

ARTIGO ORIGINAL

Sobreposição geográfica histórica da riquetsiose humana com reservatórios animais em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Historical geographic overlap of human rickettsiosis with animal reservoirs in Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil

Superposición geográfica histórica de rickettsiosis humana con reservorios animales en Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Rafael Veríssimo Monteiro¹ ORCID 0000-0003-0554-7024.

José Geraldo de Castro Jr.² ORCID 0000-0002-2841-653x

Ralph Maturano¹ ORCID 0000-0002-3380-9485.

Marcia Chame³ ORCID 0000-0003-4680-500x.

¹Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

²Prefeitura da Cidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

³Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mail: monteiro.rafael@ufjf.edu.br

Endereço: Departamento de Medicina Veterinária. R. Espírito Santo, 993. Centro – Juiz de Fora, MG.

Submetido: 10/10/2021

Aceite: 14/03/2022

RESUMO

Justificativa e objetivos: foi investigada a existência de uma sobreposição geográfica histórica entre a localização dos casos de riquetsiose humana do grupo da febre maculosa, um grupo de doenças causadas pela bactéria Gram-negativa *Rickettsia* sp., e dos reservatórios mamíferos, especificamente cavalos domésticos e capivaras, no perímetro urbano do município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Métodos:** foram geolocalizados os casos de riquetsiose humana ocorridos durante um período de 17 anos (2003-2020), sendo avaliada a distribuição dos casos no tempo e espaço geográfico através de indicadores de associação geoespacial de 1ª e 2ª ordem. Também analisamos a superposição dos locais dos casos de riquetsiose humana com a área de ocorrência de cavalos domésticos e capivaras. **Resultados:** homens foram diagnosticados mais frequentemente que as mulheres, mas grande proporção das mulheres acometidas faleceu. Os resultados indicam uma agregação dos casos de riquetsiose humana no tempo (os casos tendem a ocorrer próximos entre si a cada evento epidêmico) e no espaço geográfico (os casos se concentram em uma região geográfica específica do perímetro urbano). Os casos humanos aparentam ser mais associados às regiões da cidade com: i) maior frequência local de cavalos domésticos e não das capivaras; ii) menores índices de desenvolvimento

familiar. **Conclusão:** sugere-se que, no cenário epidemiológico local, são os cavalos domésticos que aparentam ser as principais fontes da riquetsia infectando os humanos, não as capivaras.

Descritores: Análise Espaço-Temporal. Localização Geográfica de Risco. *Rickettsia* sp. Rickettsiose do Grupo da Febre Maculosa.

ABSTRACT

Background and objectives: we investigated the existence of a historical geographic overlap between the location of spotted fever group rickettsiosis human cases, a disease caused by the gram-negative bacterium *Rickettsia* sp., and that of mammalian reservoirs, specifically domestic horses and capybaras, in the urban perimeter of the city of Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. **Methods:** cases of human rickettsiosis that occurred during a period of 17 years (2003-2020) were geolocated and the distribution of cases in time and geographic space was assessed using 1st and 2nd order geospatial association indicators. We also analyzed the overlap between the locations of human rickettsiosis cases and the area of occurrence of domestic horses and capybaras. **Results:** men were diagnosed more often than women, but a large proportion of affected women died. The results indicate an aggregation of human rickettsiosis cases in time (cases tend to occur close to each other at each epidemic event) and in geographic space (cases are concentrated in a specific geographic region of the urban perimeter). Human cases seem to be more associated with city regions with: i) higher local frequency of domestic horses and not capybaras; ii) lower rates of family development. **Conclusion:** it is suggested that, in the local epidemiological scenario, domestic horses appear to be the main sources of the rickettsia infecting humans, not capybaras.

Keywords: Spatio Temporal Analysis. Geographical Localization of Risk. *Rickettsia rickettsii*. Spotted Fever Group Rickettsiosis.

RESUMEN

Justificación y objetivos: investigamos la existencia de una superposición geográfica histórica entre la localización de casos de rickettsiosis exantemáticas humana, enfermedad causada por la bacteria gramnegativa *Rickettsia* sp., y la de mamíferos reservorios, específicamente caballos domésticos y capivaras, en el perímetro urbano de la ciudad de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Métodos:** se geolocalizaron los casos de rickettsiosis humana ocurridos durante un período de 17 años (2003-2020), y se evaluó la distribución de casos en el tiempo y espacio geográfico utilizando indicadores de asociación geoespacial de 1er y 2do orden. También analizamos la superposición entre las ubicaciones de los casos de rickettsiosis humana y el área de ocurrencia de los caballos domésticos y capivaras. **Resultados:** los hombres fueron diagnosticados con más frecuencia que las mujeres, pero una gran proporción de mujeres afectadas fallecieron. Los resultados indican una agregación de casos de rickettsiosis humana en el tiempo (los casos tienden a ocurrir cerca uno del otro en cada evento epidémico) y en el espacio geográfico (los casos se concentran en una región geográfica específica del perímetro urbano). Los casos humanos parecen estar más asociados con regiones urbanas con: i) mayor frecuencia local de caballos domésticos y no de capivaras; ii) menores tasas de desarrollo familiar. **Conclusión:** se sugiere que, en el escenario epidemiológico local, los caballos domésticos parecen ser las principales fuentes de la rickettsia que infecta a los humanos, no los capivaras.

Palabras clave: Análisis Espacio-Temporal. Localización Geográfica de Riesgo. *Rickettsia rickettsii*. Rickettsiosis Exantemáticas.

INTRODUÇÃO

As riquetsioses do grupo da febre maculosa (RGFM) são doença infecciosas, sistêmicas, causadas, principalmente, pela bactéria Gram-negativa *Rickettsia rickettsii* (Wolbach, 1919) Brumpt 1922, embora outras espécies do mesmo gênero possam causar uma doença mais branda. Essas bactérias são transmitidas, principalmente, por carrapatos *Amblyomma sculptum* (Berlese, 1888) e *Amblyomma aureolatum* (Pallas, 1772), os quais as adquirem de um hospedeiro infectado durante a hematofagia, especialmente durante a fase de riquetsemia, amplificando a transmissão para novos hospedeiros em subsequentes repastos sanguíneos. Além da espécie humana, uma ampla gama de mamíferos domésticos e silvestres, incluindo carnívoros, roedores e herbívoros, pode ser infectada, e cada um desses *táxon* participa com diferentes competências no ciclo de transmissão e na manutenção local da riquetsia.¹ Independente de hematofagia, a transmissão transovariana e transtadial permite a disseminação da riquetsia para sua progênie, mas, no caso de *R. rickettsii* infectando *A. sculptum*, os níveis de transmissão vertical não asseguram a manutenção da bactéria sem a participação de hospedeiros vertebrados amplificadores.^{2,3} Em áreas endêmicas para tais riquetsias, onde há ocorrência de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus, 1766), a população de carrapatos é predominantemente de *A. sculptum*, enquanto que, em áreas não endêmicas, há equilíbrio populacional dessa espécie com *Amblyomma dubitatum* (Neumann, 1899). Esses invertebrados tendem a ter populações maiores em áreas degradadas e recobertas por gramíneas.¹

Cavalos domésticos e capivaras de vida livre têm sido descritos como preponderantes para a persistência local da riquetsia em ambientes urbanos e periurbanos. Cavalos aparentam ser menos competentes como reservatórios do que as capivaras, mas ambos são capazes de sustentar o ciclo de transmissão local para carrapatos vetores e, conseqüentemente, para humanos. Com relação às capivaras, um fenômeno ecológico vem se somar à sua competência como reservatório: a crescente urbanização no Brasil desde o final do século passado. O maior roedor do mundo tem se acostumado à presença humana, ampliando gradativamente sua presença nos centros urbanos com hidrologia favorável à sua presença, uma vez que tem como *habitat* de preferência a mata ripária associada aos cursos e coleções de água doce, onde encontram abrigo e se alimentam da vegetação ribeirinha.^{4,5,6}

Essas RGFM foram diagnosticadas esparsamente em municípios mineiros desde 1945. Em Juiz de Fora, especificamente, o primeiro caso confirmado foi descrito em 1995. Desde então, surtos intervalados de febre maculosa brasileira (FMB) em humanos têm sido diagnosticados pelos órgãos de saúde no município, bem como cavalos, cães e carrapatos infectados com *R. rickettsii* em várias regiões.^{7,8}

Como a participação de cavalos, cães e seus carrapatos no ciclo de transmissão já era bem caracterizada à época, após sucessivos episódios de RGFM em Juiz de Fora desde 1995, a Prefeitura Municipal executou um programa de descarrapatização de cavalos no município de 2007 a 2011,

notadamente nos chamados cavalos de “carroceiros”. Esses são trabalhadores informais que utilizam o cavalo para tração animal, executando pequenos serviços de transporte de carga onde outras formas de transporte são inviáveis, onerosas ou inexistentes. Normalmente, esses trabalhadores vivem em regiões pobres e, comumente, os cavalos “moram” junto com as pessoas em um complexo sala-quarto-baia equina, facilitando intensamente a transmissão cavalo-carrapato-humano, sendo tal interação fator de risco caracterizado para a ocorrência da doença em humanos, assim como a proximidade às capivaras.⁸

A situação hidrológica da cidade de Juiz de Fora favorece a presença de capivaras no ambiente urbano. A cidade é cortada em sua parte baixa pelo vale do rio Paraibuna, o qual recebe vários córregos e ribeirões afluentes de todas as colinas e montanhas circundantes à cidade. Sendo assim, capivaras ocupam perenemente o vale do Paraibuna e podem ser vistas em outras coleções d'água da cidade. A ocupação por capivaras é considerada como risco para a transmissão da riquetsia para humanos, em razão de seu papel ecológico central no ciclo de transmissão da bactéria. Órgãos governamentais cogitam o sacrifício zoonosológico das capivaras no perímetro urbano como forma de controle das RGFM em humanos (Rafael Veríssimo Monteiro, comunicação pessoal), seguindo exemplos de outras situações.⁹

Dessa forma, as condições que descrevem o cenário favorável à transmissão das RGFM para humanos podem ser resumidas como: i) proximidade de áreas vegetacionais transicionais, com maior presença de gramíneas e arbustos baixos; ii) proximidade a capivaras e cavalos; iii) presença de carrapatos transmissores *Amblyomma sculptum*. Todas essas condições estão presentes em Juiz de Fora.^{9,10}

Tendo em vista as condições acima descritas, o objetivo desta pesquisa foi investigar a possibilidade de haver uma superposição geoespacial entre a localização dos casos humanos de riquetsioses do grupo da febre maculosa e dos reservatórios mamíferos no perímetro urbano do município de Juiz de Fora. Para atingir esses objetivos, nós: i) georreferenciamos os casos humanos registrados no perímetro urbano do município de Juiz de Fora, no período de 2003 a 2020; ii) verificamos qual a superposição geográfica dos casos de RGFM com as áreas de ocorrência de cavalos e capivaras no perímetro urbano da cidade, para estimarmos qual desses hospedeiros oferece maior risco de transmissão para humanos; iii) verificamos, através de ferramentas de análise espacial, a potencial existência de agregações dos casos humanos no tempo e no espaço geográfico que pudessem revelar áreas na cidade com maior risco de ocorrência das RGFM.

MÉTODOS

Casos humanos

Foram georreferenciados os casos humanos das RGFM no perímetro urbano da cidade de Juiz de Fora, utilizando informações públicas e/ou registradas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde, no período de 2003 a 2020. Conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), este tipo de estudo é dispensado de licença ética. Um de nós (JGCJ) foi o principal responsável pela vigilância epidemiológica e rastreamento epidemiológico de 80% dos casos, além da colheita dos dados do SINAN. Dessas fontes, além da coordenada geográfica relativa ao local de residência da pessoa afetada, coletaram-se informações sobre se o local de provável infecção do caso era autóctone ou não do município, sexo, se houve hospitalização, o tipo de diagnóstico utilizado e o resultado final (óbito/cura). Foram usados, para o georreferenciamento, o *datum* WGS 84, e o *software* QGIS® 3.16 e a plataforma Rstudio 1.1® executando R® versão 3.5.3 para geração de mapas e análise estatística. Foi utilizado o Teste Exato de Fisher para comparação das taxas de óbito por RGFM entre os sexos, com nível de significância em $p < 0,05$.

Localização das capivaras

Para o mapeamento da ocorrência geográfica das capivaras, foram incluídas observações oriundas de duas fontes diferentes, obtidas no período de setembro de 2016 a dezembro de 2017:

a Informações de recolhimento de capivaras no perímetro urbano feitas pelas equipes do corpo de bombeiros, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e IEF (Instituto Estadual de Florestas, Minas Gerais), georreferenciados a partir do endereço de recolhimento (5 localizações).

b Informações obtidas a partir do aplicativo Sistema de Informação para Saúde Silvestre (SISS-GEO), gerenciado pela Plataforma Institucional Biodiversidade e Saúde Silvestre/Fiocruz, para o monitoramento de animais silvestres e geração de alertas de epizootias. O aplicativo capta as coordenadas geográficas por GPS do registro fotográfico do animal, em tempo real, além de outras observações.¹¹

Localização dos cavalos domésticos

Foram mapeados os locais de avistamentos de cavalos domésticos encontrados na cidade, georreferenciados a partir da imagem de satélite do *Google Earth*®. Os cavalos de carroceiros, embora circulem por toda a cidade, ocupam pontos fixos de espera por trabalho, frequentemente às margens do rio Paraibuna. Quatro dos pontos conhecidos foram geolocalizados. Foram também mapeados os locais definidos como pontos de descarrapatização dos cavalos domésticos, escolhidos pela prefeitura justamente por serem locais de concentração de cavalos de carroceiro para pastejo, passeio e/ou aguardar requisição para trabalho. A descarrapatização aconteceu no período de 2007 a 2011, de junho

a novembro, com intervalos de aproximadamente 21 dias entre cada descarrapatização, em nove pontos diferentes, incluindo também os cavalos eventualmente estacionados na margem do rio Paraibuna.

Análise epidemiológica e geoespacial

Foram feitas duas análises epidemiológicas e geoespaciais referentes aos casos humanos. Primeiro, avaliou-se a densidade das observações na área de estudo, uma propriedade de 1ª ordem do padrão de distribuição dos casos, capaz de revelar agregados locais de casos. Para tal análise, foi gerado um mapa de calor (*heatmap*) ou mapa de densidade de Kernel, com função de probabilidade de densidade parabólica, a partir da ocorrência geográfica dos casos humanos de FMB no perímetro urbano de Juiz de Fora, no horizonte de 2003 a 2020 (*Heatmap plugin QGIS 3.10*). Foi utilizado como raio de influência de cada ponto no modelo a distância de 2.000 m, tendo como base que o deslocamento a pé médio diário de uma pessoa normal gira em torno dos 4.000 m. Esse mapa de calor (Kernel) pretende revelar uma eventual sobreposição da área de deslocamento diário dos casos humanos de RGFM ocorridos no período analisado. Áreas de grande sobreposição seriam áreas de maior risco de exposição à contaminação por riquetsia. Avaliou-se também a propriedade de 2ª ordem do padrão de distribuição dos casos, ou seja, se cada caso pode interferir na ocorrência de outros. Para tal, calculamos a Média do Vizinho Mais Próximo (ANN - *Average Nearest Neighbor*) dos casos observados e a comparamos com uma simulação de Monte Carlo (600 iterações), baseado na geração aleatória de casos na janela de ocorrência geográfica delimitada pelos casos já ocorridos. Comparamos a ANN observada com a média obtida nas 600 iterações, gerando a probabilidade de que os casos observados apresentem determinado padrão de agregação geográfica (aleatório, uniforme ou agregado).¹²⁻¹⁴

RESULTADOS

Foram identificados 34 casos de RGFM humana no perímetro urbano de Juiz de Fora no período de 2003 a 2020, ou seja, uma frequência média de dois casos de RGFM por ano. A taxa de letalidade foi de 47% entre os infectados (16 óbitos), havendo diferença estatística na letalidade entre os sexos (Teste Exato de Fisher, $p=0,03$), com mulheres apresentando uma letalidade de 85,7% (6 óbitos em 7 casos). Todos os casos passaram por hospitalização. Trinta dos casos tiveram confirmação laboratorial por Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI), enquanto os restantes passaram por diagnóstico clínico; entretanto, dois desses casos ocorreram quase simultaneamente a casos de parentes que tiveram confirmação laboratorial por RIFI.

Distribuição geoespacial dos casos humanos (2003-2020)

A distribuição temporal dos casos de FMB em Juiz de Fora pode ser visto na Figura 1. Nota-se que há hiatos anuais de ocorrência da doença, enquanto alguns anos reúnem vários casos. Aparentemente, há um ciclo de 6 anos entre picos epidêmicos. Embora possam acontecer casos em quase qualquer mês do ano, há concentração dos casos no período de agosto a novembro, meses que concentraram 56% dos casos do período analisado.

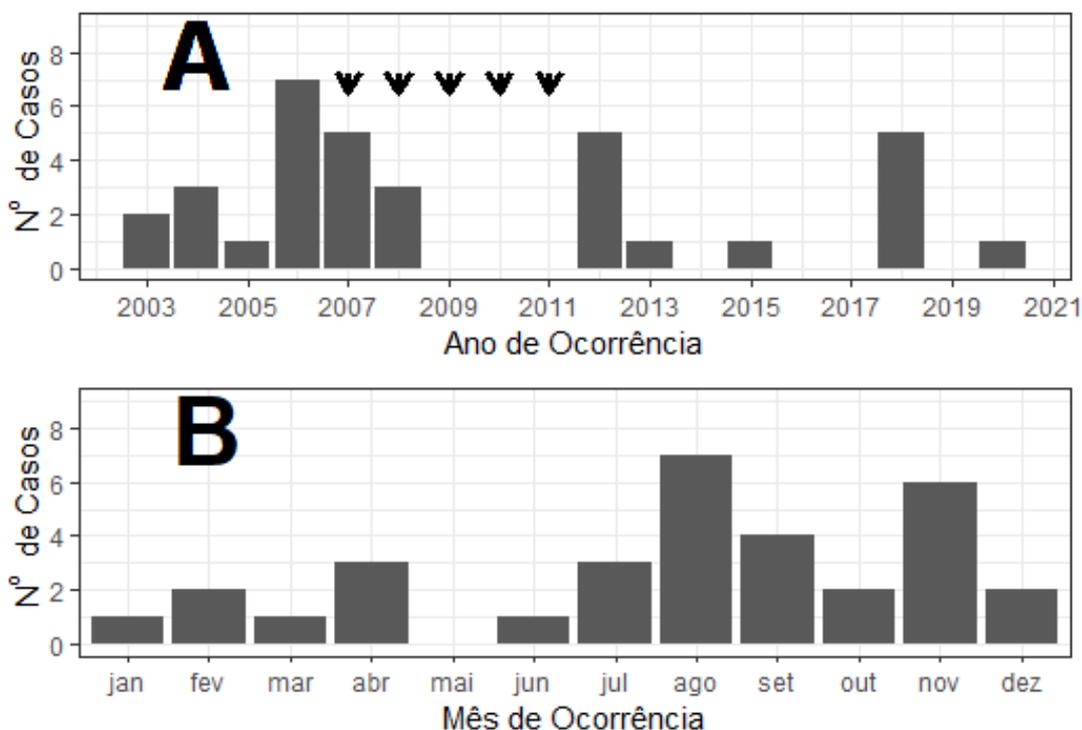


Figura 1. Distribuição da frequência dos casos humanos de febre maculosa brasileira no perímetro urbano do município de Juiz de Fora, Minas Gerais, no período de 2003 a 2020

Legenda: A) agrupados por ano de ocorrência. B) agrupados por mês de ocorrência. As setas no painel A indicam os anos em que houve programa de descarrapatação equina executado pela prefeitura.

A ocorrência geográfica dos casos humanos no período considerado pode ser vista na Figura 2. Pode ser observada a concentração dos casos da doença nos quadrantes noroeste até leste, principalmente em locais periféricos à Mata do Krambeck. Um outro agrupamento de casos ao sul também pode ser caracterizado.

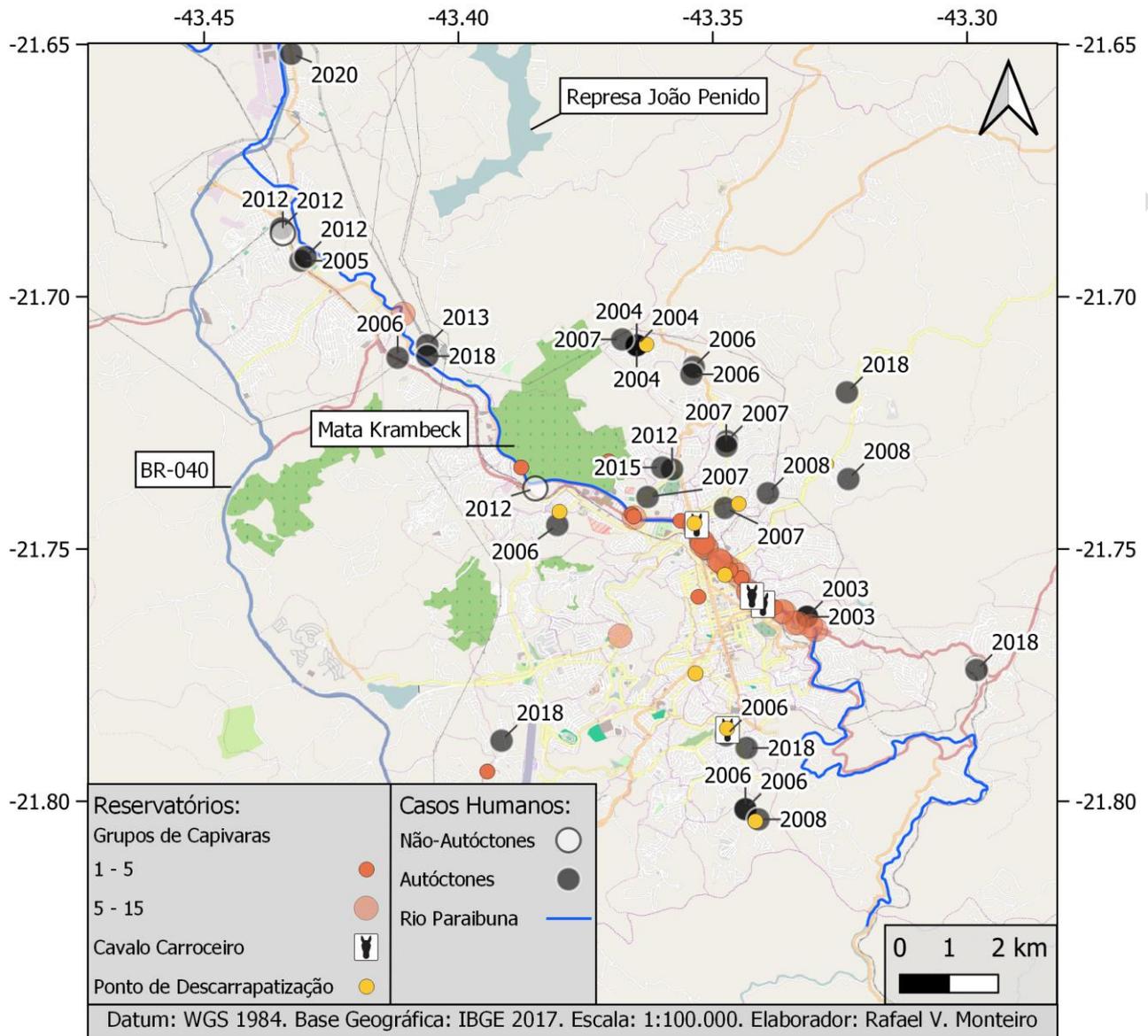


Figura 2. Geolocalização dos casos humanos de febre maculosa brasileira ocorridos no perímetro urbano do município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, no período de 2003 a 2020

Nota: é indicada também a geolocalização dos avistamentos de capivaras, dos pontos de espera de carroceiros e dos pontos de descarrapatização utilizados pela prefeitura de 2007 a 2011.

Distribuição geoespacial de hospedeiros

Na Figura 2, também pode ser vista a distribuição das capivaras e cavalos domésticos de carroceiros que foram localizadas no perímetro urbano da cidade. As capivaras estão distribuídas de

modo estável no curso do rio Paraibuna, mas podem ser ocasionalmente vistas em outros cursos d'água que cortam todo o município. São vistas, na maioria das vezes, em grupos familiares, mas indivíduos solitários podem ser encontrados. Os cavalos “carroceiros” ocupam vários pontos à beira do Paraibuna, geralmente individualmente. Os nove pontos de descarrapatização, assinalados no mapa da Figura 2, estão distribuídos por todo o perímetro urbano. Não foi possível mapear os cavalos de carroceiros que são alojados dentro das casas das famílias.

Análise epidemiológica e geoespacial

A Figura 3 mostra o mapa de calor da ocorrência dos casos humanos de FMB no município de Juiz de Fora, resultante da análise geoespacial de primeira ordem. Pode ser visto que, nas condições de comparação aqui estabelecidas, parece haver uma área que concentra a probabilidade de aquisição da infecção no município nos anos analisados. Já a análise de segunda ordem indicou padrão geoespacial de distribuição dos casos de caráter agregado, já que a distância média do vizinho mais próximo observada (712,1 m) foi estatisticamente menor do que a média obtida na simulação de Monte Carlo (1.422,7 m; $p=0,002$). Esse caráter agregado indica que, em cada surto, os casos tendem a acontecer próximos entre si. Os bairros do perímetro urbano de Juiz de Fora que estão incluídos na mancha mais quente da Figura 3, relativos às intensidades de superposição maior do que 5 (Bairu, Bandeirantes, Granjas Bethânia, Manoel Honório, Progresso e Santa Terezinha), apresentaram Índice de Desenvolvimento Familiar (IDF) médio de 0,733 (variando de 0,665 a 0,779), índice equivalente à categoria D3, famílias de baixa renda.¹⁵

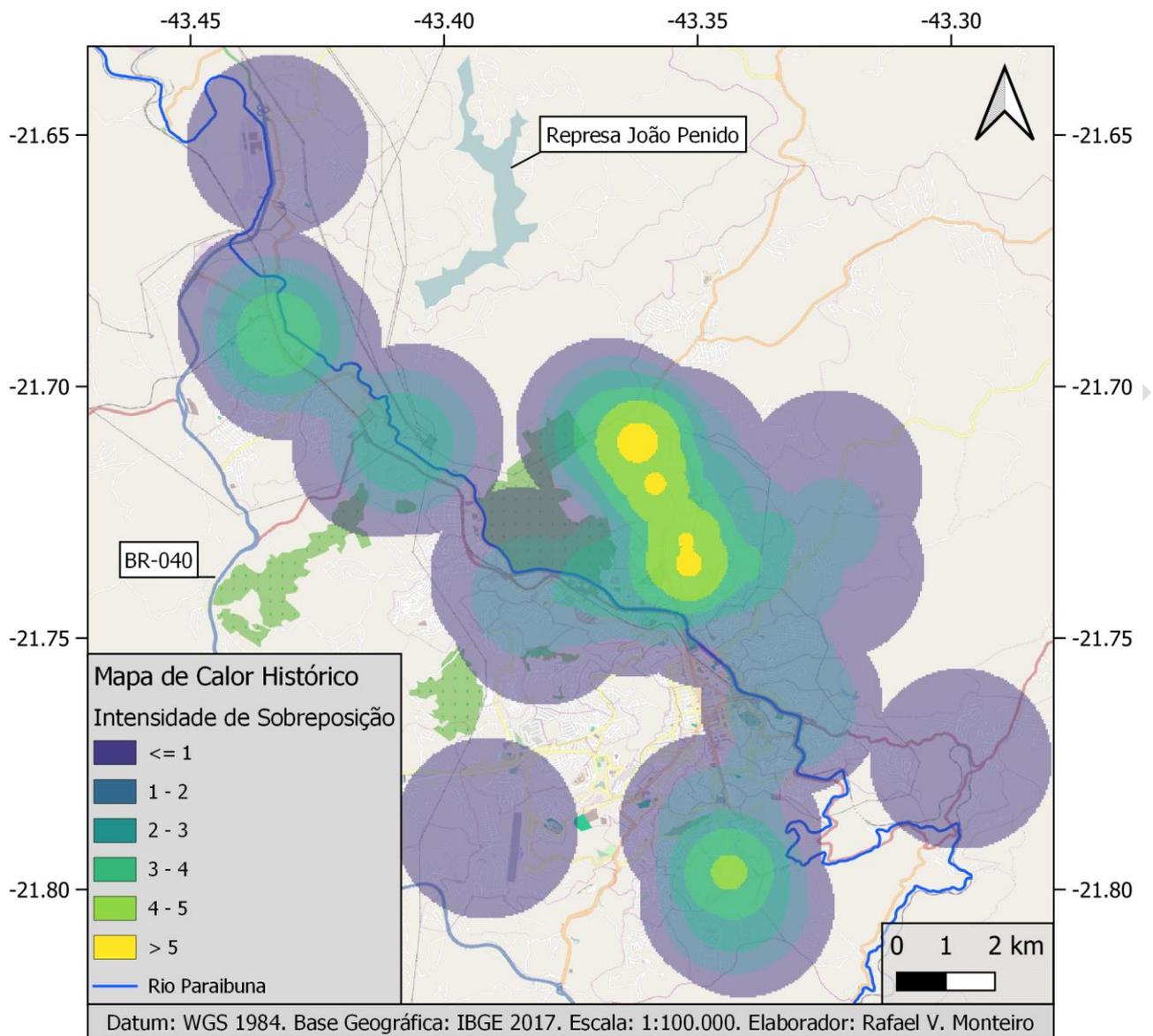


Figura 3. Mapa de calor (*heatmap*), elaborado com uma função parabólica, sobre a geolocalização dos casos humanos de febre maculosa brasileira no perímetro urbano do município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Nota: intensidades de sobreposição maiores indicariam sobreposição do local de circulação diária de mais casos. Raio utilizado: 2.000 m.

DISCUSSÃO

A ocorrência de RGFM em Juiz de Fora segue padrão equivalente a uma área endêmica com surtos da doença. Na sequência histórica aqui analisada, pode-se notar que existem anos com uma maior ocorrência (7 casos na maior frequência), enquanto que, em outros anos, não há caso algum (até 3 anos sem casos). Nota-se que o hiato de 3 anos na ocorrência de casos humanos coincidiu com a execução do programa de descarrapatização da prefeitura de 2007 a 2011 (Gráfico 1, painel A). Com relação à letalidade, a taxa local se encontra dentro dos índices históricos da doença, embora o acometimento letal nas mulheres tenha sido estatisticamente apontado.¹⁶ O maior número de casos em homens do que em mulheres também está em consonância com as características epidemiológicas tradicionais da doença, uma vez que homens apresentam maior exposição aos carrapatos transmissores durante seu trabalho diário. Outro aspecto comum das RGFM é a concentração dos casos humanos no período de agosto a novembro de cada ano, época em que larvas e ninfas predominam na população local de carrapatos. Essas formas imaturas são consideradas de maior risco para transmissão, por serem de tamanho diminuto, o que dificulta a identificação da presença do carrapato e não alertam a pessoa parasitada para a infestação, aumentando a probabilidade que o carrapato permaneça sobre o indivíduo e o tempo necessário para a transmissão da riquetsia.¹⁷

A distribuição geográfica dos casos parece seguir padrão agregado no tempo e no espaço geográfico. Ao longo dos anos, os casos apresentaram concentração em uma região geográfica preferencial (Figuras 2 e 3), e os casos tenderam a ocorrer em regiões próximas entre si ou mesmo dentro do mesmo grupo familiar/residencial (Análise do Vizinho Mais Próximo). Isto poderia ser em decorrência de: i) maior concentração de carrapatos infectados na região de ocorrência de tais casos; ii) maior probabilidade de contato adequado entre os carrapatos e as pessoas em tais locais.

Dois fatores deveriam estar associados, para justificar a maior concentração de carrapatos infectados localmente: i) existir no local animais vertebrados que sustentem grande população de carrapatos; ii) que a riquetsia esteja circulando na região. Assim, esses dois fatores permitiriam que, havendo proximidade entre as pessoas e a população de carrapatos infectada, o ciclo de transmissão possa se completar com a infecção humana, ou seja, haja o aumento da probabilidade de contato adequado entre carrapatos e pessoas. Outros fatores podem estar associados a essa maior probabilidade de contato entre carrapato e hospedeiro humano, como a própria ocupação do morador, se esse trabalhar com cavalos ou frequentar pastos para lazer ou trabalho, fatores de risco já caracterizados para as RGFM. A presença desse conjunto de fatores é completa na cena comum nas cidades interioranas do Brasil: pessoas vivendo em situação de vulnerabilidade, morando juntas ou muito próximas às baias de seus cavalos, muitas vezes em locais periurbanos.^{9,10}

Na situação descrita acima, a participação das capivaras na ocorrência de casos humanos locais pode ser considerada pequena, com exceção dos locais onde a riquetsia seja introduzida a partir

desses roedores. Tal situação não parece ser a de Juiz de Fora, onde a riquetsia já foi identificada em *A. sculptum* em município vizinho e em *R. sanguineus* no canil municipal.^{7,18} Entretanto, pesquisa recente em carrapatos coletados às margens do rio Paraibuna revelou a presença apenas de *Rickettsia amblyommii*, bactéria cuja patogenicidade é desconhecida.¹⁹ Essa condição de menor relevância das capivaras na cadeia epidemiológica local é fortalecida pela diminuição dos casos humanos durante o período em que a cidade fez a descarrapatização dos cavalos de carroceiros, indicando que a transmissão a partir de carrapatos parasitando cavalos seja a situação epidemiológica mais comum (Figura 1, painel A). Adicionalmente, a legislação municipal de Juiz de Fora passou a proibir a circulação de cavalos de carroceiros no perímetro urbano a partir de dezembro de 2019. Embora seja prematuro avaliarmos o efeito de tal legislação para o futuro, esperamos que, caso os cavalos realmente sejam os principais portadores de carrapatos transmissores da riquetsia causadora da FMB em Juiz de Fora, a média anual dos casos caia para níveis abaixo dos atuais 2 casos por ano.

A distribuição espacial das capivaras também não demonstra uma sobreposição espacial concordante com os casos humanos (Figuras 2 e 3). As capivaras são distribuídas pela cidade acompanhando os cursos d'água, e residem permanentemente à beira do rio Paraibuna. Entretanto, boa parte dos casos humanos não ocorreu próxima a este curso d'água, enfraquecendo a possibilidade de que carrapatos das capivaras desse rio sejam as principais fontes de transmissão para humanos, embora esses roedores possivelmente contribuam para a manutenção e potencial infecção por *R. rickettsii* em populações de *A. sculptum* locais, espécie de carrapato comprovadamente residente em zonas endêmicas para a doença.^{1,20} A presença de imunidade estabelecida contra a riquetsia nesses grupos familiares de capivaras residentes permanentemente no leito do Paraibuna não pode ser descartada, o que diminuiria a transmissibilidade da riquetsia para a população de carrapatos na beira do Paraibuna.²¹ Assim, a presença desses grupos fixos de capivaras ocupando o rio Paraibuna poderia estar atenuando a infecção de *R. rickettsii* sobre as populações de *A. sculptum* locais. O encontro de *R. amblyommii* adiciona outra espécie de riquetsia na população local de capivaras e carrapatos, e essa pode estar envolvida na imunidade local desses hospedeiros contra *R. rickettsii*, fenômeno já caracterizado.^{19,22}

O sacrifício zoonitário (*culling*) de animais silvestres é frequentemente proposto como forma de controle de doenças humanas e de animais de produção, nos quais esses animais sejam considerados relevantes no ciclo de transmissão.⁹ Essa abordagem nem sempre pode ser a mais apropriada, já que estudos ecológicos e simulações matemáticas demonstram que, em determinadas situações, a perturbação causada na população silvestre submetida a tal procedimento pode aumentar nelas a prevalência da doença, aumentando o risco para as populações humanas e animais para as quais se desejava o controle da doença.²³⁻²⁵ Tendo isso em vista, não é sugerido o sacrifício zoonitário de capivaras como estratégia para controle da FMB no perímetro urbano de Juiz de Fora

sem um maior conhecimento ecoepidemiológico do local, uma vez que tal ação pode ser inadequada e/ou contraproducente.

Revisão Final

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura de Juiz de Fora, pela autorização e pelo auxílio para busca e compilação dos dados.

Revisão Final

REFERÊNCIAS

- 1 Luz HR, Costa FB, Benatti HR, et al. Epidemiology of capybara-associated Brazilian spotted fever. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019; 13:e0007734 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007734>
- 2 Costa FB, Gerardi M, Binder LC, et al. *Rickettsia rickettsii* (Rickettsiales: Rickettsiaceae) Infecting *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) Ticks and Capybaras in a Brazilian Spotted Fever-Endemic Area of Brazil. *J Med Entomol*. 2020; 57(1), 308–11 <https://doi.org/10.1093/jme/tjz141>
- 3 Soares JF, Soares HS, Barbieri AM, et al. Experimental infection of the tick *Amblyomma cajennense*, Cayenne tick, with *Rickettsia rickettsii*, the agent of Rocky Mountain spotted fever. *Med Vet Entomol*. 2012; 26:139–51. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2011.00982.x>
- 4 Ueno TEH, Costa FB, Moraes-Filho J, et al. Experimental infection of horses with *Rickettsia rickettsii*. *Parasit Vectors*. 2016; 9:499 <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1784-y>
- 5 Souza CE, Moraes-Filho J, Ogrzewalska M, et al. Experimental infection of capybaras *Hydrochoerus hydrochaeris* by *Rickettsia rickettsii* and evaluation of the transmission of the infection to ticks *Amblyomma cajennense*. *Vet Parasitol*. 2009; 161:116-21 <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.12.010>
- 6 Nasser JT, Lana RC, Silva CMS, et al. Urbanization of Brazilian spotted fever in a municipality of the southeastern region: epidemiology and spatial distribution. *Rev Bras Epidemiol*. 2016; 18:299-312 <https://doi.org/10.1590/1980-5497201500020002>
- 7 Pacheco RC, Moraes-Filho J, Guedes E, Silveira I, et al. Rickettsial infections of dogs, horses and ticks in Juiz de Fora, southeastern Brazil, and isolation of *Rickettsia rickettsii* from *Rhipicephalus sanguineus* ticks. *Med Vet Entomol*. 2011; 25:148–55 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2010.00915.x>
- 8 Galvão MAM, Ribeiro JGL, Machado J, et al. Informe Técnico de febre maculosa. Belo Horizonte: Coordenação Estadual de Controle de Zoonoses; 2001.
- 9 Nunes FBP, Silva SC, Cieto AD, et al. The Dynamics of Ticks and Capybaras in a Residential Park Area in Southeastern Brazil: Implications for the Risk of *Rickettsia rickettsii* Infection. *Vector-Borne Zoonot Oct*. 2019; 711-716 <http://doi.org/10.1089/vbz.2019.2479>
- 10 Souza CE, Pinter A, Donalisio MR. Risk factors associated with the transmission of Brazilian spotted fever in the Piracicaba river basin, State of São Paulo, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2015; 48:11-7 <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0281-2014>
- 11 Chame M, Barbosa HJC, Gadelha LMR, et al. SISS-Geo: Leveraging Citizen Science to Monitor Wildlife Health Risks in Brazil. *J Healthc Inform Res*. 2019; 1:1-27 <https://doi.org/10.1101/286740>
- 12 Auchincloss AH, Gebreab SY, Mair C, et al. A review of spatial methods in epidemiology, 2000-2010. *Annu Rev Public Health*. 2012; 33:107-22 <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031811-124655>
- 13 Fritz CE, Schuurman N, Robertson C, et al. A scoping review of spatial cluster analysis techniques for point-event data. *Geospat Health*. 2013; 7:183-198 <https://doi.org/10.4081/gh.2013.79>
- 14 Althoff T, Sosic R, Hicks JL, et al. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature*. 2017; 547:336–9 <https://doi.org/10.1038/nature23018>

15 Horta TC, Monteiro TC. Mapa social: análise da situação do desenvolvimento familiar em Juiz de Fora [Agenda Família 6mil]. Juiz de Fora: Editora Funalfa, 2012.

16 Araújo RP, Navarro MBMA, Cardoso TAO. Febre maculosa no Brasil: estudo da mortalidade para a vigilância epidemiológica. Cad Saúde Colet. 2016; 24:339-46 <https://doi.org/10.1590/1414-462X201600030094>

17 Del Fiol FS, Junqueira FM, Rocha MCP, et al. A febre maculosa no Brasil. Rev Panam Salud Publica. 2010; 27(6):461–6. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892010000600008>

18 Guedes E, Leite RC, Prata MCA, et al. Detection of *Rickettsia rickettsii* in the tick *Amblyomma cajennense* in a new Brazilian spotted fever-endemic area in the state of Minas Gerais. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2005; 100:841-5 <https://doi.org/10.1590/S0074-02762005000800004>

19 Nunes EC, Vizzoni VF, Navarro DL, et al. *Rickettsia amblyommii* infecting *Amblyomma sculptum* in endemic spotted fever area from southeastern Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2015; 110:1058-61 <https://doi.org/10.1590/0074-02760150266>

20 Polo G, Acosta CM, Labruna MB, et al. Transmission dynamics and control of *Rickettsia rickettsii* in populations of *Hydrochoerus hydrochaeris* and *Amblyomma sculptum*. PLoS Negl Trop Dis. 2017; 11: e0005613 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005613>

21 Ramírez-Hernández A, Uchoa F, de Azevedo Serpa MC, et al. Clinical and serological evaluation of capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) successively exposed to an *Amblyomma sculptum*-derived strain of *Rickettsia rickettsii*. Sci Rep. 2020; 10:924 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57607-5>

22 Chen LF, Sexton DJ. What's New in Rocky Mountain Spotted Fever? Infect Dis Clin N Am. 2008; 22:415–432 <https://doi.org/10.1016/j.idc.2008.03.008>

23 Carter SP, Delahay RJ, Smith GC, et al. Culling-induced social perturbation in Eurasian badgers *Meles meles* and the management of TB in cattle: an analysis of a critical problem in applied ecology. Proc R Soc Lond B. 2007; 274: 2769–2777 <https://dx.doi.org/10.1098/rspb.2007.0998>

24 Vial F, Donnelly CA. Localized reactive badger culling increases risk of bovine tuberculosis in nearby cattle herds. Biol Lett. 2012; 8: 50–53 <https://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2011.0554>

25 Prentice JC, Marion G, White PCL, et al. Demographic Processes Drive Increases in Wildlife Disease following Population Reduction. PLoS ONE. 2014; 9(5): e86563 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086563>

Contribuição dos autores:

José Geraldo Castro Jr contribuiu com a coleta dos dados de campo, concepção e redação do artigo. **Ralph Maturano** contribuiu para a concepção, delineamento experimental e redação do artigo. **Rafael Veríssimo Monteiro e Márcia Chame** contribuíram para o planejamento, delineamento experimental, coleta dos dados, análise dos dados, redação e aprovação final do artigo.