escolhido o melhor modelo linear generalizado para o estudo em questão.

O *p*-valor é definido como a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema do que aquela observada em uma amostra, sob a hipótese nula. Como citado anteriormente, o nível de confiança adotado no presente trabalho foi de 90%. Dessa forma, quando o *p*-valor estava abaixo desse nível, rejeitou-se a hipótese nula, e as variáveis independentes foram consideradas significativas. Já o AIC oferece uma estimativa relativa da perda de informação quando um determinado modelo é usado para representar o processo que deu origem à ocorrência do fenômeno. O QMR é um estimador da variância dos erros aleatórios. E a Corr representa a diferença entre *Y* esperado e *Y* observado (NELDER; WEDDERBURN, 1972). Neste estudo, foram considerados como modelos mais adequados aqueles com menores valores de QMR e maiores valores de Corr.

Devido à falta de dados climáticos para algumas semanas de 2012, coletas referentes a esse período foram descartadas do estudo. Com isso, o número total de carrapatos utilizado para as análises deste trabalho diferirá do total encontrado por Silveira e Fonseca (2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Distribuição de Ocorrência de *Amblyomma sculptum*

Foram contabilizados 574 carrapatos para este estudo. Comparando-se todos os períodos de coleta (meses do ano), um maior número de carrapatos *A. sculptum* adultos foi observado em maio ($n = 171$) e abril ($n = 140$). Setembro e outubro foram os meses com menor número de espécimes (3 em cada um). A estação do ano com mais carrapatos coletados foi o outono ($n = 319$), e aquela com menos foi o inverno ($n = 47$). O DCMun apresentou o maior número ($n = 236$), e a UFRRJ, o menor ($n = 54$) (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 Total de carrapatos *Amblyomma sculptum* adultos coletados, média e coeficiente de variação por período de coleta, por estação do ano e por área amostral, entre dezembro de 2008 e agosto de 2012, na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil.

Mês de coleta	Nº de carrapatos	Média*	Coeficiente de variação
Janeiro	52	1.44	361%
Fevereiro	59	1.96	284%
Março	44	1.62	168%
Abril	140	7.77	268%
Maio	171	2.59	430%
Junho	9	0.50	171%
Julho	15	0.35	245%
Agosto	28	0.84	281%
Setembro	3	1.00	173%
Outubro	3	0.33	212%
Novembro	18	0.42	296%
Dezembro	32	0.82	257%
Estações			
Verão	155	1.66	281%
Outono	319	3.32	283%
Inverno	47	0.55	390%
Primavera	53	0.58	295%
Área de coleta			
UFRRJ	54	0.56	297%
Flona	213	2.53	414%
DCMun	236	2.45	395%
Marambaia	71	0.81	226%
Total	574	-	-

* A média se refere ao número total de carrapatos coletados em determinado período ou área em relação ao número total de coletas realizadas neste mesmo período ou nesta mesma área.

Observa-se, então, que nas estações chuvosas houve maior número de carrapatos adultos. E nas estações secas, o menor número. Observações semelhantes foram verificadas em estudo realizado no município de Paracambi, a poucos quilômetros de distância de Seropédica, onde Souza e Serra Freire (1994) destacaram que as maiores infestações das pastagens por carrapatos *A. sculptum* adultos ocorreram nos meses de março e abril. Lemos et al. (1997) também constataram, no interior do estado de São Paulo, que *A. sculptum* adultos foram encontrados em pequeno número ao longo do ano, porém altos números foram observados no fim do verão, com picos ocorrendo durante fevereiro e março, e diminuição a partir do mês de junho. Já no estudo realizado por Labruna et al. (2002), no estado de São Paulo, foi observada uma predominância de adultos desde outubro até março. Na região metropolitana de Minas Gerais, Oliveira et al. (2003) constataram que as maiores infestações de *A. sculptum* adultos nas pastagens ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro. No presente trabalho, as maiores quantidades de carrapatos adultos foram observadas no início do outono (abril e maio), apresentando, assim, uma pequena variação com os dados citados acima, em que os picos de *A. sculptum* adultos se concentraram no fim do verão e/ou parte inicial do outono.

Ainda, de acordo com Labruna et al. (2003), o padrão anual de geração de *A. sculptum* é controlado principalmente pela diapausa comportamental. Na região Sudeste do Brasil, o período de diapausa dura até o fim de abril ou início de maio, coincidindo com um período em que a temperatura média gira em torno de 20 °C, o fotoperíodo tem duração menor do que 12 horas por dia e o volume de chuvas se torna escasso ou nulo. Segundo estes autores, a diapausa comportamental de verão é caracterizada pela presença de larvas no solo, sob a vegetação, por várias semanas até a porção final do mês de abril. Também, Ferreira (2006) verificou que a população humana exposta às áreas favoráveis ou altamente favoráveis ao desenvolvimento de *A. sculptum* variou de 0,04 % até 15,23 % ao longo do ano, sendo que as áreas favoráveis aumentaram a partir de agosto, apresentando pico em maio, com o aumento da biomassa vegetal, associado ao aumento da temperatura. Ou seja, temperatura e umidade são dois importantes fatores abióticos que contribuem para a manutenção dos estágios de vida livre dos carrapatos (SONENSHINE, 1993; BROWNSTEIN et al., 2003; ESTRADA-PEÑA et al., 2004).

Tais fatores controlam a ocorrência dos carrapatos ao longo do ano, visto que apenas no período com maior disponibilidade de alimento e melhor suporte do limiar de temperatura é que as condições se tornavam favoráveis à sobrevivência do estágio seguinte (larvas).

3.2 Modelagem Estatística

Em seguida, foi realizada a análise bivariada entre todas as variáveis explicativas e a variável de desfecho, ocorrência de carrapatos, para cada um dos 4 modelos utilizados no estudo. As sete variáveis seguintes foram significativas em pelo menos 2 modelos (sendo um deles o ZIP): temperatura no dia anterior à coleta, do 4º ao 6º dia anterior à coleta e do 11º ao 15º dia anterior à coleta. Umidade no dia anterior à coleta, no 5º dia anterior à coleta e do 9º ao 12º dia anterior à coleta. E precipitação no 12º dia antes da coleta (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Modelos bivariados com suas respectivas estimativas de razão de prevalência e intervalos de confiança (RP [IC 90 %]).

Modelos: descrição	Variáveis	
	Temp_1	Temp_4a6
Poisson	0.95 [0.92; 0.98]*	1.08 [1.05; 1.12]*
Extra Poisson (μ^2)	0.95 [0.89; 1.02]	1.11 [1.04; 1.18]*
Binomial Negativa	0.95 [0.89; 1.02]	1.10 [1.03; 1.17]*
ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.00 [0.98; 1.03]
	Parte Inflacionada	0.93 [0.88; 0.99]*
Modelos: descrição	Temp_11a15	Umi_1
	Poisson	1.13 [1.08; 1.17]*
Extra Poisson (μ^2)	1.12 [1.03; 1.23]*	1.03 [1.00; 1.07]*
Binomial Negativa	1.12 [1.03; 1.22]*	1.04 [1.00; 1.07]*
ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.10 [1.07; 1.13]*
	Parte Inflacionada	0.90 [0.83; 0.97]*
Modelos: descrição	Umi_5	Umi_9a12
	Poisson	0.97 [0.95; 0.98]*
Extra Poisson (μ^2)	0.97 [0.94; 0.99]*	0.97 [0.94; 1.01]
Binomial Negativa	0.97 [0.94; 1.00]	0.97 [0.94; 1.01]
ZIP	Parte Não-Inflacionada	0.97 [0.96; 0.98]*
	Parte Inflacionada	1.00 [0.97; 1.02]
Modelos: descrição	Chuva_12	
	Poisson	0.97 [0.95; 0.98]*
Extra Poisson (μ^2)	0.96 [0.95; 0.98]*	
Binomial Negativa	0.97 [0.95; 0.99]*	
ZIP	Parte Não-Inflacionada	0.98 [0.97; 0.99]*
	Parte Inflacionada	1.02 [1.00; 1.04]*

(Temp_1: temperatura média no dia anterior à coleta; Temp_4a6: temperatura média do 4º ao 6º dia anterior à coleta; Temp_11a15: temperatura média do 11º ao 15º dia anterior à coleta; Umi_1: umidade relativa do ar no dia anterior à coleta; Umi_5: umidade relativa do ar no 5º dia anterior à coleta; Umi_9a12: umidade relativa do ar do 9º ao 12º dia anterior à coleta; Chuva_12: volume de precipitação no 12º dia antes da coleta. *significativo a 10%).

A partir desses resultados, nove combinações possíveis foram testadas em cada um dos quatro modelos (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 Modelos multivariados com suas respectivas estimativas de razão de prevalência (RP), *Akaike Information Criterion* (AIC), quadrado médio dos resíduos (QMR) e correlação entre Y esperado e Y observado (Corr), quando estes foram fornecidos pelo modelo. (continua)

Modelos	Descrição	Variáveis			AIC	QMR	Corr
		temp1	umi1	chuva12			
1	Poisson	1.01	1.05*	0.97*	903.19	690.49	0.21
2	Extra Poisson (μ^2)	1.01	1.03*	0.97*	NA	652.36	0.19
3	Binomial Negativa	1.00	1.03*	0.97*	648.13	653.61	0.20
4	ZIP Parte Não-Inflacionada	1.01	1.04*	0.96*	NA	493.96	0.20

		Parte Inflacionada	1.00	1.00	0.99		
			temp1	umi5	chuva12		
5	Poisson		0.95*	0.97*	0.97*	917.63	633.25 0.14
6	Extra Poisson (μ^2)		0.97	0.97	0.97*	NA	628.82 0.13
7	Binomial Negativa		0.97	0.95*	0.97*	499.1955	626.14 0.14
8	ZIP	Parte Não-Inflacionada	0.96	0.94*	0.98	NA	503.80 0.14
		Parte Inflacionada	0.98	0.94*	1.01		
			temp1	umi9-12	chuva12		
9	Poisson		0.96*	0.98	0.97*	925.75	688.71 0.11
10	Extra Poisson (μ^2)		0.98	0.99	0.97*	NA	692.57 0.11
11	Binomial Negativa		0.97	0.99	0.97*	652.19	686.43 0.11
12	ZIP	Parte Não-Inflacionada	0.96*	0.95*	0.98	NA	507.22 0.11
		Parte Inflacionada	0.98	0.95*	1.01		
			temp4a6	umi1	chuva12		
13	Poisson		1.10*	1.05*	0.96*	879.16	691.49 0.28
14	Extra Poisson (μ^2)		1.11*	1.02	0.96*	NA	605.10 0.24
15	Binomial Negativa		1.09*	1.03	0.96*	643.36	601.42 0.26
16	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.09*	1.04*	0.97*	NA	478.02 0.27
		Parte Inflacionada	0.98	1.00	1.00		
			temp4a6	umi5	chuva12		
17	Poisson		1.09*	0.99	0.96*	906.29	591.60 0.16
18	Extra Poisson (μ^2)		1.13*	1.00	0.96*	NA	624.69 0.15
19	Binomial Negativa		1.11*	0.99	0.96*	646.35	597.74 0.16
20	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.02	0.95*	0.97*	NA	498.50 0.17
		Parte Inflacionada	0.91*	0.93*	1.01		
			temp4a6	umi9-12	chuva12		
21	Poisson		1.09*	0.99	0.96*	906.36	597.92 0.16
22	Extra Poisson (μ^2)		1.14*	1.02	0.95*	NA	631.77 0.12
23	Binomial Negativa		1.12*	1.00	0.96*	646.17	603.43 0.14
24	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.07*	0.98	0.97*	NA	500.14 0.16
		Parte Inflacionada	0.97	0.96	1.00		
			temp11a15	umi1	chuva12		
25	Poisson		1.13*	1.04*	0.97*	875.61	693.75 0.28
26	Extra Poisson (μ^2)		1.15*	1.03	0.96*	NA	689.15 0.26
27	Binomial Negativa		1.13*	1.03*	0.96*	641.77	664.14 0.26
28	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.06*	1.04*	0.97*	NA	475.83 0.27
		Parte Inflacionada	0.89*	1.00	1.00		
			temp11a15	umi5	chuva12		
29	Poisson		1.12*	0.98	0.97*	898.75	640.77 0.19
30	Extra Poisson (μ^2)		1.15*	0.98	0.96*	NA	687.63 0.19
31	Binomial Negativa		1.13*	0.98	0.96*	645.08	653.85 0.19
32	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.02	0.94*	0.97*	NA	491.50 0.21

		Parte Inflacionada	0.84*	0.93*	1.01		
			temp11a15	umi9-12	chuva12		
33	Poisson		1.15*	1.01*	0.96*	897.75	709.63 0.19
34	Extra Poisson (μ^2)		1.22*	1.04*	0.94*	NA	709.63 0.19
35	Binomial Negativa		1.18*	1.03	0.95*	643.93	740.57 0.18
36	ZIP	Parte Não-Inflacionada	1.02	0.97*	0.97	NA	493.66 0.19
		Parte Inflacionada	0.82*	0.92*	1.02		

(temp1: temperatura média no dia anterior à coleta; temp4a6: temperatura média do 4° ao 6° dia anterior à coleta; temp11a15: temperatura média do 11° ao 15° dia anterior à coleta; umi1: umidade relativa do ar no dia anterior à coleta; umi5: umidade relativa do ar no 5° dia anterior à coleta; umi9-12: umidade relativa do ar do 9° ao 12° dia anterior à coleta; chuva12: volume de precipitação no 12° dia antes da coleta. *significativo a 10 %. Nos modelos cujo método de estimação empregado foi a quase-verossimilhança, não foi possível estimar o valor para o AIC. NA = não se aplica).

Considerando-se os modelos ajustados, é possível observar que os parâmetros mais satisfatórios foram apresentados pelos modelos ZIP, em que os valores de QMR são os mais baixos e os valores de Corr são os mais elevados. Esses resultados corroboram as informações disponíveis na literatura estatística, de que os modelos ZIP são os mais adequados para lidar com análises em que há inflacionamento de zeros (LAMBERT, 1992; BÖHNING, 1998; ZEILEIS et al., 2008; ZUUR et al., 2009).

Apesar dos modelos clássicos de regressão de Poisson não serem os mais indicados para modelar este tipo de situação (ZUUR et al., 2009), neste trabalho foi observado que alguns desses modelos apresentaram valores de QMR considerados relativamente bons e valores de Corr altos, ou seja, aqueles modelos podem levar a uma análise de padrão satisfatório para dados de contagem com inflacionamento de zeros.

Ao mesmo tempo, também se pode questionar até que ponto a regressão de Poisson e também os outros modelos lineares generalizados da pesquisa podem estar tornando significativas variáveis que não teriam esse caráter para os dados do estudo, uma vez que esses outros modelos não consideram o fato de haver mais zeros do que o considerável, logo devemos sempre levar em conta a frequência de ocorrência de zeros, pois a origem desses zeros pode ser de diversas fontes.

Para fins de análise, foram interpretadas apenas as RP da parte não inflacionada, pois o objetivo maior desses modelos é verificar se os zeros estão exercendo alguma influência ou não nos resultados estimados pelos modelos. Nos modelos clássicos, não é possível observar tal suposta influência dos zeros, porém nesses modelos mais específicos podemos fazer uma análise em ambos os cenários, com os zeros e sem os zeros.

Com isso, verifica-se que o melhor modelo ajustado é o modelo ZIP com as seguintes estimativas de razão de prevalência e respectivos intervalos de confiança: temperatura entre o 11° e 15° dias anteriores à coleta (1,0664 [1,0192; 1,1157]), umidade no dia anterior (1,0409 [1,0239; 1,0582]) e volume de precipitação no 12° dia anterior (0,9710 [0,9492; 0,9934]). Tal modelo apresenta QMR = 475,8380 e Corr = 0,2736.

Como pode ser observado na Figura 1.1, as análises bivariadas realizadas a partir do modelo ZIP destacam o fato de que a temperatura se apresenta como fator de proteção para a ocorrência de *A. sculptum* adultos no dia da coleta e nos dois dias anteriores, mas como fator de risco a partir do 3° dia anterior até o 15°. Já umidade e precipitação apresentam-se como fatores de proteção para a ocorrência de carrapatos a partir do 3° e do 5° dia anterior à coleta,

respectivamente, até o 15°. Nos dias mais próximos à coleta, essas duas últimas variáveis não apresentam um comportamento constante em relação à ocorrência dos carrapatos em estudo.

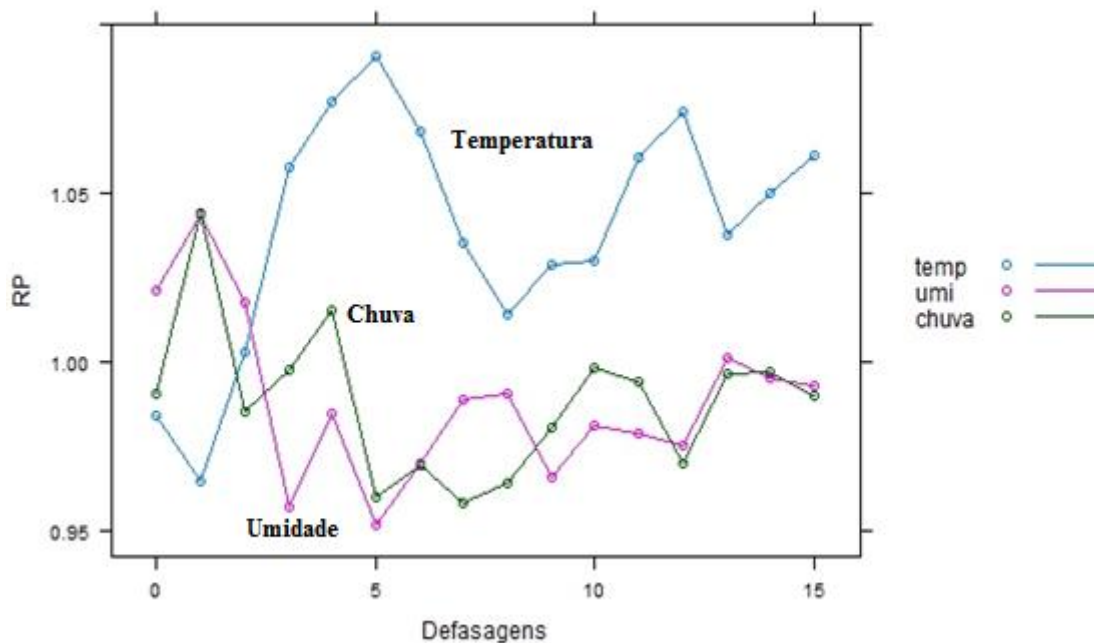


Figura 1.1 Razão de prevalência (RP) das variáveis temperatura, umidade e precipitação em função das suas respectivas defasagens, do dia da coleta ao 15º dia anterior, a partir das análises bivariadas no modelo ZIP.

Flutuações nas condições climáticas são comumente associadas à ocorrência de carrapatos. Durante o período em que não estão no hospedeiro, os carrapatos são especialmente vulneráveis à dessecação e requerem alta umidade relativa (> 85 %) para sobreviverem (NEEDHAM; TEEL, 1991).

O comportamento da variável volume de precipitação como fator que desfavorece a abundância de *A. sculptum* adultos do 5º ao 15º dias anteriores à coleta (Figura 1.1) são semelhantes aos achados de Beck et al. (2011), em que o volume de precipitação nas 6 semanas anteriores à coleta apresentou-se como fator negativamente correlacionado à abundância de *A. mixtum* adultos. Tal estudo foi realizado em uma região de vegetação rasteira e clima árido no sul do Texas, o que pode ter contribuído para a obtenção desses resultados.

Porém, diferentemente de Boyard et al. (2007), que constataram que a umidade diária é um fator que favorece a abundância de *I. ricinus* mais de 10 dias antes da coleta. No presente trabalho, a mesma variável, entre 10 e 15 dias antes da coleta, se apresentou como fator de proteção (que desfavorece) a ocorrência de *A. sculptum* adultos (Figura 1.1). Esse resultado se deve provavelmente ao fato de que um solo úmido se torna desfavorável para a ocorrência de *A. sculptum*, e as consequências desse desfavorecimento se refletem dias após o evento que provocou esse aumento de umidade (como, por exemplo, a passagem de uma frente fria).

O principal objetivo de um modelo que descreva a variabilidade sazonal de carrapatos é correlacionar mudanças sazonais de ocorrência dos espécimes com variáveis climáticas e disponibilidade de hospedeiros. Tanto a temperatura como a umidade relativa são fatores-

chave que controlam os principais aspectos do ciclo de vida dos carrapatos. Os “períodos de crescimento” (por exemplo, oviposição ou muda) são mediados pela temperatura, de modo bem diferente de acordo com cada espécie de carrapato. Além disso, a mortalidade desses espécimes resulta de interações complexas entre temperatura, umidade relativa, precipitação ou evaporação. Da mesma maneira, a ativação de estágios ou a habilidade de subir na vegetação à procura de um hospedeiro são primariamente dependentes da temperatura (ESTRADA-PEÑA, 2001).

Carrapatos são mais abundantes sob condições climáticas favoráveis, visto que muitas espécies entram em diapausa quando as condições climáticas se tornam desfavoráveis (BELOZEROV, 1982; SONENSHINE, 1993; LABRUNA et al., 2003). No clima quente de regiões tropicais e subtropicais, a dessecação é a principal causa de morte de carrapatos, e a emergência quando há um aumento razoável da umidade é uma estratégia de sobrevivência (OOREBEEK; KLEINDORFER, 2008). A alta umidade a alguns centímetros do chão permite que os carrapatos fiquem no alto das folhas por mais tempo, o que aumenta as chances de adesão a um hospedeiro. De acordo com Oorebeek e Kleindorfer (2008), é por isso que os hospedeiros têm mais carrapatos quando a umidade é maior.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, H.B. Ixodidas brasileiros e de alguns paizes limitrophes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 31, p. 759-844, 1936.

BARROS-BATTESTI, D.M.; ARZUA, M.; BECHARA, G.H. *Carrapatos de Importância Médico-veterinária da Região Neotropical: Um Guia Ilustrado para Identificação de Espécies*. São Paulo: Vox/ICTTD-3/Butantan, 2006, 223 p.

BEATI, L.; NAVA, S.; BURKMAN, E.J.; BARROS-BATTESTI, D.; LABRUNA, M.B.; GUGLIELMONE, A.A.; CÁCERES, A.G.; GUZMAN CORNEJO, C.; LÉON, R.; DURDEN, L.A.; FACCINI, J.L.H. *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) (Acari: Ixodidae), the Cayenne tick: phylogeography and evidence for allopatric speciation. *BMC Evolutionary Biology*, v. 13, p. 267, 2013.

BECK, D.L.; ZAVALA, J.; MONTALVO, E.O.; QUINTANA, F.G. Meteorological indicators for *Amblyomma cajennense* and population dynamics in the Tamaulipan Biotic Province in Texas. *Journal of Vector Ecology*, v. 36, p. 135-146, 2011.

BELOZEROV, V.N. *Diapause and Biological Rhythms in Ticks*. In: OBENCHAIN, F.D.; GALUN, R. *Physiology of Ticks*. Oxford: Pergamon, 1982, p. 469-500.

BELOZEROV, V.N. *Dormancy in the Life Cycle of Ixodid Ticks and their Adaptations to Predictable and Unpredictable Environmental Changes*. In: NEEDHAM, G.R. *Acarology IX*, vol. 2. Columbus: Ohio Biological Survey, 1999, p. 53-56.

BÖHNING, D. Zero-inflated Poisson models and C.A.MAN: a tutorial collection of evidence. *Biometrical Journal*, v. 40, p. 833-843, 1998.

BOLFARINE, H.; SANDOVAL, M. *Introdução à Inferência Estatística*. Sociedade Brasileira de Matemática, 2001.

BOYARD, C.; BARNOUIN, J.; GASQUI, P.; VOURC'H, G. Local environmental factors characterizing *Ixodes ricinus* nymph abundance in grazed permanent pastures for cattle. *Parasitology*, v. 134, p. 987-994, 2007.

BRASIL, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. *Guia de Vigilância Epidemiológica – Febre Maculosa*. Brasília: MS/SVS, 2009, 14 p.

BROWNSTEIN, J.S.; HOLFORD, T.R.; FISH, D. A climate-based model predicts the spatial distribution of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in the United States. *Environmental Health Perspectives*, v. 111, p. 1152-1157, 2003.

CARVALHO, D.F. Dados climatológicos. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/dadosclimaticos> Acesso em 11 de set. 2014.

CHACÓN, S.C.; CORREIA, P.G.; BARBIERI, F.S.; DAEMON, E.; FACCINI, J.L.H. Efeito de três temperaturas constantes sobre a fase não parasitária de *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) (Acari: Ixodidae). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 12, p. 13-20, 2003.

DANTAS-TORRES, F. Rocky Mountain spotted fever. *The Lancet Infectious Diseases*, v. 7, p. 724-732, 2007.

DANTAS-TORRES, F.; ALÉSSIO, F.M.; SIQUEIRA, D.B.; MAUFFREY, J.F.; MARVULO, M.F.V.; MARTINS, T.F.; MORAES-FILHO, J.; CAMARGO, M.C.G.O.; D'AURIA, S.R.N.; LABRUNA, M.B.; SILVA, J.C.R. Exposure of small mammals to ticks and Rickettsiae in Atlantic Forest patches in the metropolitan area of Recife, north-eastern Brazil. *Parasitology*, v. 139, n. 1, p. 83-91, 2012.

DOBSON, A.J. *An Introduction to Generalized Linear Models*. New York: Chapman and Hall, 2ª ed., 1990, 174 p.

ESTRADA-PEÑA, A. Forecasting habitat suitability for ticks and prevention of tick-borne diseases. *Veterinary Parasitology*, v. 98, p. 111-132, 2001.

ESTRADA-PEÑA, A.; GUGLIELMONE, A.A.; MANGOLD, A.J. The distribution and ecological 'preferences' of the tick *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae), an ectoparasite of humans and other mammals in the Americas. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v. 98, p. 283-292, 2004.

FACCINI, J.L.H.; BARROS-BATTESTI, D.M. *Aspectos Gerais da Biologia e Identificação de Carrapatos*. In: BARROS-BATTESTI, D.M.; ARZUA, M.; BECHARA, G.H. Carrapatos de Importância Médico-veterinária da Região Neotropical: Um guia Ilustrado para Identificação de Espécies. São Paulo: Vox/ICTTD-3/Butantan, 2006, p. 5-10.

FARIAS, N.A.; STOBBE, N.S.; CHRISTOVÃO, M.L.; PERRI, S.H.V.; COSTA, A.J. Influência das condições climáticas da região Noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sobre os estágios não-parasitários do carrapato *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 4, p. 67-77, 1995.

FERNANDES, M.M.; PEREIRA, M.G.; MAGALHÃES, L.M.S.; CRUZ, A.R.; GIÁCOMO, R.G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. *Ciência Florestal*, v. 16, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, P.M. *Uso do geoprocessamento na identificação de áreas de risco para a infestação humana pelo Amblyomma cajennense (Acari: Ixodidae) no município de Piracicaba, SP.* 2006, 94 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GALVÃO, M.A.M. *Febre maculosa em Minas Gerais: um estudo sobre a distribuição da doença no estado e seu comportamento em área de foco peri-urbano.* 1996, 84 f. Tese (Doutorado em Medicina Tropical) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

GRAY, J.S. Review: the ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis. *Experimental and Applied Acarology*, v. 22, p. 249-258, 1998.

GUGLIELMONE, A.A.; BEATI, L.; BARROS-BATTESTI, D.M.; LABRUNA, M.B.; NAVA, S.; VENZAL, J.M.; MANGOLD, A.J.; SZABÓ, M.P.J.; MARTINS, J.R.; GONZÁLEZ-ACUNÃ, D.; ESTRADA-PEÑA, A. Ticks (Ixodidae) on humans in South America. *Experimental and Applied Acarology*, v. 40, p. 83-100, 2006.

GUGLIELMONE, A.A.; ESTRADA-PEÑA, A.; KEIRANS, J.E.; ROBBINS, R.G. *Ticks (Acari. Ixodida) of the Neotropical Zoogeographic Region – Special Publication of the International Consortium on Ticks and Tick-borne Diseases.* Atlanta: Houten, 2003, 174 p.

GUGLIELMONE, A.A.; MANGOLD, A.J.; AGUIRRE, D.H.; GAIDO, A.B. Ecological aspects of four species of ticks found on cattle in Salta, Northwest Argentina. *Veterinary Parasitology*, v. 35, p. 93-101, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão regional. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47603_cap4_pt4.pdf Acesso em 11 de set. 2014.

JONGEJAN, F.; UILENBERG, G. The global importance of ticks. *Parasitology*, v. 129, supplement S1, S3-S14, 2004.

LABRUNA, M.B.; AMAKU, M.; METZNER, J.A.; PINTER, A.; FERREIRA, F. Larval behavioral diapause regulates life cycle of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) in Southeast Brazil. *Journal of Medical Entomology*, v. 40, p. 170-178, 2003.

LABRUNA, M.B.; CAMARGO, L.M.; TERRASSINI, F.A.; FERREIRA, F.; SCHUMAKER, T.S.; CAMARGO, E.P. Ticks (Acari: Ixodidae) from the state of Rondônia, western Amazon, Brazil. *Systematic and Applied Acarology*, v. 10, p. 17-32, 2005.

LABRUNA, M.B.; KASAI, N.; FERREIRA, F.; FACCINI, J.L.H.; GENNARI, S.M. Seasonal dynamics of ticks (Acari: Ixodidae) on horses in the state of São Paulo, Brazil. *Veterinary Parasitology*, v. 105, p. 65-77, 2002.

LABRUNA, M.B.; SOARES, J.F.; MARTINS, T.F.; SOARES, H.S.; CABRERA, R.R. Cross-mating experiments with geographically different populations of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). *Experimental Applied Acarology*, v. 54, p. 41-49, 2011.

LAMBERT, D. Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics*, v. 34, p. 1-14, 1992.

LEMOES, E.R.S.; MACHADO, R.D.; COURA, J.R.; GUIMARÃES, M.A.A.; SERRA-FREIRE, N.M.; AMORIM, M.; GAZETA, G.S. Epidemiological aspects of the brazilian spotted fever: seasonal activity of ticks collected in an endemic area in São Paulo, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 30, n. 3, p. 181-185, 1997.

MANGOLD, A.J.; AGUIRRE, D.H.; GAIDO, A.B.; GUGLIELMONE, A.A. Seasonal variation of ticks (Ixodoidea) in *Bos taurus* X *Bos indicus* cattle under rotational grazing in forested and deforested habitats in northwestern Argentina. *Veterinary Parasitology*, v. 54, p. 389-395, 1994.

MASTROPAOLO, M.; NAVA, S.; GUGLIELMONE, A.A.; MANGOLD, A.J. Biological differences between two allopatric populations of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) in Argentina. *Experimental Applied Acarology*, v. 53, p. 371-375, 2011.

MEDRONHO, R.; BLOCH, K.V.; LUIZ, R.R.; WERNECK, G.L. *Epidemiologia*. São Paulo: Atheneu, 2008, 790 p.

MENEZES, L.F.T.; ARAÚJO, D.S.D. *Formações Vegetais da Ilha da Marambaia*. In: História Natural da Marambaia. Seropédica: Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005, p. 67-120.

MONTEIRO, S.G. *Metastigmata – Carrapatos*. In: Parasitologia na Medicina Veterinária. São Paulo: Roca, 2010, p. 15-29.

NAVA, S.; BEATI, L.; LABRUNA, M.B.; CÁCERES, A.G.; MANGOLD, A.J.; GUGLIELMONE, A.A. Reassessment of the taxonomic status of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) with the description of three new species, *Amblyomma tonelliae* n. sp., *Amblyomma interandinum* n. sp. and *Amblyomma patinoi* n. sp., and reinstatement of *Amblyomma mixtum* Koch, 1844, and *Amblyomma sculptum* Berlese, 1888 (Ixodida: Ixodidae). *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 5, p. 252-276, 2014.

NEEDHAM, G.R.; TEEL, P.D. Off-host physiological ecology of Ixodid ticks. *Annual Review of Entomology*, v. 36, p. 659-681, 1991.

NELDER, J.; WEDDERBURN, R. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society A*, v. 135, p. 370-384, 1972.

OLIVEIRA, P.R.; BORGES, L.M.F.; LEITE, R.C.; FREITAS, C.M. Seasonal dynamics of the Cayenne tick, *Amblyomma cajennense*, on horses in Brazil. *Medical and Veterinary Entomology*, v. 17, p. 412-416, 2003.

OLIVEIRA, P.R.; BORGES, L.M.F.; LOPES, C.M.L.; LEITE, R.C. Population dynamics of the free-living stages of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) (Acari: Ixodidae) on pastures of Pedro Leopoldo, Minas Gerais State, Brazil. *Veterinary Parasitology*, v. 92, p. 295-301, 2000.

OOREBEEK, M.; KLEINDORFER, S. Climate or host availability: what determines the seasonal abundance of ticks? *Parasitology Research*, v. 103, p. 871-875, 2008.

PEREZ, C.A.; ALMEIDA, A.F.; ALMEIDA, A.; CARVALHO, V.H.B.; BALESTRIN, D.C.; GUIMARÃES, M.S.; COSTA, J.C.; RAMOS, L.A.; ARRUDA-SANTOS, A.D.; MÁXIMO-ESPÍNDOLA, C.P.; BARROS-BATTESTI, D.M. Carrapatos do gênero *Amblyomma* (Acari: Ixodidae) e suas relações com os hospedeiros em área endêmica para febre maculosa no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 17, n. 4, p. 210-217, 2008.

RANDOLPH, S.E. Ticks ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by ixodid ticks as vectors. *Parasitology*, v. 129, p. 37-65, 2004.

SERRA FREIRE, N.M. Epidemiologia de *Amblyomma cajennense*: ocorrência estacional e comportamento dos estádios não parasitários em pastagens do estado do Rio de Janeiro. *Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, v. 5, p. 179-186, 1982.

SILVEIRA, A.K.; FONSECA, A.H. *Caracterização de ambientes com potencial para ocorrência de carrapatos transmissores de agentes patogênicos para humanos*: boletim do PARNA ITATIAIA – número 13. Itatiaia, 2011, 87 p.

SILVEIRA, A.K.; FONSECA, A.H. Distribuição, diversidade e sazonalidade de carrapatos em ambientes institucionais com diferentes graus de intervenção humana no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 35 (suppl. 2), p. 1-12, 2013.

SONENSHINE, D.E. *Biology of Ticks*. New York: Oxford University Press, 1993, 465 p.

SONENSHINE, D.E.; MATHER, T.N. *Ecological Dynamics of Tick-borne Zoonosis*. Oxford: Oxford University Press, 1994, 464 p.

SOUZA, A.P.; SERRA-FREIRE, N.M. Variação sazonal da fase não-parasitária de *Amblyomma cajennense* e *Boophilus microplus* no município de Paracambi, estado do Rio de Janeiro. *Revista da Universidade Rural, Ser. Cienc. Vida*, v. 16, p. 57-65, 1994.

STREY, O.F.; TEEL, P.D.; LONGNECKER, M.T.; NEEDHAM, G.R. Survival and water-balance characteristics of unfed adult *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, v. 33, p. 63-73, 1996.

SZABÓ, M.P.J.; LABRUNA, M.B.; GARCIA, M.V.; PINTER, A.; CASTAGNOLLI, K.C.; PACHECO, R.C.; CASTRO, M.B.; VERONEZ, V.A.; MAGALHÃES, G.M.; VOGLIOTTI, A.; DUARTE, J.M.B. Ecological aspects of the free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails within Atlantic rainforest in south-eastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v. 103, p. 57-72, 2009.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. *Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991, 124p.

ZEILEIS, A.; KLEIBER, C.; JACKMAN, S. Regression models for count data in R. *Journal of Statistical Software*, v. 27, p. 1-25, 2008.

ZUUR, A.F.; IENO, E.N.; WALKER, N.J.; SVELIEV, A.A.; SMITH, G.M. *Zero-truncated and Zero-inflated Models for Count Data*. In: *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York: Springer, 2009, p. 261-293.

CAPÍTULO II

MODELAGEM DE CARACTERÍSTICAS DE PAISAGEM ASSOCIADAS À OCORRÊNCIA DE CARRAPATOS *Amblyomma sculptum* ADULTOS NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de utilizar a modelagem de regressão para estudar a relação entre a distribuição de ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* adultos e diferentes características de paisagem, além da presença de hospedeiros. Os dados utilizados referem-se a coletas de carrapatos realizadas no período compreendido entre a primavera de 2008 e o inverno de 2012, em três áreas amostrais no município de Seropédica, RJ. As seguintes variáveis explicativas foram consideradas na pesquisa: altitude (0 - 20 m; 20 - 40 m; e 40 - 80 m), declividade (0 - 2,5 % e 2,5 - 10 %), unidade geomorfológica (colinas e planície) tipo de solo (planossolo; solo podzólico; e gley indiscriminado), presença de hospedeiros (equinos; capivaras; equinos e capivaras; e outros) e favorabilidade de ocorrência de *A. sculptum* (moderada e alta). Foram realizadas análises bivariadas e multivariadas utilizando a regressão de Poisson Inflacionada de Zeros (ZIP). Para a escolha do melhor modelo multivariado, foi seguida a metodologia *stepAIC*, e analisou-se os valores do quadrado médio dos resíduos (QMR) e AIC (*Akaike Information Criterion*). Foram contabilizados 503 carrapatos no estudo, sendo a maioria em altitudes entre 20 - 40m, declividades de 0 a 2,5 %, regiões de planície, solo do tipo planossolo, locais com circulação de capivaras e considerados de alta favorabilidade para a ocorrência de *A. sculptum*. Considerando-se a parte não inflacionada da análise bivariada, todas as variáveis apresentaram todos os *p-valores* < 0,01, o que mostra que todas as variáveis independentes do estudo contribuem para a ocorrência de *A. sculptum*. Após a realização da análise multivariada, foi escolhido o melhor modelo (QMR = 8376,961; AIC = 1381,13), com as seguintes variáveis: altitude, declividade, tipo de solo e favorabilidade de ocorrência. De acordo com os resultados da parte não inflacionada da análise, a declividade se mostrou como a variável independente de maior importância para a ocorrência de *A. sculptum* nas áreas estudadas. A predominância de ocorrência de carrapatos em planícies, de um modo geral, está diretamente associada à altitude, declividade e tipo de solo, já que, em áreas planas, a declividade dificilmente supera 5 %, o solo normalmente é do tipo planossolo e a altitude é baixa.

Palavras-chave: Ocorrência de carrapatos. Características de paisagem. Modelos de regressão.

ABSTRACT

This study aimed at using regression models to analyze the connection between occurrence distribution of *Amblyomma sculptum* adult ticks and different kinds of landscape features, besides host presence. The data used is relative to tick sampling carried out in the period between the spring of 2008 and the winter of 2012, in three sample areas in the municipality of Seropédica, RJ. The following explanatory variables were included in the research: altitude (0 - 20 m; 20 - 40 m; and 40 - 80 m), declivity (0 - 2,5 %; 2,5 - 10 %), geomorphology (hills and plain), type of soil (albaqualf; podsol; and gleysol), host presence (horses; capybaras; horses and capybaras; and others) and occurrence favorability of *A. sculptum* (moderate and high). Bivariate and multivariate analyzes were carried out using the Zero Inflated Poisson (ZIP) regression. To select the best multivariate model, we used *stepAIC* methodology and analyzed the mean squared of residuals (MQR) and AIC (*Akaike Information Criterion*) values. A total of 503 ticks were sampled during the period of research, being most of them in sites between 20 - 40 m high, 0 - 2,5 % of declivity, lowland regions, albaqualf soil, with movement of capybaras and considered of high favorability to *A. sculptum* occurrence. Regarding the non-inflated part of bivariate analyzes, all the variables showed all *p-values* < 0,01, what demonstrates that all the independent variables included in the study contribute to *A. sculptum* occurrence. After the multivariate analysis, it was chosen the best model (MQR = 8376,961; AIC = 1381,13), with the following variables: altitude, declivity, type of soil and occurrence favorability. According to the results of the non-inflated part, declivity proved to be the most important independent variable to *A. sculptum* occurrence in the researched areas. The predominance of tick occurrence in lowland areas is, as a whole, directly associated to altitude, declivity and type of soil, since, in flat areas, declivity hardly surpasses 5 %, the type of soil is generally albaqualf (particularly in the Southern of Brazil) and altitude is low.

Key words: Tick occurrence. Landscape features. Regression models.

1 INTRODUÇÃO

Doenças infecciosas de caráter zoonótico estão relacionadas às condições ambientais. No caso de patógenos transmitidos por vetores, determinantes ambientais são responsáveis pela distribuição e abundância de reservatórios vertebrados, patógenos e seus vetores (KITRON, 1998). Com isso, a propagação de diversas doenças transmitidas por vetores pode estar correlacionada com mudanças naturais e/ou induzidas pelo ser humano na Terra (BROWNSTEIN et al., 2003).

A distribuição, densidade, comportamento e dinâmica populacional de vetores artrópodes e seus hospedeiros não-humanos são parcialmente controlados pelas características da paisagem. Da mesma forma, a distribuição espacial de vetores e o nível de transmissão são também influenciados pelo meio ambiente (NORRIS, 2004). Tais características podem ser mapeadas e utilizadas como preditoras da presença e abundância de patógenos, vetores e hospedeiros (KITRON; KAZMIERCZAK, 1997). Uma compreensão precisa da distribuição espacial tanto do patógeno como do vetor é fundamental para estratégias de prevenção de doenças, pois modelos espaciais desenvolvidos a partir de princípios ecológicos básicos são ferramentas imprescindíveis para a epidemiologia e saúde pública (BROWNSTEIN et al., 2003).

Carrapatos são adaptados a condições ambientais particulares, como clima, vegetação e hospedeiros, fatores que limitam sua distribuição em diferentes áreas (HOOGSTRAAL; AESCHLIMANN, 1982; KLOMPEN et al., 1996; PEREZ et al., 2008; ESTRADA-PEÑA et al., 2008; ESTRADA-PEÑA, 2009; SZABÓ et al., 2009; BECK et al., 2011; ENNEN; QUALLS, 2011; SILVEIRA; FONSECA, 2013).

Paisagens fragmentadas fornecem mais habitats para espécies sob efeito de borda, além de uma grande diversidade de recursos. Por exemplo, ecótonos entre florestas e áreas abertas normalmente apresentam alta densidade de carrapatos, assim como alta incidência de infecção (DANIEL et al., 1998; DANTAS-TORRES et al., 2012). Em estudo realizado por Jackson et al. (2006), verificou-se que a incidência de doença de Lyme esteve significativamente associada à importância de ecótonos entre floresta e tipos de cobertura vegetal herbácea nos Estados Unidos. Já Linard et al. (2007) demonstraram que a probabilidade de infecção por doença de Lyme na Bélgica era maior em áreas com uma extensa interface entre assentamentos e florestas em áreas periurbanas. Ao realizar análise estatística multivariada a respeito da incidência de encefalite transmitida por carrapatos em comunidades rurais de Latvia, Vanwambeke et al. (2010) associaram casos humanos da doença a fragmentos de mata e à cobertura vegetal mista de transição ao redor de florestas. No Brasil, Dantas-Torres et al. (2012) relacionaram a fragmentação da Floresta Atlântica com a alta ocorrência de carrapatos em mamíferos de pequeno porte.

Em estudo realizado por Labruna et al. (2001) em São Paulo, foi observado, através de análise univariada, que a presença de *A. sculptum* em cavalos está relacionada (*p*-valor não fornecido) à presença de capivaras e à presença de, pelo menos, um tipo de pastagem de crescimento misto (pastagem com presença de plantas indesejáveis, como moitas ou arbustos) em propriedades criadoras de cavalos. No entanto, quando essas duas variáveis independentes foram submetidas a análise multivariada, apenas a presença de pastagem de crescimento misto foi estatisticamente associada (*p*-valor = 0,001) à presença de *A. sculptum* em cavalos. Também foi observado que propriedades com, pelo menos, um tipo de pastagem de crescimento misto eram 13 vezes mais suscetíveis a infestações por *A. sculptum* em cavalos do que aquelas com pastagens limpas. O estudo concluiu que a presença de pastagem de crescimento misto nas propriedades é a principal variável associada à presença e a um alto nível de infestação de *A. sculptum*.

Foi verificado por Serra Freire (1982), em estudo realizado no campus da UFRRJ, em Seropédica, que as posturas de ovos pelas fêmeas de *A. sculptum* se fazem, constantemente, em locais sombreados, úmidos e quentes, principalmente em substratos resistentes, e que quanto mais alta e densa fosse a vegetação, melhor o habitat se tornava para a espécie de carrapato citada. Veronez et al. (2010), ao realizar coletas de carrapatos em região de Cerrado de Minas Gerais, relatam que a maioria dos adultos da espécie *A. sculptum* foi encontrada em áreas de bosque, enquanto poucos espécimes foram coletados em áreas com predominância de gramíneas, locais com vegetação baixa e ambientes favoráveis à dessecação dos carrapatos durante o dia.

No entanto, quando se fala em risco de doenças, a variação espacial depende não só da cobertura vegetal, mas também do uso da terra, através da probabilidade de contato entre hospedeiros humanos, por um lado, e vetores infecciosos, hospedeiros animais e seus habitats, por outro. A cobertura vegetal é definida pelos atributos da superfície da Terra e da subsuperfície imediata, incluindo biota, tipo de solo, topografia, geomorfologia e águas subterrâneas. Já o uso da terra é determinado a partir das razões pelas quais os humanos exploram a cobertura vegetal. Enquanto a definição da cobertura vegetal ajuda no entendimento da presença de vetores e hospedeiros, o foco no uso da terra identifica quais locais os seres humanos visitam para atividades específicas, a que hora do dia, em que época do ano e com qual frequência (LAMBIN et al., 2010).

Ainda de acordo com Lambin et al. (2010), a relação entre o uso da terra e a probabilidade de contato entre vetores e hospedeiros animais e humanos é influenciada pela posse da terra, que juntamente com regras de acesso determinam de que forma a distribuição de carrapatos e de atividades humanas se sobrepõem no espaço e tempo. Em muitos países, florestas públicas são mais acessíveis à população de um modo geral do que florestas em propriedades privadas ou de domínio militar (LAMBIN et al., 2010). Sendo assim, um dos grandes desafios para a epidemiologia de paisagens é integrar de forma mais eficiente os diferentes comportamentos humanos.

Em algumas circunstâncias, o conhecimento a respeito da distribuição de carrapatos sob uma escala de baixa resolução não é o bastante. Nesses casos, é prudente aumentar a resolução e evitar generalizações, para que se obtenha a mais completa situação sobre a distribuição de carrapatos em uma área específica (ESTRADA-PEÑA, 2001).

Com isso, recomenda-se a utilização de ferramentas estatísticas, como a modelagem de regressão, para o estudo da relação entre a ocorrência de *A. sculptum* e características de paisagem, além da presença de hospedeiros. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é utilizar a modelagem de regressão para estudar a relação entre a distribuição de ocorrência de carrapatos *A. sculptum* adultos e diferentes características de paisagem, além da presença de hospedeiros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das Áreas de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida a partir dos dados referentes a coletas de carrapatos ixodídeos realizadas na mesorregião Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de dezembro/2008 a agosto/2012 (SILVEIRA, 2014).

A cada estação do ano, foi realizada, em diferentes horários, uma coleta em seis pontos fixos de três áreas amostrais, totalizando 18 pontos e 276 coletas. Os dados de coleta referentes à Restinga da Marambaia (Marambaia), foram descartados, pois não foi possível obter os dados geoambientais do município de Mangaratiba, assim apenas os dados das áreas amostrais situadas no município de Seropédica foram aproveitados. As áreas amostrais foram as seguintes: área 1 – Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); área 2 – Floresta Nacional Mario Xavier (FLONA); área 3 – Depósito Central de Munição do Exército Brasileiro (DCMun).

O município de Seropédica apresenta clima tropical com uma estação seca (inverno), segundo a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média mensal é superior a 18 °C, e pode variar entre 20 e 28 °C. Os índices pluviométricos são elevados, principalmente no verão, e variam entre 1.000 e 2.000 mm anuais. Seropédica pertence à microrregião de Itaguaí (IBGE, 2014).

A área 1 (UFRRJ) localiza-se no km 7 da BR - 465. Nos pontos em que ocorreram as coletas, há circulação de alunos e funcionários da UFRRJ, Embrapa e PESAGRO-RIO. A vegetação é secundária, apresentando pastagens, fragmentos de mata e áreas de reflorestamento. O solo predominante é do tipo latossolo e podzólico, sendo o relevo considerado como planície litorânea. Nesta área, são manejados a campo rebanhos de bovinos, caprinos, ovinos e equinos, mas também podem ser encontrados mamíferos silvestres de pequeno e médio porte (VELOSO et al., 1991; SILVEIRA; FONSECA, 2011).

Na área 2 encontra-se a FLONA, que fica localizada no km 3,5 da BR - 465. No seu entorno há loteamentos urbanos que exercem elevada ação antrópica sobre a área, além da BR - 116 (Rodovia Presidente Dutra). Tal pressão antrópica tem se intensificado devido à construção de um anel rodoviário que corta a área, aumentando o impacto ambiental já existente na região. As espécies vegetais mais encontradas são eucaliptos, sabiás e andirobas, e a fauna é composta por pequenos e médios mamíferos e aves silvestres, além de animais domésticos de pequeno e grande porte introduzidos pela população que vive no entorno (FERNANDES et al., 2006; SILVEIRA; FONSECA, 2011).

A área 3 (DCMun) localiza-se às margens da RJ - 127, na altura do km 6. A vegetação predominante são as matas secundárias e pastagens. Nesta área podem ser encontrados animais domésticos como cães, bovinos e equinos, além de pequenos e médios mamíferos silvestres. O DCMun possui um efetivo de militares de carreira que realizam atividades frequentes de treinamento militar nas áreas de mata e pastagem (SILVEIRA; FONSECA, 2011).

O município de Seropédica possui área de pastagem equivalente a 7.828 ha (27 %), o cultivo ocupa uma área de 4.229 ha (16 %) e a área com fragmento de vegetação arbóreo corresponde a 2.885 ha (11 %). O solo predominante é o planossolo (42 %), seguido do argissolo vermelho-amarelo distrófico (27 %). E as feições geomorfológicas predominantes são as planícies colúvio-aluvionar (32 %) e aluvionar de cobertura (21 %), que fazem parte do sistema geomorfológico definido como Baixada de Sepetiba; e também uma área de borda dissecada de planalto estrutural (13 %) que faz parte do sistema de Encosta da Serra do Mar. A altitude do município não ultrapassa 520 m acima do nível do mar, sendo que 67 % do

território está entre 0 - 40 m. A declividade de 0 - 2,5 % ocupa 52 % de todo o município, indicando a característica de baixada (SILVEIRA, 2014).

2.2 Variáveis do Estudo

A variável de desfecho considerada na pesquisa foi contagem de carrapatos adultos da espécie *A. sculptum*. A escolha dos pontos amostrais para a coleta de carrapatos, assim, como a metodologia para captura e identificação de carrapatos seguiram as descrições de Silveira e Fonseca (2011).

Foram consideradas na pesquisa as seguintes variáveis explicativas, de origem geoambiental: altitude (0 - 20 m; 20 - 40 m; e 40 - 80 m), declividade (0 - 2,5 % e 2,5 - 10 %), unidade geomorfológica (colinas e planície) tipo de solo (planossolo; solo podzólico; e gley indiscriminado), presença de hospedeiros (equinos; capivaras; equinos e capivaras; e outros) e favorabilidade de ocorrência de *A. sculptum* (moderada e alta). Tais dados foram compilados da tese de doutorado de Andrea Kill Silveira (2014).

2.3 Análise dos Dados

Primeiramente foram gerados gráficos considerando a contagem de carrapatos em relação a cada uma das categorias das variáveis explicativas do estudo.

Com base nos resultados apresentados pelos gráficos, foi possível identificar quais categorias foram menos suscetíveis para a ocorrência de *A. sculptum*, em cada uma das variáveis do estudo. A partir disso, foram ajustados modelos bivariados entre a variável resposta e cada uma das variáveis independentes. Considerou-se a categoria menos suscetível de cada variável como base para o cálculo do risco, ou proteção, das demais categorias em relação à ocorrência de carrapatos. Foi utilizada a regressão de Poisson Inflacionada de Zeros (ZIP), modelo que leva em conta o excessivo número de zeros (ZUUR et al., 2009).

Em seguida, uma análise multivariada foi realizada incluindo todas as variáveis, para a definição de um modelo que representasse de forma mais eficiente a interação entre as variáveis explicativas e a variável resposta. A análise foi realizada utilizando-se a função *stepAIC* do *software* R (VENABLES; RIPLEY, 2002). A partir do modelo cheio (com todas as variáveis explicativas), o método verifica as variáveis mais pertinentes com o desfecho, baseado no valor do AIC. Os resultados dos modelos foram confrontados, considerando-se as seguintes métricas: coeficiente de regressão, razão de prevalência (índice de confiança = 90 %), *p*-valor, *Akaike Information Criterion* (AIC) e quadrado médio dos resíduos (QMR). A partir dessas métricas, foi escolhido o melhor modelo para o estudo em questão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Distribuição de Ocorrência de *Amblyomma sculptum*

Foram contabilizados para este estudo um total de 503 carrapatos. A distribuição entre as categorias das variáveis explicativas pode ser observada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Total de carrapatos *Amblyomma sculptum* adultos coletados em relação a cada categoria das variáveis explicativas e ao número de pontos de coleta, entre dezembro de 2008 e agosto de 2012, no município de Seropédica, Brasil.

Variável	Nº de carrapatos	Nº de pontos de coleta
Altitude		
0 – 20 m	21	1
20 – 40 m	471	13
40 – 80 m	11	4
Declividade		
0 - 2,5 %	290	12
2,5 – 10 %	213	6
Geomorfologia		
Colinas	35	8
Planície	468	10
Solo		
Planossolo	265	9
Podzólico	163	4
Gley indiscriminado	75	5
Hospedeiros registrados		
Equinos	91	8
Capivaras	282	5
Equinos e capivaras	129	4
Outros	1	1
Favorabilidade		
Moderada	76	7
Alta	427	11
Total	503	18

Pode-se observar que baixas altitudes e declividades, além de solo tipo planossolo, são os locais com maior número de carrapatos coletados. Esse tipo de solo oferece condições favoráveis à ocorrência de *A. sculptum*, uma vez que permite que o microclima próximo do solo torne-se mais úmido, o que facilita o carrapato a manter a hidratação. Além de ser utilizado frequentemente nos sistemas agropastoris, favorecendo a presença de hospedeiros (ALEKSEEV et al., 2006). Atributos como tipo de solo, cobertura vegetal, altitude e distância de corpos d'água e de florestas, foram utilizados por Bunnell et al. (2003) para analisar a distribuição espacial de *Ixodes ricinus* na região do Atlântico médio dos Estados Unidos. O modelo identificou que áreas com solo arenoso, ou de alta granulometria, ou mesmo em locais com baixa altitude e moderada distância da floresta e corpos d'água representam fatores positivos para o risco de infestação por carrapatos *I. ricinus*. Os fatores protetores, ou seja,

negativamente associados, são as áreas com altitude elevada, solos com silício e muito argilosos, áreas pantanosas e grande distância de corpos d'água e floresta. Essa mesma característica foi verificada por Silveira (2014) com a modelagem desses dados por geoprocessamento.

A presença predominante da capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), em associação ou não à presença do equino, nos locais com coleta de maior número de carrapatos, evidenciam a importância dessa espécie como hospedeiro primário de *A. sculptum* (ARAGÃO, 1936; PEREIRA; LABRUNA, 1998; SILVEIRA; FONSECA, 2013). De acordo com estudo realizado por Labruna et al. (2001), não foi encontrada associação entre a presença de capivaras em propriedades de equinocultura paulistas e infestações por *A. sculptum* em cavalos ou humanos. No entanto, as infestações de carrapatos em humanos mostraram-se fortemente associadas à presença e à intensidade de infestação de *A. sculptum* na propriedade.

O fato de os locais com alta favorabilidade de carrapatos realmente apresentarem maior número de espécimes capturados é um dado importante, pois corrobora o conhecimento da literatura de quais paisagens são mais suscetíveis à ocorrência de *A. sculptum* na região Sudeste do país (LABRUNA et al., 2001; SILVEIRA, 2014).

3.2 Modelagem Estatística

Foram gerados modelos bivariados entre a variável resposta e cada uma das variáveis independentes (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Modelos bivariados com seus respectivos coeficientes de regressão, *p*-valores [IC 90%] e *Akaike Information Criterion* (AIC). (continua)

Modelos ZIP	Variável Independente		Coeficientes	P-valor	AIC
	Altitude				
Parte Não-Inflacionada	0 – 20 m		2.04*	0.00	1691.77
	20 – 40 m		2.22*	< 0.01	
Parte Inflacionada	0 – 20 m		0.15	0.86	
	20 – 40 m		-0.41	0.56	
Declividade					
Parte Não-Inflacionada	0 – 2,5 %		-0.91*	< 0.01	1652.67
Parte Inflacionada	0 – 2,5 %		-0.56*	0.05	
Geomorfologia					
Parte Não-Inflacionada	Planície		1.72*	< 0.01	1622.58
Parte Inflacionada	Planície		-0.94*	< 0.01	
Tipo de Solo					
Parte Não-Inflacionada	Planossolo		1.17*	< 0.01	1600.31
	Podzólico		1.67*	< 0.01	
Parte Inflacionada	Planossolo		0.73*	0.02	
	Podzólico		0.89*	0.02	
Presença de Hospedeiros					
Parte Não-Inflacionada	Equinos		3.53*	< 0.01	1614.59
	Capivaras		4.84*	< 0.01	
	Equinos e Capivaras		4.45*	< 0.01	
Parte Inflacionada	Equinos		7.48	0.95	1614.59
	Capivaras		7.05	0.96	
	Equinos e Capivaras		7.25	0.96	

	Favorabilidade de Ocorrência			
Parte Não-Inflacionada	Alta	1.31*	< 0.01	1625.95
Parte Inflacionada		0.01	0.98	

(*significativo ao nível $\alpha = 10\%$).

É possível observar que, considerando-se a parte não inflacionada da análise, todas as variáveis foram significativas, o que mostra que todas as variáveis independentes do estudo contribuem para a ocorrência de *A. sculptum*. Na Escócia, os fatores ambientais foram determinantes na abundância de ninfas de *I. ricinus* e na incidência de *Borrelia burgdorferi*, como demonstrado por James et al. (2013). Os autores verificaram associação positiva dos carrapatos com a alta abundância de hospedeiros, como veados e roedores.

Um modelo baseado no algoritmo de máxima entropia, que utiliza mapas ambientais na predição de probabilidade relativa da presença de um dado táxon, foi utilizado para verificar a extensão geográfica dos carrapatos *A. cajennense*, no México e Texas. As variáveis utilizadas foram as bioclimáticas e topográficas, e percebeu-se que nesta região a espécie *A. cajennense* está relacionada às áreas de várzea, mangue, pântano, cerrado e floresta decídua, em alta temperatura, e baixa altitude, principalmente entre 200 m e 1.000 m (ILLOLDI-RANGEL et al., 2012).

Por conseguinte, foram gerados diversos modelos multivariados, inicialmente com todas as variáveis e, então, combinações com cinco variáveis e, depois, com quatro variáveis, até que se chegou ao modelo com o menor AIC (AIC = 1381.13), logo o modelo de melhor ajuste (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 Modelo multivariado com os coeficientes de regressão, *p*-valores [IC 90%], quadrado médio dos resíduos (QMR) e *Akaike Information Criterion* (AIC). (continua)

Modelo ZIP	Variáveis	Coefficiente	P-valor
Parte Não-Inflacionada	Altitude		
	0 – 20 m	2.58*	0.0001
	20 – 40 m	1.04*	0.0641
	Declividade		
	0 – 2,5 %	4.76*	< 0.0001
	2,5 – 5 %	7.10*	< 0.0001
Parte Não-Inflacionada	Tipo de Solo		
	Planossolo	-0.18	0.5438
	Podzólico	2.21*	< 0.0001
	Favorabilidade		
	Alta	-0.60*	0.0655
Parte Inflacionada	Altitude		
	0 – 20 m	1.41	0.3600
	20 – 40 m	0.86	0.5222
	Declividade		
	0 – 2,5 %	5.78	0.9695
	2,5 – 5 %	5.52	0.9709
	Tipo de Solo		
	Planossolo	1.02*	0.0499
Podzólico	-0.98	0.2682	

Favorabilidade		
Alta	-0.75	0.1966
QMR = 8376.96		
AIC = 1381.13		

(*significativo ao nível $\alpha = 10\%$).

No modelo acima, observa-se que todas as variáveis são significativas, considerando-se a parte não inflacionada da análise, exceto o tipo de solo planossolo, que só se apresentou abaixo do nível de significância de 10% quando foi considerado o inflacionamento de zeros. Ainda de acordo com a análise da parte não-inflacionada, a declividade se mostrou como a variável independente de maior importância para a ocorrência de *A. sculptum* nas áreas estudadas.

Dos 18 pontos de coleta utilizados no estudo, 17 encontravam-se em áreas de pastagem com cobertura vegetal densa. Outros estudos relataram altas infestações do carrapato *A. cajennense* em áreas de cobertura vegetal densa, como no realizado por Smith (1975) em Trinidad e Tobago, que constatou que áreas altamente infestadas por *A. cajennense* eram compostas por gramíneas de um comprimento mais alto, fornecendo uma cobertura vegetal adequada e uma sombra bem distribuída. Na Escócia, os fatores ambientais foram determinantes na abundância de ninfas de *I. ricinus* e na incidência de *B. burgdorferi*. Os autores verificaram associação positiva dos carrapatos onde há crescimento de vegetação gramínea e herbácea, e com áreas de baixa altitude (JAMES et al., 2013). No entanto, Mangold et al. (1994) relataram, na Argentina, picos mais altos de todos os estágios de *A. cajennense* em bovinos provenientes de habitats naturalmente arborizados do que daqueles provenientes de áreas de pastagem, sugerindo que o desmatamento poderia quebrar o ciclo de vida de *A. cajennense*.

Segundo Ogrzewalska et al. (2011), a fragmentação de habitats afeta a abundância populacional de carrapatos, e a extinção local de médios e grandes mamíferos em pequenos fragmentos leva à co-extinção das espécies de ixodídeos, sugerindo que os carrapatos que procuram ativamente seus hospedeiros podem ser usados como bioindicadores de fauna silvestre.

Devido à expansão recente do Porto de Itaguaí, município vizinho a Seropédica, e ao incentivo à industrialização do município e de municípios vizinhos, como Itaguaí e Paracambi, levará a um aumento populacional em Seropédica. Pode-se observar um processo acelerado de expansão urbana sem planejamento adequado. Normalmente, esse tipo de situação faz com que populações socialmente mais vulneráveis procurem áreas periféricas, onde há maior risco de disseminação de doenças infecciosas ou parasitárias (FERREIRA, 2006; VANWAMBEKE et al., 2010; DANTAS-TORRES et al., 2012).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEKSEEV, E.; GLAZER, I.; SAMISH, M. Effect of soil texture and moisture on the activity of entomopathogenic nematodes against female *Boophilus annulatus* ticks. *BioControl*, v. 51, p. 507-518, 2006.
- ARAGÃO, H.B. Ixodidas brasileiros e de alguns países limitrofes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 31, p. 759-844, 1936.
- BECK, D.L.; ZAVALA, J.; MONTALVO, E.O.; QUINTANA, F.G. Meteorological indicators for *Amblyomma cajennense* and population dynamics in the Tamaulipan Biotic Province in Texas. *Journal of Vector Ecology*, v. 36, p. 135-146, 2011.
- BROWNSTEIN, J.S.; HOLFORD, T.R.; FISH, D. A climate-based model predicts the spatial distribution of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in the United States. *Environmental Health Perspectives*, v. 111, p. 1152-1157, 2003.
- BUNNEL, J.E.; PRICE, S.D.; DAS, A.; SHIELDS, T.M.; GLASS, G.E. Geographic information systems and spatial of adult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae)c in the middle Atlantic Region of the U.S.A. *Journal of Medical Entomology*, v. 40, n. 4, p. 570-576, 2003.
- DANIEL, M.; KOLAR, J.; ZERNAN, P.; PAVELKA, K.; SADLO, J. Predictive map of *Ixodes ricinus* high-incidence habitats and a tick-borne encephalitis risk assessment using satellite data. *Experimental and Applied Acarology*, v. 22, p. 417-433, 1998.
- DANTAS-TORRES, F.; ALÉSSIO, F.M.; SIQUEIRA, D.B.; MAUFFREY, J.F.; MARVULO, M.F.V.; MARTINS, T.F.; MORAES-FILHO, J.; CAMARGO, M.C.G.O.; D'AURIA, S.R.N.; LABRUNA, M.B.; SILVA, J.C.R. Exposure of small mammals to ticks and Rickettsiae in Atlantic Forest patches in the metropolitan area of Recife, north-eastern Brazil. *Parasitology*, v. 139, n. 1, p. 83-91, 2012.
- ENNEM, J.R.; QUALLS, C.P. Distribution and habitat utilization of the gopher tortoise tick (*Amblyomma tuberculatum*) in Southern Mississippi. *Journal of Parasitology*, v. 97, n. 2, p. 202-206, 2011.
- ESTRADA-PEÑA, A. Climate, niche, ticks, and models: what they are and how we should interpret them. *Parasitology Research*, v. 103, p. S87-S95, 2008.

ESTRADA-PEÑA, A. Diluting the dilution effect: a spatial Lyme model provides evidence for the importance of habitat fragmentation with regard to the risk of infection. *Geospatial Health*, v. 3, n. 2, p. 143-155, 2009.

ESTRADA-PEÑA, A. Forecasting habitat suitability for ticks and prevention of tick-borne diseases. *Veterinary Parasitology*, v. 98, p. 111-132, 2001.

FERNANDES, M.M.; PEREIRA, M.G.; MAGALHÃES, L.M.S.; CRUZ, A.R.; GIÁCOMO, R.G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. *Ciência Florestal*, v. 16, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, P.M. *Uso do geoprocessamento na identificação de áreas de risco para a infestação humana pelo Amblyomma cajennense (Acari: Ixodidae) no município de Piracicaba, SP.* 2006, 94 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HOOGSTRAAL, H.; AESCHLIMANN, A. Tick host specificity. *Bulletin of the Suisse Entomological Society*, v. 55, p. 5-32, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão regional. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47603_cap4_pt4.pdf
Acesso em 11 de set. 2014.

ILLOLDI-RANGEL, P.; RIVALDI, C.L.; SISSEL, B.; FRYXELL, R.T.; GORDILLO-PÉREZ, G.; RODRÍGUEZ-MORENO, A.; WILLIAMSON, P.; MONTIEL-PARRA, G.; SÁNCHEZ-CORDERO, V.; SARKAR, S. Species distribution models and ecological suitability analysis for potential tick vectors of Lyme disease in Mexico. *Journal of Tropical Medicine*, v. 2012, n. 2012, p. 1-10, 2012.

JACKSON, L.E.; HILBORN, E.D.; THOMAS, J.C. Towards landscape design guidelines for reducing Lyme disease risk. *International Journal of Epidemiology*, v. 35, p. 315-322, 2006.

JAMES, M.C.; BOWMAN, A.S.; FORBES, K.J.; LEWIS, F.; MCLEOD, J.E.; GILBERT, L. Environmental determinants of *Ixodes ricinus* ticks and the incidence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato, the agent of Lyme borreliosis, in Scotland. *Parasitology*, v. 140, n. 2, p. 237-246, 2013.

KITRON, U.; KAZMIERCZAK, J.J. Spatial analysis of the distribution of Lyme disease in Wisconsin. *American Journal of Epidemiology*, v. 145, p. 558-566, 1997.

KITRON, U. Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: tools for spatial analysis. *Journal of Medical Entomology*, v. 35, p. 435-445, 1998.

KLOMPEN, J.S.H.; BLACK, W.C.I.V.; KEIRANS, J.E.; OLIVER JR, J.H. Evolution of ticks. *Annual Review of Entomology*, v. 41, p. 141-161, 1996.

LABRUNA, M.B.; KERBER, C.E.; FERREIRA, F.; FACCINI, J.L.H.; DE WAAL, D.T.; GENNARI, S.M. Risk factors to tick infestations and their occurrence on horses in the state of São Paulo, Brazil. *Veterinary Parasitology*, v. 97, p. 1-14, 2001.

LAMBIN, E.F.; TRAN, A.; VANWAMBEKE, S.O.; LINARD, C.; SOTI, V. Pathogenic landscapes: interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *International Journal of Health Geographics*, v. 9, p. 1-13, 2010.

LINARD, C.; LAMARQUE, P.; HEYMAN P.; DUCOFFRE, G.; LUYASU, V.; TERSAGO, K.; VANWAMBEKE, S.O.; LAMBIN, E.F. Determinants of the geographic distribution of Puumala virus and Lyme borreliosis infections in Belgium. *International Journal of Health Geographics*, v. 6, p.15, 2007.

NORRIS, D. Mosquito-borne diseases as a consequence of land use change. *EcoHealth*, v. 1, p. 19-24, 2004.

OGRZEWALSKA, M.; UEZU, A.; JENKINS, C.N.; LABRUNA, M.B. Effect of forest fragmentation on tick infestations of birds and tick infection rates by *Rickettsia* in the Atlantic Forest of Brazil. *Ecohealth*, v. 8, n. 3, p. 320–331, 2011.

PEREIRA, M.C.; LABRUNA, M.B. Febre maculosa: aspectos clínico-epidemiológicos. *Clínica Veterinária*, v. 3, p. 19-23, 1998.

SERRA FREIRE, N.M. Epidemiologia de *Amblyomma cajennense*: ocorrência estacional e comportamento dos estádios não parasitários em pastagens do estado do Rio de Janeiro. *Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, v. 5, p. 179-186, 1982.

SILVEIRA, A.K. *Distribuição espacial e flutuação sazonal de carrapatos e modelo geoambiental sobre a favorabilidade de ocorrência de Hydrochoerus hydrochaeris e Amblyomma cajennense*. 2014. 63 p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Sanidade Animal). Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

SILVEIRA, A.K.; FONSECA, A.H. *Caracterização de ambientes com potencial para ocorrência de carrapatos transmissores de agentes patogênicos para humanos*: boletim do PARNA ITATIAIA – número 13. Itatiaia, 2011, 87 p.

SILVEIRA, A.K.; FONSECA, A.H. Distribuição, diversidade e sazonalidade de carrapatos em ambientes institucionais com diferentes graus de intervenção humana no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 35 (suppl. 2), p. 1-12, 2013.

SMITH, M.W. Some aspects of the ecology and life cycle of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) in Trinidad and their influence on tick control measures. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v. 69, p. 121-129, 1975.

SZABÓ, M.P.J.; LABRUNA, M.B.; GARCIA, M.V.; PINTER, A.; CASTAGNOLLI, K.C.; PACHECO, R.C.; CASTRO, M.B.; VERONEZ, V.A.; MAGALHÃES, G.M.; VOGLIOTTI, A.; DUARTE, J.M.B. Ecological aspects of the free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails within Atlantic rainforest in south-eastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v. 103, p. 57-72, 2009.

VANWAMBEKE, S.O.; SUMILO, D.; BORMANE, A.; LAMBIN, E.F.; RANDOLPH, S.E. Landscape predictors of tick-borne encephalitis in Latvia: land cover, land use and land ownership. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, v. 10, p. 497-506, 2010.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. *Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991, 124p.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer, 2002.

VERONEZ, V.A.; FREITAS, B.Z.; OLEGÁRIO, M.M.M.; CARVALHO, W.M.; PASCOLI, G.V.T.; THORGA, K.; GARCIA, M.V.; SZABÓ, M.P.J. Ticks (Acari: Ixodidae) within various phytophysognomies of a Cerrado reserve in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Experimental Applied Acarology*, v. 50, p. 169-179, 2010.

ZUUR, A.F.; IENO, E.N.; WALKER, N.J.; SAVELIEV, A.A.; SMITH, G.M. *Zero-truncated and Zero-inflated Models for Count Data*. In: *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York: Springer, 2009, p. 261-293.

CONCLUSÕES GERAIS

A seleção das variáveis e a estratégia de análise dos dados através de estatística descritiva e modelagem de regressão foram adequadas para que se atingissem os objetivos propostos.

No capítulo I, a análise bivariada apresentou sete variáveis explicativas como significativas em pelo menos dois modelos (sendo um deles o ZIP). Os 45 modelos multivariados ajustados a partir dessas sete variáveis mostraram que as melhores métricas foram apresentadas pelo modelo ZIP, embora a regressão de Poisson possa ser, até certo ponto, eficiente para a modelagem de dados com inflacionamento de zeros. De modo geral, a temperatura média nos 15 dias antes das coletas apresentou-se como fator que aumenta a ocorrência de *Amblyomma sculptum*, e umidade relativa do ar e volume de precipitação, na quinzena anterior às coletas, apresentaram-se como fatores que diminuem tal ocorrência.

No capítulo II, todas as variáveis explicativas mostraram-se importantes para a ocorrência ou não de *A. sculptum*, de acordo com a análise bivariada. Após análise multivariada, o melhor modelo ajustado contemplou as variáveis: altitude, declividade, tipo de solo e favorabilidade de ocorrência de *A. sculptum*.

O desempenho do ZIP e da regressão de Poisson para a análise dos dados está dentro do esperado, assim como a correlação entre sazonalidade e ocorrência de carrapatos adultos *A. sculptum*.

A correlação encontrada entre variáveis climáticas e ocorrência de carrapatos sugere que estudos com essa temática se intensifiquem, para que o conhecimento da relação entre ciclo biológico e clima possa ajudar no controle epidemiológico de doenças transmitidas por carrapatos aos humanos e animais domésticos. Além disso, a análise integrada das características da paisagem permite que se compreendam as interações entre mudanças no ecossistema, uso da terra e ecologia de vetores e hospedeiros de agentes infecciosos.