



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE  
CONTROLE DA RAIVA DOS HERBÍVOROS (PNCRH) DO  
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E  
ABASTECIMENTO**

**MARIANA FIGUEIRA DORNELAS**

**TESE DE DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL**

BRASÍLIA/2022



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE  
DA RAIVA DOS HERBÍVOROS (PNCRH) DO MINISTÉRIO  
DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

MARIANA FIGUEIRA DORNELAS

ORIENTADOR: VÍTOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES

CO-ORIENTADOR: RICARDO AUGUSTO DIAS

TESE DE DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA E  
PATOLOGIA VETERINÁRIA

LINHA DE PESQUISA: EPIDEMIOLOGIA, PREVENÇÃO E CONTROLE DE  
DOENÇAS ANIMAIS E GESTÃO DOS RISCOS PARA A SAÚDE PÚBLICA

BRASÍLIA/DF



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA RAIVA DOS  
HERBÍVOROS (PNCRH) DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E  
ABASTECIMENTO

MARIANA FIGUEIRA DORNELAS

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE  
ANIMAL, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
DOUTORA EM SAÚDE ANIMAL.

APROVADA POR:

---

VÍTOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES, Prof. Dr. (UnB)  
(ORIENTADOR)

---

JOSÉ RENATO JUNQUEIRA BORGES, Prof. Dr. (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)

---

FERNANDO FERREIRA, Prof. Dr. (USP)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

---

FERNANDA CETRANGOLO DOREA, Dra.  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA, OUTUBRO DE 2022

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

DORNELAS, M.F. Avaliação do Programa de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2022, X p., Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, que foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas desde que citada a fonte.

## AGRADECIMENTOS

Eu agradeço à minha família por sempre me apoiar e me dar suporte nos momentos mais difíceis desta fase de doutoramento. Agradeço também à minha família do coração e amigos por acreditarem em mim e tornarem este período mais alegre.

Ao meu orientador, Prof. Vítor Gonçalves, deixo minha sincera gratidão pelo acolhimento, pelas oportunidades oferecidas e pelos os ensinamentos. Ao meu co-orientador, Prof. Ricardo Dias, agradeço imensamente o apoio e a contribuição neste trabalho, a prestatividade e seriedade em me ajudar nesta tese. A ambos, muito obrigada por contribuírem generosamente na minha formação.

À idealizadora deste projeto, Dra. Maria do Carmo Pessôa, agradeço pela oportunidade de trabalhar neste projeto e, juntamente com a Dra. Ellen Laurindo, pela contribuição técnica e suporte interinstitucional.

Agradeço aos veterinários dos Serviços Veterinários Estaduais responsáveis pelo PNCRH que contribuíram generosamente no meu projeto de pesquisa, em especial à Dra. Elzira Pierre e ao Dr. Fabio Shiroma. Todos foram imprescindíveis para o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus colegas e amigos de laboratório de pesquisa da Universidade de Brasília (UnB), Dra. Ana Lourdes Mota, Dra. Tathiana Barreto, Dr. Flávio Veloso, Dra. Cátia de Paula, Dra. Silene Rocha e Dr. Mikael Hodon, agradeço pelos momentos de partilha, cumplicidade e amizade durante este processo.

Por fim, agradeço à UnB, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) por financiarem e tornarem este projeto possível.

## EPÍGRAFE

“A gente escuta a qualquer entrar o borbôlo rasgado dos morcegos. Bicho que guarda muitos frios no corpo. Boi vem do campo, se esfrega naquelas paredes. Deitam. Malham. De noitinha, os morcegos pegam a recobrir os bois com lencinhos pretos. Rendas pretas defunteiras.”

Guimarães Rosa (Grande Sertão: Veredas)

## RESUMO

O Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, atua com o objetivo de reduzir a incidência desta doença por meio da vigilância epidemiológica, orientação da vacinação dos herbívoros domésticos e controle de morcegos hematófagos da espécie *Desmodus rotundus*. Este trabalho tem como objetivos (1) descrever os dados de vigilância do PNCRH; (2) identificar aspectos funcionais do PNCRH que podem prejudicar o fluxo de informação e investigação de focos de raiva em herbívoros; (3) identificar os atributos de efetividade que podem ser calculados; (4) responder se a vigilância é coerente com os objetivos do programa (5) avaliar a oportunidade (*timeliness*) e a representatividade do sistema de vigilância e (6) avaliar a efetividade do controle populacional de morcegos hematófagos do PNCRH. Realizou-se uma revisão das normas do PNCRH e dos registros de vigilância entre 2013 e 2019 em todo o país. Os dados de vigilância em herbívoros e de capturas de *D rotundus* foram analisados espacialmente em mapas de *cluster* LISA (*Local Indicator of Spatial Association*). O tempo entre todas as etapas do processo de investigação foi quantificado em dias. Por fim, foram estimados o esforço de captura de morcegos hematófagos (em homem-hora) por meio de questionário e o efeito desta atividade na taxa de positividade de raiva em herbívoros. Os resultados descrevem uma vigilância heterogênea entre as 27 Unidades da Federação, predominantemente passiva e de baixa sensibilidade. O principal atributo calculado foi a taxa de positividade, que descreve a relação de focos entre o total de investigações registradas. Observa-se que os dados não podem descrever a frequência real da doença no país e que as atividades deflagradas a partir das notificações não são suficientes para reduzir a sua incidência. Foram identificados clusters de possível subnotificação e pontos de atenção onde há risco de transmissão. Os clusters de elevada vigilância foram observados principalmente no Paraná, Espírito Santo e algumas áreas restritas em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Rondônia, São Paulo e Tocantins. A representatividade da vigilância foi baixa sobretudo na região Nordeste, no nordeste de Minas Gerais e oeste de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo. O acúmulo de focos segue o mesmo padrão da vigilância. Destaca-se a necessidade de integração e aproximação dos veterinários privados e laboratórios não oficiais para o correto levantamento dos diagnósticos de raiva no Brasil. Em geral, o sistema é ágil no atendimento às suspeitas (em média menos de um dia para atender as notificações), mas o tempo de processamento das amostras é longo

(em média 9 dias), sendo bastante variável entre as regiões geográficas do país. Esse período é mais crítico no Norte e no Centro-Oeste possivelmente devido às distâncias dos laboratórios e ao difícil acesso às propriedades. Por fim, o controle de *D. rotundus* teve pouco efeito na taxa de positividade da raiva em herbívoros em todas as UFs. O esforço de captura foi maior em SP (78.378 homem-hora), MS (50.551 homem-hora), PR (43.675 homem-hora) e MG (41.253 homem-hora), sendo bastante discrepante em todas as UFs. O trabalho levanta a preocupação com os impactos econômicos e em saúde pública que este tipo de atividade pode acarretar.

Palavras-chave: raiva dos herbívoros; avaliação da vigilância; efetividade do programa; controle de *Desmodus rotundus*; saúde única.

#### ABSTRACT

The National Program of Herbivore Rabies Control (PNCRH), of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, aims to reduce the incidence of the disease through epidemiologic surveillance, targeted vaccination of livestock and culling of the hematophagous bat *Desmodus rotundus*. This thesis aims at: (1) describing surveillance data of PNCRH; (2) identifying functional aspects of PNCRH that might impair the information and investigation flow; (3) identifying which effectivity attributes can be calculated; (4) appraising the coherence of ongoing surveillance with the programme objectives; (5) assessing the timeliness and representativeness of the surveillance system; (6) assessing the effectivity of culling of *D. rotundus*. We reviewed the official regulations of PNCRH and surveillance data between 2013 and 2019, at the national level. We made cluster LISA (Local Indicator of Spatial Association) maps to analyze surveillance data of rabies in livestock and bat captures. We quantified the days between all steps of case investigations. Lastly, through a questionnaire, we estimated the efforts (in man-hour) for capturing vampire bats and its impact in the positivity rate of rabies in herbivores. The results revealed a surveillance system that is heterogeneous between the 27 Federation Units, predominantly passive and of low sensitivity. The main attribute calculated was the positivity rate, which describes the relationship between the number of outbreaks and the number of investigations. We found that the data of the surveillance

system can't describe the actual frequency of the disease and that the activities triggered by the outbreaks are not sufficient for reducing rabies incidence. We identified clusters of high surveillance mostly in the states of Paraná, Espírito Santo and some restricted areas of Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Rondônia, São Paulo e Tocantins. The surveillance representativeness was low, notably in the Northeast of the country, the northeast of Minas Gerais and the west of Santa Catarina, Rio Grande do Sul and São Paulo. The clusters of outbreaks follow the same patterns of that observed for surveillance. We highlight the need for integrating and harmonizing private veterinarians and laboratories for an accurate estimation of the frequency of rabies in livestock in Brazil. In general, the system can timely attend the suspect cases (less than one day in average), but it takes a long time for the samples to be processed in the laboratories (9 days in average), being highly dissonant between the regions of the country. This delay is more critical in the North and Central-West regions, probably because of the long distances to the laboratories and the difficult access to the farms. Lastly, the bat culling had little effect on the positivity rate of rabies in livestock all over the country. The effort for capturing bats was higher in São Paulo (78,378 man-hour), Mato Grosso do Sul (50,551 man-hour), Paraná (43,675 man-hour) and Minas Gerais (41,253 man-hour), being highly dissonant throughout the country. This work highlights the concerns with the public health hazards, as well as with the adverse financial impact, that may be associated with this activity.

Key-words: rabies in herbivores; evaluation of surveillance; programme effectiveness; control of *Desmodus rotundus*; One Health.

## LISTA DE TABELAS

	página
Capítulo 1	
Tabela 1. Parâmetros estudados no SivCont	24
Tabela 2. Elementos funcionais do PNCRH atual	27
Tabela 3. Quantidade e proporção de registros por espécie (2013-2019)	29
Tabela 4. Número de notificações absoluto e por propriedade.	31
Tabela 5. Quantidade de focos e taxa de positividade por origem da notificação (2013-2019).	39
Tabela A1. Coeficientes de correlação de Spearman referentes à Figuras 10 e 11.	46
Capítulo 2	
Tabela 1: Completude e consistência dos campos de data (herbívoros, 2013-2019):	52
Tabela 2. Tempo (dias) entre as etapas em focos de raiva no Brasil (herbívoros, 2013-2019)	54
Tabela 3. Tempo (dias) entre as etapas em focos descartados no Brasil (herbívoros, 2013-2019).	54
Tabela 4. Tempo (dias) entre as etapas em notificações sem diagnóstico no Brasil (herbívoros, 2013-2019).	55
Tabela 5. Número de municípios destacados da Figura 6A e 6B.	58
Tabela 6. Proporção de propriedades em baixa vigilância ou silêncio epidemiológico.	58
Material Suplementar	62-63
Capítulo 3	
Tabela 1. Inputs utilizados para calcular o esforço de captura do período 2014 a 2019.	67
Tabela 2. Esforço de captura em homem-hora	69
Tabela 3. Resultados da regressão linear. Os dados semestrais são relativos aos anos de 2013 a 2019.	72-73
Material Suplementar	75-77

## LISTA DE FIGURAS

	página
Introdução	
Figura 1. Figura 1. Atributos avaliados em 99 estudos. Em cinza: atributos recomendados pelo <i>Centers for Disease Control and Prevention</i>	21
Capítulo 1	
Figura 1. Número anual de registros de vigilância de raiva em animais domésticos por ano e linha de tendência.	29
Figura 2. Número de registros de animais domésticos por UF (2013-2019).	30
Figura 3. Número de registros por diagnóstico final em animais domésticos (2013-2019).	32
Figura 4. Proporção de focos por ano no Brasil.	32
Figura 5. Número de notificações, proporção de focos (taxa de positividade) por ano e linha de tendência nas UFs.	33-36
Figura 6. Notificações com registro de amostra insuficiente para o diagnóstico por espécie (2013-2019).	38
Figura 7. Origem da notificação (2013-2019).	38
Figura 8. Proporção da origem da ocorrência por UF (2013-2019).	39
Figura 9. Linha temporal de registros provenientes de vigilância por região.	40
Figura 10. Relação entre taxa de positividade e notificações em herbívoros por mil propriedades por UF (2013-2019).	34-35
Figura 11. Relação entre número de capturas de <i>D. rotundus</i> por ano e vigilância (notificações) por mil propriedades (2013-2019).	40-43
Tabela A1. Coeficientes de correlação de Spearman referentes à Figuras 10 e 11.	46
Capítulo 2	
Figura 1. Tempo (dias) entre início dos sinais clínicos e o diagnóstico final no Brasil (herbívoros, 2013-2019).	53
Figura 2. Tempo (dias) entre início dos sinais clínicos e o diagnóstico final por região (herbívoros, 2013-2019).	53
Figura 3. Quantidade de notificações em herbívoros por mil propriedades por município no Brasil (2013-2019).	56
Figura 4. Distribuição das notificações por mil propriedades por município nas cinco regiões e valores do Brasil. Foram retirados os outliers acima de 27 notificações por mil propriedades.	56
Figura 5. (A) Mapa de cluster LISA e Estatística de Moran de notificações por propriedade por município. (B) Cartograma com municípios “baixo-baixo” e “baixo-alto”. Registros de herbívoros, 2013 a 2019.	57

Figura 6. Mapa de cluster LISA (mediana) de notificações por propriedade (A) e focos por propriedade (B) por município. Registros de herbívoros, 2013 a 2019.	57
Figura 7. Mapa de cluster LISA e Estatística de Moran do número de focos por município. Registros de herbívoros, 2013 a 2019).	59
Figura 8. Municípios em “baixo-alto”, $n = 305$ (possíveis pontos de atenção), do mapa LISA (mediana) de focos por propriedade (Figura 6B).	59
 Capítulo 3	
Figura 1. Mapas de cluster LISA e Estatística I de Moran do número de abrigos de <i>D. rotundus</i> registrados por município entre 2014 e 2019.	70

## SUMÁRIO

Introdução (revisão de literatura)	15
Capítulo 1. AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA RAIVA DOS HERBÍVOROS (PNCRH)	
Resumo	22
Introdução	23
Materiais e métodos	24
Resultados e discussão	25
Conclusão	44
Capítulo 2. AVALIAÇÃO DA VIGILÂNCIA DA RAIVA NO BRASIL: OPORTUNIDADE E REPRESENTATIVIDADE	
Resumo	47
Introdução	48
Materiais e métodos	49
Resultados	52
Conclusão	61
Capítulo 3. AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO CONTROLE DE MORCEGOS HEMATÓFAGOS NO BRASIL	
Resumo	64
Introdução	65
Materiais e métodos	66
Resultados	68
Discussão	73
Conclusão	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	81

## INTRODUÇÃO (revisão de literatura)

A raiva dos herbívoros é um problema constante na América Latina, sobretudo no Brasil, onde há aproximadamente 1.500 casos notificados anualmente (BRASIL, 2021a). A doença traz prejuízos econômicos devido à perda dos animais e aos esforços na sua contenção, além de colocar em risco a saúde humana, por ser uma zoonose quase sempre letal (BRASIL, 2009).

O Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) atua para controlar a incidência da raiva dos herbívoros por meio da investigação de focos notificados (vigilância passiva), da orientação da vacinação em áreas de risco, do controle e monitoramento de abrigos de *Desmodus rotundus* e da educação em saúde. Estas mesmas estratégias foram adotadas em diversos países que são impactados pela raiva dos herbívoros (BRASIL, 2009).

Embora seja um programa sanitário antigo, instituído em 1966, o PNCRH nunca passou por uma avaliação sistemática para estimar sua efetividade. Além disso, nos últimos anos os especialistas em ecologia de morcegos hematófagos vêm discutindo o impacto do controle populacional de *D. rotundus* no controle da raiva dos herbívoros. A discussão se deve ao fato de que esta é uma atividade laboriosa, realizada indiscriminadamente e sem critérios estatísticos definidos, podendo causar impactos negativos na dinâmica social dos morcegos e na dispersão do vírus rábico (ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012).

### **Epidemiologia e história natural**

A raiva é uma doença causada pelo vírus rábico (RABV) – gênero *Lyssavirus*, família *Rhabdoviridae* –, que é transmissível a todos os mamíferos, inclusive seres humanos (OMSA, 2018). O RABV afeta o sistema nervoso central (SNC) dos animais infectados, causando uma encefalite aguda e sinais clínicos neurológicos que evoluem até a morte (Brasil, 2009; KOTAIT; CARRIERI; TAKAOKA, 2009).

O vírus é transmitido por meio da saliva contaminada de um animal infectado a outro susceptível após o contato direto com tecidos vivos, o que pode ocorrer após mordeduras,

arranhaduras ou lambeduras em feridas ou mucosas (BRASIL, 2019). Após a inoculação viral, o período de incubação é bastante variável, a depender do local da lesão. Em herbívoros, pode levar de 25 a 90 dias; em cães, de 40 a 120 dias (BRASIL, 2019; KOTAIT; CARRIERI; TAKAOKA, 2009).

No ambiente rural, que é o foco deste trabalho, os morcegos hematófagos (*Desmodus rotundus*) são os principais transmissores do vírus para os herbívoros domésticos. Os morcegos hematófagos são reservatórios da variante antigênica 3 (AgV3) do RABV, e os morcegos insetívoros *Tadarida brasiliensis* e *Lasiurus cinereus*, das variantes 4 e 6.

No ambiente urbano, os cães e gatos são os principais transmissores das variantes 1 e 2. No entanto, no Brasil, nos últimos 30 anos a circulação dessas variantes caiu drasticamente devido às ações de vigilância e vacinação de cães e gatos. Desde então, os morcegos têm sido os principais transmissores do vírus, tanto para humanos quanto para animais domésticos (BRASIL, 2021b).

Na raiva dos herbívoros, após o período de incubação, o animal se torna apático e se isola do rebanho. Os sinais clínicos evoluem para hiperexcitabilidade, salivação excessiva devido à dificuldade de deglutição, descoordenação motora, decúbito, opistótono, movimento de pedalagem e asfixia. Normalmente o animal morre entre três e dez dias após o início dos sinais. Não há tratamento e o diagnóstico diferencial só pode ser feito laboratorialmente (BRASIL, 2009).

A doença raramente é transmitida de um herbívoro a outro animal ou ser humano. No entanto a manipulação de qualquer animal infectado pode apresentar risco de transmissão, principalmente ocupacional (BRASIL, 2009). Assim, os danos gerados pela raiva dos herbívoros são majoritariamente econômicos e de bem-estar animal, embora também apresente risco à saúde humana.

Na década de 90, os prejuízos econômicos diretos gerados pela raiva dos herbívoros foram estimados em 30 milhões de dólares/ano na América Latina e em 15 milhões de dólares/ano no Brasil (KOTAIT et al., 1998). As perdas diretas estão relacionadas à morte do gado e à profilaxia de pós-exposição em humanos, e as perdas indiretas estão relacionadas à vacinação do gado, aos testes em animais suspeitos e às outras medidas de controle (SHWIFF et al., 2016, 2018).

A raiva em bovinos é um problema persistente na América Latina. Isso se deve à presença do *Desmodus rotundus*, que é eficaz na manutenção e transmissão do vírus neste

meio, e, por fazer parte da fauna silvestre, se torna ainda mais difícil de ser estudado e controlado. A grande quantidade de biomassa de herbívoros domésticos e de abrigos artificiais, somada a alterações ambientais constantes, contribui para a abundância de morcegos em ambientes rurais (JOHNSON; ARÉCHIGA-CEBALLOS; AGUILAR-SETIEN, 2014; STREICKER et al., 2012).

### **Ecologia dos quirópteros**

Os morcegos hematófagos (MH) da espécie *Desmodus rotundus* vivem exclusivamente na América do Sul e América Central, e vêm se expandindo para o sul dos EUA nos últimos anos (HAYES; PIAGGIO, 2018; LEE; PAPEŞ; VAN DEN BUSSCHE, 2012). Eles se alimentam de sangue, e os animais de produção se tornaram as suas principais presas devido ao seu comportamento dócil, previsível e à sua abundância (JOHNSON; ARÉCHIGA-CEBALLOS; AGUILAR-SETIEN, 2014).

Os *D. rotundus* possuem comportamento social complexo. Eles formam colônias divididas em diferentes tipos de abrigos conforme a posição social e fisiológica dos indivíduos. Esses abrigos se localizam preferencialmente nas proximidades de fonte de alimento, e isso geralmente ocorre nas proximidades da produção pecuária. Os *D. rotundus* têm comportamento noturno e saem para se alimentar no começo da noite (ROCHA et al., 2019). Estudos recentes demonstraram uma preferência dos *D. rotundus* por se alimentarem em locais mais baixos que os seus abrigos, pois assim eles precisam de menos energia para procurar alimento (ROCHA et al., 2019).

A presença desses morcegos está fortemente relacionada a áreas de elevada produção pecuária, que, em geral, são caracterizadas por vegetação heterogênea e deflorestação (BOLÍVAR-CIMÉ et al., 2019), o que levanta a questão da antropização, dos impactos ambientais e a ocorrência de epidemias zoonóticas devido à aproximação de espécies selvagens aos animais domésticos e aos seres humanos (KEESING et al., 2010).

Os *D. rotundus* podem voar até 10 km para realizar o forrageio sanguíneo (MEDINA et al., 2007). Mas nem todos os morcegos se alimentam todas as noites, e quando aqueles que se alimentaram retornam ao seu abrigo, eles regurgitam parte do alimento para outros *D. rotundus* do abrigo, na dependência de hierarquia social. Outro hábito comum de contato direto entre indivíduos é o “*social grooming*”, em que os morcegos lambem uns aos outros para se limparem. Esses hábitos de contato social contínuo, além das disputas

entre machos de abrigos diferentes, facilitam a transmissão do RABV na mesma colônia e entre colônias diferentes (JOHNSON; ARÉCHIGA-CEBALLOS; AGUILAR-SETIEN, 2014).

Quando infectados pelo RABV, os *D. rotundus* podem passar por um período de incubação de 18 a até mais de 100 dias, e podem manifestar sinais clínicos ou não, com a produção de anticorpos neutralizantes (CÁRDENAS-CANALES et al., 2020). Em condições naturais, a soroprevalência de anticorpos para o RABV em abrigos pode ser alta em áreas endêmicas, podendo chegar até 14% ou mais. No entanto, a prevalência de infecção e isolamento do vírus são raros (DE THOISY et al., 2016). Estima-se que cerca de 10% das infecções são letais (BLACKWOOD et al., 2013).

Por serem os maiores responsáveis pela manutenção da raiva no ambiente rural, o manejo populacional dos *D. rotundus* é parte importante na prevenção da raiva dos herbívoros. Em 1972 se iniciou o uso de pasta anticoagulante (warfarina) para reduzir a população de morcegos em áreas de foco ou de risco (LORD, 1980), e vem sendo utilizada até os dias de hoje no Brasil. A pasta vampiricida pode ser aplicada diretamente no dorso dos morcegos, que serão lambidos por outros – conhecido como método direto –; ou pode ser aplicada sobre as feridas de animais espoliados que, ao forragear, se lambuzam com a pasta e, ao voltarem ao abrigo, outros *D. rotundus* podem ingerir a pasta – método indireto (BRASIL, 2009).

O método direto vem sendo questionado por especialistas quando realizado indiscriminadamente, pois a redução populacional difusa e abrupta de um abrigo pode causar desequilíbrios ecológicos e na dinâmica social das colônias de *D. rotundus*, podendo aumentar a dispersão do RABV (ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012). Além disso, o contato com estes animais e seu habitat para a realização do manejo populacional coloca em risco as equipes de captura.

### **O Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH)**

O controle da raiva dos herbívoros no Brasil teve início em 1966, quando o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o Plano de Combate à Raiva dos Herbívoros. Em 2002, passou a ser chamado de Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) (Instrução Normativa MAPA nº 5 de 01/03/2002). O

Manual Técnico para o Controle da Raiva em Herbívoros, aprovado em 2005 (Portaria DAS nº 168), foi um marco para o estabelecimento das ações de vigilância e mitigação de riscos, que são utilizadas até hoje.

O PNCRH atua para monitorar e controlar a incidência da raiva em herbívoros por meio da vigilância, da vacinação em herbívoros, do controle populacional de morcegos hematófagos e da educação em saúde (BRASIL, 2021).

As atividades de vigilância e de mitigação de riscos ocorrem por meio de três ações principais, que são executadas pelos Serviços Veterinários Estaduais (SVE):

- Vigilância clínica e epidemiológica de casos suspeitos de raiva em animais domésticos e fauna silvestre (vigilância passiva);
- Vigilância ativa de casos suspeitos em herbívoros e morcegos nos perifocos de raiva;
- Monitoramento de abrigos de *D. rotundus* e controle populacional – método direto e indireto (pasta vampiricida).

As ações de vigilância têm como objetivo detectar casos de raiva, fornecer dados para descrição e avaliação de padrões de ocorrência da doença nos herbívoros e dar subsídio às atividades de controle e de mitigação dos riscos (BRASIL, 2021).

As atividades do PNCRH são desencadeadas após a notificação de casos suspeitos (vigilância passiva) de raiva em herbívoros e suínos, a qual pode ser feita por qualquer cidadão à Unidade Veterinária Local (UVL). Todas as atividades, desde a notificação até o desfecho do foco, são registradas nos sistemas de informação para vigilância de cada SVE. A gestão dessas informações é realizada no âmbito federal, pelas Superintendências Federais de Agricultura (SFA) e pela Coordenação Nacional do PNCRH (BRASIL, 2009).

Até o ano de 2020, os dados epidemiológicos das ocorrências de raiva em herbívoros eram registrados no SivCont (Sistema Continental de Vigilância – PANFTOSA) e nos sistemas de cada UF, compilados em informes mensais enviados ao MAPA. A partir de 2020, as ocorrências passaram a ser registradas no e-SISBRAVET (Sistema Brasileiro de

Além dos registros de ocorrência de casos e focos, o SVE também deve manter um cadastro de rotina de abrigos de *D. rotundus* para monitoramento periódico, a fim de caracterizar possíveis áreas de risco de transmissão do RABV.

### **Avaliação de sistemas de vigilância**

Os sistemas de vigilância em saúde compreendem na coleta, análise, interpretação e comunicação de dados relativos a doenças-alvo, a fim de monitorá-las, preveni-las, bem como definir prioridades estratégicas. Por sua vez, a avaliação de um programa sanitário deve identificar as informações trazidas pelas atividades executadas e a relevância de cada uma delas para o alcance dos seus objetivos (DREWE et al., 2012).

A avaliação de um sistema de vigilância é importante para garantir o correto uso de recursos. Trata-se de uma análise sistemática e objetiva de diversos parâmetros que justifiquem a execução de um sistema, garantindo que ele está atingindo os seus objetivos (DREWE et al., 2012).

Idealmente, as avaliações devem ser realizadas em três etapas: planejamento, implementação e comunicação. Durante o planejamento da avaliação, é crucial (1) descrever o sistema em análise, (2) justificar e contextualizar a avaliação, (3) definir as perguntas de avaliação e (4) escolher os atributos de avaliação pertinentes (PEYRE et al., 2019).

De maneira geral, os sistemas de vigilância em saúde animal podem ser caracterizados em quatro objetivos principais: (1) detecção de casos, (2) demonstração de ausência de doença, (3) detecção precoce e (4) estimação/monitoramento de prevalência. As perguntas e atributos de avaliação de um sistema dependem desses objetivos (CALBA et al., 2015; GROSBOIS et al., 2015; PEYRE et al., 2019).

Alguns atributos de avaliação de sistemas de vigilância em saúde animal e saúde pública mais comuns encontrados na literatura estão identificados na Figura 1. Nesses

estudos identificados por DREWE et al. (2012), a maioria avaliou um ou dois atributos ao mesmo tempo.

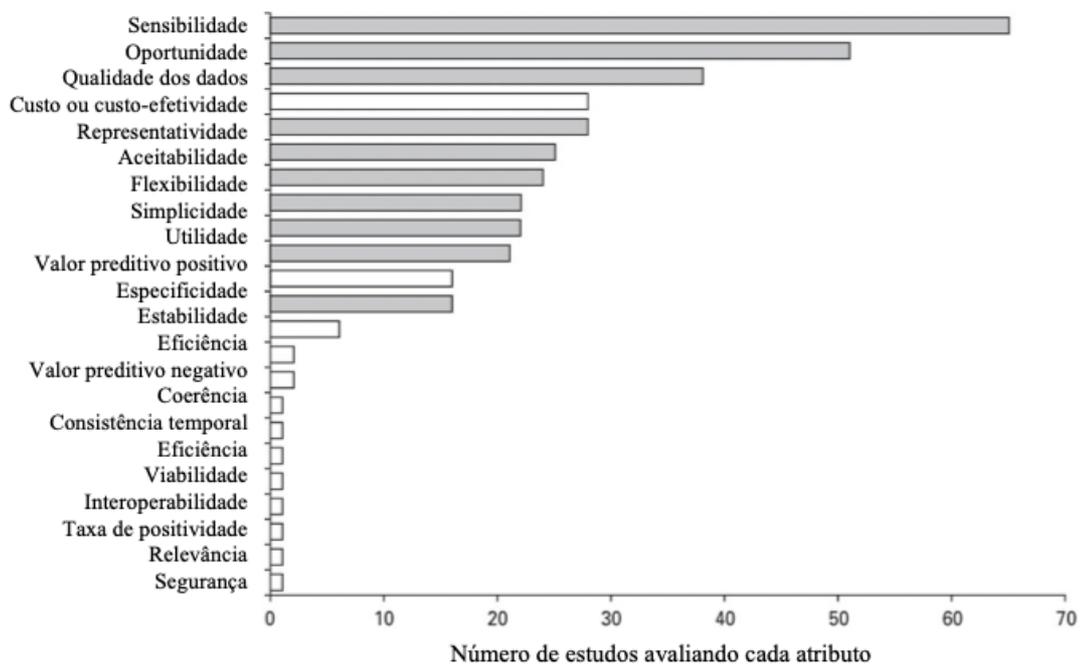


Figura 1. Atributos avaliados em 99 estudos. Em cinza: atributos recomendados pelo *Centers for Disease Control and Prevention*. (Adaptado de Drewe et al., 2012)

## Capítulo 1

# AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA RAIVA DOS HERBÍVOROS (PNCRH)

### **Resumo**

A avaliação de um programa sanitário deve identificar as informações trazidas pelas atividades executadas e a relevância de cada uma delas para o alcance dos seus objetivos. O Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), atua para controlar a incidência da raiva em herbívoros por meio da vigilância, vacinação do rebanho, controle populacional de *D. rotundus* e da educação em saúde. Tendo em vista os prejuízos econômicos trazidos pela doença e pelo seu combate, este trabalho tem como objetivos (1) descrever os dados de vigilância do PNCRH; (2) identificar aspectos funcionais do PNCRH que podem prejudicar o fluxo de informação e investigação de focos de raiva em herbívoros; (3) identificar os atributos de efetividade que podem ser calculados; (4) responder se a vigilância é coerente com os objetivos do programa. Os objetivos e aspectos funcionais do Programa foram obtidos da legislação e demais documentos oficiais. Realizou-se a análise descritiva das investigações de raiva em herbívoros registradas entre 2013 e 2019 no Sistema Continental de Informações (SivCont). Os resultados demonstram forte heterogeneidade da vigilância entre as 27 Unidades da Federação e características típicas de sistemas passivos de notificação e de baixa sensibilidade. O sistema atualmente contribui para o monitoramento da ocorrência da raiva dos herbívoros, porém sendo insuficiente para descrever a frequência e distribuição da infecção e para reduzir a sua incidência. Assim, sugere-se (1) a revisão das prioridades do PNCRH a fim de atribuir um sistema de vigilância ou mais específico ou mais sensível e (2) a redefinição de seus objetivos conforme essas prioridades – o Programa deve atuar apenas para monitoramento dos focos ou deve definir novos componentes para a redução da incidência da doença? Além disso, deve-se padronizar as definições de caso e aprimorar o relacionamento do MAPA com veterinários e laboratórios não credenciados.

## **Introdução**

A raiva dos herbívoros é um problema constante na América Latina, sobretudo no Brasil, onde há aproximadamente 1500 casos notificados anualmente (BRASIL, 2022). A doença traz prejuízos econômicos devido à perda dos animais e aos esforços na sua contenção, além de colocar em risco a saúde humana, por ser uma zoonose quase sempre letal (BRASIL, 2009).

O combate à raiva dos herbívoros foi instituído oficialmente no Brasil em 1966 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e atualmente é denominado de Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH). Suas principais estratégias são: vigilância epidemiológica, orientação da vacinação dos herbívoros domésticos, controle de morcegos hematófagos (MH) da espécie *Desmodus rotundus* em áreas de risco, e educação em saúde (BRASIL, 2009).

Um programa sanitário eficiente deve ser capaz de atingir os seus objetivos com a menor quantidade de recursos, sobretudo quando há limitações orçamentárias e laborais. Por isso, os programas sanitários devem ser submetidos regularmente a avaliações que permitem identificar falhas e propor melhorias (CALBA et al., 2015; GROSBOIS et al., 2015; PEYRE et al., 2019).

No caso do PNCRH, os dados resultantes das suas atividades nunca foram avaliados de forma sistemática a nível nacional. Além disso, as atualizações na literatura sobre a efetividade das ações de controle de *D. rotundus* e novos métodos de controle de focos em herbívoros (BRAGA et al., 2014; CONDORI-CONDORI et al., 2013; ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012; STREICKER; ALLGEIER, 2016) permitem vislumbrar um novo panorama estratégico para o PNCRH.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivos (1) descrever os dados de vigilância do PNCRH; (2) identificar aspectos funcionais do PNCRH que podem prejudicar o fluxo de informação e investigação de focos de raiva em herbívoros; (3) identificar os atributos de efetividade que podem ser calculados; por fim, (4) responder se a vigilância é coerente com os objetivos do programa.

## **Materiais e métodos**

Para iniciar a avaliação do sistema de vigilância do PNCRH, foram estabelecidos e resumidos os objetivos e aspectos funcionais do Programa por meio da pesquisa da legislação e demais documentos oficiais.

Em seguida, foi conduzida uma análise descritiva dos dados do sistema de vigilância do PNCRH utilizando o SivCont (Sistema Continental de Informações). Dentre todas as fontes de informação disponibilizadas pelo MAPA, o SivCont foi considerado o mais adequado para a análise após a avaliação da qualidade dos dados do PNCRH realizada em consultoria realizada para o MAPA.

A análise do SivCont levou em consideração apenas dados de animais domésticos dos anos de 2013 a 2019, utilizando os softwares Microsoft Excel e R. Os parâmetros descritos estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Parâmetros estudados no SivCont.

Parâmetro	Detalhes
Registros anuais	Quantidade de notificações realizadas por ano no Brasil
Registros por espécie	Quantidade e proporção de notificações geradas para cada espécie doméstica no país
Amostras insuficientes	Quantidade de amostras insuficientes geradas em cada UF no período
Origem das notificações	Quantidade e proporção da origem das notificações (proprietário, terceiros ou vigilância)
Taxa de positividade ( $T_p$ )	$T_p = \frac{N^{\circ}defocos*}{N^{\circ}totaldenotificações}$

\*Foco: propriedade onde foi constatado pelo menos um caso confirmado de raiva.

É importante apontar que o SivCont registra apenas os casos que foram considerados prováveis após a primeira avaliação do caso suspeito. Assim, os termos “registro”, “notificação” e “investigação” serão usados como sinônimo neste trabalho.

Para compreender o significado e o comportamento das notificações de raiva em herbívoros em cada UF, a taxa de notificação (número de notificações ÷ número de propriedades) foi plotada em gráficos de dispersão juntamente com a taxa de positividade

(T<sub>p</sub>) de raiva e com o número de capturas de *D. rotundus*, obtidos dos informes semestrais disponibilizados pelo MAPA. Os gráficos foram feitos utilizando o pacote *ggplot2* no ambiente de programação estatística R (R Core Team, 2022)..

A análise descritiva dos dados de vigilância foi discutida levando em consideração os aspectos funcionais observados na primeira etapa da pesquisa. Durante este processo, houve comunicação com os gestores e executores do PNCRH na forma de workshop online e por e-mail para esclarecimento das necessidades do programa e suas maiores dificuldades.

## **Resultados e discussão**

### **Aspectos funcionais:**

Os elementos funcionais básicos do PNCRH estão representados na Tabela 2.

Com relação ao fluxo de informação e investigação, qualquer suspeita de raiva em herbívoros deve ser notificada imediatamente (em até 24h) ao Serviço Veterinário Oficial (SVO) por qualquer cidadão (BRASIL, 2013). Após a notificação, o SVO deve realizar o atendimento na propriedade o mais rápido possível. Quando necessário, na ocasião da suspeita ser um caso provável, deverá ser coletado material para diagnóstico laboratorial (BRASIL, 2009; BRASIL, 2020).

Atualmente, esse fluxo segue as seguintes definições:

- Caso suspeito: qualquer animal que apresente quadro clínico neurológico compatível com a raiva.
- Caso provável: caso suspeito com sinais clínicos neurológicos que evoluíram para a morte OU animal susceptível encontrado morto, sem causa conhecida ou com vínculo epidemiológico associado a um caso confirmado de raiva.
- Caso confirmado: caso provável com diagnóstico laboratorial confirmado.
- Foco: unidade epidemiológica onde foi constatado pelo menos um caso confirmado de raiva (animais domésticos ou silvestres).

Estas definições estão presentes na última ficha técnica elaborada pelo PNCRH. No entanto, elas divergem da definição de caso do Manual Técnico do PNCRH (BRASIL, 2009). Neste, o caso suspeito é “todo animal doente que apresenta quadro clínico sugestivo de encefalite rábica, com antecedentes epidemiológicos”. Não há distinção de caso provável.

Estas definições de caso podem estar prejudicando a padronização da vigilância, pois o “caso provável” é mais abrangente que o “caso suspeito”, e há mais de uma definição de caso nos diferentes documentos do PNCRH. É preciso definir quando há a necessidade de iniciar uma investigação a partir de critérios clínicos e epidemiológicos específicos. Isso pode aumentar a especificidade do sistema e a otimização dos recursos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) um caso suspeito de raiva é caracterizado como “qualquer animal susceptível que demonstrou alteração comportamental, culminando em morte dentro de 10 dias, ou que apresente sialorreia, paralisia, letargia, agressividade e vocalização anormal” (OMSA, 2021).

Há ainda situações em que a propriedade é atendida pelo médico veterinário privado, que realiza a coleta da amostra e apenas notifica o SVO após o resultado do exame. Além dessa logística ser do conhecimento do SVO, é possível observar que alguns registros no sistema de vigilância incluem data da notificação posterior à data do exame.

A respeito desse fluxo de investigação que parte do médico veterinário privado, é preciso reforçar a integração destes com o SVO, pois sabe-se que a suspeita e o resultado nem sempre são notificados. O registro de suspeitas descartadas e de amostras negativas também é importante para o sistema de vigilância, pois permite avaliar a percepção de risco daqueles que estão na base da vigilância passiva, além de servir como indicador para o surgimento ou aumento de outras doenças no rebanho (ECDC, 2014).

A investigação epidemiológica e as atividades de controle (orientação da vacinação do rebanho e controle de morcegos hematófagos) são desencadeadas após a confirmação do caso. Essas atividades são realizadas ao redor do foco em um raio de até 12 km, ou segundo o modelo de bloqueio linear, quando os focos seguem uma direção específica (BRASIL, 2009).

Tabela 2: Elementos funcionais do PNCRH atual.

<b>Elementos</b>	<b>Descrição</b>
Nome do agravo	Raiva dos herbívoros
Requerimentos legais	Normas técnicas para controle da raiva (Instrução normativa N° 5, de 01/03/2002); Manual Técnico para Controle da Raiva dos Herbívoros (Portaria SDA N° 168, de 27/09/2005); Atualização dos procedimentos de controle e prevenção (Instrução normativa N° 41, de 19/06/2020).
Objetivo do PNCRH	Reduzir a incidência da raiva em herbívoros domésticos.
Estratégias do programa atual (PNCRH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilância: notificação de casos suspeitos, investigação epidemiológica e diagnóstico laboratorial em animais domésticos e fauna silvestre;</li> <li>• Orientação da vacinação de herbívoros em área focal e perifoco;</li> <li>• Cadastramento, monitoramento de abrigos e controle populacional de <i>Desmodus rotundus</i>;</li> <li>• Comunicação de risco e educação em saúde.</li> </ul>
Objetivo da vigilância	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrição da frequência e distribuição da raiva dos herbívoros;</li> <li>• Detecção, prevenção e controle da raiva dos herbívoros;</li> <li>• Detecção de encefalopatias espongiformes transmissíveis (EEB e <i>scrapie</i>) – não será foco deste trabalho.</li> </ul>
Existem avaliações periódicas e abrangentes do sistema atual?	Não
Os custos atuais são conhecidos e sistematizados?	Não
Há uma limitação no orçamento do sistema?	Sim

O foco de raiva é encerrado 90 dias após o último óbito na propriedade. A depender da classificação de risco da região, as ações de controle devem ser permanentes. Além disso, o manual técnico do PNCRH determina que “*será considerada zona ou área controlada aquela na qual o controle da raiva tenha alcançado níveis satisfatórios, com os bovídeos e equídeos devidamente vacinados e a população de transmissores reduzida*” (BRASIL, 2009).

O prazo de encerramento de 90 dias, no entanto, pode atravancar o fluxo de informações dos sistemas de informação, pois dificilmente um novo caso será investigado na mesma propriedade, uma vez que as orientações de vacinação e medidas de mitigação já são adotadas após a identificação do foco.

Todas as atividades, desde a notificação até o desfecho do foco, são registradas nos sistemas de informação para vigilância de cada Serviço Veterinário Estadual, e a gestão da informação é realizada pelas Superintendências Federais de Agricultura (SFA) e pela Coordenação Nacional do PNCRH (BRASIL, 2009).

Até o ano de 2020, os dados epidemiológicos das ocorrências de raiva em herbívoros eram registrados no SivCont e nos sistemas de cada UF, compilados em informes mensais enviados ao MAPA. A partir de 2020, as ocorrências passaram a ser registradas no e-SISBRAVET (Sistema Brasileiro de Vigilância e Emergências Veterinárias) – <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/SISBRAVET.html>).

Além dos registros de ocorrência de casos e focos, o SVE também deve manter um cadastro de rotina de abrigos de *D. rotundus* para monitoramento periódico, a fim de caracterizar possíveis áreas de risco de transmissão do RABV. No entanto, ainda não há métodos de caracterização de risco padronizados sendo aplicados.

### **Análise descritiva: dados da vigilância em herbívoros e suínos**

Com relação ao total de registros por ano no SivCont, é possível observar uma queda significativa entre 2010 e 2019 ( $p < 0,05$ ) (Figura 1). O  $R^2$  da regressão linear simples desta variável indica que 48% da variação do número de registros pode ser explicada pelo tempo (ano).

A fim de se obter um cenário que represente a situação mais atual do banco de dados, os dados agrupados que serão apresentados nas seções seguintes computam apenas

os anos de 2013 a 2019. A inclusão dos três anos anteriores a este período altera algumas informações relativas à vigilância de alguns Estados que tiveram suas atividades modificadas por motivos que não podem ser explicados pelo SivCont.

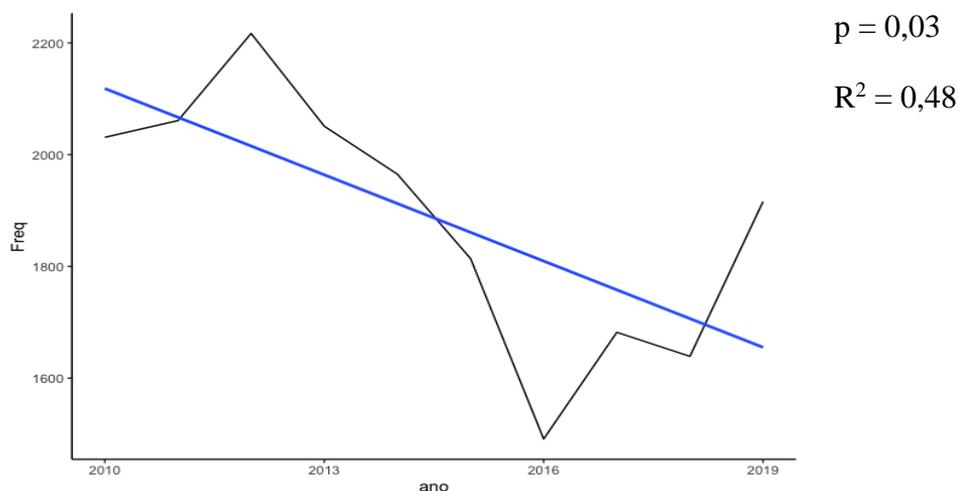


Figura 1. Número anual de registros de vigilância de raiva em animais domésticos por ano e linha de tendência.

A maioria dos registros foi composta por suspeitas em bovídeos (79,28%) e equídeos (16,54%), enquanto caprinos, ovinos e suínos representaram menos de 5% das notificações (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade e proporção de registros por espécie (2013-2019)

Espécies	Frequência	Proporção
Bovídeo	10.014	79,28
Equídeo	2.089	16,54
Cap/ovi	315	2,49
Suíno	213	1,69
Total	12.631	100,00

Cinco estados foram responsáveis por 50% dos registros totais: Minas Gerais (MG, 17%), Paraná (PR, 11%), Rio Grande do Sul (RS, 8%), São Paulo (SP, 6%) e Espírito Santo (ES, 6%). Piauí (PI), Sergipe (SE), Acre (AC), Amapá (AP), Paraíba (PB), Amazonas (AM) e Roraima (RR) contabilizaram menos de 2% do banco de dados (Figura 2).

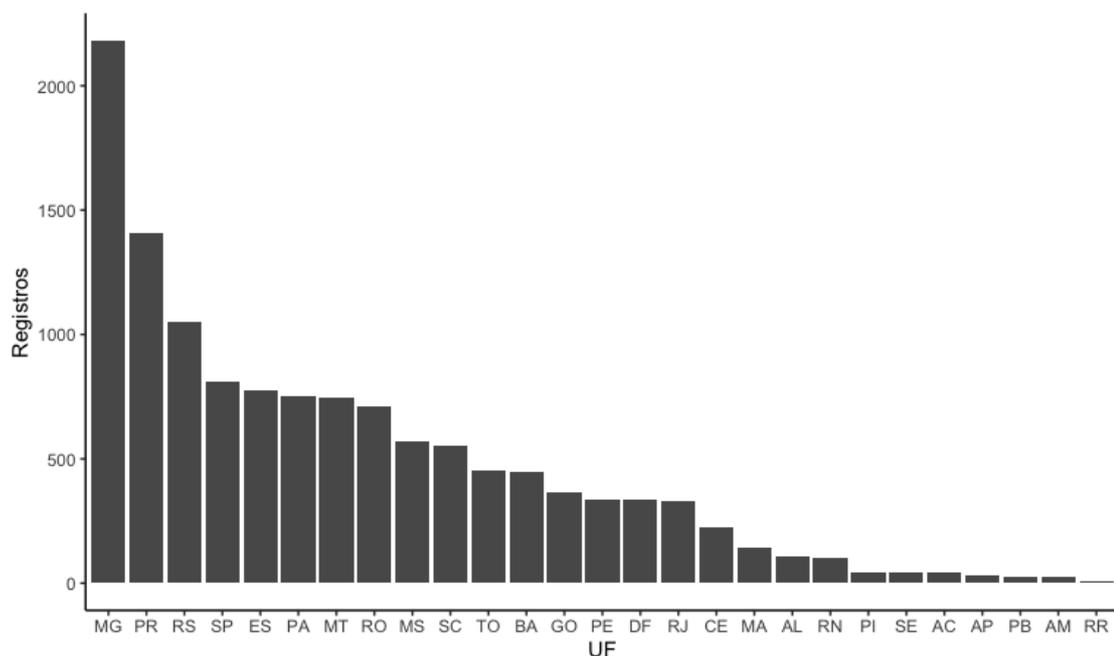


Figura 2. Número de registros de animais domésticos por UF (2013-2019).

A Tabela 4 representa a quantidade de notificações absoluta e relativa por UF, com destaque para o Distrito Federal (DF), Espírito Santo (ES) e Amapá (AP), que possuem elevada proporção de notificações por propriedade. Dos Estados com mais de 100 mil propriedades, Paraná (PR) e Rondônia (RO) apresentaram o maior número relativo de notificações, com 8,00 e 7,07 registros por mil propriedades, respectivamente.

Tabela 4. Número de notificações absoluto e por propriedade.

UF	Propriedades criadoras de bovinos (2019)	Nº de notificações em herbívoros (2013-2019)	Notificações por mil propriedades
AC	24.718	41	1,66
AL	62.389	110	1,76
AM	16.208	27	1,67
AP	1.647	31	18,82
BA	297.741	446	1,50
CE	137.697	227	1,65
DF	2.852	336	117,81
ES	26.918	774	28,75
GO	127.671	367	2,87
MA	137.641	144	1,05
MG	398.561	2.182	5,47
MS	57.321	567	9,89
MT	196.514	747	3,80
PA	122.884	750	6,10
PB	144.923	28	0,19
PE	191.695	339	1,77
PI	221.155	46	0,21
PR	176.121	1.409	8,00
RJ	33.111	331	10,00
RN	45.460	101	2,22
RO	100.742	712	7,07
RR	13.258	6	0,45
RS	302.841	1.048	3,46
SC	188.569	552	2,93
SE	38.682	43	1,11
SP	214.915	813	3,78
TO	76.623	452	5,90

Os focos de raiva representaram 36% (n=4.594) das suspeitas registradas de 2013 a 2019 (Figura 3), o que foi chamado de taxa de positividade. Esta taxa se manteve estável ao longo dos anos, mesmo com a redução no número de notificações (Figura 4) – Coeficiente de correlação de Pearson ( $r = -0,003$  ( $p > 0,05$ )). No entanto, quando observadas as UFs separadamente, a variação anual destes parâmetros foi elevada. A mesma informação é apresentada nos gráficos das UFs, a seguir (Figura 5).

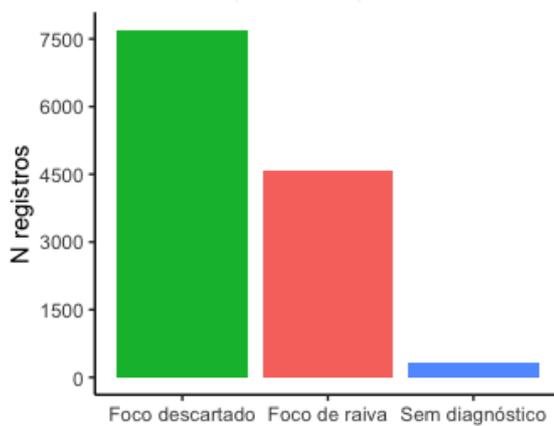


Figura 3. Número de registros por diagnóstico final em animais domésticos (2013-2019).

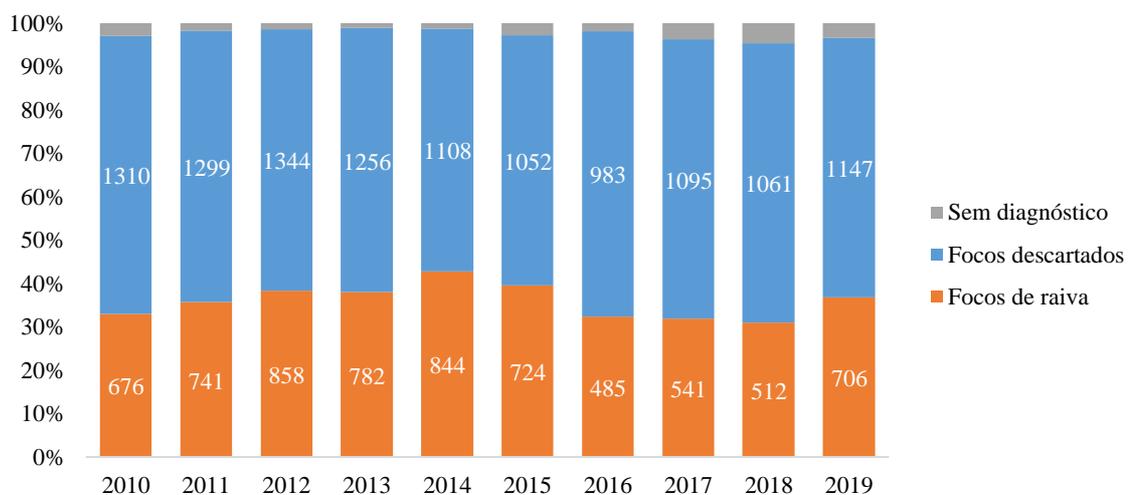
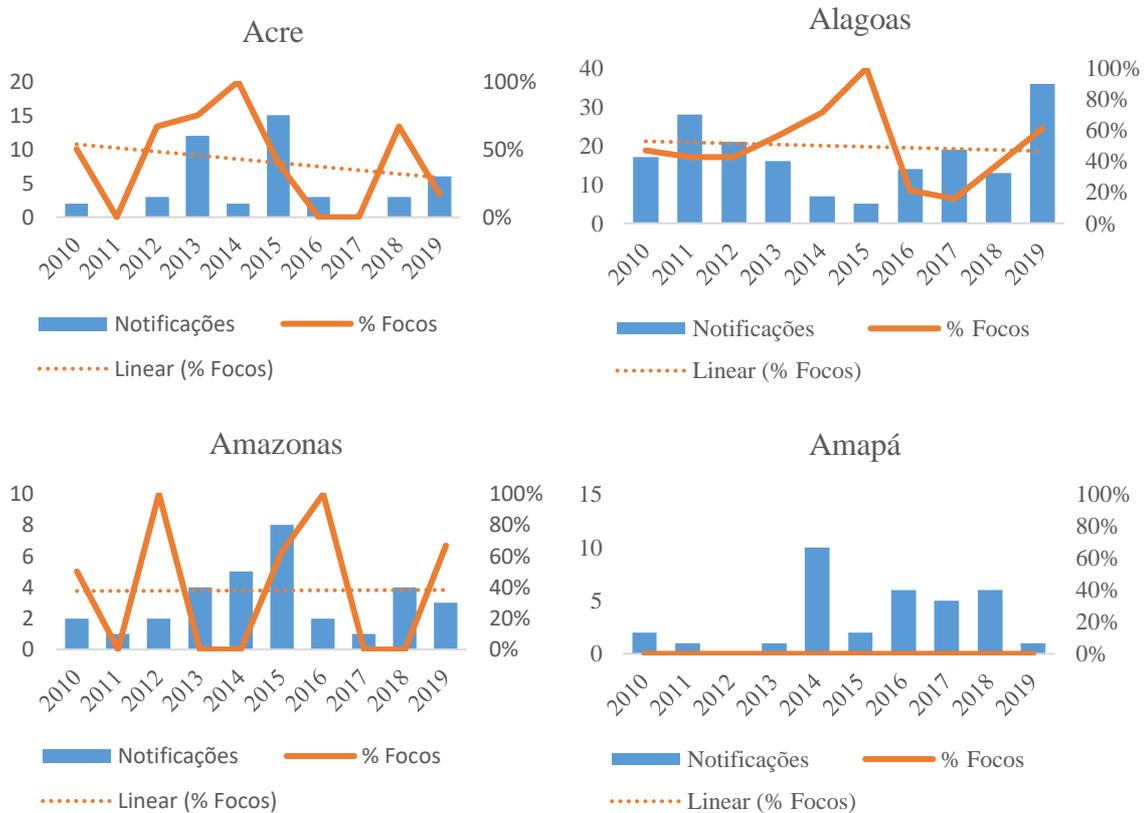
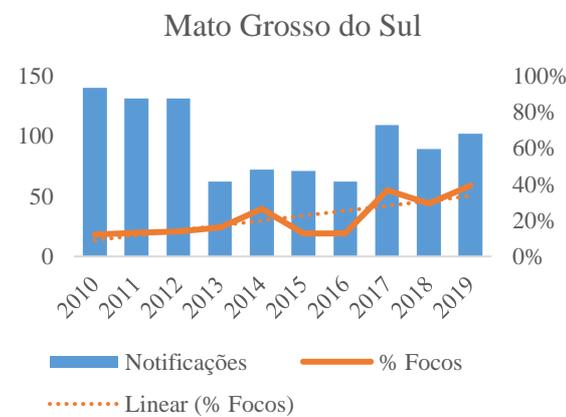
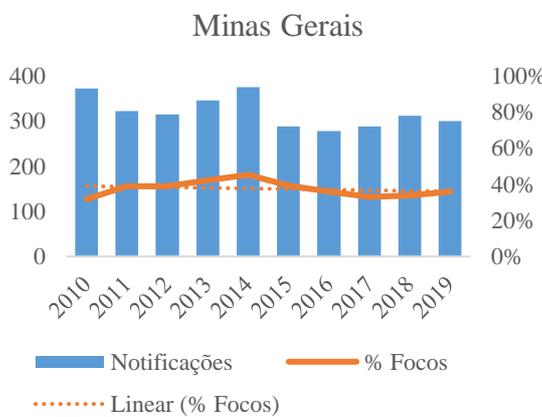
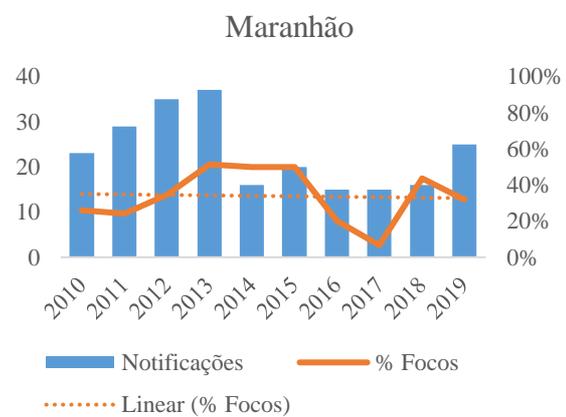
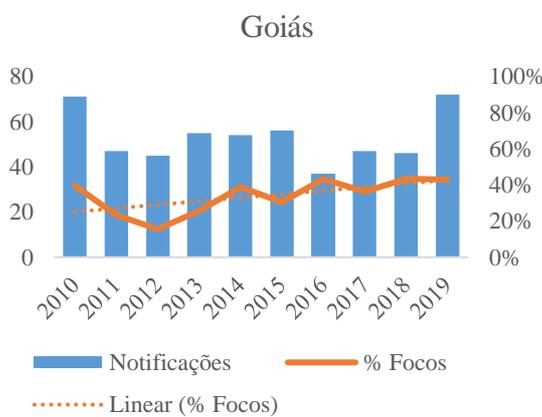
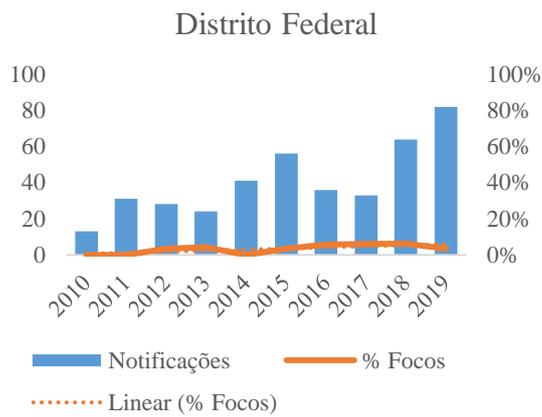
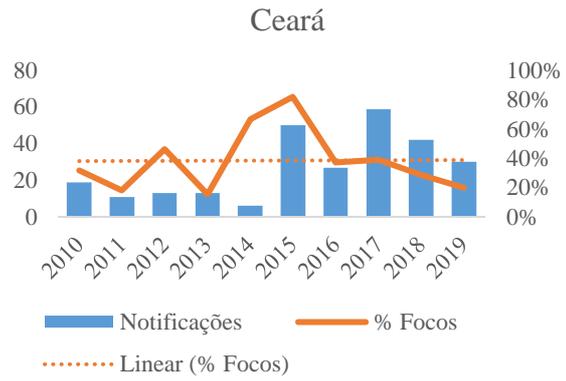
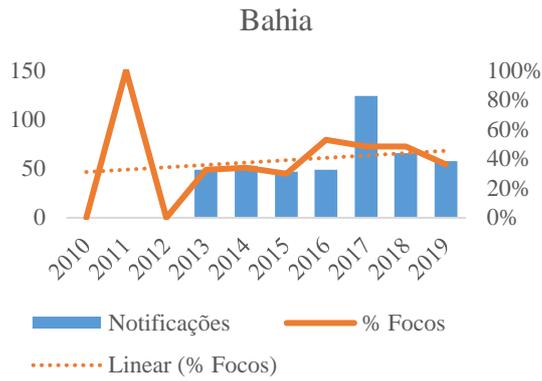


Figura 4. Proporção de focos por ano no Brasil.

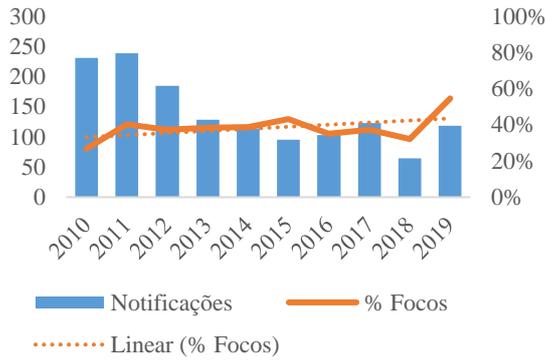
A avaliação de um sistema de vigilância deve levar em consideração os seus objetivos para identificar quais indicadores seriam relevantes, e quais seriam possíveis de ser calculados com base na disponibilidade de dados (CALBA et al., 2015; PEYRE et al., 2019). O principal indicador que pôde ser explorado baseado na vigilância atual foi a taxa de positividade (Figuras 3-5). Este parâmetro permitiu verificar padrões de ocorrência de focos em relação ao que é de fato investigado, representando um bom indicador em sistemas de vigilância passiva (OVIEDO-PASTRANA et al., 2015) – nem sempre a redução de focos se deve à redução da ocorrência da doença, mas sim à diminuição da vigilância e vice-versa.

Quando a vigilância é relativamente estável em um local ao longo do tempo, as variações na taxa de positividade podem indicar alterações na situação epidemiológica. Além disso, este parâmetro se assemelha com o valor preditivo positivo (VPP) de um teste diagnóstico, que caracteriza a probabilidade de uma unidade positiva ser um caso de infecção (ECDC, 2014); no contexto da vigilância, ele indica a probabilidade de uma notificação resultar em um foco.

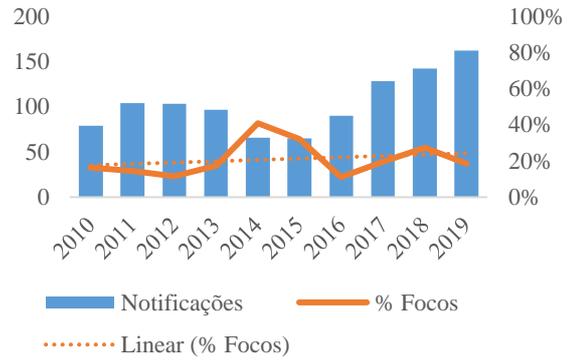




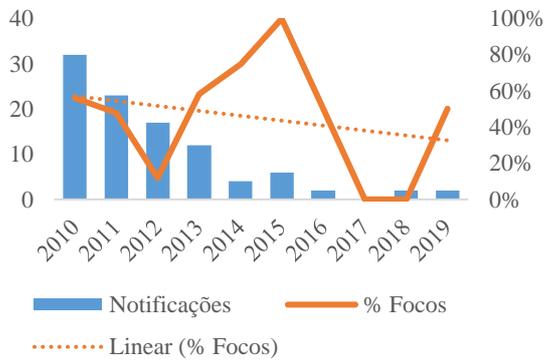
### Mato Grosso



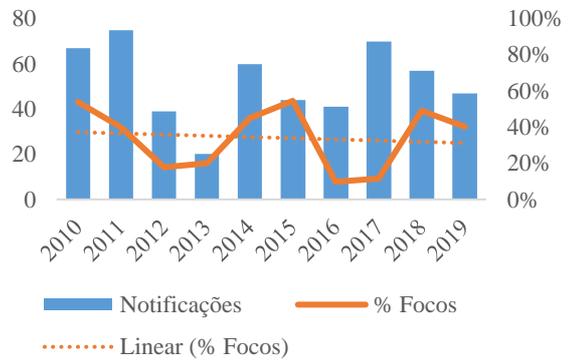
### Pará



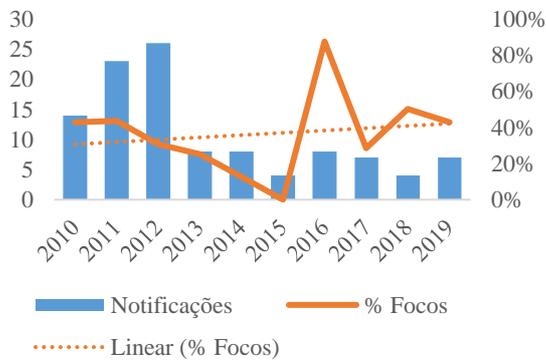
### Paraíba



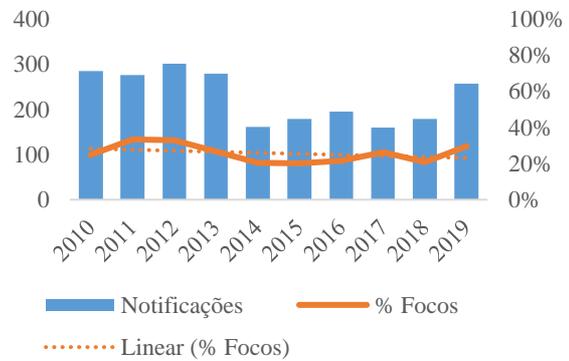
### Pernambuco



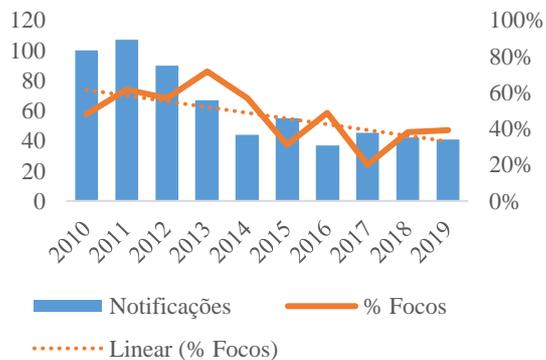
### Piauí



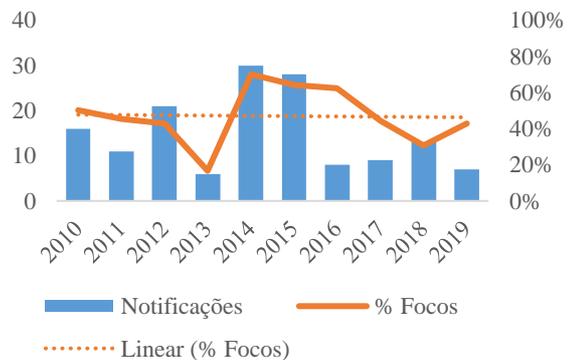
### Paraná



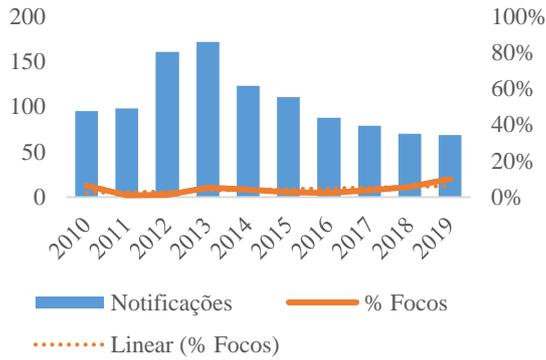
### Rio de Janeiro



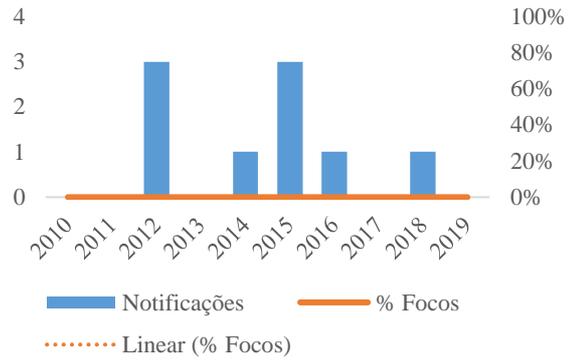
### Rio Grande do Norte



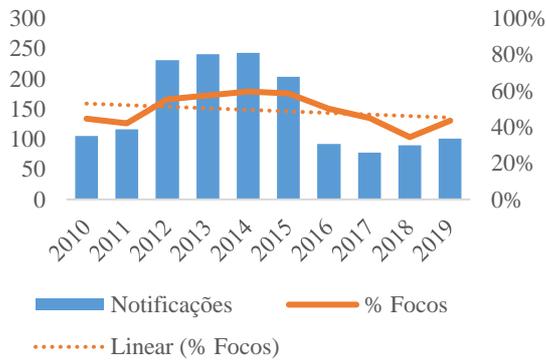
### Rondônia



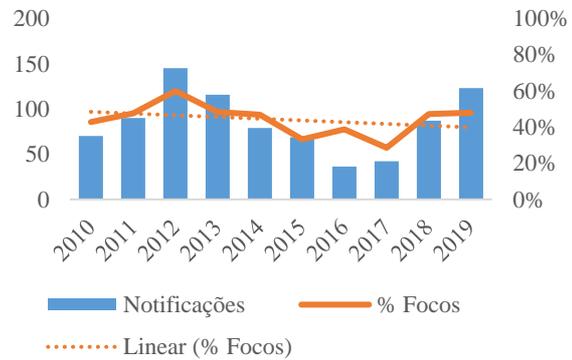
### Roraima



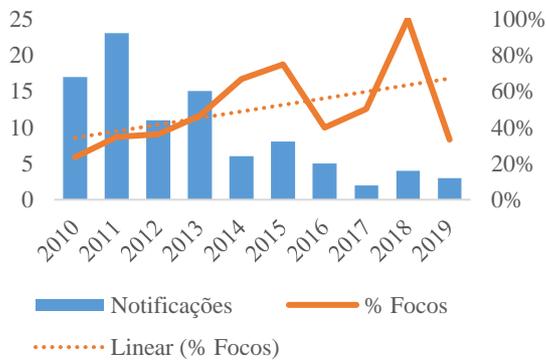
### Rio Grande do Sul



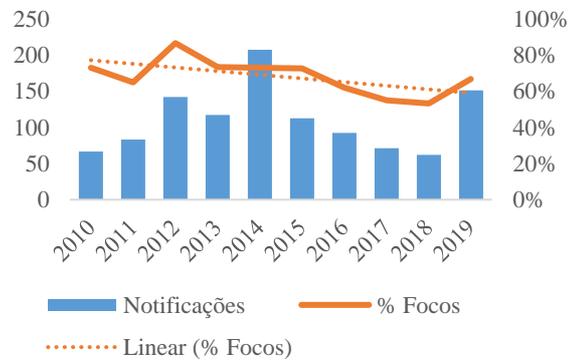
### Santa Catarina



### Sergipe



### São Paulo



### Tocantins

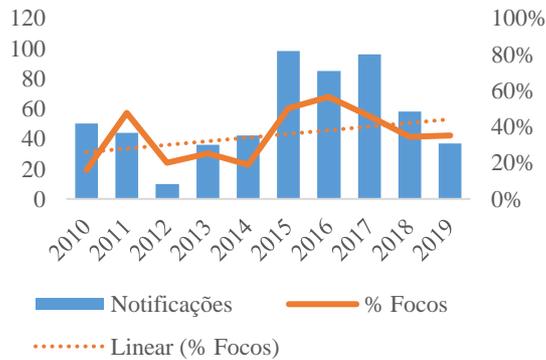


Figura 5. Número de notificações, proporção de focos (taxa de positividade) por ano e linha de tendência nas UFs.

A taxa de positividade já foi utilizada anteriormente em relatório do PNCRH (BRASIL, 2013) e, de forma geral, entende-se que quanto mais próxima de um (1), mais específica e menos sensível é a vigilância de uma região (OVIEDO-PASTRANA et al., 2015). No entanto, a comparação deste indicador entre regiões distintas deve ser evitada, pois deve ser levada em consideração a situação epidemiológica e a forma como os dados são registrados em cada uma dessas regiões.

Ainda assim, considerando essas ressalvas, algumas UFs apresentaram comportamento extremo e distinto na taxa de positividade. Por exemplo, o DF e RO apresentaram as menores taxas de positividade (Figura 5), explicadas pela elevada quantidade de amostras em seu rebanho. Já SP apresentou as maiores taxas, indicando a predominância de um sistema mais específico. Vale ressaltar que um sistema sensível, que tem alta probabilidade de um foco ser detectado, é interessante para doenças de importância em saúde pública ou de caráter emergencial; já um sistema mais específico garante a otimização de recursos (GROSBOIS et al., 2015). Ainda, para sistemas de monitoramento, a estabilidade da vigilância pode ser mais relevante que a sensibilidade em si (ECDC, 2014; OVIEDO-PASTRANA et al., 2015) – os resultados demonstraram instabilidade temporal da vigilância na maioria das UFs (Figura 5). Dessa forma, é importante que o Programa estabeleça qual é a sua prioridade e a ajuste à definição de casos e ao fluxo de investigação.

Durante o período de 2013 a 2019 o número de amostras consideradas insuficientes para o diagnóstico laboratorial de raiva foi insignificante (Figura 6). O Estado da Bahia (BA) teve 10% de suas amostras insuficientes, e os outros Estados contabilizam menos de 2% de amostras insuficientes cada.

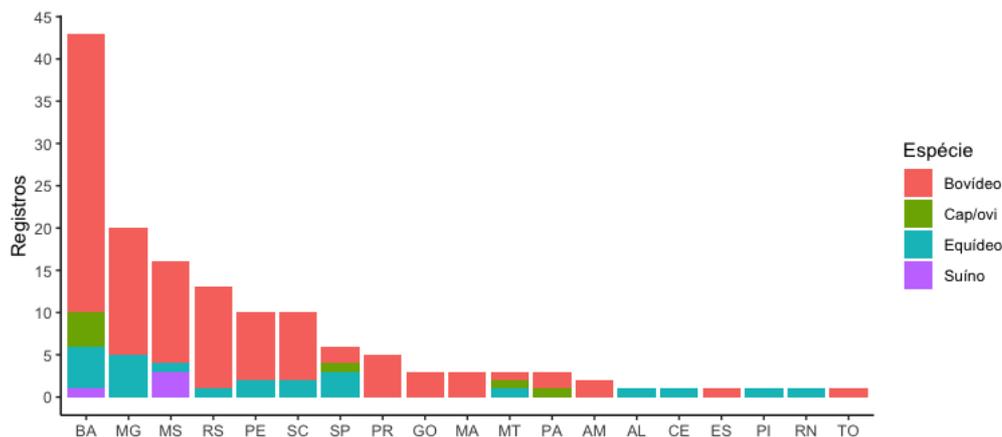


Figura 6. Notificações com registro de amostra insuficiente para o diagnóstico por espécie (2013-2019).

Conforme ilustrado na Figura 7, a maior parte dos registros foi proveniente de notificações de proprietários, seguida de terceiros. A vigilância compõe apenas 3,7% dos registros totais. Quando analisadas separadamente, algumas UFs apresentaram mais de 50% de registros provenientes de terceiros – Pernambuco (PE), São Paulo (SP), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Ceará (CE) e Distrito Federal (DF) (Figura 8).

A proporção de focos provenientes das três origens foi semelhante, porém a positividade obtida por terceiros foi maior quando comparada às notificações de proprietários ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5).

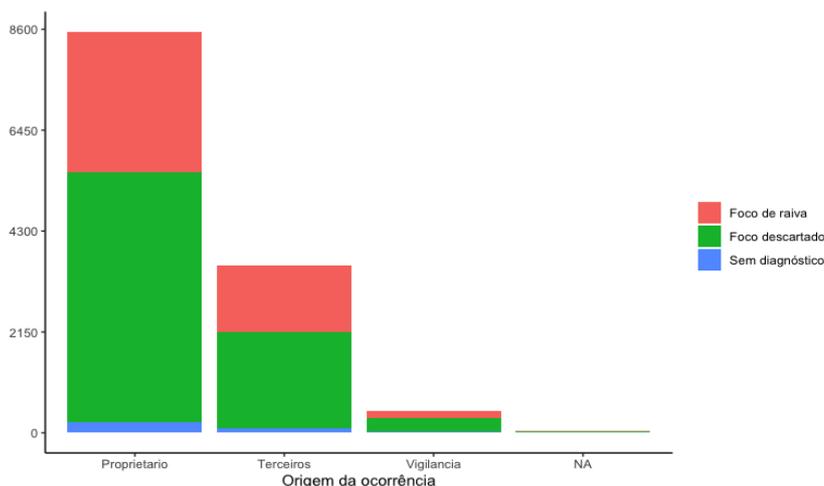


Figura 7. Origem da notificação (2013-2019). Definições: NA = em branco; Terceiros = veterinários particulares, laboratórios, vizinhos; Vigilância = ações desenvolvidas pelo SVO

(achados em abatedouros, investigação de vínculo epidemiológico, inquéritos, monitoramentos e outras fiscalizações de rotina).

Tabela 5. Quantidade de focos e taxa de positividade por origem da notificação (2013-2019).

	Focos de raiva (positividade)	*IC 95% (positividade)	
Proprietário	3003 (0,36)	0,35	0,37
Terceiros	1415 (0,41)	0,39	0,42
Vigilância	166 (0,36)	0,32	0,41
Total	4584 (0,37)	0,37	0,38

\*Intervalo de confiança calculado a partir de teste de  $\chi^2$ .

Os registros de vigilância reduziram drasticamente nas regiões Sudeste e Sul, a partir de 2012. Nas demais regiões não houve um padrão de aumento ou diminuição regular deste tipo de registro (Figura 9).

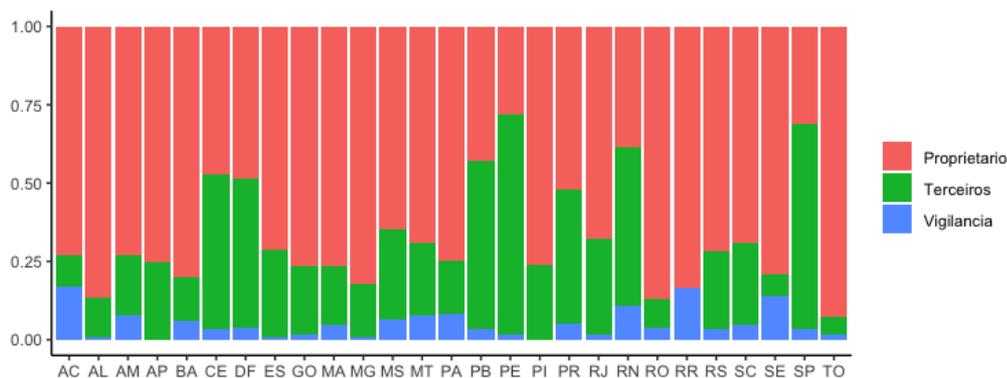


Figura 8. Proporção da origem da ocorrência por UF (2013-2019).

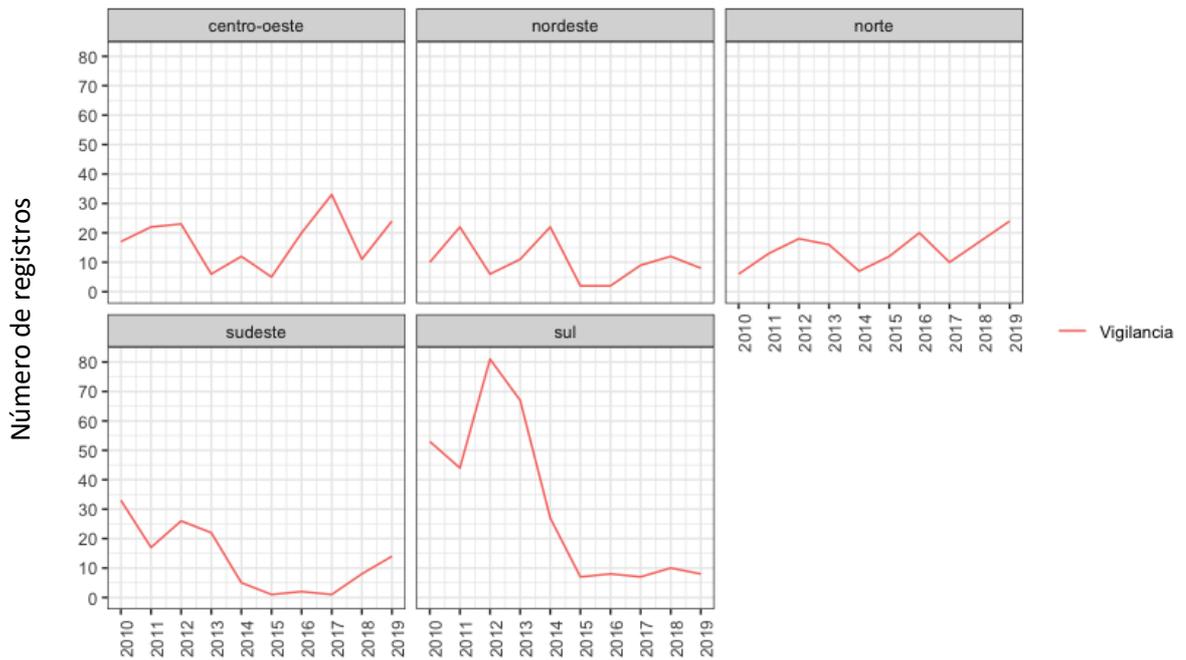
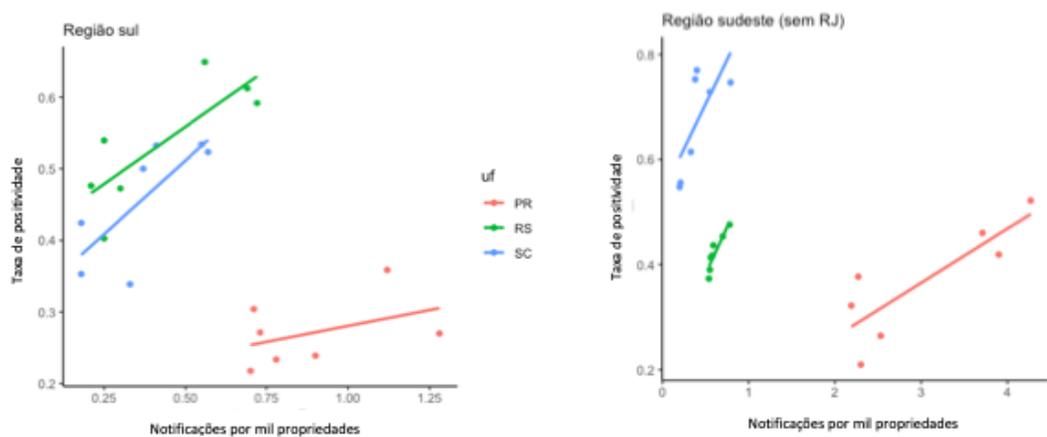


Figura 9. Linha temporal de registros provenientes de vigilância por região.

As análises apresentadas nas Figuras 10 e 11 indicam a correlação entre as notificações e a taxa de positividade, e entre as notificações e as capturas de *D. rotundus*. Cada ponto representa um ano entre 2013 e 2019 para cada UF.



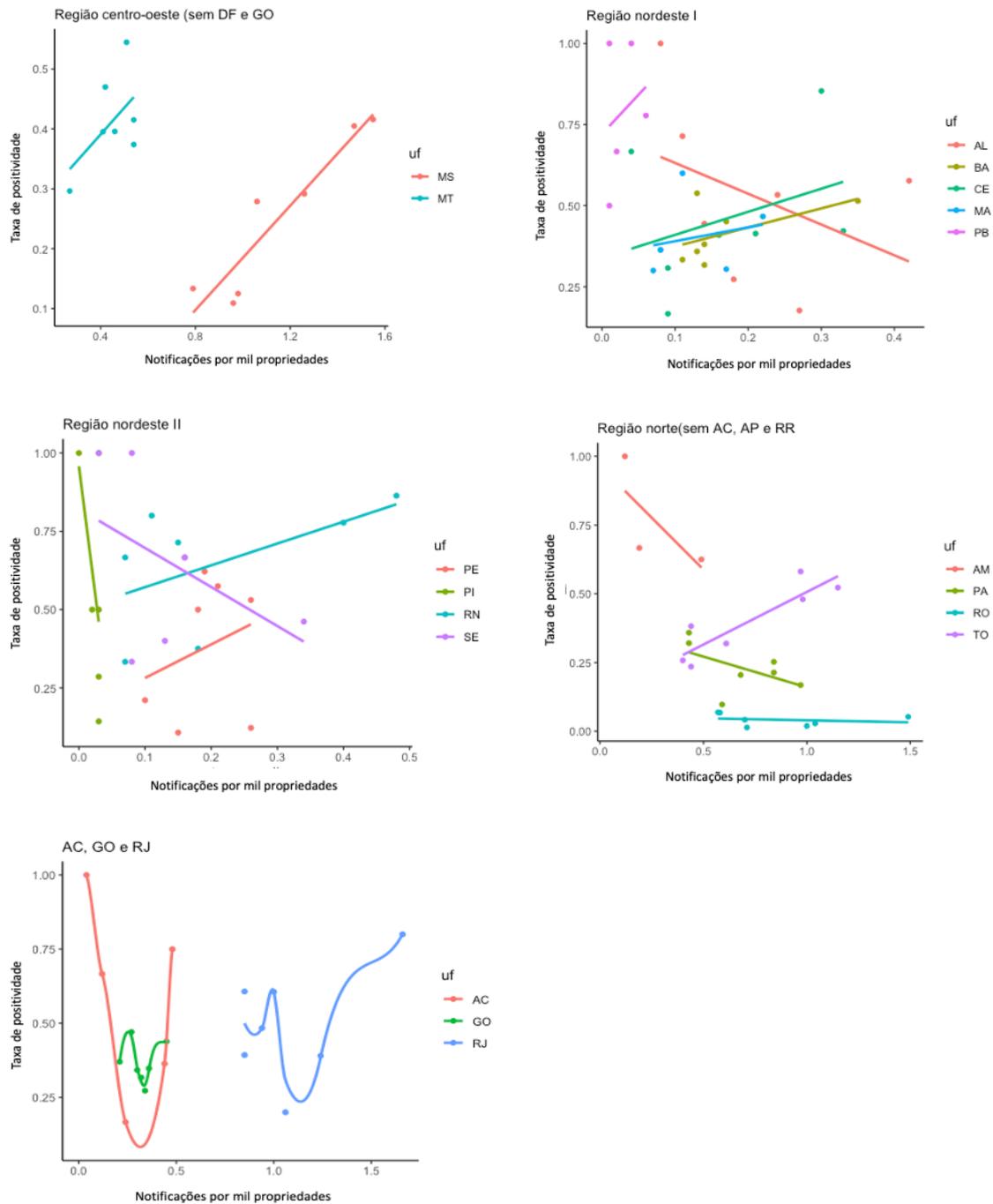
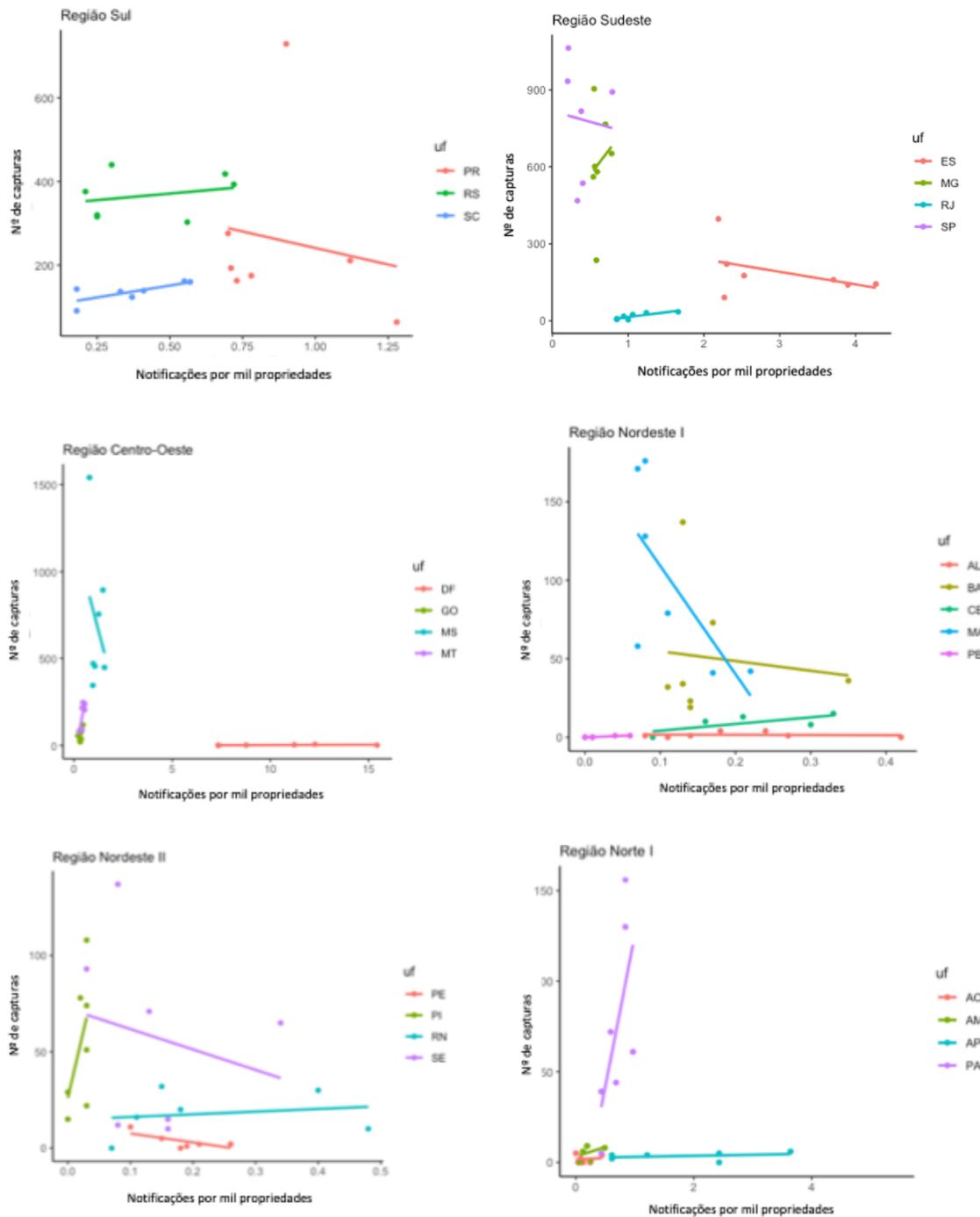


Figura 10. Relação entre taxa de positividade anual e notificações em herbívoros por mil propriedades por UF (2013-2019). Os coeficientes de correlação estão apresentados no material suplementar (Tabela A1).

Na Figura 10, o Distrito Federal (DF) foi retirado por distorcer o gráfico devido ao grande número relativo de registros. Amapá (AP) e Roraima (RR) foram retirados por não possuírem dados suficientes de focos e vigilância. Acre (AC), Rio de Janeiro (RJ) e Goiás (GO) não apresentaram correlação linear. Os resultados mostraram correlação positiva

entre a taxa de positividade e a quantidade de notificações na maioria das UFs (Figura 10 e Tabela A1).

A correlação positiva entre a taxa de positividade e as notificações em herbívoros na maioria das UFs evidencia a passividade do sistema de vigilância – a partir do momento em que a vigilância se intensifica, ela é capaz de detectar cada vez mais focos (a taxa de positividade aumenta, em vez de reduzir), sugerindo baixa sensibilidade.



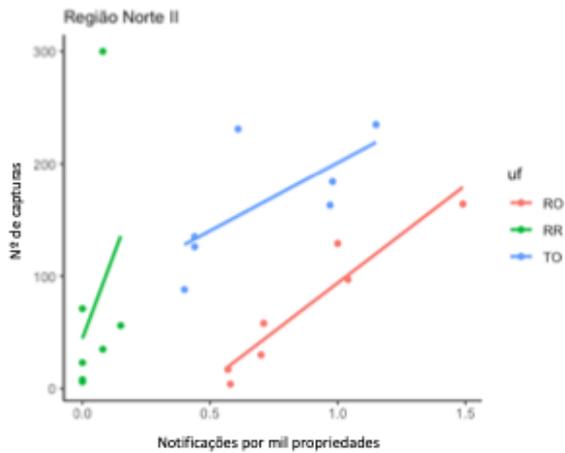


Figura 11. Relação entre número de capturas de *D. rotundus* por ano e vigilância (notificações) por mil propriedades (2013-2019). Os dados de capturas foram obtidos dos informes semestrais. Os coeficientes de correlação estão apresentados no material suplementar (Tabela A1).

A correlação entre capturas de *D. rotundus* e vigilância foi bastante variável entre as diferentes UFs e também mais fraca, sendo difícil apontar um padrão (Figura 11 e Tabela A1). Isso demonstra a dificuldade em padronizar esta atividade por parte dos órgãos executores.

Observa-se, ainda, que alguns Estados valorizam as atividades de captura mesmo havendo pouca vigilância em propriedades, como Piauí (PI) e Roraima (RR) (Figura 11 e Tabela A1).

A partir da identificação dos focos de raiva, preconiza-se a orientação da vacinação do rebanho e o controle da população de morcegos. No entanto, dado o período de incubação da doença, podendo chegar até seis meses (OMSA, 2018), é provável que a circulação viral já tenha se alterado quando ocorre a identificação do foco. Ainda, estudos recentes mostram que o desequilíbrio das colônias de *D. rotundus* gerado pela depopulação pode contribuir para a disseminação viral, devido à migração de indivíduos entre colônias, que passam a disputar novos territórios (CONDORI-CONDORI et al., 2013; STREICKER et al., 2012).

Além desses dados descritos, o SivCont também possui registro das datas de todas as etapas da investigação (desde o provável início dos sintomas até o diagnóstico final), nome do município da ocorrência e coordenadas geográficas. Esses parâmetros não foram analisados neste trabalho, mas são indicadores de avaliação relevantes dos sistemas de

vigilância – oportunidade e representatividade (DREWE et al., 2012; OMSA, 2014; PEYRE et al., 2019).

## **Conclusões**

De maneira geral, é evidente a diversidade de padrões na atuação do PNCRH entre as UFs. Isso era esperado devido à heterogeneidade das características produtivas, ecológicas e econômicas de cada UF. No entanto, isso também ressaltou a necessidade de revisar e padronizar algumas diretrizes do programa.

Atualmente, o PNCRH tem como objetivo reduzir a incidência da raiva em herbívoros, sendo a vigilância uma das suas principais estratégias e o principal ponto de partida para as medidas de controle e prevenção (BRASIL, 2002 & 2009). No entanto, a vigilância da raiva é predominantemente passiva e heterogênea inclusive dentro dos Estados.

Assim, os dados de vigilância são insuficientes para descrever a real situação epidemiológica do território, e devem ser usados apenas para monitoramento de focos – i.e. quantificação e análise sistemática e contínua de dados em uma população definida (RISKSUR, 2015).

Dessa forma, a vigilância de focos em herbívoros pode ser insuficiente para atingir os objetivos atuais do Programas. Dada a necessidade de reduzir a incidência da raiva dos herbívoros, as ações de controle e prevenção devem ser guiadas por investigações que identifiquem desequilíbrios ecológicos nas populações de morcegos baseadas em critérios estatísticos, e preferencialmente não destrutivas (ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012). Na literatura, algumas metodologias vêm sendo testadas para a previsão de ocorrência de focos em herbívoros utilizando ferramentas de georreferenciamento (BOLÍVAR-CIMÉ et al., 2019; ROCHA; DIAS, 2020).

Além disso, a padronização dos registros nos sistemas de informação deve ser reforçada para a correta avaliação e comparabilidade do sistema. Atualmente, com a introdução do e-SISBRAVET, o treinamento para a utilização do sistema deve ser reforçado.

O presente trabalho identificou as principais questões que podem nortear a atualização do PNCRH, sobretudo no que diz respeito aos objetivos, conceitos e diretrizes na vigilância e medidas de mitigação da raiva dos herbívoros. A vigilância da raiva é insuficiente para

descrever a frequência e distribuição da doença nos rebanhos, sendo predominantemente passiva e heterogênea entre todas as UFs, sugerindo a necessidade de padronizar diretrizes, preenchimento de registros e prioridades do Programa. Alguns atributos de monitoramento e avaliação também foram sugeridos.

Material Suplementar

Tabela A1. Coeficientes de correlação de Spearman referentes à Figuras 10 e 11.

UF	Coeficiente de correlação de Spearman	
	Notificações por mil propriedades versus taxa de positividade	Notificações por mil propriedades versus nº de capturas
AC	-	-
AL	-0,54	0,00
AM	-	-
AP	-	-
BA	0,35	0,11
CE	0,38	-
DF	-	-
ES	0,68	-0,43
GO	-0,18	0,07
MA	-	-0,60
MG	1,00	0,21
MS	0,89	-0,14
MT	0,34	0,59
PA	-0,51	0,69
PB	-	-
PE	0,31	-0,37
PI	-	0,44
PR	0,32	-0,29
RJ	-0,02	0,77
RN	0,61	-
RO	-0,50	0,93
RR	-	0,54
RS	0,63	0,31
SC	0,77	0,65
SE	-0,31	-0,49
SP	0,71	-
TO	0,77	0,88

## Capítulo 2

### AVALIAÇÃO DA VIGILÂNCIA DA RAIVA NO BRASIL: OPORTUNIDADE E REPRESENTATIVIDADE

#### **Resumo**

A avaliação dos sistemas de vigilância em saúde animal é crucial para garantir que os recursos sejam bem direcionados e aproveitados para atingir os seus objetivos. Dentre alguns indicadores de avaliação mais relevantes estão a oportunidade e a representatividade. Neste trabalho, ambas foram utilizadas para avaliar o sistema de vigilância da raiva dos herbívoros, do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A oportunidade do sistema foi mensurada como o intervalo de tempo, em dias, entre todas as etapas das investigações de raiva em herbívoros: desde o provável início dos sinais clínicos até o diagnóstico final. Para avaliar a representatividade do sistema, os registros de notificações e de focos foram analisados espacialmente em mapas temáticos descritivos e em mapas LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), verificando-se o grau de autocorrelação espacial (índice de Moran) e a formação de *clusters*. Todos os dados foram retirados do Sistema Continental de Informações (SivCont) correspondente ao período de 2013 a 2019. Em 50% e 70% dos focos de raiva, o intervalo entre provável início dos sinais clínicos e o diagnóstico final foi de 12 dias e 28 dias, respectivamente, sendo maior nas regiões Norte e Nordeste. O intervalo entre a coleta da amostra e o resultado laboratorial é a etapa mais longa e heterogênea das investigações e pode estar refletindo a distância e má distribuição dos laboratórios diagnósticos. A análise espacial dos dados da vigilância demonstrou baixa representatividade do sistema e identificou pontos de atenção e *clusters* de baixa vigilância na região Nordeste do país, nordeste de MG, oeste de SP e de SC e noroeste do RS, onde há municípios com risco de transmissão de raiva. Os focos seguiram o mesmo padrão espacial da vigilância. Os dados deste trabalho descrevem características típicas de sistemas de vigilância passiva, cuja oportunidade e representatividade são vulneráveis ao comportamento e percepção de

risco daqueles que compõem a base do sistema, comumente prejudicando a sua sensibilidade e especificidade.

## **Introdução**

Atualmente a vigilância de raiva em herbívoros é um dos principais pilares do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cujo objetivo é reduzir a incidência da raiva na população de herbívoros domésticos (BRASIL, 2009). A partir dos focos detectados na vigilância, são adotadas medidas profiláticas e de mitigação, tais como vacinação do rebanho, controle de morcegos hematófagos e educação sanitária na região. Essa vigilância é predominantemente passiva (BRASIL, 2009; BRASIL, 2013; OVIEDO-PASTRANA et al., 2015).

Um sistema de vigilância deve ser capaz de fornecer informação de qualidade e proporcionar a correta alocação de recursos em tempo hábil (CALBA et al., 2015; GROSOIS et al., 2015; PEYRE et al., 2019). Assim, os sistemas de vigilância devem ser submetidos a avaliações regularmente para mensurar sua qualidade e sua performance (PEYRE et al., 2019).

A oportunidade (*timeliness*) de um sistema é o tempo entre as etapas do fluxo de investigação da doença alvo. Sua avaliação permite determinar se a ação e reação à uma suspeita ocorrem em tempo hábil para o efetivo controle da doença e mitigação dos riscos (ECDC, 2014; OMSA, 2014).

A representatividade reflete o quanto a população de interesse está inclusa na população atingida pela vigilância. Sua avaliação permite identificar os possíveis vieses que podem estar afetando a cobertura espacial ou populacional do sistema (DREWE et al., 2012; ECDC, 2014).

Ambos os critérios citados são recomendados pelo European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (ECDC, 2014) e pela OMSA (OMSA, 2014) na avaliação de sistemas de vigilância. No caso da vigilância da raiva, a avaliação da oportunidade e da representatividade é relevante pois é a partir da notificação de suspeitas e casos confirmados que as atividades de mitigação são tomadas, em especial a vacinação do rebanho e a educação em saúde. Por ser uma zoonose quase sempre letal e acarretar

perdas produtivas do rebanho, é crucial que o serviço veterinário oficial (SVO) possa agir rapidamente e que todas as áreas de risco sejam abrangidas (BRASIL, 2009).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a oportunidade e a representatividade do sistema de vigilância da raiva dos herbívoros do PNCRH no período de 2013 a 2019. As perguntas de avaliação foram: (1) qual é o tempo despendido entre as etapas do fluxo de investigação de suspeitas de raiva? (2) qual ou quais etapas demandam mais tempo? (3) de que forma a vigilância e os focos estão distribuídos espacialmente entre as cinco regiões do país? (4) há áreas de subnotificação?

### **Materiais e Métodos**

Os dados utilizados nas análises de oportunidade e de representatividade foram retirados do SivCont (Sistema Continental de Informações) e analisados no R Core Team (2022) (pacotes *lubridate* e *Descr*), no Microsoft Excel e no GeoDa. Este sistema foi, até o ano 2019, uma das principais fontes de captação dos registros de vigilância de raiva no Brasil.

As análises consideraram dados de investigações de raiva em herbívoros e suínos nos anos 2013 a 2019.

### **Oportunidade**

O termo “oportunidade” foi utilizado para descrever os intervalos de tempo, em dias, entre todas as etapas do fluxo de investigação e de registro no sistema de vigilância. Estas etapas são:

1. Data do provável início dos sinais clínicos;
2. Data da notificação;
3. Data da primeira visita
4. Data da coleta de amostra;
5. Data do resultado laboratorial;
6. Data do diagnóstico final.

Inicialmente calculou-se a quantidade de dados faltantes (em branco) ou inconsistentes (e. g. data do resultado laboratorial antes da primeira visita) no banco de dados. Em seguida realizou-se a análise descritiva do tempo entre as etapas da investigação, utilizando a média, o desvio padrão e os quartis. A descrição foi feita segundo o desfecho da investigação: foco de raiva, foco descartado, sem diagnóstico (quando não é possível coletar ou utilizar a amostra do animal suspeito). O mesmo foi feito para as cinco regiões do Brasil.

## **Representatividade**

A análise da representatividade da vigilância da raiva considerou o município da notificação como unidade epidemiológica. Para cada município, foi calculada a proporção de notificações por mil propriedades, e a proporção de focos por mil propriedades.

Utilizando o GeoDa 1.2 (ANSELIN et al., 2006), os dados foram geoprocessados na forma de polígonos (municípios). O número absoluto e o número relativo de notificações foram representados em mapas temáticos e em cartogramas descritivos, indicando a distribuição espacial da vigilância e áreas de silêncio epidemiológico (onde não houve notificação durante todo o período de sete anos). Visto que a doença é diagnóstico diferencial para várias doenças neurológicas comuns e que a ampla distribuição de morcegos hematófagos coloca o rebanho sob risco de transmissão (BRASIL, 2009; ROCHA et al., 2019; ROCHA; DIAS, 2020), considerou-se que o período de sete anos seria tempo suficiente para que haja pelo menos uma suspeita ou caso provável de raiva em herbívoros em um sistema hipoteticamente sensível.

Em seguida, foram testadas as hipóteses de que os dados de vigilância estariam distribuídos aleatoriamente ou de que haveria um padrão espacial sistemático. Na aleatoriedade espacial, os valores de um atributo não dependem dos valores nas regiões vizinhas. Para isso, foi utilizada a Estatística I de Moran (MORAN, 1948; ANSELIN, 1996), um coeficiente de autocorrelação espacial global representado matematicamente como:

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i \cdot z_j}{\sum_i z_i^2}$$

em que  $Z_i$  representa a distância do valor da variável de interesse com relação à média do conjunto de dados,  $W$  representa um elemento da matriz de ponderação espacial referente à região  $i$  e  $j$ .

O  $I$  de Moran pode indicar uma relação positiva (similaridade) ou negativa (dissimilaridade) entre os valores do atributo e sua localização. A similaridade significa que os valores do atributo tendem a se agrupar em vizinhanças semelhantes, de valores altos e baixos – regiões “alto-alto” e regiões “baixo-baixo”. Já a dissimilaridade indica que os valores de um local são distintos aos da sua vizinhança. Quanto mais próximo de um, maior é a concentração de regiões semelhantes, quanto mais próximo de -1, mais dispersos são os dados (ALMEIDA, 2012; MORAN, 1948).

Ao mesmo tempo foram elaborados mapas de *cluster* LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) para a visualização de agrupamentos estatisticamente significativos. O coeficiente  $I_i$  de Moran Local, representado no Mapa de cluster LISA, é uma decomposição do indicador global que indica a contribuição de cada polígono na formação dos clusters – “baixo-baixo”, “alto-alto”, “baixo-alto” e “alto-baixo”. O valor da variável em um município é comparado à média de todas as regiões da área de estudo (ALMEIDA, 2012; MORAN, 1948).

Devido à assimetria da distribuição dos dados, os mesmos mapas foram elaborados em uma adaptação do mapa LISA que utiliza a mediana do conjunto de dados.

Os municípios que foram identificados como “baixo-baixo” ou “baixo-alto” na vigilância foram considerados municípios de baixa notificação, juntamente com os municípios em silêncio epidemiológico. Esses municípios foram plotados em um cartograma para eliminar o impacto visual do tamanho dos municípios.

A proporção de propriedades em baixa notificação foi calculada para cada região do país. Vale ressaltar que o atributo estudado é o número de notificações relativo à quantidade de propriedades de cada município, de forma que municípios com poucas propriedades não foram prejudicados quando comparados aos municípios com muitas

propriedades. A propriedade foi considerada a principal unidade de estudo pois os registros e as ações são realizados neste nível.

Os mesmos mapas foram elaborados utilizando o número absoluto e relativo de focos por propriedade para identificação de clusters. Nestes mapas, as áreas de transição “baixo-alto” (onde há poucos focos em uma vizinhança de muitos focos) foram consideradas possíveis pontos de atenção.

## **Resultados**

### **Oportunidade**

Foram identificados poucos dados inconsistentes ou em branco no SivCont relativos às datas dos registros em herbívoros (Tabela 1).

Tabela 1: Completude e consistência dos campos de data (herbívoros, 2013-2019):

Variável	N de registros em branco ou inconsistentes	%
Data da notificação	73	0,58
Data do provável início	252	2,00
Data da 1ª visita	511	4,05
Data da coleta da amostra	1411	11,17
Data do resultado	1031	8,16
Data do diagnóstico	137	1,08

Metade dos registros de foco confirmado levou até 12 dias para concluir o diagnóstico de raiva e 75% levou até 28 dias. Para a conclusão de um foco descartado, metade dos registros levou até 42 dias (Figura 1). Estes intervalos variam conforme as regiões do país, sendo maior no Norte e no Nordeste (Figura 2).

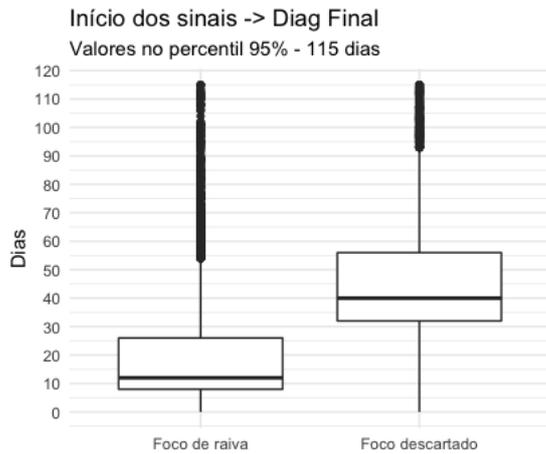


Figura 1. Tempo (dias) entre início dos sinais clínicos e o diagnóstico final no Brasil (herbívoros, 2013-2019).

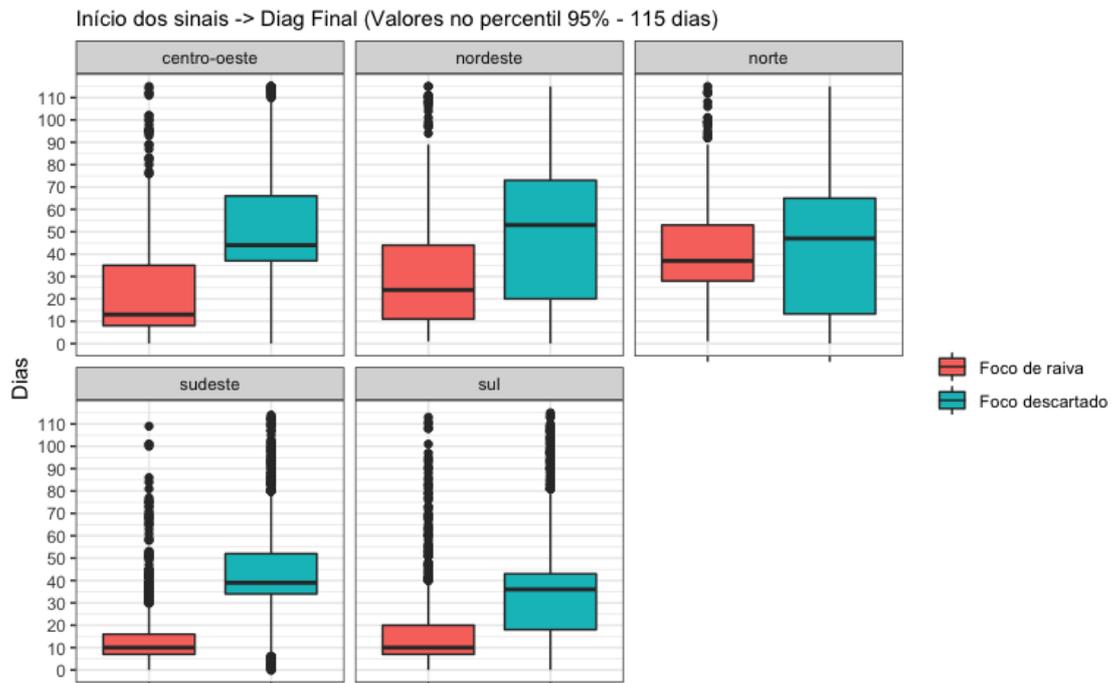


Figura 2. Tempo (dias) entre início dos sinais clínicos e o diagnóstico final por região (herbívoros, 2013-2019). Observação: estão incluídas amostras que também foram testadas para BSE; a retirada dessas amostras do gráfico não resulta em grandes alterações, apenas reduz ligeiramente a amplitude do tempo de diagnóstico do foco descartado.

O tempo despendido entre cada uma das etapas da vigilância está apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4 (para focos, focos descartados e sem diagnóstico, respectivamente). O

tempo entre o provável início dos sinais clínicos e a notificação foi de até sete dias em 75% dos registros. No entanto, este tempo foi maior na região Centro-Oeste, contabilizando até 17 dias (Material Suplementar).

Entre a notificação e a primeira visita técnica, 75% dos dados e a média são de até 24 horas.

O período entre a primeira visita e a coleta do material laboratorial foi um dos parâmetros que mais variou entre as regiões administrativas, sendo maior nas regiões Norte e Nordeste (Q3 = 25 dias e 11 dias, respectivamente) (Material Suplementar).

O intervalo entre a coleta da amostra e o resultado laboratorial foi o período que mais contribuiu para o tempo total do processo de investigação (Tabelas 2-4), sendo bastante variável entre as cinco regiões.

Tabela 2. Tempo (dias) entre as etapas em **focos de raiva** no Brasil (herbívoros, 2013-2019)

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	25,56	8,78	0,85	4,47	9,19	3,75
Desv. Pad	43,47	23,48	2,87	8,55	30,37	19,85
1º Quartil	8,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Mediana	12,00	4,00	0,00	2,00	3,00	0,00
3º Quartil	28,00	7,00	1,00	5,00	7,00	0,00
Observações	4426	4497	4265	4072	4338	4483

Tabela 3. Tempo (dias) entre as etapas em **focos descartados** no Brasil (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	54,59	9,52	0,77	5,47	26,09	17,05
Desv. Pad	69,71	44,20	3,04	14,45	42,58	37,71
1º Quartil	33,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Mediana	42,00	3,00	0,00	2,00	19,00	0,00
3º Quartil	62,00	6,00	1,00	6,00	35,00	29,00
Observações	7493	7496	7483	6517	6743	6797

Tabela 4. Tempo (dias) entre as etapas em notificações **sem diagnóstico** no Brasil (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	164,37	9,71	1,66	5,37	192,14	40,47
Desv. Pad	308,97	21,58	6,99	8,90	369,39	202,68
1° Quartil	7,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Mediana	34,50	3,00	0,00	2,00	10,00	0,00
3° Quartil	159,00	7,00	1,00	7,00	138,00	0,00
Observações	302	313	324	132	136	144

### Representatividade

Os mapas descritivos da quantidade de notificações por mil propriedades por município estão descritos na Figura 3, onde se observam regiões de silêncio epidemiológico em grande parte do Nordeste (PB, PE, PI e BA), noroeste de SP, MG e MT. Devido à ausência de dados, os Estados do Amapá e Roraima não foram incluídos na análise. Municípios sem propriedades também não foram considerados.

A Figura 4 apresenta o mesmo dado em box-plot por região. No país, metade dos municípios tem zero notificações por propriedade; 75% dos municípios têm até 5 notificações por mil propriedades. As regiões Centro-Oeste e Norte possuem maior mediana e maior dispersão dos dados, o que reflete a pouca quantidade de municípios nessas regiões quando comparadas às demais.

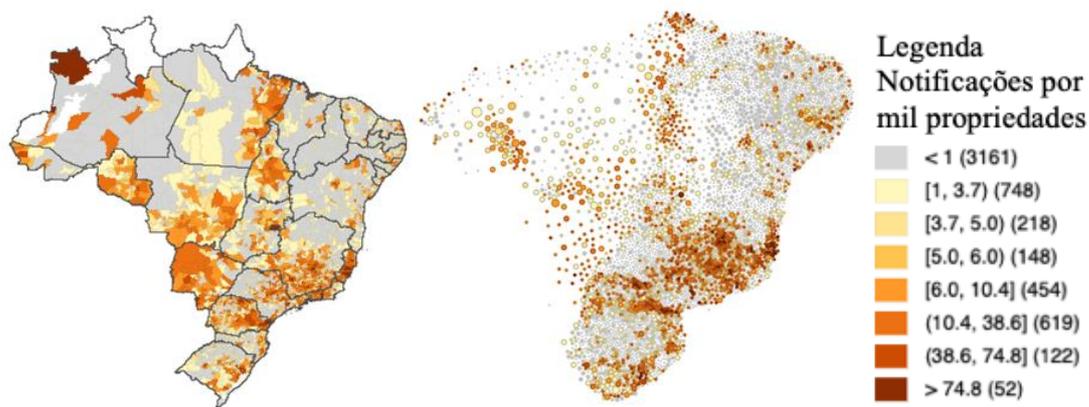


Figura 3. Quantidade de notificações em herbívoros por mil propriedades por município no Brasil (2013-2019). No cartograma (à direita), o tamanho do círculo representa a quantidade de propriedades do município.

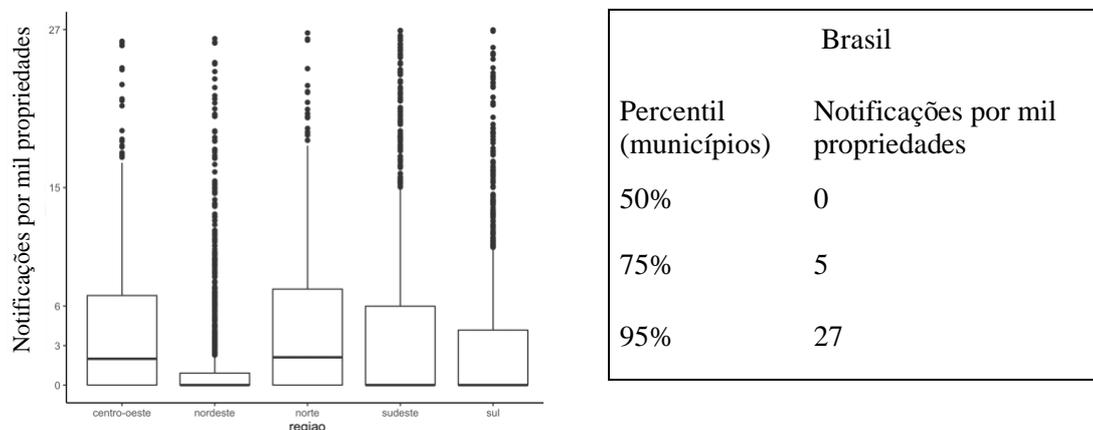


Figura 4. Distribuição das notificações por mil propriedades por município nas cinco regiões e valores do Brasil. Foram retirados os outliers acima de 27 notificações por mil propriedades.

Os registros de notificações de suspeitas de raiva apresentaram autocorrelação espacial positiva (similaridade), porém discreta (Figura 5). Destacam-se *clusters* de baixa vigilância na região Nordeste (MA, PB, PI), no nordeste de MG, oeste de SP e de SC e noroeste do RS. *Clusters* de alta vigilância são vistos sobretudo no ES e PR (Figura 5). Os *clusters* de alta vigilância são mais evidentes quando analisados no mapa LISA que utiliza a mediana dos dados (Figura 6A), onde são destacadas áreas “alto-alto” em MG, MS, MT, PA, RO e TO.

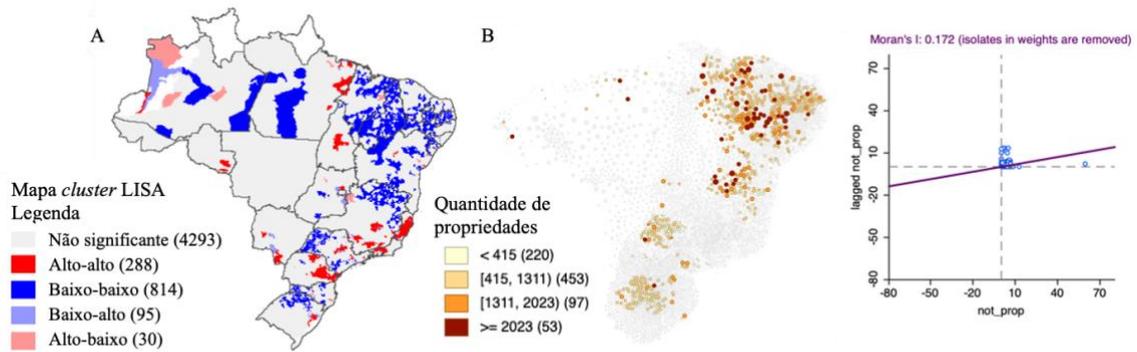


Figura 5. (A) Mapa de *cluster* LISA e Estatística de Moran de **notificações por propriedade** por município. (B) Cartograma com municípios “baixo-baixo” e “baixo-alto”. Registros de herbívoros, 2013 a 2019.

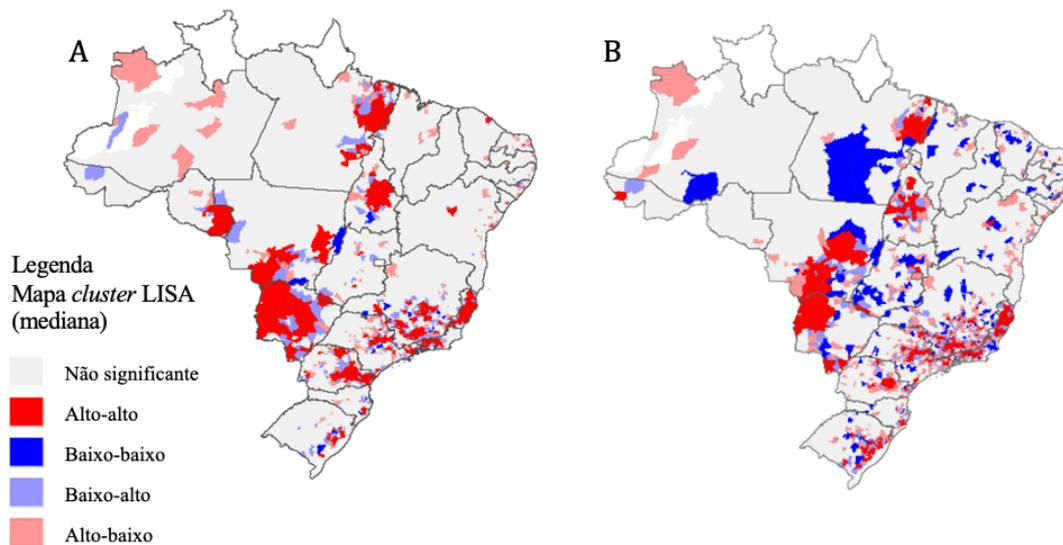


Figura 6. Mapa de *cluster* LISA (mediana) de **notificações por propriedade** (A) e **focos por propriedade** (B) por município. Registros de herbívoros, 2013 a 2019.

A quantidade absoluta e relativa de focos por município seguiu o mesmo padrão de distribuição da vigilância e apresentou baixa a moderada autocorrelação espacial positiva (similaridade) (Figuras 6 e 7). A Tabela 5 apresenta o cruzamento dos municípios destacados na Figura 6.

A quantidade relativa de propriedades em baixa vigilância foi maior na região Nordeste e menor no Norte e Centro-Oeste (Tabela 6).

Tabela 5. Número de municípios destacados da Figura 6A e 6B.

Vigilância	Focos			
	Focos alto-alto	Focos baixo-baixo	Focos baixo-alto	Focos alto-baixo
Vig alto-alto	272	7	69	80
Vig baixo-baixo	2	6	3	2
Vig baixo-alto	21	14	115	4
Vig alto-baixo	7	1	0	122

Tabela 6. Proporção de propriedades em baixa vigilância\* ou silêncio epidemiológico.

Região	Propriedades em silêncio ou baixa vigilância	Total de propriedades	% prop
Norte	73.276	341.175	21,5%
Centro-oeste	84.927	381.506	22,3%
Sul	294.636	667.531	44,1%
Sudeste	318.195	673.504	47,2%
Nordeste	899.819	1.277.380	70,4%
Brasil	1.670.853	3.341.096	50,0%

\*Foram considerados municípios de baixa vigilância aqueles destacados como “baixo-baixo” e “baixo-alto” do mapa da Figura 5.

Os municípios destacados na Figura 8 são aqueles onde houve poucos focos por propriedade mesmo estando em volta de municípios com muitos focos, sendo considerados pontos de atenção. Destes, 151 municípios estão sob baixa vigilância ou silêncio epidemiológico.

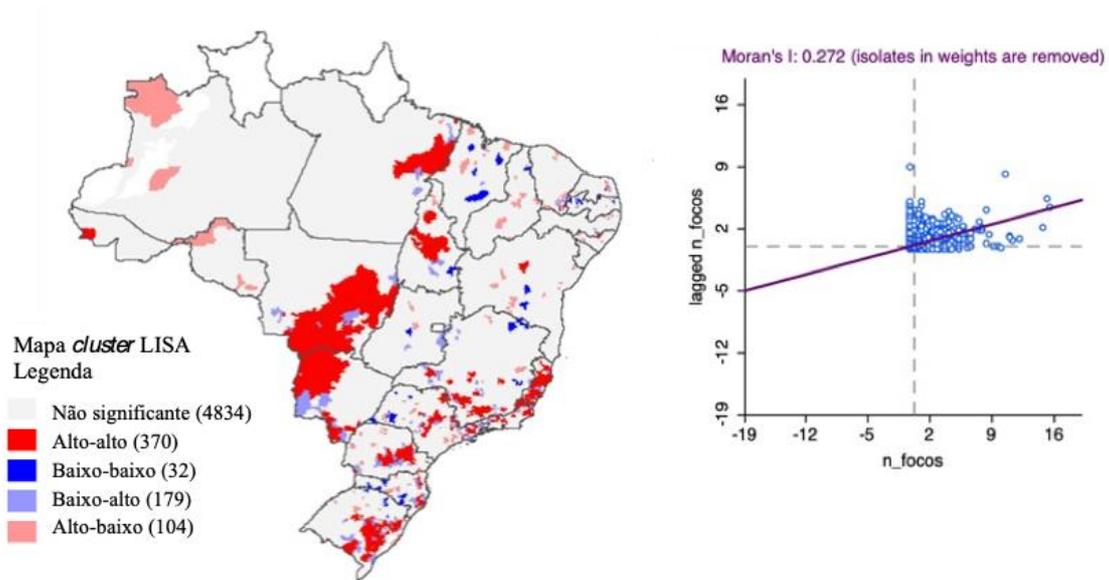


Figura 7. Mapa de *cluster* LISA e Estatística de Moran do **número de focos** por município. Registros de herbívoros, 2013 a 2019).



Figura 8. Municípios em “baixo-alto”,  $n = 305$  (possíveis pontos de atenção), do mapa LISA (mediana) de focos por propriedade (Figura 6B). Destes, 151 municípios estão sob baixa vigilância ou silêncio epidemiológico.

## Discussão

A oportunidade e a representatividade do sistema de vigilância da raiva dos herbívoros foram analisadas neste trabalho a nível nacional, permitindo observar padrões e diferenças substanciais entre as cinco regiões geográficas brasileiras.

De forma geral, os dados do SivCont demonstraram agilidade na notificação dos casos suspeitos de raiva e no atendimento após a notificação. Apenas na região Centro-Oeste o período entre o início dos sinais clínicos e a notificação ultrapassou oito dias em 75% dos registros – resultando em 17 dias – o que pode ser devido à predominância da criação extensiva de bovinos em vasto território nesta região.

A etapa mais longa e heterogênea do fluxo de investigação, que é o intervalo entre a coleta da amostra e o resultado laboratorial, pode estar refletindo a distância e má distribuição dos laboratórios diagnósticos credenciados, sobretudo no Centro-Oeste e no Norte do país (BRASIL, 2022).

Dessa forma, mesmo com a agilidade no atendimento às notificações, a maioria dos focos de raiva em herbívoros levou mais de 12 dias de investigação, tendo em média 26 dias. Assim, as medidas de prevenção e controle da doença após a detecção do foco podem não ser efetivas para a contenção do vírus no médio prazo, visto que o tempo de desfecho de um foco é longo o bastante para que haja mudanças no contexto epidemiológico da região afetada, sobretudo se somado ao período de incubação do vírus nos herbívoros (BLACKWOOD et al., 2013; JOHNSON; ARÉCHIGA-CEBALLOS; AGUILAR-SETIEN, 2014).

A análise espacial dos dados da vigilância da raiva em herbívoros demonstrou baixa representatividade do sistema, com formação de clusters de baixa vigilância distribuídos em locais onde há propriedades criadoras de bovinos. Essas áreas são, em sua maioria, consideradas de risco médio e alto para ocorrência de raiva no rebanho (BRAGA et al., 2014). No entanto, na região Nordeste, principalmente no Piauí e na Paraíba, os municípios de baixa vigilância possuem risco indeterminado (BRAGA et al., 2014).

A distribuição espacial dos focos registrados segue o mesmo padrão da vigilância, o que reforça o princípio de que os resultados da vigilância passiva podem não representar a situação real da circulação do RABV. Isto se deve ao fato de que para uma doença ser notificada, ela deve passar pela percepção de risco do responsável pelos animais, pela probabilidade de que o veterinário suspeite da doença e colete a amostra e pela probabilidade de que o caso seja notificado. Além disso, ainda há a probabilidade de falhas nos testes laboratoriais, o que também depende da qualidade da amostra coletada (CAMERON et al., 2003; FRÖSSLING et al., 2013; MARTIN et al., 2015).

Em Minas Gerais, por exemplo, a região nordeste do Estado já foi considerada anteriormente como área silenciosa para raiva dos herbívoros possivelmente devido às vulnerabilidades socioeconômicas (OVIEDO-PASTRANA et al., 2015). Em abril de

2022, três crianças indígenas morreram vítimas de raiva humana na região do Vale do Mucuri, que foi considerada em subnotificação neste trabalho. As crianças foram infectadas após entrarem em contato com um morcego (GODINHO, 2022).

Assim, é possível observar áreas onde a vigilância deve ser reforçada, sobretudo nos pontos de atenção da Figura 8, que também estão situadas em áreas de risco de transmissão (BRAGA et al., 2014). A representatividade de um sistema de vigilância aumenta a habilidade de promover informações confiáveis para a tomada de decisões (OMSA, 2014). O ECDC (2014) recomenda que a cobertura geográfica de um sistema de vigilância seja monitorada regularmente.

Em suma, os dados deste trabalho corroboram com características típicas de sistemas de vigilância passiva, cuja oportunidade e representatividade são vulneráveis ao comportamento e percepção de risco daqueles que compõem a base do sistema, comumente prejudicando a sua sensibilidade e especificidade (OMSA, 2014).

No entanto, vale ressaltar que o banco de dados do SivCont não possui registro de notificações improcedentes, que são aquelas em que a suspeita é descartada na primeira visita à propriedade, sem a necessidade de coleta de amostra. Além disso, nem toda coleta por médico veterinário privado é notificada ao SVO. Assim, é possível que estes resultados não representem a totalidade do trabalho de campo, mas corroboram com a percepção do SVO de que há considerável subnotificação de raiva por parte dos produtores rurais no país, conforme discutido em workshop realizado em 2021 com os pontos focais do PNCRH.

Este trabalho utilizou os municípios como unidade de análise devido à incompletude dos cadastros de coordenadas geográficas dos registros do SivCont. Melhorando-se a qualidade deste dado, as análises podem ser aprimoradas a nível de propriedade, tornando-se mais precisa e reduzindo o viés da heterogeneidade de propriedades dentro dos municípios.

## **Conclusão**

Este trabalho avaliou o sistema de vigilância da raiva dos herbívoros do PNCRH por meio da oportunidade e representatividade das notificações, trazendo ferramentas de GIS capazes de identificar *clusters* de baixa e alta vigilância em locais potencialmente de risco, que podem ser estudados para reforçar as atividades de comunicação de risco e

educação em saúde. Os resultados também destacam demora na obtenção do diagnóstico laboratorial de grande parte dos focos de raiva em herbívoros no Brasil.

### **Material Suplementar**

Tabela A1. Tempo (dias) entre as etapas do fluxo de investigação no Centro-Oeste (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	52,20	18,25	0,79	2,99	22,21	9,33
Desv. Pad	74,35	67,41	3,51	6,96	25,92	21,25
1º Quartil	23,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Mediana	40,00	4,00	0,00	1,00	28,00	0,00
3º Quartil	66,00	17,00	1,00	3,00	35,00	4,00
Observações	1.831	1.830	1.845	1.654	1.812	1.853

Tabela A2. Tempo (dias) entre as etapas do fluxo de investigação no Nordeste (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	71,52	8,69	1,18	9,31	40,05	13,67
Desv. Pad	127,04	26,57	4,23	24,43	117,74	31,73
1º Quartil	15,00	2,00	0,00	1,00	2,00	0,00
Mediana	45,00	4,00	0,00	5,00	7,00	0,00
3º Quartil	78,50	7,00	1,00	11,00	32,00	21,00
Observações	1.436	1.470	1.475	1.367	1.377	1.362

Tabela A3. Tempo (dias) entre as etapas do fluxo de investigação no Norte (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	58,69	10,71	0,67	12,10	26,13	19,84
Desv. Pad	70,08	28,01	2,71	14,14	54,96	31,31
1º Quartil	25,00	1,00	0,00	3,00	8,00	0,00
Mediana	49,00	3,00	0,00	8,00	21,00	0,00
3º Quartil	72,00	8,00	1,00	15,00	34,00	30,00
Observações	1.951	1.997	2.012	1.408	1.433	1.393

Tabela A4. Tempo (dias) entre as etapas do fluxo de investigação no Sudeste (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	36,32	6,71	0,75	3,63	15,46	10,45
Desv. Pad	70,46	34,32	3,03	6,45	25,64	52,84
1º Quartil	10,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Mediana	31,00	3,00	0,00	2,00	4,00	0,00
3º Quartil	43,00	5,00	1,00	5,00	30,00	1,00
Observações	4.048	4.053	3.778	3.476	3.735	3.966

Tabela A5. Tempo (dias) entre as etapas do fluxo de investigação no Sul (herbívoros, 2013-2019).

	T total	Sinais-Notif	Notif-Visit	Visit-Colet	Colet-Resul	Resul-Diag
Média	37,90	6,48	0,86	2,57	17,95	11,78
Desv. Pad	71,97	21,60	2,69	8,90	63,85	33,23
1º Quartil	9,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Mediana	29,00	3,00	0,00	1,00	2,00	0,00
3º Quartil	40,00	6,00	1,00	3,00	11,00	29,00
Observações	2.955	2.956	2.962	2.816	2.860	2.850

AValiação DA EFETIVIDADE DO CONTROLE DE MORCEGOS  
HEMATÓFAGOS NO BRASIL

**Resumo**

A raiva dos herbívoros é um problema persistente no Brasil devido à presença do seu principal reservatório: os morcegos hematófagos (MH) da espécie *Desmodus rotundus*. Por isso, a intervenção direta nesses animais foi estabelecida como uma das principais estratégias de controle da raiva no meio agropecuário em diversos países da América Latina. Considerando que o controle populacional de morcegos tem potencial impacto ambiental, além de ser uma atividade laboriosa e insalubre, este trabalho tem como objetivo avaliar a efetividade do controle de *D. rotundus* para o Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH). A medida de efetividade escolhida foi o esforço de captura de *D. rotundus* por foco de raiva evitado em herbívoros. O esforço de captura (em homem-hora) equivale ao produto do número de servidores por captura pelas horas gastas por captura e pelo número de capturas realizadas por ano (2013 a 2019). Os dados foram obtidos por meio de questionário autoaplicado. Os abrigos de *D. rotundus* cadastrados foram analisados espacialmente por meio da estatística I de Moran e mapas de *cluster* LISA. Para estimar os focos evitados, realizou-se uma regressão linear simples para estabelecer a relação entre a taxa de positividade semestral em herbívoros (variável dependente) e a quantidade de atividades de captura realizadas no semestre anterior (variável independente). Os Estados que apresentaram maior esforço de captura entre 2013 e 2019 foram SP (78.378 homem-hora), MS (50.551 homem-hora), PR (43.675 homem-hora) e MG (41.253 homem-hora). Os resultados foram discrepantes entre as 27 Unidades da Federação e o cadastro de abrigos ocorre em *clusters* com moderada autocorrelação espacial positiva. O impacto das capturas de morcegos na taxa de positividade da raiva foi quase nulo. O estudo mostra que, dentro do que o PNCRH é capaz de identificar e registrar, o efeito do controle populacional indiscriminado de morcegos é muito baixo na ocorrência de raiva em herbívoros no médio prazo, e levanta

a preocupação com os impactos econômicos e em saúde pública que este tipo de atividade pode acarretar.

## **Introdução**

A raiva em bovinos é um problema persistente na América Latina. Isso se deve à presença do *Desmodus rotundus*, que é eficaz na manutenção e transmissão do vírus neste meio, e, por fazer parte da fauna silvestre, se torna ainda mais difícil de ser estudado e controlado (BRASIL, 2009). A grande quantidade de biomassa de herbívoros domésticos e de abrigos artificiais, somada a alterações ambientais constantes, contribui para a abundância de morcegos em ambientes rurais (JOHNSON; ARÉCHIGA-CEBALLOS; AGUILAR-SETIEN, 2014; STREICKER et al., 2012).

Por serem os maiores responsáveis pela manutenção da raiva no ambiente rural, o manejo populacional dos *D. rotundus* é parte importante na prevenção da raiva dos herbívoros. Em 1972 se iniciou o uso de pasta anticoagulante (warfarina) para reduzir a população de morcegos em áreas de foco ou de risco (LORD, 1980), e vem sendo utilizada até os dias de hoje no Brasil. A pasta vampiricida pode ser aplicada diretamente no dorso dos morcegos, que serão lambidos por outros – conhecido como método direto –; ou pode ser aplicada sobre as feridas de animais espoliados que, ao forragear, se lambuzam com a pasta e, ao voltarem ao abrigo, outros morcegos podem ingerir a pasta – método indireto (BRASIL, 2009).

O Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece as atividades em abrigos de *D. rotundus* em áreas de risco e após a identificação de focos (BRASIL, 2009). No entanto o método direto vem sendo questionado por especialistas quando realizado indiscriminadamente, pois a redução populacional difusa e abrupta de um abrigo pode causar desequilíbrios ecológicos e na dinâmica social das colônias destes morcegos, podendo aumentar a dispersão do RABV (ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012).

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a efetividade do controle populacional de *D. rotundus* do PNCRH. As perguntas que nortearam o alcance deste objetivo são: (1) de

que forma o controle populacional de *D. rotundus* está influenciando na ocorrência da raiva dos herbívoros e (2) qual é o esforço de captura necessário para evitar um foco de raiva em herbívoros?

## **Materiais e métodos**

A medida de efetividade escolhida para avaliar o manejo populacional de *D. rotundus* na ocorrência da raiva dos herbívoros foi o esforço de captura de morcegos por foco evitado no período de 2014 a 2019 em todas as Unidades da Federação (UF). As medidas do esforço de captura e os focos evitados estão descritos a seguir.

### **Esforço de captura**

O esforço de captura de morcegos foi calculado multiplicando-se o número de servidores por captura realizada pelo total de horas gastas por captura e pelo número de capturas realizadas por ano, resultando em uma medida de tempo (homem-hora) conforme a fórmula:

Esforço de captura = n° servidores por captura \* horas gastas por captura \* n° capturas por ano

Estes dados foram obtidos em junho de 2021 por meio de questionário autoaplicado entregue a todos os responsáveis pelo PNCRH do Serviço Veterinário Estadual (SVE) nas 27 UFs. Antes de aplicado, o questionário passou por uma fase de teste em duas UFs que realizam grandes volumes de captura.

No questionário, os respondentes indicaram a quantidade mínima, mais comum e máxima de servidores por atividade por ano. Os valores foram inseridos em uma distribuição de Pert utilizando o Palisade @Risk no Microsoft Excel. Da mesma forma, as horas gastas por captura foram respondidas em valor mínimo, mais comum e máximo por atividade e inseridas em distribuição de Pert. Os inputs estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Inputs utilizados para calcular o esforço de captura do período 2014 a 2019.

Input	Fonte	Detalhes
Nº de servidores por captura	Questionário autoaplicado	Pert (mín; mais prov; máx) por ano
Nº de horas gastas por captura	Questionário autoaplicado	Pert (min; mais prov; máx)
Nº de capturas realizadas	Informes semestrais fornecidos pelo MAPA	Quantidade de capturas por ano

Os dados de abrigos cadastrados também foram analisados espacialmente no software GeoDa 1.2 (ANSELIN et al., 2006), por meio da Estatística I de Moran e mapas de *cluster* LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) para identificar o nível de autocorrelação espacial e a formação de clusters dos registros. Apenas cinco UFs foram analisadas por serem as únicas que possuíam dados completos e discriminados por ano (2014 a 2019): ES, MS, MT, PR e TO.

Os registros com georreferenciamento não informam o tipo de abrigo nem o tipo de atividade realizada no local. Portanto, eles refletem apenas o esforço que o SVO tem de conhecer e registrar a existência de abrigos de *D. rotundus*.

### **Focos evitados**

Dada a ausência de dados que possibilitem a real estimativa da circulação viral nos herbívoros, optou-se por utilizar a taxa de positividade (quantidade de focos sobre o total de notificações) como aproximação das flutuações na ocorrência da doença nos rebanhos. Assim, para este parâmetro, partimos do pressuposto de que a subnotificação nos Estados é constante ao longo do tempo, e que as flutuações na taxa de positividade poderiam representar status de surtos, mesmo que este valor não represente a real incidência da raiva.

Desta forma, considerando que as variações nas taxas de positividade representariam uma aproximação do comportamento da circulação viral na população, foi realizada uma regressão linear simples para estabelecer a relação entre a taxa de positividade semestral em animais de produção (variável dependente) e a quantidade de atividades de captura realizadas no semestre anterior (variável independente). Em outras palavras, a regressão

deverá responder se as medidas de controle dos morcegos estariam influenciando na ocorrência da raiva, dentro do que o PNCRH é capaz de registrar.

A regressão linear foi realizada no software STATA®. A regressão gera um coeficiente que, neste caso, representa o quanto da taxa de positividade é alterada a cada atividade de captura realizada no semestre anterior. A partir deste valor, foi calculada uma nova taxa de positividade que representa um cenário hipotético em que as atividades não seriam realizadas, a fim de calcular o efeito delas. A partir deste cenário hipotético, foi calculado o número de focos que seriam evitados ou aumentados, dentro daquilo que o sistema é capaz de detectar. Ou seja, este valor não representa o impacto real na incidência de focos, e sim na taxa de positividade.

## **Resultados**

O número de servidores por captura e o número de horas gastas por captura obtidos do questionário estão apresentados no Material Suplementar.

A Tabela 2 mostra os valores médios de homem-hora gastos nas atividades de captura por UF por ano. As UFs com maior esforço de captura entre os anos 2014 e 2019 foram, em ordem decrescente, SP, MS, PR e MG.

Tabela 2. Esforço de captura em homem-hora

UF	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
AC	0,0	124,0	62,0	155,0	0,0	0,0	341,0
AL	-	-	-	-	-	-	-
AM	112,5	100,0	75,0	0,0	12,5	118,8	418,8
AP	-	-	-	-	-	-	-
BA	598,0	832,0	3.562,0	936,0	1.898,0	494,0	8.320,0
CE	0,0	138,7	173,3	260,0	225,3	0,0	797,3
DF	194,4	97,2	48,6	48,6	340,3	97,2	826,4
ES	1.445,9	1.617,8	1.779,6	920,1	2.074,9	3.440,7	11.278,9
GO*	-	-	793,3	297,5	1.161,7	1.685,8	3.938,3
MA	-	-	-	-	-	-	-
MG	7.606,7	6.778,3	10.546,7	6545,0	7.023,3	2.753,3	41.253,3
MS	5.042,9	5.209,2	17.068,3	4.965,3	8.367,9	9.897,4	50.551,1
MT	2.542,0	2.211,3	930,0	2.480,0	775,0	2.376,7	11.315,0
PA**	-	-	-	3.380,0	2.816,7	1.321,7	7.518,3
PB	-	-	-	-	-	-	-
PE	63,3	31,7	158,3	63,3	63,3	0,0	380,0
PI	396,7	116,7	840,0	520,0	290,0	220,0	2.383,3
PR	6.900,0	4.375,0	18.225,0	4.825,0	4.075,0	5.275,0	43.675,0
RJ	111,9	867,1	223,8	671,3	139,9	503,5	2.517,5
RN	308,3	1.075,0	826,7	413,3	516,7	0,0	3.140,0
RO	2.425,0	3.010,0	1.353,3	750,0	93,3	396,7	8.028,3
RR	513,7	1.250,7	7.816,7	1.849,9	911,9	208,4	12.551,3
RS	5.434,0	3.939,0	4.160,0	4.888,0	4.108,0	5.720,0	28.249,0
SC	2.283,7	2.523,1	2.168,8	1.774,5	3.011,7	3.466,7	15.228,4
SE	120,0	80,0	568,0	744,0	1.096,0	96,0	2.704,0
SP	16.749,8	15.341,4	8.788,0	19.960,8	17.538,4	0,0	78.378,4
TO**	-	-	-	1.196,0	1.501,5	819,0	3.516,5

\*Dados de 2016 a 2019.

\*\*Dados de 2017 a 2019

O registro dos abrigos de *D. rotundus* possui moderada autocorrelação espacial positiva (similaridade) nos cinco Estados analisados, sobretudo no MS e PR (Figura 1),

indicando a presença de agrupamentos de municípios semelhantes com muitos abrigos cadastrados e outros de municípios semelhantes com poucos abrigos cadastrados.

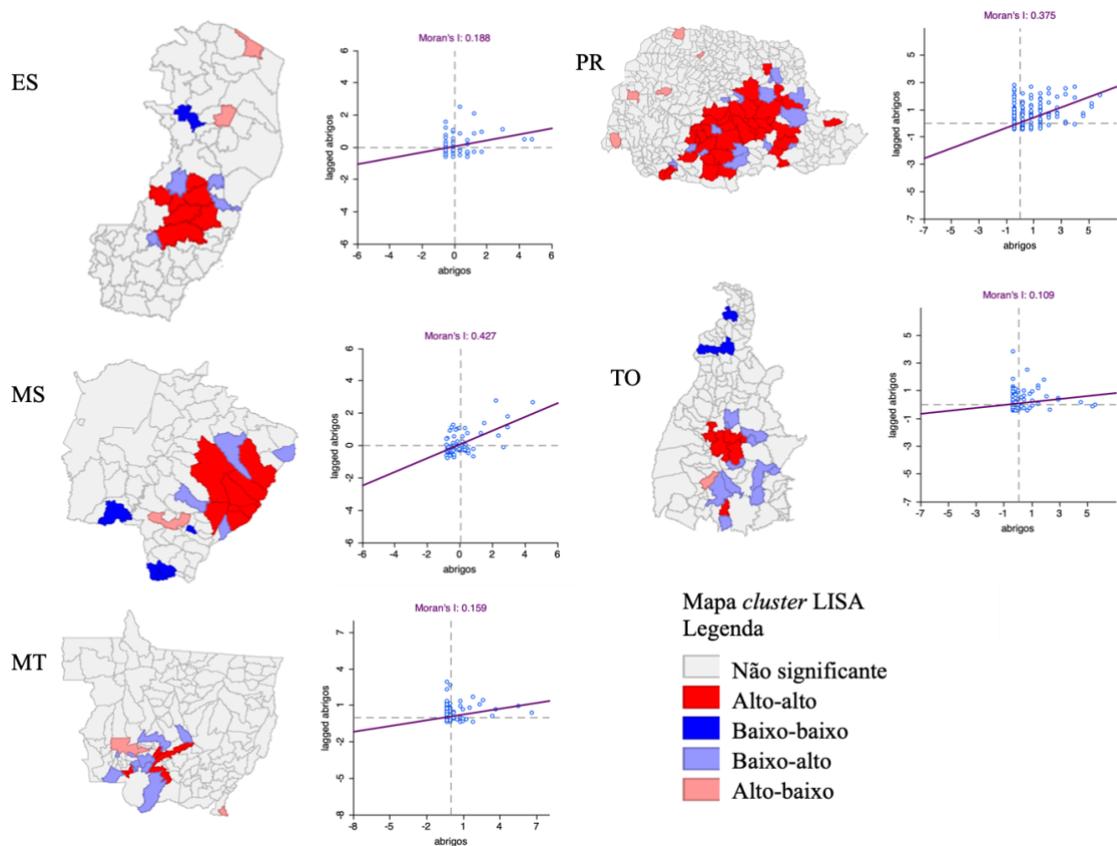


Figura 1. Mapas de *cluster* LISA e Estatística I de Moran do número de abrigos de *D. rotundus* registrados por município entre 2014 e 2019.

A relação de focos evitados em herbívoros se encontra na Tabela 3. O impacto das atividades de captura na taxa de positividade em todas as UFs é baixo no médio prazo. Com exceção do Estado de SP, em nenhuma UF foi possível obter um modelo estatisticamente significativo devido à pouca quantidade de dados e à elevada heterogeneidade dos valores. No entanto, destaca-se que, mesmo dentro do intervalo de confiança de 95%, o impacto das capturas foi pequeno, para mais ou para menos.

Como não foi possível obter um número adequado de focos evitados, a relação de esforço de captura por foco evitado não foi estabelecida.

UF	Nºde focos	Nº de notificações	Taxa de positividade	Coefficiente	IC 95%	Nova Taxa	IC 95%	Focos aument/evit	IC (95%)			
AC	20	41	0,49	0,03	-0,21	0,26	0,46	0,70	0,22	1,16	-8,53	10,85
AL	52	110	0,47	-0,06	-0,26	0,13	0,54	0,73	0,34	-7,10	-28,46	14,26
AM	9	27	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,00	-0,02	0,01
AP	0	31	0,00				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BA	187	446	0,42	0,00	0,00	0,00	0,42	0,42	0,42	0,31	-1,25	1,87
<b>Brasil</b>	<b>4594</b>	<b>12629</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,00001</b>	<b>-0,00015</b>	<b>0,00014</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,08</b>	<b>-1,88</b>	<b>1,73</b>
CE	98	227	0,43	-0,02	-0,06	0,02	0,45	0,49	0,41	-4,12	-13,84	5,60
DF	14	336	0,04	0,00	-0,02	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	-7,57	7,66
ES	272	774	0,35	0,00	0,00	0,00	0,35	0,35	0,35	0,24	-1,60	2,08
GO	136	367	0,37	0,00	-0,01	0,01	0,37	0,38	0,36	0,07	-2,19	2,33
MA	56	144	0,39	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39	0,39	-0,05	-0,55	0,45
MG	834	2182	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	0,38	0,38	-0,18	-0,75	0,38
MS	152	567	0,27	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27	0,27	-0,01	-0,17	0,16
MT	302	747	0,40	0,00	0,00	0,00	0,40	0,41	0,40	-0,06	-1,07	0,95
PA	169	750	0,23	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,22	-0,23	-2,25	1,78
PB	18	28	0,64	0,33	-0,35	1,02	0,31	0,99	-0,38	9,33	-9,84	28,51
PE	114	339	0,34	-0,03	-0,08	0,02	0,37	0,42	0,31	-10,16	-28,08	7,76
PI	17	46	0,37	0,00	-0,01	0,01	0,37	0,38	0,36	0,06	-0,46	0,57

Tabela 3. Resultados da regressão linear. Os dados semestrais são relativos aos anos de 2013 a 2019.

Tabela 3 (continuação). Resultados da regressão linear. Os dados semestrais são relativos aos anos de 2013 a 2019.

UF	Nºde focos	Nº de notificações	Taxa de positividade	Coefficiente	IC 95%	Nova taxa	IC95%	Focos aument/evit	IC 95%		
PR	340	1409	0,24	0,00	0,00	0,24	0,24	0,24	-0,21	-0,54	0,12
RJ	149	331	0,45	0,01	0,00	0,44	0,45	0,42	4,20	-0,07	8,48
RN	56	101	0,55	-0,01	-0,04	0,57	0,59	0,54	-1,37	-3,78	1,05
RO	33	712	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	-0,11	-0,85	0,63
RR	0	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,01
RS	559	1048	0,53	0,00	0,00	0,53	0,54	0,53	-0,66	-1,74	0,42
SC	242	552	0,44	0,00	0,00	0,44	0,44	0,43	0,16	-1,99	2,31
SE	25	43	0,58	0,00	-0,01	0,58	0,59	0,57	0,19	-0,23	0,62
SP	549	813	0,68	0,00	0,00	0,68	0,68	0,68	-0,49	-0,97	0,00
TO	191	452	0,42	0,00	0,00	0,42	0,42	0,42	0,89	-0,23	2,01

## **Discussão**

Os parâmetros de efetividade analisados neste estudo indicam baixo impacto das atividades de captura de *D. rotundus* nas taxas de positividade de raiva em todo o país. O esforço de captura, em homem-hora, é discrepante entre as UFs e, onde foi possível analisar os registros espacialmente, o georreferenciamento de abrigos possui moderada autocorrelação espacial e formação de *clusters*.

A heterogeneidade observada no esforço de captura entre as UFs pode representar diferenças tanto nas estratégias de execução do controle da raiva quanto na disponibilidade de recursos humanos e financeiros de cada SVE. Além disso, cada região e cada UF possui características geográficas e biomas distintos que podem dificultar ou facilitar este tipo de atividade (BRASIL, 2021).

Vale ressaltar que os dados do esforço de captura foram obtidos em questionário autoaplicado, que é susceptível a vieses de interpretação das questões. No tempo gasto em atividade de captura, algumas UFs relataram que contabilizaram o tempo de planejamento das atividades antes da ida aos abrigos. Outras UFs consideraram o tempo gasto a partir da saída do escritório até os abrigos, e outras consideraram o tempo gasto apenas dentro dos abrigos. Portanto, sugere-se cautela na interpretação deste dado.

Com relação aos focos evitados, optou-se por utilizar a taxa de positividade como parâmetro, pois não há dados que possibilitem a estimativa da incidência real da raiva em herbívoros ou em morcegos no país. Assim, os resultados devem ser interpretados como uma medida de efeito apenas dentro do que o PNCRH consegue investigar e registrar.

Desta forma, este trabalho mostra um baixo impacto das capturas de *D. rotundus* na taxa de positividade da raiva em herbívoros. Outros estudos realizados na América Latina e Central vêm demonstrando baixa efetividade da eliminação indiscriminada destes morcegos no controle da doença (ANDERSON et al., 2012; CONDORI-CONDORI et al., 2013; SHWIFF et al., 2018; STREICKER et al., 2012). STREICKER et al., 2012 demonstraram que esta medida pode ser contraproducente para o controle da raiva, visto que mudanças bruscas nos abrigos de morcegos podem causar novas disputas territoriais entre colônias diferentes, promovendo maior risco de disseminação do vírus.

Embora o manejo populacional de *D. rotundus* esteja descrito nas diretrizes do PNCRH, vale ressaltar que ainda não há bases metodológicas que estabeleçam a quantidade de morcegos que devem ser eliminados por abrigo, nem quais deles (BRASIL, 2009).

Além disso, o contato frequente com morcegos e seu habitat coloca em risco as equipes de captura e a saúde pública. Os morcegos albergam vírus zoonóticos em maior proporção que outros mamíferos e são reservatórios de doenças emergentes de alto impacto, como o vírus Ebola, SARS e MERS (OLIVAL et al., 2017; PETROVAN et al., 2020). A pandemia de COVID-19 levantou o alerta de que o contato com animais selvagens pode trazer implicações dramáticas em saúde pública (PETROVAN et al., 2020; THE LANCET, 2020).

Assim, novas metodologias de controle da raiva transmitida por morcegos vêm sendo estimuladas. Dentre elas, o uso de sistemas de informação geográfica (GIS), de parâmetros estatísticos e de indicadores auxiliares como o índice de mordeduras no rebanho (ROCHA et al., 2019; ROCHA; DIAS, 2020; STREICKER et al., 2012). Tecnologias que promovem a imunização e o controle reprodutivo das populações de morcegos também são estimuladas (BENAVIDES et al., 2020).

As intensas atividades em abrigos de morcegos demonstradas neste trabalho podem gerar uma percepção de eficiência de curto prazo em locais afetados pela raiva. No entanto, deve ser ressaltado que em regiões de foco os produtores são orientados a vacinar o rebanho (BRASIL, 2009). Isto dificulta a quantificação do efeito de cada medida tomada. ANDERSON et al. (2012) demonstraram que, quando analisadas separadamente, a vacinação do rebanho é economicamente mais vantajosa do que a redução populacional de *D. rotundus*.

Este trabalho analisou dados de vigilância retrospectivamente. A análise prospectiva destas informações e dos dados de vacinação nas propriedades é sugerida para maior robustez das conclusões tomadas.

## Conclusão

Este estudo demonstrou baixo efeito das capturas de *D. rotundus* na taxa de positividade de raiva em herbívoros no país e diferentes níveis de esforço de captura destes morcegos entre as UFs. Os resultados levantam a preocupação com os impactos econômicos e na otimização dos esforços de controle da raiva, além dos riscos para a saúde pública que este tipo de atividade pode acarretar.

## Material Suplementar

Tabela S1. Número médio de servidores por captura por ano.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
AC	3	3	3	3	3	3	3
AL							
AM	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2
AP	2,0	2,2	2,0	2,2	0,0	2,0	0,0
BA	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
CE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
DF	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
ES	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,0
GO				2,5	2,5	2,5	2,5
MA							
MG	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
MS	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
MT	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
PA					2,2	2,2	2,2
PB							
PE	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
PI	2,3	2,3	2,3	2,3	2,0	3,0	3,0
PR	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
RJ	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
RN	0,0	6,2	7,2	5,2	5,2	5,2	5,2
RO	0,0	2,5	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3

RR	0,0	2,0	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3
RS	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
SC	2,8	2,8	2,8	2,3	3,0	3,3	3,3
SE	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
SP	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
TO					3,0	3,0	3,0

Tabela S2. Tempo gasto em horas para realizar uma atividade de captura. Os valores na distribuição de Pert representam o valor mínimo, mais comum e máximo.

UF	Descrição	Observação
AC	Pert(10;10;12)	
AL		Não realiza
AM	Pert(3;3;10)	
AP		Não informado
BA	Pert(3;6;12)	
CE	Pert(6;8;10)	
DF	Pert(8;12;14)	Organização, deslocamento e captura
ES	Pert(1;4;9)	
GO	Pert(2;6;8)	
MA		
MG	Pert(2;4;12)	
MS	Pert(2;3;5)	Sem deslocamento
MT	Pert(5;5;6)	Sem deslocamento
PA	Pert(7;9;17)	Com deslocamento
PB		
PE	Pert(5;8;20)	
PI	Pert(2;3;6)	
PR	Pert(6;8;12)	
RJ	Pert(8;8;13)	
RN	Pert(3;5;7)	

RO	Pert(8;10;12)	
RR	Pert(10;11;13)	
RS	Pert(3;4;7)	Com deslocamento
SC	Pert(4;5;15)	
SE	Pert(2;4;6)	
SP	Pert(2;4;8)	
TO	Pert(1;2;4)	

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho proporcionou uma avaliação holística do PNCRH, desde os seus objetivos e fluxo de informação, até as suas atividades específicas, como a vigilância em herbívoros e monitoramento/controle de morcegos hematófagos. A estratégia de vacinação não foi avaliada devido à escassez de dados sobre esta medida sanitária.

Embora a gestão do PNCRH esteja em busca de novos indicadores de vigilância e de atualizar as diretrizes do programa, este projeto identificou a necessidade de reajuste nos seus objetivos, definições e prioridades ou de readequação dos componentes para atingir os seus objetivos atuais. Por exemplo, da forma como a vigilância é realizada e as atividades são deflagradas, dificilmente será possível reduzir a incidência da doença, tampouco estimar a sua frequência.

O monitoramento da doença está prejudicado devido à falta de controle sobre amostras testadas para raiva, pois não é possível identificar a frequência de testagem por veterinários privados, em laboratórios não credenciados ou sem nenhum relacionamento com o MAPA. Mesmo que haja o diagnóstico, sem o conhecimento do SVO as atividades de educação sanitária e as políticas públicas não são realizadas. Assim, é imprescindível que todos os laboratórios que realizam o diagnóstico de raiva sejam mapeados e estejam de alguma forma relacionados com o MAPA ou com os órgãos executores de sanidade agropecuária.

A notificação da raiva deve ser feita a partir da suspeita de casos, e não apenas da confirmação de casos, o que também levanta a importância de aprimorar o fluxo de informação da vigilância por meio da conscientização dos veterinários privados, dos laboratórios e dos produtores rurais. Ainda, a definição de casos deve ser revisada no sentido de padronizar as normas e documentos técnicos, e, sobretudo, de respeitar a epidemiologia da doença. Isso facilitaria os procedimentos a campo e reduziria parte da heterogeneidade da vigilância entre as diferentes regiões do país, fortemente apontada neste trabalho.

Os casos prováveis de raiva em herbívoros devem levar em consideração os sinais clínicos neurológicos compatíveis e a condição epidemiológica da região: endemicidade da doença, presença de reservatórios silvestres e, quando possível, identificação de mordeduras de MH. Neste sentido, se destaca a importância do cadastro e monitoramento

de abrigos de morcegos, que podem ser realizados em parceria com outros órgãos ambientais e de saúde. Esta atividade deve estar acompanhada da comunicação de risco à comunidade.

A vigilância atualmente ocorre na forma de clusters. Foi possível identificar pontos de atenção e áreas de subnotificação onde há risco de transmissão. O reconhecimento dessas áreas por meio da metodologia proposta pode auxiliar o SVO a direcionar seus esforços de vigilância, as medidas de controle e, principalmente, a comunicação de risco e educação sanitária.

Para subsidiar a vigilância passiva, alguns países utilizam sistemas de vigilância sindrômica por meio da identificação de eventos aberrantes que ocorrem antes do diagnóstico ou registro de uma doença alvo (DÓREA et al., 2014; DÓREA; SANCHEZ; REVIE, 2011). Assim, o aumento da população de morcegos ou de agressões, alterações ambientais e o aumento de submissões de testes diagnósticos laboratoriais para doenças neurológicas podem ser preditivos do surgimento de surtos quando acompanhados rotineiramente.

De forma geral, o controle de *D. rotundus* também vem sendo realizado de maneira discrepante entre as 27 UFs e mostrou-se pouco efetiva, considerando o que o sistema permite identificar. Esses achados corroboram com a literatura atual, que vem cada vez mais incentivando a exploração de novas tecnologias para o controle da raiva, por exemplo o uso de sistemas de informação geográfica e o desenvolvimento de vacinas para morcegos.

Em consonância com essas proposições, o PANAFTOSA estabeleceu alguns pilares para auxiliar no controle da raiva transmitida por morcegos hematófagos nas Américas (PANAFTOSA/SPV-OPAS/OMS, 2022). Entre eles está a vigilância epidemiológica de agressões por morcegos e de abrigos de *D. rotundus*, cujos indicadores recomendados são: número de notificações de propriedades agredidas, número de novos abrigos cadastrados, número total e distribuição de abrigos e número de abrigos monitorados. No Brasil, algumas UFs (DF, RJ, TO e SP) já possuem registro de mordeduras de *D. rotundus*.

Neste sentido, o PNCRH deve utilizar seus esforços para identificar possíveis áreas de risco utilizando os indicadores citados, visando a prevenção da raiva transmitida por morcegos hematófagos sobretudo por meio da comunicação de risco aos produtores rurais

e órgãos de saúde pública. Esta proposta visa reduzir as intervenções nas populações de morcegos e prevenir a ocorrência da doença não apenas em função da notificação passiva de suspeitas.

O PNCRH é um programa de saúde animal que gera grande volume de dados e tem boa adesão dos proprietários, visto que a notificação da raiva não acarreta embargos à propriedade e promove o pronto atendimento do SVO. Este é um programa necessário para a proteção dos animais de produção e da saúde pública, sendo a raiva uma zoonose listada pela OMSA como doença transmissível de importância socioeconômica e em saúde pública. Este estudo descreveu o sistema de vigilância tal como vem sendo implementado no Brasil, identificou pontos críticos e gargalos do sistema e apontou ideias para otimizar os esforços de vigilância e controle da raiva dos herbívoros no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada** / Eduardo. Almeida. -- Campinas, SP: Editora Alinea,. 2012.
- ANDERSON, A. et al. Economic Evaluation of Vampire Bat (*Desmodus rotundus*) Rabies Prevention in Mexico. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 61, n. 2, p. 140–146, abr. 2012.
- ANSELIN, L.; IBNU S.; YOUNGIHN, K. 2006. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geographical Analysis* 38 (1), 5-22.
- BENAVIDES, J. A. et al. **Defining New Pathways to Manage the Ongoing Emergence of Bat Rabies in Latin America** *Viruses* MDPI AG, , 1 set. 2020.
- BLACKWOOD, J. C. et al. Resolving the roles of immunity, pathogenesis, and immigration for rabies persistence in vampire bats. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 51, p. 20837–20842, 17 dez. 2013.
- BOLÍVAR-CIMÉ, B. et al. Influence of landscape structure on the abundance of *Desmodus rotundus* (Geoffroy 1810) in northeastern Yucatan, Mexico. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 6, n. 17, p. 263, 2019.
- BRAGA, G. B. et al. Predictive qualitative risk model of bovine rabies occurrence in Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 113, n. 4, p. 536–546, 2014.
- BRASIL. **Controle da raiva dos herbívoros: manual técnico**. 2<sup>a</sup> ed. Brasília: [s.n.]. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Análise de indicadores epidemiológicos da raiva dos herbívoros no Brasil. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ficha Técnica da Raiva dos Herbívoros. 2020. Disponível em: <  
[https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/fichas\\_tecnicas/Ficha\\_Tecnica\\_RAIVA\\_fi\\_nal\\_abr20.pdf](https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/fichas_tecnicas/Ficha_Tecnica_RAIVA_fi_nal_abr20.pdf)>. Acessado em maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <  
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/saude-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/raiva-dos-herbivoros-e-eeb>> Acessado em maio de 2022.

CALBA, C. et al. Surveillance systems evaluation: A systematic review of the existing approaches. **BMC Public Health**, v. 15, n. 1, 2015.

CAMERON, A. et al. Documenting disease freedom in swine by combination of surveillance programmes using information from multiple non- survey-based sources. **Environments**, n. 93, 2003.

CONDORI-CONDORI, R. E. et al. Enzootic and epizootic rabies associated with vampire bats, Peru. **Emerging Infectious Diseases**, v. 19, n. 9, p. 1463–1469, 2013.

DÓREA, F. C. et al. Syndromic surveillance using laboratory test requests: A practical guide informed by experience with two systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 116, n. 3, p. 313–324, 1 out. 2014.

DÓREA, F. C.; SANCHEZ, J.; REVIE, C. W. **Veterinary syndromic surveillance: Current initiatives and potential for development** **Preventive Veterinary Medicine**, 1 ago. 2011.

DREWE, J. A. et al. Evaluation of animal and public health surveillance systems: A systematic review. **Epidemiology and Infection**, v. 140, n. 4, p. 575–590, 2012.

ECDC. **European Centre for Disease Prevention and Control - Data quality monitoring and surveillance system evaluation- A handbook of methods and applications**. Stockolm: [s.n.].

FRÖSSLING, J. et al. Surveillance system sensitivities and probability of freedom from *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection in Swedish cattle. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 108, n. 1, p. 47–62, 2013.

GODINHO, I. Três crianças indígenas de MG morrem por raiva humana em um mês. Folha de São Paulo, 04 de maio de 2022. Disponível em: < <https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2022/05/tres-criancas-indigenas-de-mg-morrem-por-raiva-humana-em-um-mes.shtml> > Acessado em junho de 2022

GROSBOIS, V. et al. A rationale to unify measurements of effectiveness for animal health surveillance. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 120, n. 1, p. 70–85, jun. 2015.

JOHNSON, N.; ARÉCHIGA-CEBALLOS, N.; AGUILAR-SETIEN, A. Vampire bat rabies: Ecology, epidemiology and control. **Viruses**, v. 6, n. 5, p. 1911–1928, 29 abr. 2014.

MARTIN, P. A. J. et al. Assessing the efficacy of general surveillance for detection of incursions of livestock diseases in Australia. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 121, n. 3–4, p. 215–230, 2015.

MORAN, P. 1948. The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 10 (2): 246-251

ANSELIN, Luc. 1996. “The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association.” In *Spatial Analytical Perspectives on GIS in Environmental and Socio-Economic Sciences*, edited by Manfred Fischer, Henk Scholten, and David Unwin, 111–25. London: Taylor; Francis.

OMSA. World Organization for Animal Health (WOAH). *Guide to Terrestrial Animal Health Surveillance*. 2015.

OMSA. World Organization for Animal Health (WOAH). *Terrestrial Animal Health Code*. 2021. Disponível em: < <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/> >. Acessado em maio de 2022.

OLIVAL, K. J. et al. Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. **Nature**, v. 546, n. 7660, p. 646–650, 2017.

OVIEDO-PASTRANA, M. E. et al. Trends in Animal Rabies Surveillance in the Endemic State of Minas Gerais, Brazil. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 3, p. 1–13, 2015.

PANAFTOSA/SPV-OPAS/OMS. **Programa Regional de Raiva em Herbívoros Domésticos**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/documentos/programa-regional-das-americas-para-prevencao-e-controle-da-raiva-transmitida-por>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

PETROVAN, S. et al. Post COVID-19: a solution scan of options for preventing future zoonotic epidemics. **Osf**, 2020.

PEYRE, M. et al. The RISKSUR EVA tool (Survtool): A tool for the integrated evaluation of animal health surveillance systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 173, p. 104777, 1 dez. 2019.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RISKSUR. Risk-based Animal Health Surveillance Systems. Glossary. 2015. Disponível em < <https://www.fp7-risksur.eu/terminology/glossary> >. Acessado em maio de 2022.

ROCHA, F. et al. Relations between topography, feeding sites, and foraging behavior of the vampire bat, *Desmodus rotundus*. **Journal of Mammalogy**, n. X, p. 1–8, 2019.

ROCHA, F.; DIAS, R. A. The common vampire bat *Desmodus rotundus* (Chiroptera: Phyllostomidae) and the transmission of the rabies virus to livestock: A contact network approach and recommendations for surveillance and control. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 174, 1 jan. 2020.

SHWIFF, S. A. et al. Cost–benefit analysis of controlling rabies: placing economics at the heart of rabies control to focus political will. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 37, n. 2, p. 681–689, 2018.

STREICKER, D. G. et al. Ecological and anthropogenic drivers of rabies exposure in vampire bats: Implications for transmission and control. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1742, p. 3384–3392, 2012.

STREICKER, D. G.; ALLGEIER, J. E. Foraging choices of vampire bats in diverse landscapes: potential implications for land-use change and disease transmission. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 4, p. 1280–1288, 1 ago. 2016.

THE LANCET. Zoonoses: beyond the human–animal–environment interface. **The Lancet**, v. 396, n. 10243, p. 1, 2020.