

Série Histórica de Casos de Raiva em Herbívoros em Rondônia, Brasil: Distribuição, Zonas de Recorrência e Impacto da Urbanização Territorial

Historical Series of Rabies Cases in Herbivores in Rondônia, Brazil: Distribution, Recurrence Zones, and the Impact of Territorial Urbanization

Rodrigo Izuro Fujihara^a; Pedro Cesar Savi Filho^a; Dâmaris de Oliveira Bezerra do Nascimento^a; Andrea Marizol Novoa Castillo Oliveira^a; Maria Carolina Ricciardi Sbizzera^a; Diego Leonardo Rodrigues^b; Leila Cristiane Mafra^c; Giovana Milena Ferrarini^c; Luiz Fernando Coelho da Cunha Filho^{*a}

^aUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal. MT, Brasil.

^bMinistério da Agricultura e Pecuária, Superintendência Federal de Agricultura. PR, Brasil.

^cUniversidade Anhanguera Unopar, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção Animal. Araçatuba, Brasil.

*E-mail: luiz.cunha@cogna.com.br

Resumo

A raiva é uma doença zoonótica responsável por surtos em herbívoros, que tem suscitado a necessidade de medidas de controle sanitário e epidemiológico contínuas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os casos de raiva em herbívoros, no estado de Rondônia (RO), em uma série histórica entre 2002 e 2022, avaliar variáveis sociodemográficas que possam auxiliar no entendimento do perfil epidemiológico da raiva, e identificar zonas de risco recorrente. Para isso foram coletados, junto à Agência de Defesa Sanitária Agrossilvopastoril do Estado de Rondônia (IDARON), dados de casos positivos de raiva, informações relativas aos municípios de ocorrência e espécies herbívoras afetadas e cruzamento dessas informações com a localização geográfica das propriedades e variáveis sociodemográficas dos municípios coletadas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram identificados 226 casos de raiva distribuídos em 48 municípios de Rondônia com predomínio de casos de raiva bovina (89,8%) em comparação à equina (10,2%). Os últimos dez anos foram marcados pela diminuição de 67% nos casos de raiva em comparação aos primeiros dez anos da série histórica avaliada. Curiosamente, uma sobreposição espacial dos casos revelou que as zonas recorrentes de casos de raiva em bovinos e equinos se alteraram nos últimos anos, e foi identificada uma correlação positiva entre o número de casos e os municípios com maior área urbanizada e maior poder aquisitivo. A identificação de alterações nas zonas de casos positivos e a relação entre municípios mais urbanizados podem nortear novas estratégias para o controle da raiva em herbívoros.

Palavras-chave: Raiva Bovina. Vigilância. Áreas Urbanas.

Abstract

Rabies is a zoonotic disease responsible for outbreaks in herbivores that has raised the need for continuous sanitary and epidemiological control measures. The present work aimed to characterize cases of rabies in herbivores in the state of Rondônia (RO) in a historical series between 2002 and 2022, evaluate sociodemographic variables that can help in understanding the epidemiological profile of rabies, and identifying areas of recurrent risk. For this purpose, data on positive cases of rabies, information relating to the municipalities of occurrence and affected herbivorous species were collected from Agência de Defesa Sanitária Agrossilvopastoril do Estado de Rondônia (IDARON), and cross-referencing of this information with the geographical location of the properties and sociodemographic variables of municipalities collected from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). 226 cases of rabies were identified across 48 municipalities in RO, with a predominance of cases of bovine rabies (89.8%) compared to equine rabies (10.2%). The last 10 years were marked by a 67% decrease in rabies cases compared to the first 10 years of the historical series evaluated. Interestingly, a spatial overlap of cases revealed that the recurrent areas of rabies cases in cattle and horses have changed in recent years, and a positive correlation was identified between the number of cases and municipalities with the largest urbanized area and greater purchasing power. The identification of changes in the areas of positive cases and the relationship between more urbanized municipalities can guide new strategies for controlling rabies in herbivores.

Keywords: Bovine Rabies. Surveillance. Urban Areas.

Introdução

A raiva é uma doença zoonótica causada pelo vírus da raiva (VR), que provoca encefalite aguda progressiva. Globalmente, resulta em 59.000 mortes humanas anuais, com cerca de 600 mil atendimentos antirrábicos no Brasil por ano (Estima *et al.*, 2022). A variabilidade das cepas do vírus da raiva (VR) permite a infecção de muitos mamíferos. Na América do Sul, variantes desse vírus da raiva estão associadas a morcegos hematófagos e aumentam os reservatórios virais, dificultando o controle da doença (Fisher; Streicker; Schnell, 2018).

Estudos recentes reforçam a presença do vírus da raiva (VR) em uma ampla gama de mamíferos selvagens no

Brasil (Fornazari *et al.*, 2022), tendo, além de morcegos, primatas não-humanos como reservatórios (Kotait *et al.*, 2019). Análises históricas indicaram uma diminuição muito acentuada nos casos de raiva em humanos transmitidos por cães e morcegos nas últimas quatro décadas na América Latina e Caribe, incluindo o Brasil (Sánchez *et al.*, 2019).

Essa queda não está associada a uma diminuição efetiva do número de casos de raiva em cães ou em morcegos, por exemplo. Sendo os principais transmissores de raiva nas Américas, os morcegos hematófagos e não-hematófagos, em especial, o *Desmodus rotundus*, apresentam um desafio ao controle da raiva. Diversos estados do Brasil, incluindo Goiás e Paraná, além das Regiões Sul, Norte e Centro-Oeste

apresentam manutenção, ainda que decrescente, de casos de raiva, em parte em função da presença de condições favoráveis à sobrevivência do *D. rotundus* (Almeida *et al.*, 2019; Andrade *et al.*; 2020; Batista *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2008; Terra *et al.*, 2018) which may contribute to the control and prophylaxis of the disease. This study analyzed the spatial-temporal distribution of rabies outbreaks in livestock in Pará state, Brazil, from 2004 to 2013. We used records of neurological syndromes obtained from the state's livestock authority (Adepará).

Não obstante, surtos de raiva em hospedeiros herbívoros têm suscitado a necessidade de medidas de controle sanitário e epidemiológico contínuas. Nesta perspectiva, o Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) foi instituído no Brasil como uma estratégia para estabelecer ações efetivas para o controle da ocorrência de raiva em herbívoros por meio de medidas profiláticas, controle de vetores e vigilância epidemiológica (Brasil, 2009).

O *D. rotundus* é o principal transmissor da raiva para herbívoros. Alguns trabalhos sugerem que a raiva seja responsável por até 30% dos casos de síndromes neurológicas em herbívoros no Paraná e em Goiás, incluindo casos em áreas de conservação (Andrade *et al.*; 2020; Terra *et al.*, 2018). Fujihara *et al.* (2021), no estado de Rondônia (RO), observaram a diminuição territorial do habitat de morcegos que pode estar associada com a alteração na incidência de casos de raiva em herbívoros na região.

Os casos de raiva em herbívoros e outras espécies, no entanto, não parecem sofrer influência apenas da presença de morcegos transmissores, como o *D. rotundus*. Outras variáveis, como fatores climáticos, períodos chuvosos, variações de temperatura e disponibilidade de habitat para morcegos parecem contribuir, senão direta, ao menos indiretamente, para a ocorrência de surtos de raiva (Santos *et al.*, 2019).

Uma análise espaço-temporal na Costa Rica traçou fortes evidências de que o desmatamento possa agir como preditor de surtos de raiva em bovinos (Jones *et al.*, 2024). Modelos preditivos de risco de transmissão de raiva de morcegos a bovinos no Brasil indicaram risco elevado de ocorrência de surtos de raiva, na maioria dos municípios estudados, com apenas 5% dos municípios sendo categorizados como de baixo risco (Braga *et al.*, 2014). Este modelo qualitativo engloba variáveis como ocorrência prévia de surtos de raiva, mudanças ambientais, presença de morcegos transmissores e positividade das amostras.

Ao conciliar os estudos, é possível sugerir que variáveis sociais e demográficas dos municípios afetados pelos surtos de raiva, como os relativos à renda e áreas de urbanização, possam também estar associados com um aumento ou diminuição dos casos, o que permitiria explicar melhor os surtos de raiva em herbívoros, que representam um problema contínuo de saúde pública com influência direta sobre a economia.

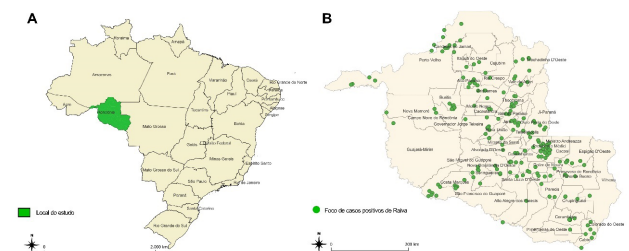
Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os casos de raiva em herbívoros no estado de Rondônia em uma série histórica englobando os anos 2002 a 2022. Para isso, foram utilizados dados de casos de raiva obtidos junto à Agência de Defesa Sanitária Agrossilvopastoril do Estado de Rondônia (IDARON), além de identificar variáveis sociodemográficas que possam auxiliar no entendimento do perfil epidemiológico dos casos de raiva em herbívoros e identificação de áreas de risco recorrentes para direcionamento de políticas públicas.

2 Material e Métodos

2.1 Delineamento e área de estudo

Foi realizado um estudo retrospectivo com dados secundários provenientes da Agência de Defesa Sanitária Agrossilvopastoril do Estado de Rondônia (IDARON, Porto Velho, RO¹), sobre a ocorrência de casos de Raiva em herbívoros nos municípios do estado de Rondônia, no período entre janeiro de 2002 e junho de 2022. O IDARON é órgão responsável por planejar, executar, coordenar, fiscalizar e supervisionar o que concerne às políticas públicas de defesa sanitária animal em Rondônia. O estado de Rondônia é o décimo terceiro maior estado e está situado na Região Norte do país, com uma área territorial de 237.754,172 Km² distribuída em 52 municípios, e uma população de mais de 1,5 milhão de habitantes (Figura 1A).

Figura 1 - Distribuição geográfica dos focos de raiva no estado de Rondônia entre 2002 e 2022. (A) Delimitação da área de estudo (verde) representando o estado de Rondônia. (B) Distribuição dos focos de surto de raiva no estado de RO



Fonte: dados da pesquisa

2.2 Coleta e processamento de dados

Dados de casos positivos de raiva foram coletados do banco de dados do IDARON, além de informações relativas aos municípios de ocorrência, nome das propriedades, espécies herbívoras afetadas (bovina e equina), data de coleta, resultado dos exames, e localização geográfica das propriedades para georreferenciamento. Dados de municípios, além dos limites territoriais de Rondônia e referentes a outras espécies, que não as bovinas e equinas, foram excluídas das análises. O diagnóstico de Raiva foi feito por meio do Teste de Imunofluorescência Direta (TIFD) e Prova Biológica em camundongos (PB), segundo as diretrizes da Organização

Mundial de Saúde (OMS) e do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH).

2.3 Indicadores epidemiológicos e geográficos

Para uma análise espacial dos casos de raiva, os dados dos exames positivos no estado de Rondônia e a localização das propriedades de ocorrência foram correlacionados com os dados dos municípios disponíveis no Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)². Os focos de casos positivos foram distribuídos, geograficamente, por município usando o software QGIS® versão 3.26.3 Buenos Aires³.

Os mapas territoriais dos estados do Brasil e das cidades do estado de Rondônia, no formato de arquivos shape⁴, foram utilizados para relacionar com dados de casos de raiva ($Casos_p$) e localização geográfica das propriedades nos respectivos municípios de Rondônia.

Os focos com casos de raiva foram localizados usando o sistema de coordenadas GMS, de grau (°), minutos (') e segundos ("), com geometria SRC EPSG:4326-WGS84 utilizando o QGIS® versão 3.26.3 Buenos Aires. Em seguida, os casos positivos foram agrupados, segundo a espécie hospedeira (bovinos ou equinos) em duas séries históricas,

entre 2002 e 2012 (Série 1) e entre 2013 e 2022 (Série 2) para análise temporal.

As séries temporais de casos de raiva foram sobrepostas, espacialmente, para identificação de focos de surto recorrente ao longo do período de estudo. Foram considerados positivos, na série temporal, os municípios que apresentaram um ou mais casos positivos por dois ou mais anos consecutivos.

2.4 Variáveis sociodemográficas

A fim de identificar o impacto de variáveis sociais e demográficas nos focos de raiva no estado de Rondônia, os dados de $Casos_p$ foram mesclados com os seguintes dados sociodemográficos dos municípios: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), valor do Salário Médio Mensal do Trabalhador (SMM_T), Taxa de Escolaridade de 6 a 14 anos (TE_{6-14}), o valor do Produto Interno Bruto *per capita* (PIB_{pc} , referente a 2021), a Área da Unidade Territorial ($Área_{UT}$) e a Área Urbanizada (AU) de cada município. Os valores de IDH variam entre 0 e 1; o valor da renda do SMM_T brasileiro é de aproximadamente US\$ 265 (dólar americano); a TE_{6-14} varia de 0 a 100%; o valor do PIB_{pc} é dado em Real brasileiro (R\$), e a $Área_{UT}$ e a AU são dadas em Km² (Quadro 1).

Quadro 1 - Características sociodemográficas dos municípios de Rondônia

Município	Indicadores sociodemográficos [†]					$Área_{UT}$ (Km ²)
	IDH	TE_{6-14} (%)	SMM_T	PIB_{pc} (R\$) [‡]	Área urbanizada (AU)	
Alta Floresta D'Oeste	0,641	95,7	1,8	32.619,88	6,46	7067,127
Alto Paraíso	0,625	95,7	2	22.929,34	4,6	2651,822
Alvorada D'Oeste	0,643	97,6	1,6	25.539,82	4,61	3029,189
Ariquemes	0,702	97,2	2,1	28.878,27	33,26	4426,571
Buritis	0,616	94,9	2,1	23.549,74	7,87	3265,809
Cabixi	0,65	98,1	2	47.051,83	2,24	1314,352
Cacaulândia	0,646	95,5	2,1	43.655,88	1,25	1961,778
Cacoal	0,718	97,6	1,9	32.313,26	28,04	3793
Campo Novo	0,593	90,6	2,3	25.667,21	2,24	3442,005
Candeias do Jamari	0,649	95,7	2,1	23.357,78	9,28	6843,868
Castanheiras	0,658	97,9	1,9	34.083,75	0,92	892,841
Cerejeiras	0,692	98,5	2,1	46.185,81	6,31	2783,3
Chupinguaia	0,652	97	1,9	39.880,28	4,5	5126,723
Colorado D'Oeste	0,685	97,6	1,8	27.923,92	9,18	1451,06
Corumbiara	0,613	97,1	2,2	56.257,46	2,72	3060,321
Costa Marques	0,611	97,6	1,7	16.446,15	6,3	4987,177
Cujubim	0,612	94,4	2,1	17.967,64	5,6	3863,946
Espigão D'Oeste	0,672	95,9	1,8	23.429,38	9,8	4518,038
Gov. Jorge Teixeira	0,593	93,6	2,1	33.566,66	1,49	5067,384
Guajará Mirim	0,657	93,1	2	22.462,79	16,28	24856,88
Itapuã do Oeste	0,614	96,3	2,1	19.413,13	3,47	4081,58
Jaru	0,689	97,8	1,9	34.294,21	15,84	2944,128
Ji-Paraná	0,714	96,6	1,9	32.292,16	43,37	6896,649

1 www.ibge.gov.br, acesso em 26 jun. 2024)

2 (Projeto QGIS, www.qgis.org)

3 (.shp) (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>, acesso em 25 jun. 2024)

Município	Indicadores sociodemográficos [†]					
	IDH	TE ₆₋₁₄ (%)	SMM _T	PIB _{pc} (R\$) [‡]	Área urbanizada (AU)	Área _{UT} (Km ²)
Machadinho D'Oeste	0,596	93,2	1,9	21.338,33	8,95	8509,27
Ministro Andreazza	0,638	95,5	1,9	31.484,85	1,46	798,083
Mirante da Serra	0,643	98	1,7	24.566,50	2,86	1191,875
Nova Brasilândia D'Oeste	0,643	97,5	2	26.762,31	4,85	1703,008
Nova Mamoré	0,587	92,8	1,8	23.076,28	11,51	10070,49
Novo Horizonte do Oeste	0,634	97,5	1,9	28.492,53	2,03	843,446
Ouro Preto do Oeste	0,682	96,1	1,9	27.814,02	9,83	1969,85
Parecis	0,617	97,7	2,2	24.597,92	0,89	2548,683
Pimenta Bueno	0,71	97,7	1,9	44.275,07	13	6241,016
Pimenteiras D'Oeste	0,665	93,8	2	115.753,94	1,27	6014,733
Porto Velho	0,736	94,5	3,2	36.541,49	143,09	34090,95
Presidente Médici	0,664	96,9	1,7	30.827,94	5,53	1758,465
Primavera do Rondônia	0,641	98,6	1,8	39.684,71	1,24	605,692
Rio Crespo	0,643	97,8	2	47.991,20	0,87	1717,64
Rolim de Moura	0,7	97,9	1,8	28.076,24	23,22	1457,811
Santa Luzia D'Oeste	0,67	93,9	1,7	35.940,09	2,27	1197,796
São Felipe D'Oeste	0,649	98,7	1,8	26.335,31	1,29	541,647
São Francisco do Guaporé	0,611	95,7	1,8	23.143,16	6,14	10948,59
São Miguel do Guaporé	0,646	98	1,9	39.112,42	6,4	7406,117
Seringueiras	0,598	95,9	2	28.109,66	3,14	3773,505
Theobroma	0,589	98,4	2	24.876,86	1,93	2197,413
Urupá	0,609	96,6	1,6	24.682,00	3,41	831,857
Vale do Anari	0,584	94,8	1,8	24.682,00	2,82	3135,106
Vale do Paraíso	0,627	97,5	1,9	28.605,27	1,49	965,676
Vilhena	0,731	97,8	2,1	40.328,81	39,93	11699,15

Legenda: IDH, Índice de desenvolvimento Humano; TE₆₋₁₄, Taxa de escolarização dos 6 aos 14 anos; PIB_{pc}, Produto Interno Bruto per capita; Área_{UT}, Área da unidade territorial; IP, Índice de positividade.

Fonte: [‡]PIB_{pc} referente a 2021, Censo IBGE 2010.

2.5 Análise estatística

Uma análise descritiva e temporal dos casos por município foi realizada para caracterização dos locais e focos de raiva no estado de Rondônia. Em seguida, uma correlação de Pearson foi utilizada para avaliar a relação entre os indicadores sociodemográficos acima (IDH, SMM_T, TE₆₋₁₄, PIB_{pc}, Área_{UT} e AU), os Casos_p e as espécies herbívoras (bovinos e equinos) usando o software GraphPad Prism versão 9.0.0 (GraphPad Prism Software. San Diego, CA, EUA) para Windows. Valores de p < 0.05 foram considerados estatisticamente significativos.

3 Resultados e Discussão

No estado de Rondônia (RO), em um recorte temporal entre janeiro de 2002 e junho de 2022, foram registrados 226 casos de raiva em herbívoros, incluindo bovinos e equinos, concentrados em 48 cidades do estado (92,3%) e mais de 150 propriedades como focos (Figura 1B). Apenas as cidades de Alto Alegre do Parecis, Nova União, Teixeiraópolis e Monte Negro não apresentaram casos no período. Tendo em vista o período de análise, os anos de 2003 e 2007 apresentaram o maior número de casos (n=35, 15,5%; n = 28, 12,4%, respectivamente) e os anos de 2011 e 2014 os menores, com apenas 1 caso cada (0,4% cada; Quadro 2).

Quadro 2 - Casos positivos de raiva no estado de Rondônia segundo os municípios de ocorrência

Município	Número de casos positivos (n)																					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Alta Floresta D'Oeste	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Alto Paraíso	0	0	0	0	0	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Alvorada D'Oeste	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
Ariquemes	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	7
Buritis	0	0	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Cabixi	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Cacaulândia	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cacoal	3	3	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	14

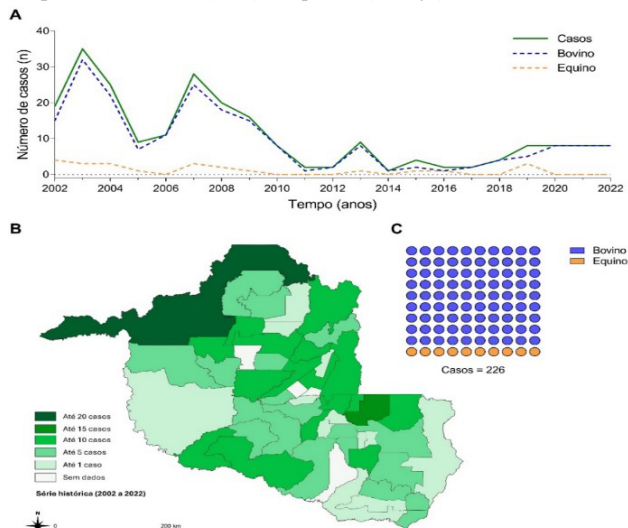
Município	Número de casos positivos (n)																					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Campo Novo	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Candeias do Jamari	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Castanheiras	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cerejeiras	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Chupinguaia	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Colorado D'Oeste	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Corumbiara	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5
Costa Marques	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8
Cujubim	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Espigão D'Oeste	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Gov. Jorge Teixeira	0	1	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Guajará Mirim	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Itapuã do Oeste	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Jaru	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Ji-Paraná	0	1	3	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10
Machadinho D'Oeste	0	1	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
Ministro Andreazza	1	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Mirante da Serra	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Nova Brasilândia D'Oeste	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	10
Nova Mamoré	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Novo Horizonte do Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Ouro Preto do Oeste	0	1	0	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Parecis	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	8
Pimenta Bueno	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Pimenteiras D'Oeste	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Porto Velho	2	5	3	1	1	0	2	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19
Presidente Médici	0	3	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Primavera do Rondônia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rio Crespo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rolim de Moura	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Santa Luzia D'Oeste	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
São Felipe D'Oeste	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
São Francisco do Guaporé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7	0	0	10
São Miguel do Guaporé	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
Seringueiras	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	5
Theobroma	0	5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
Urupá	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Vale do Anari	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Vale do Paraíso	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Vilhena	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: dados da pesquisa.

A diminuição abrupta após picos acentuados de casos foi observada em 2005 e nos anos seguintes a 2007 (Figura 2A). A tendência de baixa prevalência de casos após esse período foi levemente impactada em meados de 2019. Grande parte

dos casos estudados, cerca de 89,8%, representaram casos em bovinos, sendo a raiva equina de frequência acentuadamente menor, apenas 10,2% (Figura 2B).

Figura 2 - Distribuição temporal e geográfica dos casos de raiva por município em Rondônia, entre 2002 e 2022. (A) Distribuição do número de casos de raiva total (linha verde), em bovinos (linha tracejada azul) e equinos (linha tracejada laranja) por ano. (B) Distribuição de casos totais por município durante o período de estudo. (C) Distribuição do número de casos segundo a espécie hospedeira, bovinos (azul) e equinos (laranja)



Fonte: dados da pesquisa.

Uma análise dos casos de raiva em Rondônia demonstrou uma prevalência de 4,7% entre bovinos (Lopes *et al.*, 2021), além de uma soroprevalência de 17,5% em morcegos (Almeida *et al.*, 2019). A incidência de raiva no estado para bovinos e equinos apresentou diferenças, com uma taxa de 16

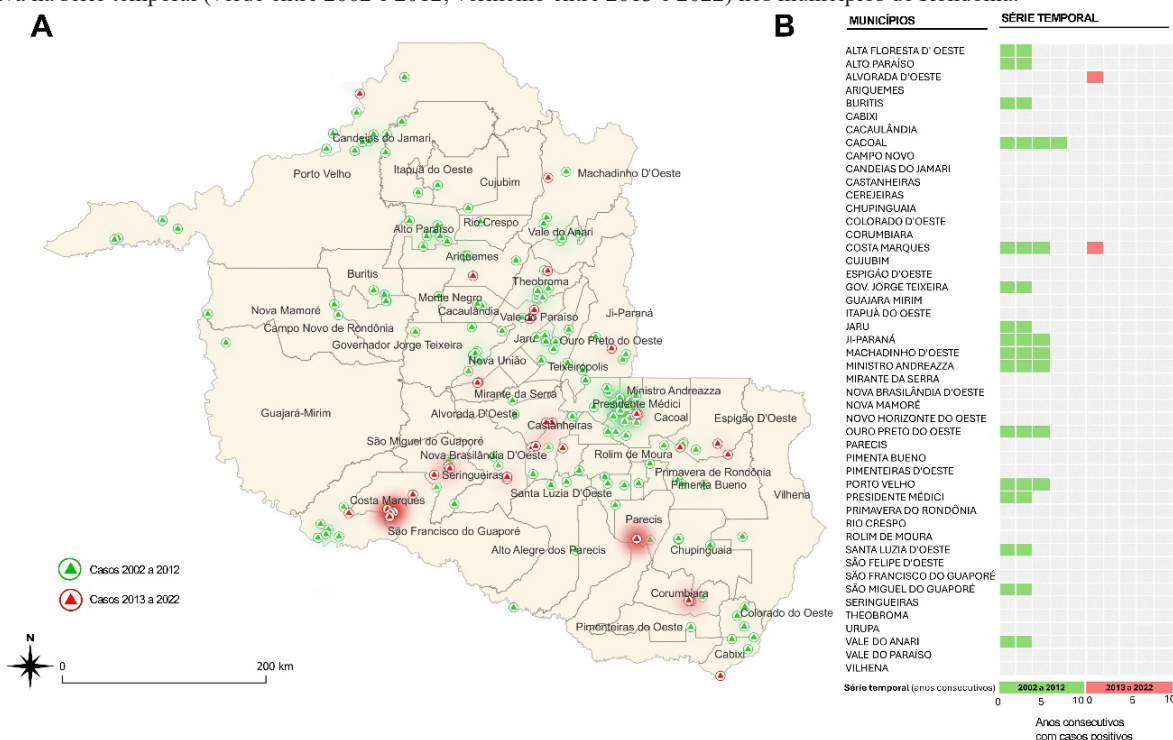
e 126 casos por milhão de animais, respectivamente (Sodré *et al.*, 2023). Diferenças no quantitativo populacional de bovinos e equinos no estado podem explicar, ainda que parcialmente, essa variação nos estudos (Sodré *et al.*, 2023).

No estado do Paraná, os bovinos representam até 75% dos animais afetados contra apenas 18% de equinos, com uma positividade para raiva em bovinos sendo superior a 30% (Andrade *et al.*, 2020), semelhante ao observado na Região Sul do País (40%) (Santos *et al.*, 2019) e em Goiás (29%) (Terra *et al.*, 2018). Em alguns desses estudos, contudo, a distribuição geográfica não é feita, bem como a busca por variáveis que auxiliem a explicar esses índices.

Foi realizado o georreferenciamento das propriedades com casos de raiva bovina e equina em Rondônia, no mapeamento dos 226 focos, utilizando os mesmos dados da série histórica entre Janeiro de 2002 e Junho de 2022. Porto Velho concentrou o maior número de casos, $n = 17$ (7,5%), seguida por Cacoal ($n = 14$, 6,2%), e Ji-Paraná, Ministro Andreazza, Nova Brasilândia D'Oeste e São Francisco do Guaporé com $n = 10$ casos cada (4,4% cada; Figura 2C).

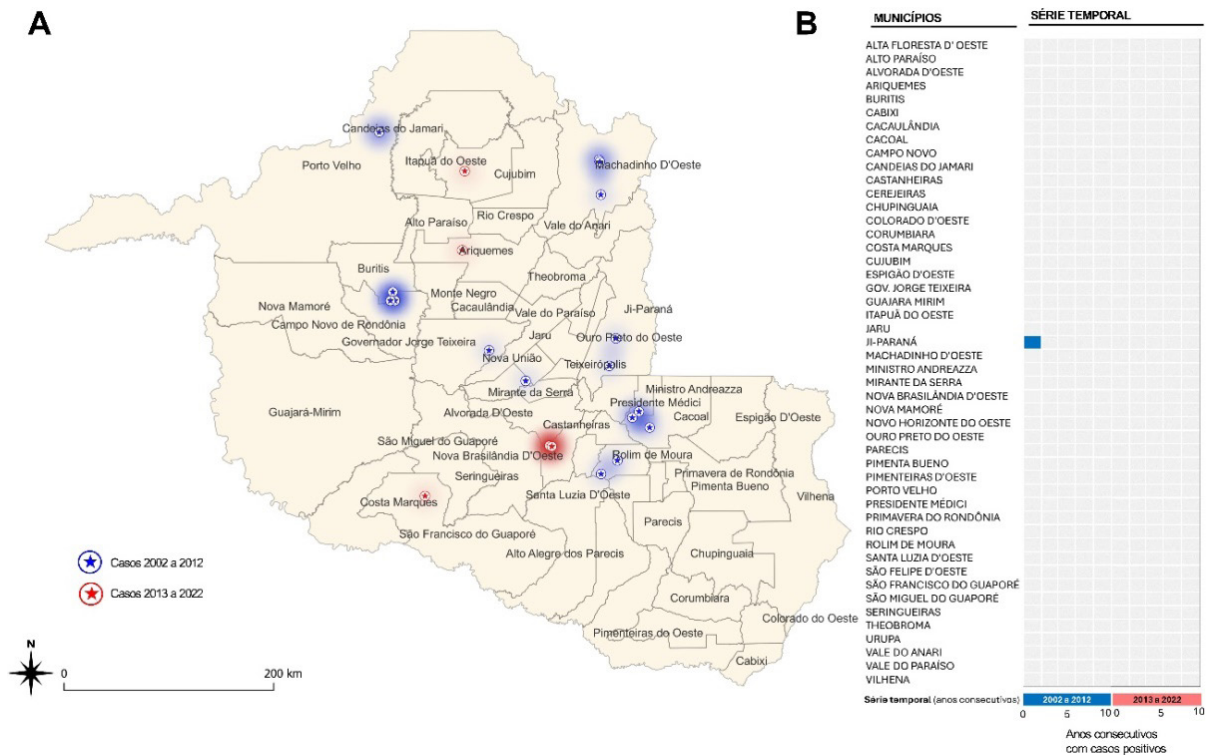
Apesar do grande número de municípios com casos registrados, 12 cidades (23,1%) apresentaram apenas um caso durante toda a série histórica. Com o intuito de identificar zonas de risco recorrente, foi realizada uma sobreposição espacial georreferenciada dos focos de raiva agrupando os mesmos em duas séries temporais, entre 2002 e 2012 (Série 1) e entre 2013 e 2022 (Série 2), tanto para casos em bovinos (Figura 3) como para casos em equinos (Figura 4).

Figura 3 - Zonas de recorrência de casos de raiva bovina no estado de Rondônia, entre 2002 e 2022. (A) Focos de casos de raiva entre 2002 e 2012 (triângulo verde) e entre 2013 e 2022 (triângulo vermelho). Zonas de sombreamento indicam focos de recorrência nos respectivos anos entre 2002 e 2012 (verde) e entre 2013 e 2022 (vermelho). (B) Quantitativo de anos consecutivos com casos positivos de raiva na série temporal (verde entre 2002 e 2012; vermelho entre 2013 e 2022) nos municípios de Rondônia.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4 - Zonas de recorrência de casos de raiva equina no estado de Rondônia, entre 2002 e 2022. (A) Focos de casos de raiva entre 2002 e 2012 (estrela azul) e entre 2013 e 2022 (estrela vermelha). Zonas de sombreamento indicam focos de recorrência nos respectivos anos entre 2002 e 2012 (azul) e entre 2013 e 2022 (vermelho). (B) Quantitativo de anos consecutivos com casos positivos de raiva na série temporal (azul entre 2002 e 2012; vermelho entre 2013 e 2022) nos municípios de Rondônia



Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que para os bovinos quase todos os municípios apresentaram casos de raiva em ambas as Séries. A Microrregião de Cacoal, na qual se situam, entre outros, os municípios de Cacoal, Ministro Andreza e Presidente Médici, apresentaram a maior zona de recorrência na Série 1 (zona verde do mapa; Figura 3A). Curiosamente, na Série 2, se observa uma alteração de zonas de recorrência, concentrada agora nos municípios de Corumbiara, Parecis e Costa Marques (zona vermelha no mapa; Figura 3A), embora estes tenham apresentado expressivamente menos casos que a Microrregião de Cacoal na Série 1. Um total de 16 municípios apresentaram um ou mais casos em anos consecutivos na Série 1 contra apenas dois na Série 2 (Figura 3B). Isso demonstrou não apenas uma importante diminuição de casos na última década de estudo, mas também uma alteração de focos geográficos de raiva.

Dados mais modestos foram observados para casos de raiva em equinos. Embora tenham sido identificadas regiões de zonas recorrentes, como a Microrregião de Cacoal e o município de Campo Novo de Rondônia na Série 1 (zona azul do mapa; Figura 4A) e Nova Brasilândia D'Oeste na Série 2 (zona vermelha do mapa; Figura 4A), o número de casos em ambas as séries temporais equinas foram pequenos. A exceção da Microrregião de Cacoal, não houve zonas recorrentes comuns para casos de raiva em bovinos e equinos no estado. Salienta-se que diferentemente do observado para bovinos, apenas um município apresentou um ou mais casos de raiva,

em anos consecutivos, na série temporal de casos em equinos (Figura 4B).

A tendência de diminuição dos casos de raiva em bovinos e equinos, na última década, pareceu não estar restrita ao estado de Rondônia. Padrões semelhantes foram observados em outros estados brasileiros (Terra *et al.*, 2018) e demais países da América Latina (Sánchez *et al.*, 2019; Ulloa-Stanojlovic; Dias, 2020), bem como menores taxas de incidência em bovinos (Santos *et al.*, 2019). Embora os estados de São Paulo e Mato Grosso apresentem o maior número de casos de raiva equina nos últimos dez anos no Brasil, é possível observar que outros estados apresentaram maior incidência, como o Espírito Santo, enquanto a Região Nordeste apresentou uma tendência de aumento temporal de casos (Oliveira *et al.*, 2022).

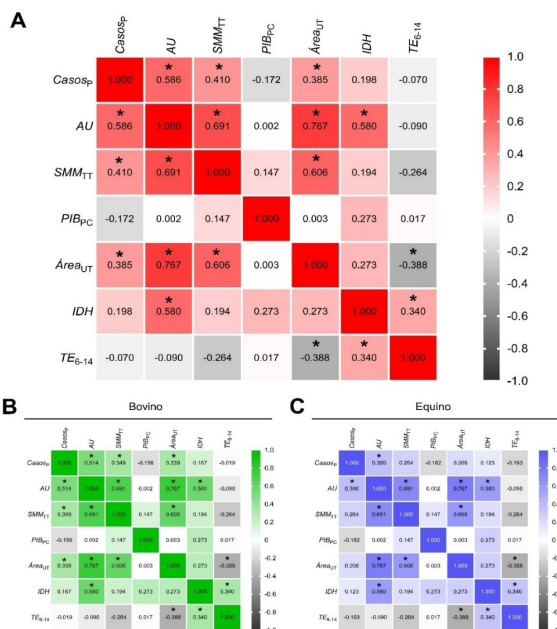
Embora se possa hipotetizar essas observações como o efeito de políticas públicas de controle da raiva, esses dados não permitiram confirmar essa hipótese. Ademais, outras variáveis contribuem para a epidemiologia da raiva, como o quantitativo da população bovina e equina (Sodré *et al.*, 2023) e a proximidade e existência de habitat de morcegos (Jones *et al.*, 2024). É sabido, porém, que outros fatores como mudanças climáticas (Hayes; Piaggio, 2018), alterações de habitat e disponibilidade de alimento (Thoisy *et al.*, 2016), bem como o nível de urbanização das cidades (Scolozzi; Geneletti, 2012) são fatores que podem contribuir na dinâmica epidemiológica da raiva.

Outras variáveis demográficas, bem como sociais,

incluindo a renda, área urbanizada e escolaridade, podem também contribuir para compreender a dinâmica da raiva e influenciar, de maneira positiva ou negativa, a capacidade de resposta tanto dos proprietários quanto das autoridades sanitárias. A fim de identificar variáveis sociodemográficas que possam ter contribuído para os casos de raiva e as zonas de recorrência de raiva no estado de Rondônia, foram coletados dados sociodemográficos de todos os municípios que apresentaram casos positivos de raiva durante o período de estudo junto ao IBGE e foram cruzados com os números de casos positivos.

Nessa análise, foi demonstrado uma correlação positiva entre Área Urbanizada (AU) dos municípios e o número de casos positivos de raiva ($r = 0,586$; $p < 0,0001$; Figura 5A). De modo semelhante, uma correlação positiva entre a Área da Unidade Territorial (Área_{UT}) e o número de casos positivos de raiva ($r = 0,385$; $p < 0,01$; Figura 5A) foi observada. Para compreender se essas variáveis impactaram tanto a raiva em bovinos quanto em equinos, foram analisadas essas espécies em separado (Figura 5B-C). Observa-se que o mesmo padrão de correlação positiva de casos de raiva com AU e Área_{UT} é verdadeiro para raiva em bovinos (Figura 5B), mas apenas Casos_p e AU apresentaram correlação positiva em equinos (Figura 5C).

Figura 5 - Análise de correlação entre os casos de raiva bovina e equina e variáveis sociodemográficas do estado de Rondônia. Correlação entre os casos totais de raiva em herbívoros (A), casos de raiva em bovinos (B) e casos de raiva em equinos (C) e variáveis sociodemográficas do estado de Rondônia. Análise de Correlação de Pearson. Valores de $P < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. * Indicam valores de $P < 0,05$. Índice de desenvolvimento humano (IDH), valor do Salário médio mensal do trabalhador (SMM_T), Taxa de escolaridade de 6 a 14 anos (TE₆₋₁₄), o valor do Produto interno bruto per capita (PIB_{PC}, referente a 2021), a Área da unidade territorial (Área_{UT}) e a Área urbanizada (AU)



Fonte: dados da pesquisa.

Esses dados sugerem que municípios com maior área urbanizada apresentaram correlação com maior número de casos positivos, corroborando a análise espacial dos casos no estado de Rondônia. Embora a Área_{UT} também permitiu essa observação, é necessário salientar o nível de correlação baixo, embora significativo, observado para herbívoros ($r = 0,385$) e bovinos ($r = 0,339$). Como esperado, áreas urbanizadas (AU) apresentaram maior Salário Médio Mensal (SMM_T), e, portanto, também um maior número de casos. Curiosamente, outras variáveis pareceram não contribuir para a positividade dos casos de raiva, entre essas o PIB per capita (PIB_{PC}; $r = -0,172$; $p > 0,05$), o IDH ($r = 0,198$; $p > 0,05$) e a taxa de escolarização (TE₆₋₁₄; $r = -0,070$; $p > 0,05$).

Áreas com maiores níveis de urbanização apresentaram áreas de desflorestamento. O Exemplo da Costa Rica, em que se observou uma relação entre desflorestamento (Jones *et al.*, 2024) e oscilações climáticas em decorrência do El Niño (Hutter *et al.*, 2018) com surtos de raiva em bovinos possibilitou novas abordagens nas análises epidemiológicas da raiva. Além do impacto de variáveis sociodemográficas, territoriais e temporais, alternativas à detecção da raiva (Kanitz *et al.*, 2015; Weiblen *et al.*, 2023) e diagnóstico diferencial de doenças neurológicas em bovinos (Queiroz *et al.*, 2018) podem auxiliar políticas públicas e monitoramento de novos casos.

4 Conclusão

O controle da raiva em herbívoros não se restringe à implementação de estratégias profiláticas e preventivas direcionadas aos herbívoros, mas também a vigilância no que diz respeito aos vetores, as variantes em circulação e as zonas geográficas de ocorrência.

Uma diminuição muito acentuada nos casos de raiva em herbívoros no estado de Rondônia, com alterações nas zonas geográficas nas quais os casos positivos se concentram, além de uma relação entre os casos e municípios mais urbanizados, pode nortear novas estratégias de saúde pública direcionadas para o controle da raiva em herbívoros.

Referências

- ADRIANO KANITZ, F. *et al.* Virus isolation in cell culture for confirmatory diagnostic of rabies in bovine specimens. *Ciênc. Rural*, v.45, n.12, p.2193-2196, 2015. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141690>.
- ALMEIDA, M. F. *et al.* Rabies virus monitoring in bat populations in Rondônia state, Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, v.52, p.1-6, 2019. doi: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0199-2018>.
- ANDRADE, E. A. *et al.* Livestock rabies in Pará state, Brazil: A descriptive study (2004 to 2013). *Pesq. Vet. Bras.*, v.40, n.4, p.234-241, 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6307>.
- BATISTA, H.B.C.R. *et al.* Caracterização de amostras do vírus da raiva, isoladas nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, com anticorpos monoclonais antilissavírus. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.1, p.260-262, 2008. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000100036>.

- BRAGA, G.B. *et al.* Predictive qualitative risk model of bovine rabies occurrence in Brazil. *Prev. Vet. Med.*, v.113, n.4, p.536–546, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.12.011>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Controle da raiva dos Herbívoros: manual técnico. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- ESTIMA, N.M. *et al.* Description of human anti-rabies post-exposure prophylaxis care notifications in Brazil, 2014–2019. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v.31, n.2, p.1–18, 2022. doi: <https://doi.org/10.1590/S2237-96222022000200002>.
- FISHER, C.R.; STREICKER, D.G.; SCHNELL, M.J. The spread and evolution of rabies virus: Conquering new frontiers. *Nature Rev Microbiol.*, v.16, n.4, p.241–255, 2018. doi: <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.11>.
- FORNAZARI, F. *et al.* Seroprevalence to Rabies Virus in Wildlife in Brazil. *J. Wildlife Dis.*, v.58, n.2, p.431–435, 2022. doi: <https://doi.org/10.7589/JWD-D-21-00065>.
- FUJIHARA, R. I. *et al.* More than a decade of reports of rabies in herbivores and loss of bats' habitat in the state of Rondônia. *Rev Ibero-Am. Ciênc. Amb.*, v.12, n. 2, p. 233–239, 2021. doi: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0022>.
- HAYES, M.A.; PIAGGIO, A. J. Assessing the potential impacts of a changing climate on the distribution of a rabies virus vector. *PLoS ONE*, v.13, n.2, p.1–17, 2018. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192887>.
- HUTTER, S. E. *et al.* Assessing changing weather and the El Niño Southern Oscillation impacts on cattle rabies outbreaks and mortality in Costa Rica (1985–2016). *BMC Vet. Res.*, v.14, n.1, p.1–14, 2018. doi: <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1588-8>.
- JONES, C. *et al.* Deforestation and Bovine Rabies Outbreaks in Costa Rica, 1985–2020. *Emerg. Infectious Dis.*, v.30, n.5, p.1039–1042, 2024. doi: <https://doi.org/10.3201/eid3005.230927>.
- KOTAIT, I. *et al.* Non-human primates as a reservoir for rabies virus in Brazil. *Zoonoses and Public Health*, v.66, n.1, p.47–59, 2019. doi: <https://doi.org/10.1111/zph.12527>.
- LOPES, T.V. *et al.* Estudo retrospectivo da prevalência de raiva bovina no Estado de Rondônia e sua distribuição entre os anos de 2009 e 2018. *Res. Soc. Develop.*, v.10, n.9, p.e35510918038, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18038>.
- OLIVEIRA, F.A.S. *et al.* Geographical and temporal spread of equine rabies in Brazil. *Acta Trop.*, v.227, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106302>.
- QUEIROZ, G. R. *et al.* Differential diagnosis of neurologic diseases of cattle in the state of Paraná. *Pesq. Vet. Bras.*, v.38, n.7, p.1264–1277, 2018. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5429>.
- SÁNCHEZ, M. DEL P. *et al.* Rabia en las Américas, varios desafíos y «Una Sola Salud»: artículo de revisión. *Rev Investig. Vet. del Perú*, v.30, n.4, p.1361–1381, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17149>.
- SANTOS, B. L. *et al.* Epidemiological study of rabies in cattle in southern Brazil: Spatial and temporal distribution from 2008 to 2017. *Pesq. Vet. Bras.*, v.39, n.7, p.460–468, 2019. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-6160-PVB-6088>.
- SCOLOZZI, R.; GENELETTI, D. A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity. *Environ. Impact Assess. Rev.*, v.36, p.9–22, 2012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2012.03.001>.
- SODRÉ, D.N.A. *et al.* Epidemiology and control of rabies in cattle and equines in Rondônia State, a Brazilian's Legal Amazon Area. *Animals*, v.13, n.18, p.1–16, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/ani13182974>.
- TERRA, J. P. *et al.* Neurological diseases of cattle in the state of Goiás, Brazil (2010–2017). *Pesq. Vet. Bras.*, v.38, n.9, p.1752–1760, 2018. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5768>.
- THOISY, B. *et al.* Bioecological Drivers of Rabies Virus Circulation in a Neotropical Bat Community. *PLoS Neglected Trop. Dis.*, v.10, n.1, p.1–21, 2016. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004378>.
- ULLOA-STANOJLOVIC, F.M.; DIAS, R.A. Spatio-temporal description of bovine rabies cases in Peru, 2003–2017. *Transboundary Emerg. Dis.*, v.7, n.4, p.1688–1696, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/tbed.13512>.
- WEIBLEN, R. *et al.* An RT-rtPCR assay for detection of rabies virus in bovine specimens. *Ciência Rural*, v.53, n.1, p.1–7, 2023. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210709>.