

Modelo de risco para circulação do vírus da raiva em herbívoros no Estado de São Paulo, Brasil

Ricardo Augusto Dias,¹ Vladimir de Souza Nogueira Filho,²
Carla da Silva Goulart,³ Isabel Cristine Oliveira Telles,³
Guilherme Henrique Figueiredo Marques,³ Fernando Ferreira,¹
Marcos Amaku¹ e José Soares Ferreira Neto¹

Como citar

Dias RA, Nogueira Filho VS, Goulart CS, Telles ICO, Marques GHF, Ferreira F, et al. Modelo de risco para circulação do vírus da raiva em herbívoros no Estado de São Paulo, Brasil. Rev Panam Salud Publica. 2011;30(4):370-6.

RESUMO

Objetivo. *Propor uma metodologia qualitativa de avaliação do risco de circulação do vírus da raiva mantido por morcegos hematófagos (variante 3) em populações de herbívoros de interesse econômico do Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil.*

Métodos. *A partir de árvores de cenário que levam em conta a exposição e a difusão da raiva, estimou-se a probabilidade de ocorrência da raiva em herbívoros de grande porte e a sua associação à localização geográfica das propriedades.*

Resultados. *Com base na série histórica de focos do primeiro semestre de 2006, utilizada para validar o modelo de risco, observou-se que 81,8% dos focos de raiva foram adequadamente previstos pelo modelo e poderiam ter sido prevenidos caso fosse adotada vacinação estratégica em áreas de risco elevado para a circulação do vírus.*

Conclusões. *Caso fossem desencadeadas medidas de controle direcionadas somente para áreas de risco elevado, a diminuição dos focos poderia ser substancial, a um custo reduzido e com deslocamento otimizado das equipes de campo.*

Palavras-chave

Medição de risco; modelos estatísticos; vírus da raiva; bovinos; Brasil.

A raiva é uma doença viral, comum a mamíferos, que ocorre mundialmente. O vírus da raiva pertence ao gênero *Lyssavirus*, da família *Rhabdoviridae*. Na América Latina, os morcegos hematófagos, em especial o *Desmodus rotundus*, são os principais transmissores do vírus

para herbívoros. São conhecidos 11 genótipos do *Lyssavirus*, sendo o tipo 1 o único genótipo circulante no Brasil. Ao *Desmodus rotundus* comumente se associa a variante antigênica 3 (1-3).

No Estado de São Paulo, observou-se um pico no número de focos de raiva em herbívoros no ano de 1999, com redução drástica a partir de então (4, 5). Essa diminuição do número de focos pode ser atribuída à reformulação do modelo de combate à raiva dos herbívoros pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Desde 2001, as atividades da CDA incluem formação de equipes treinadas

para identificar e caracterizar abrigos de quirópteros, atuação em focos e aceleração do processo coleta-envio-liberação do resultado laboratorial de amostras coletadas em campo. Esse trabalho ocorre na forma de mutirões realizados sistematicamente em regiões problemáticas, na tentativa de cadastrar todos os abrigos de quirópteros e os focos de raiva possíveis, em consonância com as diretrizes do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros, proposto em 2002. As ações de controle incluem: investigação epidemiológica das notificações recebidas, atuação em foco e perifoco (vacinação obrigatória dos herbívoros, busca de animais espoliados, educação em saúde), es-

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, São Paulo, Brasil. Correspondência: dias@vps.fmvz.usp.br (Ricardo Augusto Dias).

² Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Defesa Agropecuária, Campinas, São Paulo, Brasil.

³ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Saúde Animal, Brasília, Brasil.

tímulo à notificação de doença nervosa em herbívoros e controle da população de morcegos hematófagos (6). Porém, mesmo com um intenso monitoramento de abrigos e focos de raiva, ainda não é possível prever os casos de raiva em herbívoros no Estado, que ainda ocorrem de forma insidiosa (4).

Muitos serviços veterinários estaduais têm buscado a chamada “previsibilidade” da circulação do vírus da raiva, pois há muito perceberam que o combate à raiva com base somente na atuação em focos e na vacinação de suscetíveis não elimina eficazmente o problema. Assim, os estados têm se organizado para melhorar seus sistemas de vigilância da raiva em herbívoros, de modo a racionalizar os escassos recursos humanos e financeiros, com o objetivo de desencadear medidas de prevenção em áreas de maior risco. Essas medidas incluem, ainda que de forma localizada (e somente em alguns estados, entre eles o de São Paulo), o cadastramento e a tipificação de abrigos do transmissor, um intenso esforço para a vacinação de animais em áreas endêmicas (obrigatória no Estado de São Paulo desde 2001) e o georreferenciamento das informações obtidas, com a criação de bancos de dados informatizados. Essa mudança de abordagem tem gerado uma maior mobilização dos serviços veterinários oficiais no tocante à implantação de medidas que visam ao aumento da sensibilidade do sistema de vigilância da raiva, bem como à criação de medidas integradas de combate à doença em áreas limítrofes e em bacias hidrográficas que cruzam fronteiras estaduais.

O presente trabalho apresenta uma metodologia qualitativa de avaliação do risco de circulação do vírus da raiva mantido por morcegos hematófagos (variante 3) em populações de herbívoros de interesse econômico do Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, classificado como observacional, a probabilidade de ocorrência da raiva em herbívoros foi avaliada com base na associação entre exposição e difusão da raiva por uma metodologia qualitativa de avaliação do risco. A aplicação da metodologia foi proposta para o Estado de São Paulo devido ao avanço substancial das atividades do Programa Estadual de Controle de Raiva

dos Herbívoros desde 2001 e à disponibilidade das informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho. Para a realização do projeto, foi feita uma parceria entre o Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), a Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (CDA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A área de estudo compreende a região do Vale do Rio Paraíba do Sul, especificamente os Escritórios de Defesa Agropecuária (unidades de atenção da CDA) de Pindamonhangaba e Guaratinguetá, por constituírem a área mais intensamente estudada e trabalhada no combate à raiva dos herbívoros no Estado de São Paulo.

Cenários de probabilidade de circulação do vírus da raiva

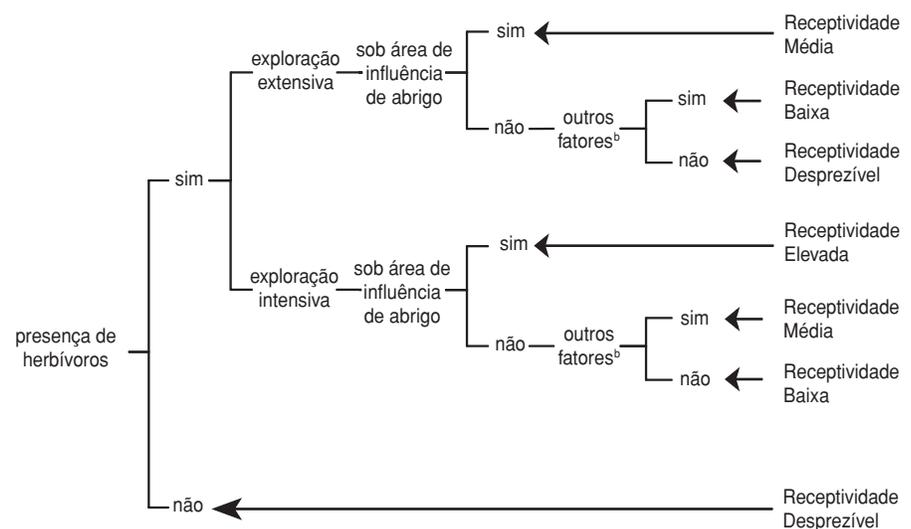
A associação entre difusão e exposição para estimar a probabilidade de ocorrência da raiva na população de herbívoros foi estudada em propriedades criadoras de bovinos e equinos, definidas como unidades epidemiológicas, por meio da associação entre receptividade e vulnerabilidade à doença.

Entende-se por receptividade a inter-relação do conjunto de variáveis que expressam a capacidade de manutenção e

que permitem a difusão do transmissor, o morcego hematófago *Desmodus rotundus*. Essas variáveis são: presença de bovinos, tipo de criação (intensiva ou extensiva), ocorrência de afloramentos de rocha calcária, declividade do terreno, ocorrência de matas permanentes, localização de abrigos naturais permanentes e temporários, localização de abrigos artificiais e de edificações com potencial utilização como abrigos para o transmissor (7-9). Foi proposta uma árvore de cenários para estimar a probabilidade do risco de circulação viral devido à receptividade (figura 1). As variáveis tipo de criação, afloramentos de rocha calcária e matas permanentes não foram consideradas no presente estudo pela ausência de dados disponíveis em formato digital, impossibilitando a sua utilização nos *software* empregados.

Entende-se por vulnerabilidade a inter-relação do conjunto de variáveis relacionadas à capacidade de ingresso do transmissor em determinada área e à circulação viral. Tais fatores possibilitam a difusão da doença para novas áreas e são facilitadores desse processo. Essas variáveis incluem construção de usinas hidroelétricas, desmatamento, construção de novas ferrovias e rodovias, formação de novas áreas de pastagem, retirada abrupta de fonte alimentar, inundações e outras alterações ambientais e localização dos focos de raiva em bovinos ou *Desmodus* sp. (7, 10). Os focos de raiva devidos à

FIGURA 1. Árvore de cenários da probabilidade de circulação do vírus da raiva devido à receptividade^a



^a Receptividade = inter-relação do conjunto de variáveis que permitem a manutenção e a difusão do transmissor da raiva, o morcego hematófago *Desmodus rotundus*.
^b Outros fatores = presença de afloramento calcário, mata permanente e declividade do terreno.

variante 3 em quirópteros não hematófagos e em outros mamíferos seriam considerados caso fossem notificados, uma vez que há indício de transmissão do vírus entre morcegos hematófagos e não hematófagos, provavelmente por habitarem os mesmos abrigos (11–15). Foi construída uma árvore de cenários para estimar a probabilidade do risco de circulação viral devido à vulnerabilidade (figura 2).

Escore do risco de circulação do vírus rábico na população de herbívoros

As árvores de cenário foram discutidas com especialistas da área de epidemiologia. A classificação de risco devido à receptividade e à vulnerabilidade foi atribuída por meio da associação das duas árvores. Essa associação de cenários produziu, em última instância, um escore de risco de circulação do vírus da raiva através da matriz de interpretação representada na figura 3 (16, 17). O escore, que variou de desprezível a elevado, compreendeu o primeiro semestre de 2006 e foi composto e estimado para cada propriedade criadora de herbívoros, visto que as principais ações de controle se dão nesse âmbito. Por tratar-se de um modelo qualitativo, o número de animais por unidade produtora não foi considerado.

Representação geográfica das variáveis

As variáveis relacionadas à receptividade e à vulnerabilidade foram obtidas de forma georreferenciada, permitindo a representação em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para tal, foi utilizado o *software* ArcGIS 9.2. Foram levantadas informações sobre propriedades criadoras de bovinos e equinos, propriedades que relataram mordeduras por morcegos hematófagos e focos de raiva de bovinos e equinos, correspondentes ao primeiro semestre de 2006. Também foram levantadas informações cartográficas relacionadas à topografia e à malha rodoviária.

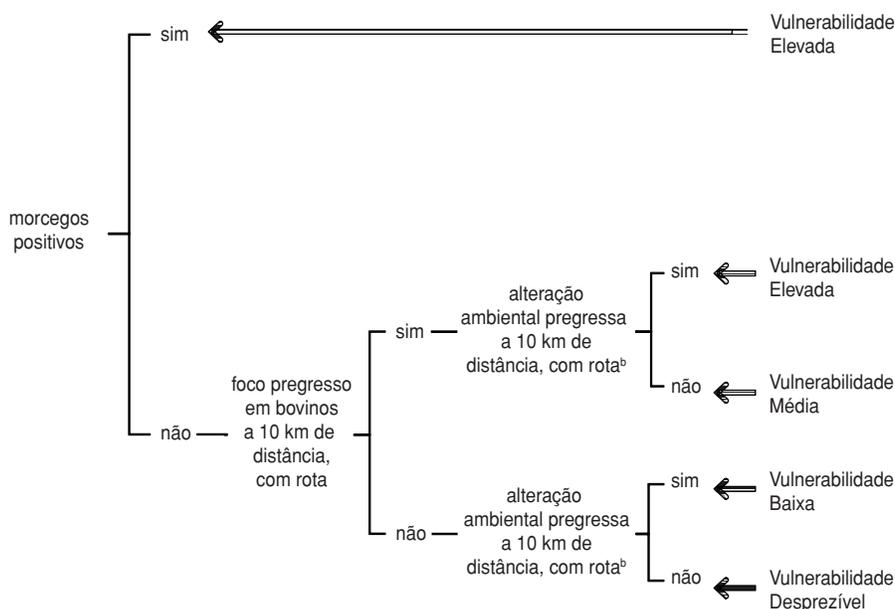
O cadastro georreferenciado dos abrigos de morcegos e das propriedades criadoras, além da informação das propriedades que relataram mordeduras, foram compilados dos relatórios das atividades de combate à raiva no Estado de São Paulo. Tais informações foram obtidas junto à CDA. Os focos de raiva foram obtidos dos relatórios enviados ao MAPA para alimentação do sistema informatizado de notificações de doenças Sistema Continental de Vigilância Epidemiológica (SivCont), mantido pelo Centro Pan-Americano de Febre Aftosa

(PANAFTOSA), onde informações como localização geográfica do foco (coordenadas geográficas), histórico da notificação, espécie afetada e medidas de controle tomadas são sistematicamente auditadas e confirmadas através de laudos laboratoriais oficiais nos órgãos veterinários centrais dos Estados e nacional. As informações relacionadas à topografia foram obtidas na página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Internet. As informações relativas à malha rodoviária foram obtidas junto ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER).

Na representação geográfica, as propriedades criadoras de bovinos na área de estudo aparecem na forma de um ponto. A totalidade das propriedades criadoras de bovinos na área de estudo foi geograficamente cadastrada, porém não foi possível obter as coordenadas geográficas das propriedades que criavam exclusivamente equinos. A área de influência dos abrigos naturais e artificiais de morcegos hematófagos (área mais provável de sobrevoos para repasto sanguíneo) foi representada na forma de um círculo (*buffer*) ao redor de cada abrigo cadastrado. Para determinar a melhor representação da área de influência dos abrigos, foram construídos, em programas de computador SIG, círculos com diferentes raios, com 1 km de distância entre si, a partir de cada abrigo. Para definir a influência dos abrigos de morcegos hematófagos, foi escolhido o menor raio que englobasse o maior número de propriedades que relataram mordeduras no ano de 2005. Essa informação foi comparada com informações levantadas na literatura específica (7, 8, 18).

Mesmo com o intenso esforço da CDA referente ao cadastro e tipificação de abrigos de morcegos hematófagos, considera-se que exista uma pequena parcela de abrigos não cadastrados, principalmente nos remanescentes de Mata Atlântica restritos à Serra do Mar e em pequenas parcelas da Serra da Mantiqueira, que constituem as Unidades de Conservação do Instituto Florestal. Entretanto, esses abrigos não cadastrados foram desprezados no presente estudo. A localização geográfica de quirópteros hematófagos ou não hematófagos positivos para o vírus da raiva também foi georreferenciada. A partir do ponto onde esses animais positivos foram eventualmente encontrados, foi traçado um círculo, com raio correspondente à

FIGURA 2. Árvore de cenários da probabilidade de circulação do vírus da raiva devido à vulnerabilidade^a



^a Vulnerabilidade = inter-relação do conjunto de variáveis relacionadas à capacidade de ingresso do transmissor da raiva em determinada área e à circulação viral.

^b Rota = rotas preferenciais de movimentação de morcegos hematófagos.

FIGURA 3. Matriz da estimativa do risco de circulação do vírus rábico em populações de herbívoros, Estado de São Paulo, Brasil^a

| | | Receptividade ^b | | | |
|------------------------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|
| | | Desprezível | Baixa | Média | Elevada |
| Vulnerabilidade ^b | Desprezível | Desprezível | Baixo | Baixo | Médio |
| | Baixa | Baixo | Baixo | Médio | Médio |
| | Média | Baixo | Médio | Médio | Elevado |
| | Elevada | Médio | Médio | Elevado | Elevado |

^a O grau de risco aparece em cinza na figura.

^b Receptividade = inter-relação do conjunto de variáveis que permitem a manutenção e a difusão do transmissor da raiva, o morcego hematófago *Desmodus rotundus*. Vulnerabilidade = inter-relação do conjunto de variáveis relacionadas à capacidade de ingresso do transmissor da raiva em determinada área e à circulação viral.

distância de voo específica para cada gênero (macho ou fêmea) e idade.

As rotas prováveis de trânsito de morcegos foram plotadas em mapas georreferenciados, na dependência de: cursos de rios permanentes ou represas; estradas de rodagem; relevo/topografia da região (identificação, através das curvas de nível, de vales e passagens naturais); presença de abrigos naturais ou artificiais a uma distância ≤ 2 km do curso de rios permanentes ou estradas de rodagem; presença de abrigos artificiais relacionados à infraestrutura rodoviária (bueiros, pontes, galerias, tubulações e túneis); presença de herbívoros a uma distância ≤ 2 km do curso de rios permanentes ou estradas de rodagem; distância entre abrigos para quirópteros (naturais e artificiais) de, no máximo, 10 km

(distância máxima de deslocamento noturno de machos) (6, 7).

Validação do modelo de risco

Após a construção das estimativas de risco de circulação do vírus da raiva devido à receptividade e à vulnerabilidade, foi feita a sua associação através do esquema da figura 3, de modo a compor um escore de risco geral em relação às propriedades. Essa informação foi internamente validada, com base na comparação dos escores de risco e dos focos. Para isso, foram construídos mapas com os escores de risco gerais, para todas as propriedades, mês a mês, para o período de janeiro a junho de 2006. A distribuição geográfica dos escores foi comparada com os focos de raiva ocorridos

sempre 1 mês depois, ou seja, de fevereiro a julho de 2006. Avaliou-se a sobreposição entre as estimativas de risco moderadas e elevadas e a ocorrência de focos.

RESULTADOS

A área de estudo apresentava condições favoráveis para a instalação de uma expressiva população de quirópteros, haja vista o grande número de abrigos cadastrados (*n* = 497) e o expressivo número de propriedades criadoras (*n* = 4 175). Do total de abrigos, 155 eram artificiais (31,2%) e 342 eram naturais (68,8%). A frequência de propriedades que relataram ao menos um episódio de mordedura por morcegos hematófagos em herbívoros foi de 17,17% (717 em 4 175 propriedades), podendo ser considerada elevada para uma região com número reduzido de focos de raiva.

Representação das variáveis associadas à receptividade

As áreas de influência de abrigos de *Desmodus rotundus* e as propriedades que notificaram mordeduras estão representadas graficamente na figura 4. Adotou-se um raio médio de abrangência para atividades de repasto sanguíneo de 5 km a partir de cada abrigo de morcegos hematófagos. Foi feita a validação dessa informação com base nas notificações de mordeduras de herbívoros por morcegos hematófagos, sistematicamente compiladas pela CDA. Observa-se na figura 4 que apenas 6% (250/4 175) das propriedades que relataram mordeduras durante o ano de 2005 ficam descobertas pela área formada pelo raio de 5 km em torno de cada abrigo. Verificou-se também que este é o menor raio que contém a maior proporção de propriedades que relataram mordeduras.

O material suplementar mostra a representação gráfica da estimativa de risco de circulação do vírus da raiva em herbívoros devido à receptividade.

Representação das variáveis associadas à vulnerabilidade

A construção do mapa das rotas de deslocamento prioritárias de morcegos hematófagos (figura 5) foi essencial para estimar o risco de circulação do vírus da raiva em herbívoros devido à vulnerabilidade. Não foram notificados morcegos

FIGURA 4. Área de influência de abrigos de *Desmodus rotundus* e propriedades que notificaram mordeduras, Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil, 2005

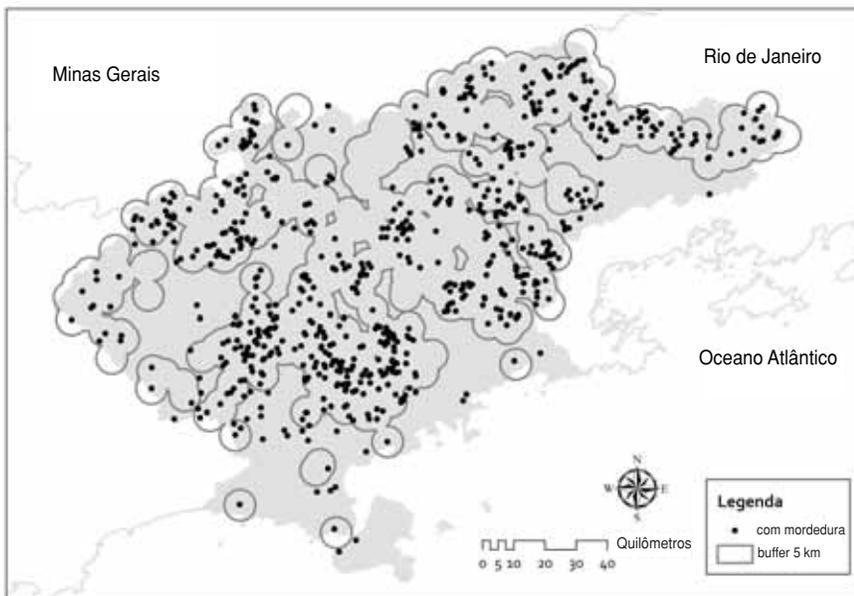
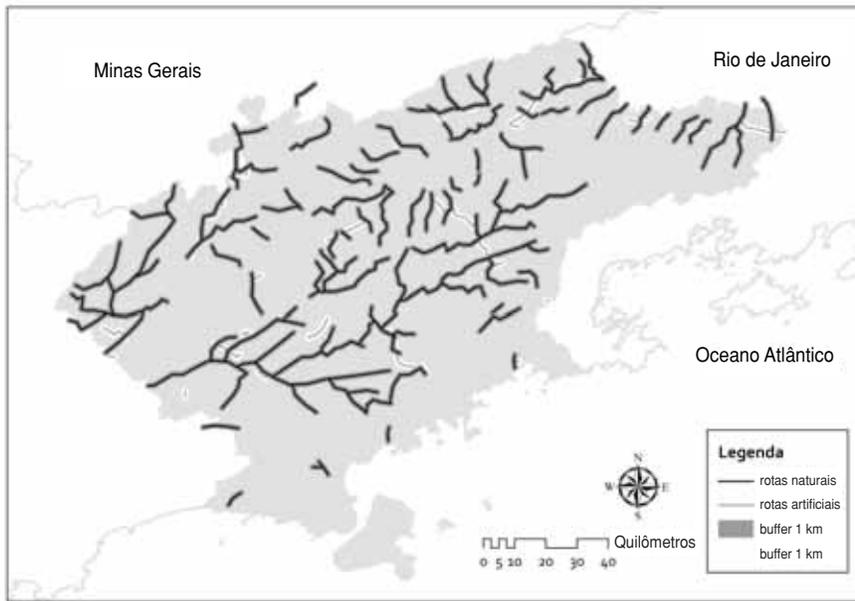


FIGURA 5. Rotas preferenciais de movimentação de morcegos hematófagos, Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil, 2005



positivos para a raiva durante o período de estudo.

Um total de 11 focos de raiva em herbívoros notificados no SivCont foram compilados durante o segundo semestre de 2006 (material suplementar). Esses dados foram suficientes para a construção da estimativa do risco de circulação do vírus da raiva em herbívoros devido à vulnerabilidade. Nota-se que a vulnerabilidade é uma variável que, em comparação à receptividade, tem caráter dinâmico. Por conta disso, foram construídos mapas que representam a vulnerabilidade mês a mês (material suplementar).

Validação do modelo

O algoritmo criado levou em consideração a receptividade e a vulnerabilidade, conforme descrito na chave de associação representada na figura 3. Foi construída uma série de mapas, representando a estimativa de risco de circulação do vírus da raiva, bem como os focos de raiva, porém 1 mês adiante da representação do escore de risco (figura 6).

Pode-se observar que houve sobreposição entre as estimativas de risco moderadas e elevadas e a ocorrência de focos nessa série histórica, indicando que 81,8% dos focos (9 entre 11) seriam prevenidos caso fosse adotada a vacinação estratégica em áreas de risco elevado para a circulação do vírus da raiva. So-

mente um foco ocorreu em área de médio risco.

DISCUSSÃO

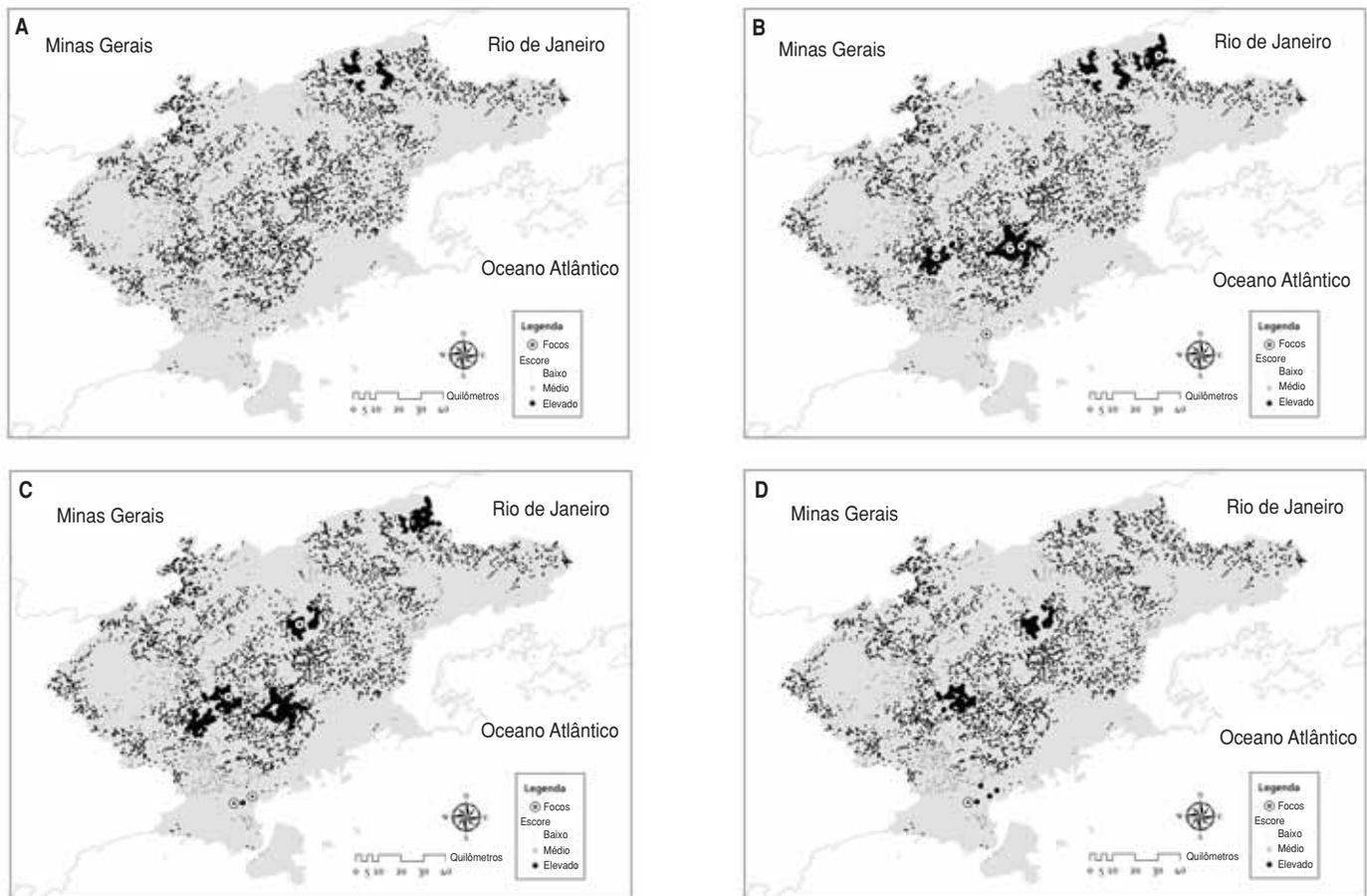
O modelo apresentado no presente estudo foi adequado para prever os focos de raiva transmitida por morcegos hematófagos a herbívoros. Apesar da falta de dados sobre a capacidade de suporte para manutenção das populações de morcegos no ambiente, os resultados indicam que a área estudada tem características favoráveis à instalação e à manutenção de grandes populações de morcegos hematófagos. Por exemplo, a grande extensão da malha rodoviária na região possibilita a instalação em estruturas associadas a rodovias e ferrovias (bueiros, pontes, galerias, tubulações, túneis, passagens, edifícios abandonados) (8, 19). Aliado a isso, devem-se considerar a grande capacidade adaptativa do *Desmodus rotundus* a mudanças em seu habitat (7, 10, 19) e os elevados escores de receptividade observados em toda a área de estudo. A presença de remanescentes florestais e de plantações de cana-de-açúcar (18, 20), também associada a ataques de morcegos hematófagos, foi pouco frequente na área de estudo.

Em sua maior parte, a área de estudo (Vale do Rio Paraíba do Sul) possui relevo pouco acidentado, cercado por elevações discretas na borda da Serra do

Mar ao sul e por elevações expressivas ao norte, na Serra da Mantiqueira. Mesmo assim, essas barreiras físicas não constituem um impedimento para a circulação de morcegos hematófagos. Abrigos cadastrados em altitudes superiores a 1 800 m reforçam a tese de livre circulação de morcegos entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, o que demanda não só a elucidação das situações epidemiológicas, mas também o planejamento de ações oficiais conjuntas (21, 22). Pesquisas realizadas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro mostram que há notificações de raiva em herbívoros, portanto circulação do vírus rábico, em área limítrofe (23, 24). Contrastando com essa observação, Kobayashi et al. (2) sugerem que a raiva transmitida por morcegos se limita a áreas de relevo baixo, isoladas por montanhas.

Algumas variáveis não foram consideradas no presente estudo, como tipo de solo, declividade de terreno (relacionadas à receptividade), alterações ambientais e ausência de focos de raiva associada à variante 3 em quirópteros não hematófagos e outros mamíferos (relacionadas à vulnerabilidade), o que poderia aumentar a sensibilidade do modelo. O raio utilizado no presente estudo para representar a área de influência dos abrigos de morcegos hematófagos foi condizente com informações da literatura (7, 8, 18), que variam de 2 a 20 km.

Apesar da falta de algumas informações, decidiu-se manter as árvores de cenário e o modelo geral para que a metodologia pudesse ser utilizada sem alterações em outras localidades e situações epidemiológicas. Uma das variáveis mais importantes para a vigilância de raiva, a pesquisa do vírus da raiva em quirópteros (hematófagos e não hematófagos) introduziria maior sensibilidade ao modelo, possivelmente aumentando o prazo entre a avaliação do risco e o aparecimento de um foco em herbívoros, ou seja, entre a infecção e a transmissão do vírus pelo *Desmodus rotundus*, possibilitando a adoção de medidas profiláticas com um maior prazo de execução. No tocante à vulnerabilidade, obteve-se apenas a variável focos de raiva em herbívoros. A janela de tempo de 1 mês entre a avaliação do risco e o aparecimento do foco, utilizada na validação do modelo, é condizente com a literatura, uma vez que o período entre infecção e transmissão da raiva em morcegos varia de 2 a 4 semanas (22).

FIGURA 6. Representação conjunta dos escores de risco de circulação do vírus da raiva em herbívoros e dos focos de raiva, Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil, 2005^a

^a A) escore de risco de janeiro a fevereiro de 2006 e focos de raiva de fevereiro a março de 2006 ($n = 5$); B) escore de risco de fevereiro a março de 2006 e focos de raiva de março a abril de 2006 ($n = 7$); C) escore de risco de março a abril de 2006 e focos de raiva de abril a maio de 2006 ($n = 4$); D) escore de risco de abril a maio de 2006 e focos de raiva de maio a junho de 2006 ($n = 2$).

O elevado número de propriedades criadoras de bovinos e de abrigos de morcegos hematófagos justifica a instalação de um sistema de vigilância e combate sistemáticos na região. A escolha da propriedade criadora de bovinos como unidade epidemiológica é condizente com a unidade de notificação da raiva (foco) utilizada pelos órgãos oficiais de saúde animal.

Com base nos resultados, é possível afirmar que o modelo proposto pode ser usado para definir a alocação de recursos humanos e físicos para a realização

direcionada de vacinações estratégicas e atuações em abrigos de morcegos hematófagos, por exemplo, por meio do desbaste populacional, desde que sejam conhecidas a capacidade de suporte do ambiente e a constituição populacional do *Desmodus rotundus*. Por outro lado, é preciso considerar que o modelo é dependente de dados atualizados com periodicidade mensal. Além disso, as equipes devem ser capacitadas para alimentar as informações, o que torna o modelo dependente da estruturação adequada do serviço de controle da

raiva. Entretanto, caso houvessem sido desencadeadas medidas de controle direcionadas somente para áreas de risco elevado, a diminuição dos focos teria sido substancial, a um custo reduzido e com deslocamento otimizado das equipes de campo.

Agradecimentos. Agradecemos pelo apoio técnico do Paulo Sabroza, Fumio Homma Ito, Vicente Astudillo e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo 06/04250-8).

REFERÊNCIAS

1. Carnieli Jr P, Castilho JG, Fahl WO, Vêras NMC, Timenetsky MCST. Genetic characterization of rabies virus isolated from cattle between 1997 and 2002 in an epizootic area in the state of São Paulo, Brazil. *Virus Res.* 2009;144(1-2):215-24.
2. Kobayashi Y, Ogawa A, Sato G, Sato T, Itou T, Samara SI, et al. Geographical distribution of vampire bat-related cattle rabies in Brazil. *Virology.* 2006;68(10):1097-100.
3. International Committee on Taxonomy of Viruses. ICTV Master species list 2009 — ver-

- sion 9. Disponível em: http://talk.ictvonline.org/files/ictv_documents/m/msl/1231.aspx Acessado em 22 de março de 2011.
4. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Casos de raiva em herbívoros e suínos no Brasil, no período anual de 1996 a 2008. Brasília: MAPA; 2010. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/programa%20nacional%20dos%20herbivoros/casos%20de%20raiva%20em%20herbivoros.pdf Acessado em 11 de janeiro de 2011.
 5. Takaoka NY. Alteração no perfil epidemiológico da raiva no Estado de São Paulo. Em: Seminário Internacional de Raiva. São Paulo: Instituto Pasteur; 2000. Disponível em: http://www.pasteur.saude.sp.gov.br/informacoes/anais/seminario_internacional/resumo_2_3.htm Acessado em 13 de junho de 2011.
 6. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Controle da raiva dos herbívoros. Brasília: MAPA/SDA/DSA; 2009.
 7. Greenhall AM, Schmidt U. Natural history of vampire bats. Boca Raton: CRC Press; 1988.
 8. Arellano-Sota C. Biology, ecology and control of the vampire bat. *Rev Infect Dis*. 1988;10 (Suppl 4):615-9.
 9. Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. Morcegos do Brasil. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2007.
 10. Mayen F. Haematophagous bats in Brazil, their role in rabies transmission, impact on public health, livestock industry and alternatives to an indiscriminate reduction of bat population. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*. 2003;50(10):469-72.
 11. Sodré MM, Gama AR, Almeida MF. Updated list of bat species positive for rabies in Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2010;52(2):75-81.
 12. Kobayashi Y, Sato G, Kato M, Itou T, Cunha EMS, Silva MV, et al. Genetic diversity of bat rabies viruses in Brazil. *Arch Virol*. 2007;152(11):1995-2004.
 13. Kobayashi Y, Sato G, Shoji Y, Sato T, Itou T, Cunha EMS, et al. Molecular epidemiological analysis of bat rabies viruses in Brazil. *J Vet Med Sci*. 2005;67(7):647-52.
 14. Favoretto SR, Carrieri ML, Cunha EMS, Aguiar EAC, Silva LHQ, Sodré MM, et al. Antigenic typing of Brazilian rabies virus samples isolated from animals and humans, 1989-2000. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2002;44(2):91-5.
 15. Davis PL, Bourhy H, Holmes EC. The evolutionary history and dynamics of bat rabies virus. *Infect Genet Evol*. 2006;6(6):464-73.
 16. MacDiarmid SC, Pharo HJ. Risk analysis: assessment, management and communication. *Rev Sci Tech*. 2003;22(2):397-408.
 17. Ni H, Chen A, Chen N. Some extensions on risk matrix approach. *Saf Sci*. 2010;48(10):1269-78.
 18. Trajano E. Movements of cave bats in southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus*. *Biotropica*. 1996;28(1):121-9.
 19. Gomes MN, Uieda W. Abrigos diurnos, composição de colônias, dimorfismo sexual e reprodução do morcego hematófago *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy) (Chiroptera, Phyllostomidae) no Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Bras Zool*. 2004;21(3):629-38.
 20. Gomes MN, Monteiro AMV, Lewis N, Gonçalves CA, Nogueira Filho VS. Landscape risk factors for attacks of vampire bats on cattle in São Paulo, Brazil. *Prev Vet Med*. 2010;93(2-3):139-46.
 21. Macedo CIM, Carnieli Junior P, Fahl WO, Lima JYO, Oliveira RN, Achkar SM, et al. Genetic characterization of rabies virus isolated from bovines and equines between 2007 and 2008, in the States of São Paulo and Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2010;43(2):116-20.
 22. Kusmin IV, Rupprecht CE. Bat rabies. Em: Jackson AC, Wunner WH. Rabies. San Diego: Academic Press; 2007.
 23. Menezes FL, Silva JA, Moreira EC, Meneses JNC, Magalhães DF, Barbosa AD, et al. Distribuição espaço-temporal da raiva bovina em Minas Gerais, 1998 a 2006. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2008;60(3):566-73.
 24. Romijn PC, van der Heide R, Cattaneo CAM, Silva RCF, van der Poel WH. Study of Lyssavirus of bat origin as a source of rabies for other animal species in Rio de Janeiro State, Brazil. *Am J Trop Med Hyg*. 2003;69(1):81-6.

Manuscrito recebido em 10 de setembro de 2010. Aceito em versão revisada em 4 de abril de 2011.

ABSTRACT

Risk model to assess livestock rabies exposure in the state of São Paulo, Brazil

Objective. To propose a qualitative risk assessment model for the study of livestock exposure to rabies virus from the vampire bat *Desmodus rotundus* (antigenic variant 3) in the Paraíba do Sul river valley, state of São Paulo, Brazil.

Methods. Based on scenario trees generated considering rabies exposure and its spread, we estimated the probability of rabies cases in large livestock and its association with the geographic location of livestock farms.

Results. Assessment of the historical series of rabies focal points in the first semester of 2006, which was used to validate the risk assessment model, revealed that 81.8% of the focal points were adequately foreseen by the model and could have been prevented with strategic vaccination in high-risk areas.

Conclusions. The adoption of control measures specifically targeting high-risk areas might entail a substantial decrease in the number of rabies focal points, at a low cost and with optimal movement of field teams.

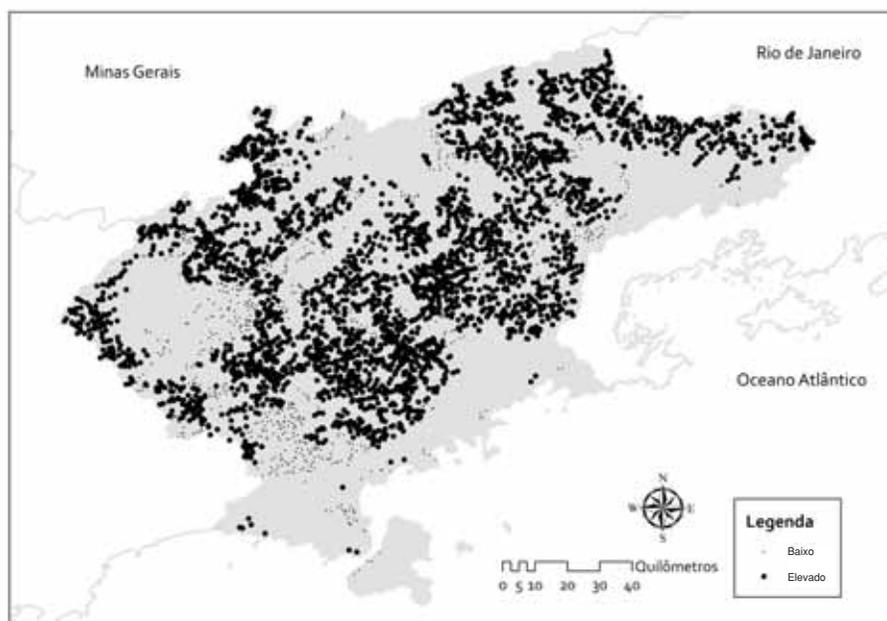
Key words

Risk assessment; models; statistical; rabies virus; cattle; Brazil.

Material suplementar ao artigo: Dias RA, Nogueira Filho VS, Goulart CS, Telles ICO, Marques GHF, Ferreira F, et al. Modelo de risco para circulação do vírus da raiva em herbívoros no Estado de São Paulo, Brasil. Rev Panam Salud Publica. 2011;30(4):370–6.

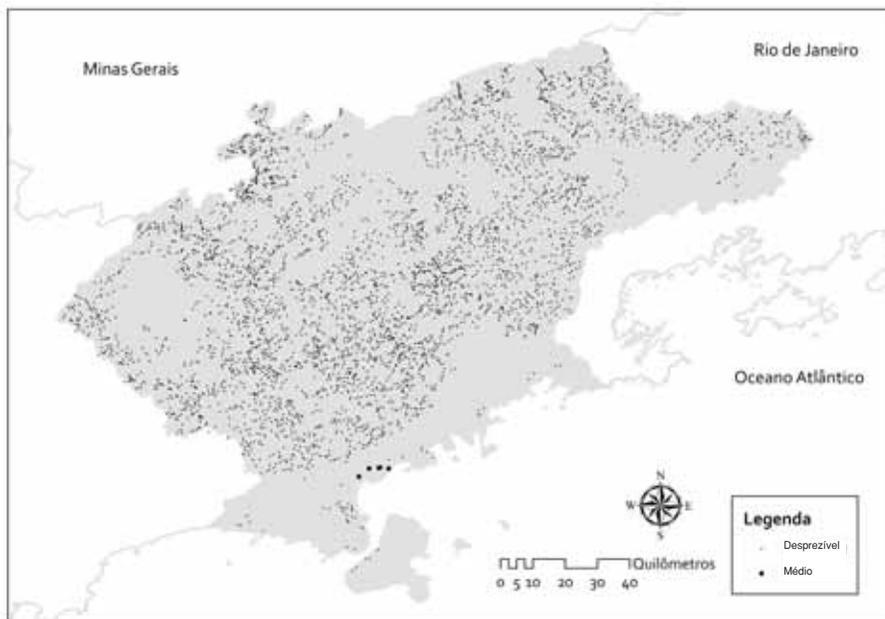
Representação gráfica das estimativas de risco de circulação do vírus da raiva devido à receptividade e à vulnerabilidade em 2005 e 2006 e focos de raiva em 2006, Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil

Estimativa do risco devido à receptividade

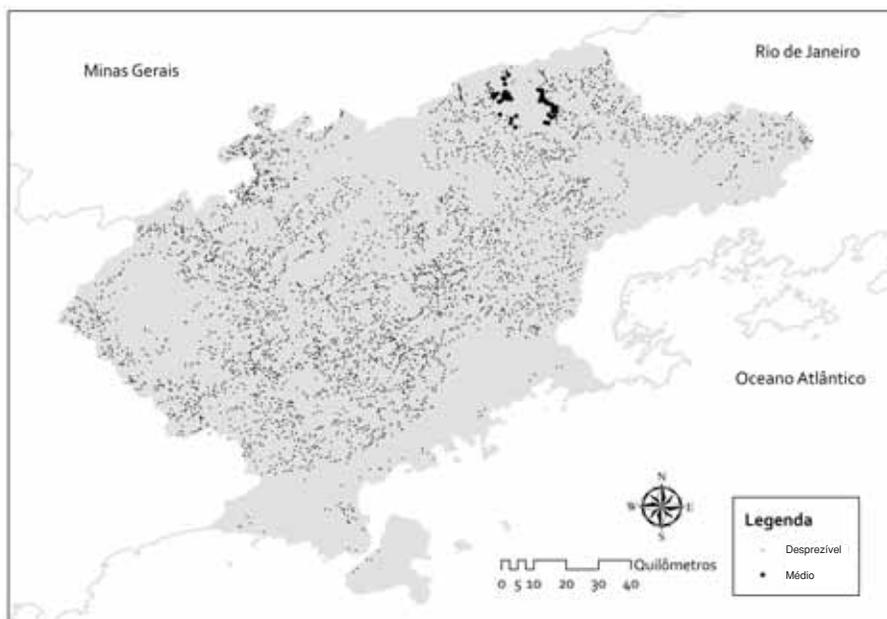


Estimativa do risco devido à vulnerabilidade de janeiro a junho de 2006

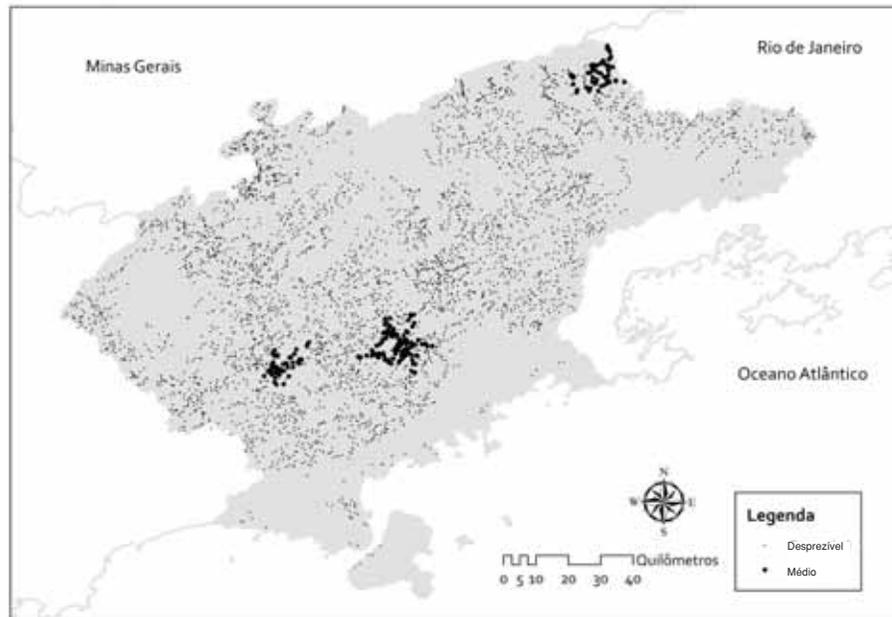
Janeiro



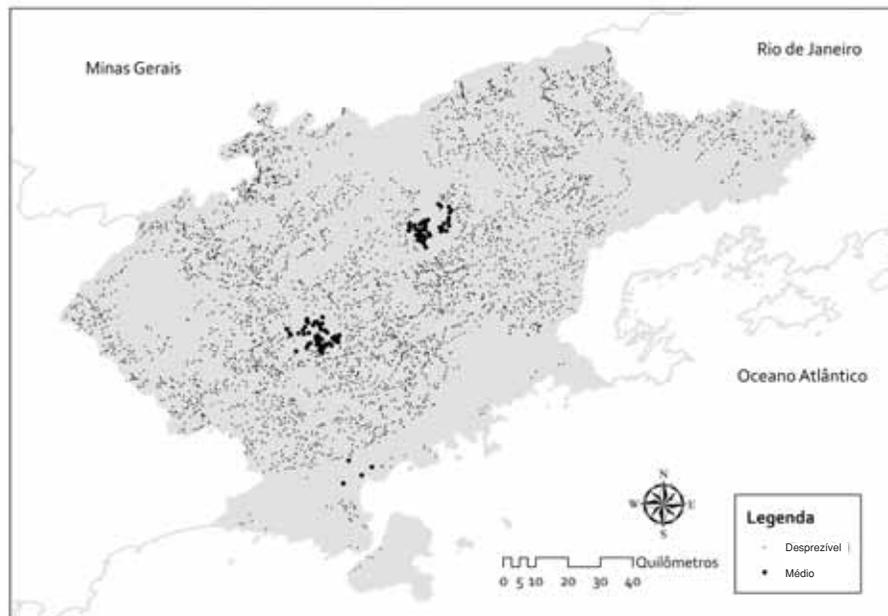
Fevereiro



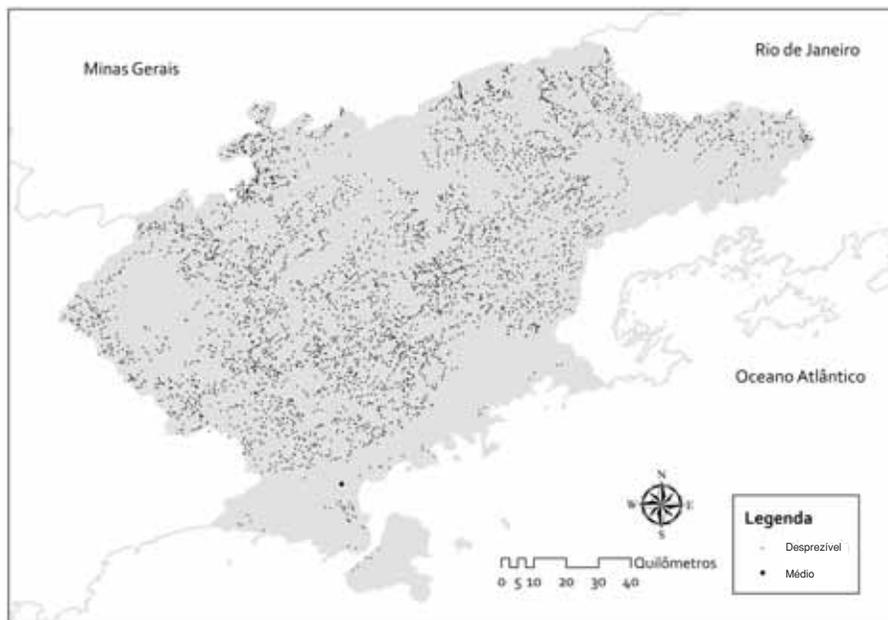
Março



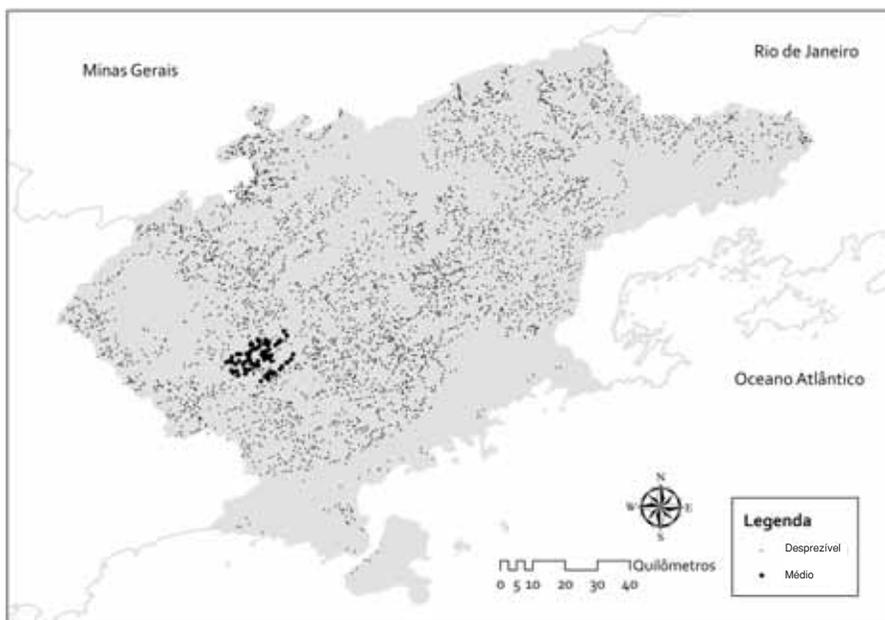
Abril



Maio



Junho



Local e data dos focos de raiva em 2006

