

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA RAIVA DOS
HERBÍVOROS E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE
VIGILÂNCIA E CONTROLE POR QUADRANTES EM MATO
GROSSO DO SUL**

Monique Cândido da Silva
Médica Veterinária

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA RAIVA DOS
HERBÍVOROS E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE
VIGILÂNCIA E CONTROLE POR QUADRANTES EM MATO
GROSSO DO SUL**

Discente: Monique Candido da Silva

Orientadora: Profa. Dra. Adolorata Aparecida Bianco Carvalho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias - Medicina Veterinária Preventiva.

2024

S586a

Silva, Monique Candido da

Avaliação do risco de ocorrência da raiva dos herbívoros e planejamento estratégico de vigilância e controle por quadrantes em Mato Grosso do Sul / Monique Candido da Silva. -- Jaboticabal, 2024

52 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Adolorata Aparecida Bianco Carvalho

1. Árvores de decisão. 2. Legislação sanitária. 3. Modelagem de dados. 4. Knowledge. 5. Raiva. I. Título.

POTENCIAL IMPACTO DA PESQUISA

Ao quantificar o risco de ocorrência da raiva dos herbívoros em cada propriedade rural de Mato Grosso do Sul, através da integração de variáveis geográficas e sanitárias georreferenciadas, o método apresentado possibilita a realização de vigilâncias sanitárias precisamente direcionadas para os locais mais críticos, aumentando a capacidade de detecção precoce de casos e de resposta rápida contra a doença. Essa abordagem apresenta uma contribuição significativa para a sociedade, pois protege tanto a saúde animal quanto a saúde humana, já que reduz os riscos de acontecer zoonoses, bem como suas repercussões financeiras. Além disso, por direcionar as ações do Serviço Veterinário Oficial, diminui os gastos governamentais, especialmente em casos de intervenções emergenciais, e os prejuízos na cadeia pecuária, o que favorece a sustentabilidade econômica das comunidades rurais.

Sendo assim, a metodologia proposta fortalece as políticas públicas para a promoção de saúde e para o fortalecimento econômico, além de servir como modelo para outros estados brasileiros e países que enfrentam desafios semelhantes na gestão de zoonoses e de outras doenças de interesse econômico. Ao alinhar eficiência operacional, sustentabilidade e adaptação às demandas dinâmicas da vigilância sanitária, este trabalho representa uma solução inovadora e replicável, que pode contribuir para o aprimoramento da defesa sanitária em diferentes contextos geográficos e epidemiológicos.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

By quantifying the risk of herbivore rabies occurrence in each rural property through the integration of georeferenced geographical and sanitary variables, the presented method enables precisely targeted surveillance in the most critical areas. This enhances the capacity for early case detection and rapid response in combating the disease. This approach makes a significant contribution to society by protecting both animal and human health, as it reduces the risk of zoonoses and their associated economic impacts. Furthermore, by guiding the actions of the Official Veterinary

Service, it decreases public resource expenditures, particularly in emergency interventions, and mitigates losses in livestock farming, thereby promoting the economic sustainability of rural communities.

Thus, the proposed methodology strengthens public policies aimed at health promotion and economic development. It also serves as a model for other Brazilian states and countries facing similar challenges in managing diseases in animals and humans. By aligning operational efficiency, sustainability, and adaptability to the dynamic demands of sanitary surveillance, this work represents an innovative and replicable solution, contributing to the strengthening of sanitary defense in various geographical and epidemiological contexts.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA RAIVA DOS HERBÍVOROS E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE VIGILÂNCIA E CONTROLE POR QUADRANTES EM MATO GROSSO DO SUL

AUTORA: MONIQUE CANDIDO DA SILVA

ORIENTADORA: ADOLORATA APARECIDA BIANCO CARVALHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências Veterinárias, área: Saúde Única pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ADOLORATA APARECIDA BIANCO CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Reprodução e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. CLAYTON BERNARDINELLI GITI (Participação Virtual)
Departamento de Epidemiologia e Saúde Pública / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) - Seropédica/RJ

Profa. Dra. KARINA PAES BÜRGER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de novembro de 2024



Documento assinado digitalmente
CLAYTON BERNARDINELLI GITI
Data: 14/11/2024 16:32:09-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Monique Candido da Silva, nascida em Paranaíba/MS em 27 de abril de 1990, é médica veterinária formada pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) em 2012. Nesse mesmo ano, realizou estágio supervisionado na MARFRIG Global Foods, focado na Garantia da Qualidade de frigoríficos de bovinos e participou do Programa de Extensão Universitária em estágio na Università degli Studi di Torino, Itália. Desde 2014, atua como Fiscal Estadual Agropecuária na Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (IAGRO) em Mato Grosso do Sul. Especializou-se em Defesa Sanitária e Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal pela Universidade Candido Mendes em 2019, adquirindo vasta experiência em legislação, qualidade e sanidade animal. Participou de diversos cursos, treinamentos e congressos, envolvendo controle de doenças de notificação obrigatória e inspeção de produtos de origem animal, além de receber treinamento para integrar o Grupo Especial de Atenção a Suspeitas de Enfermidades Emergenciais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar ao longo desta trajetória de crescimento e realização, e à minha família, pelo apoio constante. Sou especialmente grata ao meu marido, Luiz Fernando Maia, cuja parceria e contribuição nas análises foram inestimáveis, e ao meu primo, Eduardo Pretto, pela valiosa ajuda com os mapas, fundamentais para este trabalho.

Expresso também minha profunda gratidão à IAGRO, pela disponibilização dos dados necessários, e aos colegas da instituição, que contribuíram na construção das ideias. Aos estimados fiscais estaduais agropecuários agradeço pela compreensão e pelo apoio durante os momentos em que precisei me ausentar para dedicar-me ao mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Raiva: Definição e Importância	2
2.2. O Agente Etiológico	2
2.3. Epidemiologia	4
2.4. O Morcego Hematófago	5
2.5. A raiva e a Saúde Pública.....	5
2.6. A raiva e a Saúde Animal	8
2.7. Distribuição	8
2.8. A Raiva em Mato Grosso do Sul	10
2.9. Sistema de Vigilância Sanitária Animal	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Área de Estudo	14
3.2. Fonte de Dados	15
3.3. Risco de Ocorrência de Raiva	15
3.3.1. Propriedades Rurais	16
3.3.2. Presença e Densidade de Bovinos	17
3.3.3. Habitat Favorável	17
3.3.4. Abrigos Cadastrados	18
3.3.5. Histórico de Focos	18
3.3.6. Árvore de Cenário	18
3.3.7. Determinação das Regiões de Maior Risco	20
3.4. Planejamento Estratégico de Vigilância Sanitária	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Classificação de Risco das Propriedades Rurais	23
4.2. Classificação de Risco dos Quadrantes	27
4.3. Planejamento Estratégico de Vigilâncias Sanitárias	30
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS	36

AVALIAÇÃO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA RAIVA DOS HERBÍVOROS E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE VIGILÂNCIA E CONTROLE POR QUADRANTES EM MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

RESUMO - A raiva dos herbívoros, especialmente em bovinos, é um problema significativo para a saúde animal em Mato Grosso do Sul. Isso porque, a presença dos morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* e a alta densidade dos rebanhos facilitam a disseminação do seu vírus causador. Por essa razão, este estudo objetivou quantificar o risco de ocorrência de raiva nas propriedades rurais de Mato Grosso do Sul, aprimorando a já existente divisão do Estado em quadrantes, para direcionar a vigilância sanitária às regiões mais críticas. A metodologia foi baseada em modelagem espacial, que integrou múltiplas camadas de informações georreferenciadas, seguindo os critérios de vulnerabilidade e de receptividade à raiva, para identificar zonas de maior e menor probabilidade de ocorrência da doença. Com base nesses dados, foi desenhada uma árvore de decisão, que permitiu a classificação das propriedades rurais e dos quadrantes em diferentes níveis de risco, os quais receberam metas de vigilância sanitária proporcionais à nota obtida. As análises dos resultados identificaram a localização, com precisão, das áreas com risco alto e muito alto, as quais devem receber maior atenção do Serviço Veterinário Oficial. Dessa maneira, a modelagem apresentada aprimora o controle da raiva, reduz seus impactos econômicos, fortalece a segurança do rebanho bovino e promove a saúde pública. Ao alinhar inovação, eficiência operacional e sustentabilidade, este trabalho se consolida como um avanço significativo para o sistema de defesa sanitária animal de Mato Grosso do Sul. Além disso, apresenta-se como uma referência replicável para outros estados brasileiros e países que enfrentam desafios semelhantes - não apenas relacionados à raiva, mas também a outras doenças de notificação obrigatória. Dessa forma, demonstra potencial significativo para subsidiar a formulação de diretrizes governamentais voltadas à sanidade animal e à proteção da saúde pública, em diferentes contextos geográficos e epidemiológicos.

Palavras-Chave: Árvore de decisão, Defesa Sanitária Animal, Knowledge-driven, Modelagem Espacial, Morcego Hematófago, Raiva Bovina

ASSESSMENT OF HERBIVORE RABIES OCCURRENCE AND STRATEGIC PLANNING FOR SURVEILLANCE AND CONTROL BY QUADRANTS IN MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT - The rabies in herbivores, particularly in cattle, is a significant issue for animal health in Mato Grosso do Sul. This is due to the presence of hematophagous bats (*Desmodus rotundus*) and the high density of livestock, which facilitate the spread of the causative virus. For this reason, this study aimed to quantify the risk of rabies occurrence in rural properties of Mato Grosso do Sul, improving the existing division of the state into quadrants to direct sanitary surveillance to the most critical regions. The methodology was based on spatial modeling, which integrated multiple layers of georeferenced information, following vulnerability and receptivity criteria for rabies to identify areas with higher and lower probabilities of disease occurrence. Based on these data, a decision tree was designed, enabling the classification of rural properties and quadrants into different risk levels, which were assigned sanitary surveillance targets proportional to the scores obtained. The results analysis accurately, identified the locations of areas at high and very high risk, which should receive greater attention from the Official Veterinary Service. In this way, the proposed modeling enhances rabies control, reduces its economic impacts, strengthens the safety of cattle herds, and promotes public health. By aligning innovation, operational efficiency, and sustainability, this study stands out as a significant advancement for the animal health defense system of Mato Grosso do Sul. Furthermore, it is presented as a replicable reference for other Brazilian states and countries facing similar challenges—not only concerning rabies but also other notifiable diseases. Thus, it demonstrates significant potential to support the formulation of government guidelines aimed at animal health and public health protection in different geographic and epidemiological contexts.

Keywords: Decision Tree, Animal Health Defense, Knowledge-driven, Spatial Modeling, Hematophagous Bat, Bovine Rabies

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELA

	Página
FIGURAS	
Figura 1. Ciclo epidemiológico da raiva.....	4
Figura 2. Casos de raiva humana no Brasil, segundo espécie do animal agressor, 2010 a 2023.....	6
Figura 3. Casos de raiva no Brasil, por espécie, entre 1999 e 2023.....	8
Figura 4. Distribuição dos casos de raiva, entre 1999 e 2024, pelas unidades da federação brasileira.....	9
Figura 5. Número de animais de produção afetados pela raiva, entre 1999 e 2024, por unidades da federação brasileira.....	9
Figura 6. Focos de raiva em herbívoros, de 2003 a 2023, em Mato Grosso do Sul...10	10
Figura 7. Espécies acometidas por raiva, em Mato Grosso do Sul, entre 2003 e 2023.....	11
Figura 8. Divisão do território de Mato Grosso do Sul em quadrantes.....	12
Figura 9. Bacias hidrográficas e altimetria de Mato Grosso do Sul.....	14
Figura 10. Árvore de cenários direcionada por critérios de receptividade e vulnerabilidade para raiva em herbívoros.....	19
Figura 11. Risco de raiva no Estado de Mato Grosso do Sul.....	21
Figura 12. Áreas com habitat favorável para existência de morcegos hematófagos em Mato Grosso do Sul.....	22
Figura 13. Áreas de influência de abrigos de morcegos hematófagos e locais de ocorrência da doença em Mato Grosso do Sul.....	23
Figura 14. Mapa de risco das propriedades de Mato Grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva.....	23
Figura 15. Somatório e porcentagem de propriedades de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva.....	24
Figura 16. Divisão dos quadrantes de Mato Grosso do Sul, de acordo com o risco de ocorrência de raiva.....	28
Figura 17. Quadrantes de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva.....	29

Figura 18. Distribuição das vigilâncias semestrais em Mato Grosso do Sul, de acordo com o grupo de risco de ocorrência de raiva.....	35
---	-----------

QUADROS

Quadro 1. Atributos usados para formar a árvore de cenário na avaliação do risco de ocorrência de raiva bovina em Mato Grosso do Sul.....	16
Quadro 2. Ponderação dos valores, utilizando um fator exponencial 10, para enfatizar a presença de áreas de maior risco de ocorrência de raiva no Estado de Mato grosso do Sul.....	20
Quadro 3. Grupos e índices de risco atribuídos aos quadrantes de Mato Grosso do Sul.....	20

TABELAS

Tabela 1. Número de propriedades por município de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva.....	25
Tabela 2. Metas de vigilâncias sanitárias a serem realizadas semestralmente por município de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva nos quadrantes.....	32

1. INTRODUÇÃO

A raiva dos herbívoros é uma grande preocupação para a saúde animal em Mato Grosso do Sul, que apresentou crescimento significativo no número de focos em bovinos nos últimos anos. Essa circunstância gera inquietação tanto para a cadeia produtiva pecuária, devido aos prejuízos econômicos causados pela morte dos animais e pela queda na produtividade, quanto para a saúde pública, considerando que se trata de uma zoonose fatal.

Sendo assim, as condições climáticas e topográficas presentes, caracterizadas pela presença de inúmeras serras e pelo elevado índice pluviométrico, criam um ambiente favorável à sobrevivência e à proliferação de diversas espécies de morcegos. Ainda, a expressiva população de animais de produção existente no território fornece uma fonte abundante de alimento para o morcego hematófago *Desmodus rotundus*, principal transmissor do *Lyssavirus*, agente etiológico da raiva. Por essas razões, a prevenção contra a doença representa um desafio constante, exigindo diversas estratégias de controle, como a vacinação regular dos animais de produção, o monitoramento das populações de morcegos e a conscientização dos produtores rurais sobre a importância da adoção dessas medidas preventivas.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo quantificar o risco de ocorrência de raiva nas propriedades rurais e nos quadrantes de Mato Grosso do Sul, utilizando modelagem espacial combinada com uma árvore de decisão por classificação, baseada em critérios de receptividade e vulnerabilidade para raiva. Busca-se, assim, determinar o grau de risco e identificar as áreas com maior e menor probabilidade de ocorrência da doença.

Além do mais, pretende-se aprimorar o controle da raiva por meio da realização de um planejamento estratégico de vigilância sanitária a ser executado através da divisão do Estado em quadrantes, com o intuito de direcionar, de forma mais eficaz, as ações de controle desenvolvidas pelo Serviço Veterinário Oficial. Espera-se, portanto, contribuir para a redução da incidência da raiva em Mato Grosso do Sul, protegendo a saúde dos rebanhos e mitigando os seus impactos econômicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Raiva: definição e importância

A raiva é uma zoonose caracterizada pelo desenvolvimento de encefalomielite aguda e fatal, que acomete mamíferos - incluindo seres humanos (Grisolio, 2017). Embora conhecida desde a antiguidade, ainda está presente em várias partes do mundo, sendo endêmica em países em desenvolvimento, como o Brasil, e representando um grave problema de saúde pública, além de causar grandes perdas econômicas na pecuária (Santos, 2016). Estima-se que essa infecção seja responsável por cerca de 60 mil mortes humanas por ano em todo o mundo (WHO, 2024; Coelho-Costa et al., 2023) e que os prejuízos anuais na América Latina sejam de centenas de milhões de dólares (Mantovan, 2023; Rosa, 2023).

2.2. O agente etiológico

A raiva é causada por um vírus RNA (RABV), envelopado e de polaridade negativa (Centoamore, 2017). Pelo fato de possuir envelope, é sensível a detergentes e solventes lipídicos, além de ser pouco resistente fora do hospedeiro, sendo rapidamente destruído a altas temperaturas (destruído a 50°C em 15 minutos) (Bassuino, 2015). Além disso, é inativado pela luz solar, pelo dessecação, pelos raios ultravioletas e pelos extremos de pH. No entanto, mantém-se estável a 4°C por dias e a -70°C ou temperaturas mais baixas por anos (Santos, 2016; Grisolio, 2017).

O RABV pertence à ordem *Mononegavirales*, à família *Rhabdoviridae* e ao gênero *Lyssavirus*, que contempla 17 espécies. Como todos da família, tem formato de “bala de revólver” e, conforme seu gênero, é neurotrópico, direcionando-se ao sistema nervoso central (SNC) após replicar em tecido extraneural e causando encefalite, com sintomas neurológicos semelhantes às emoções raivosas. Este comportamento levou à sua nomenclatura em homenagem à deusa grega da loucura (*Lyssa* ou *Lytta*) (Coelho-Costa et al., 2023).

Contudo, tanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) quanto a Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) consideram como raiva apenas a enfermidade

causada pela espécie *Lyssavirus rabies* - rabies vírus (RABV). As outras 17 espécies, isoladas principalmente em morcegos de diversas localidades do mundo, são classificadas como “encefalites relacionadas” e os vírus chamados de “aparentados” (Grisolio, 2017; ICTV, 2024).

Ademais, baseando-se em suas características genéticas e antigênicas, dentro de uma espécie o vírus é categorizado em subtipos. Isso ocorre porque, quando a transmissão se dá entre diferentes hospedeiros que não são naturais (“spillover”), ele pode sofrer mutações, resultando no surgimento de novas variantes (Santos, 2016; Grisolio, 2017).

Consequentemente, a partir da década de 1980, o Centro de Controle de Doenças dos Estados Unidos (CDC), junto com outros centros colaboradores da Organização Mundial de Saúde (OMS), começou a produzir painéis de anticorpos monoclonais (AcM) para os *Lyssavirus*, a fim de aprimorar o conhecimento sobre o vírus e a compreensão epidemiológica da doença. Com base no painel do CDC, que está disponível para os países-membros da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), já foram identificadas 12 variantes antigênicas circulantes na América Latina (Galhardo, 2016).

Somente no território brasileiro já foram isoladas sete variações do vírus da raiva, que, em sua maioria, tem os morcegos como reservatórios naturais: variantes 1 e 2, dos cães; 3, do morcego *Desmodus rotundus*; 4, do morcego *Tadarida brasiliensis* (não hematófago); 5, de diversas espécies de morcegos (hematófagos ou não) e; 6, do morcego insetívoro *Lasiurus cinereus*. O sétimo subtipo foi recentemente identificado em saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*) no estado do Ceará (Benavides et al., 2022). Ademais, cada uma dessas variantes também já foi isolada em espécies diferentes de seus reservatórios naturais - tanto em animais silvestres (terrestres e morcegos) quanto em domésticos (de companhia ou de produção) - inclusive em humanos (Grisolio, 2017).

Além disso, no Brasil, foram identificadas variantes que não possuem proximidade antigênica nem relação genética com aquelas previamente descritas nas Américas. Entre essas, destacam-se a Raposa-1 e a Raposa-2, cujo principal reservatório é o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Ademais, diversas variantes foram relatadas em outras espécies de quirópteros insetívoros, como *Lasiurus* spp.,

Histiotus spp., *Eptesicus furinalis*, *Molossus* spp., *Nyctinomops laticaudatus*, *Tadarida brasiliensis* e *Myotis* spp., evidenciando a ampla diversidade de reservatórios naturais do vírus no país (Grisolio, 2017; Benavides et al., 2022).

2.3. Epidemiologia

A raiva é mantida na natureza por várias espécies de animais silvestres, mas os morcegos - em especial os hematófagos - são os principais reservatórios e propagadores do vírus (Mantovan, 2023). Sua transmissão acontece principalmente por mordedura de animais infectados, também pode ocorrer, mesmo que raramente, por arranhadura ou lambedura desses indivíduos (Galhardo, 2016).

Sua cadeia epidemiológica é dividida em quatro ciclos de transmissão inter-relacionados: o ciclo urbano, no qual a difusão do vírus ocorre por cães, gatos e morcegos não-hematófagos; o ciclo rural, que tem o morcego hematófago como principal transmissor para bovinos e outros animais de produção; o ciclo silvestre terrestre, no qual a transmissão se dá entre diversas espécies como raposas, lobos, guaxinins, macacos e quatis; e o ciclo silvestre aéreo, no qual a disseminação acontece entre os morcegos (Figura 1). Qualquer um dos ciclos pode acidentalmente acometer humanos (MAPA, 2009).

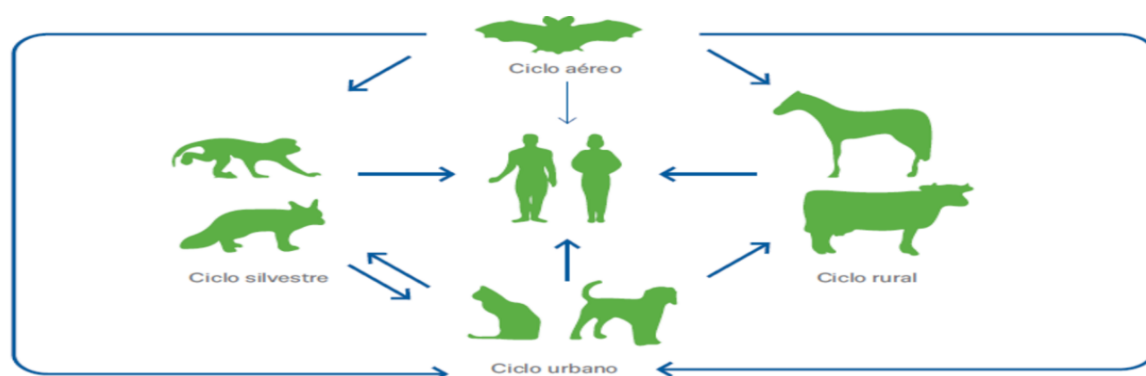


Figura 1. Ciclo epidemiológico da raiva (MAPA, 2023).

Na região nordeste do Brasil, além dos morcegos, os saguis, especialmente os saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), foram identificados como importantes reservatórios e fontes de infecção humana. Esses primatas estão presentes em áreas urbanas e rurais e, muitas vezes, são capturados e mantidos como animais de

estimação, o que aumenta o risco de transmissão do vírus da raiva para humanos e outros animais (Benavides et al., 2022).

2.4. O morcego hematófago

O morcego hematófago, *Desmodus rotundus*, conhecido popularmente como morcego-vampiro, é uma espécie nativa das Américas, presente desde o México até o sul da América do Sul. Suas colônias abrigam-se em locais escuros, úmidos e frescos, como cavernas e troncos de árvores (Mantovan, 2023). Contudo, a expansão agrícola e a urbanização alteram significativamente seus habitats naturais, forçando-os a buscar novas áreas para alimentação e abrigo.

Sendo assim, devido à sua elevada capacidade de adaptação, esses animais migram-se com facilidade para outros locais, especialmente em situações em que ocorre a retirada de bovinos, sua principal fonte de alimento. Logo, a abertura de grandes áreas de pastagem e a construção de infraestruturas - como casas, galpões, pontes, viadutos e túneis -, em regiões anteriormente desabitadas, favorece a proliferação desses morcegos. Isso ocorre porque, como eles se alimentam de sangue, sobretudo de animais de grande porte, como os bovinos, o crescimento dos rebanhos brasileiros tem contribuído para o aumento da população desses morcegos (Grisolio, 2017).

Dessa forma, como os *Desmodus rotundus* são considerados os principais disseminadores do vírus da raiva, tanto no Brasil quanto em toda a América Latina (Rodenas, 2021), sua presença em áreas de pecuária representa um risco enorme para a cadeia produtiva. Além do mais, como são os únicos mamíferos capazes de voar, conseguem transpor barreiras geográficas, o que evidencia a necessidade de medidas contínuas de controle e monitoramento de suas colônias (Mantovani, 2023).

2.5. A raiva e a saúde pública

No âmbito da saúde pública, as medidas para a proteção humana e o controle da transmissão do vírus da raiva são conduzidas pelos estados e municípios por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). Essas ações incluem a vacinação de pessoas e

animais de companhia, além da vigilância de morcegos em áreas urbanas. Os esquemas de profilaxia são organizados em duas categorias: vacinação pré-exposição, destinada a cães, gatos e seres humanos em situações de risco, e vacinação pós-exposição ou uso de soro antirrábico, para indivíduos que sofreram agressões ou que tiveram contato com animais diagnosticados como positivos (Galhardo, 2016).

Contudo, entre 2010 e 2023, o Brasil registrou 47 casos de raiva humana, sendo a maioria das fatalidades associada a ataques de morcegos hematófagos e à variante 3 do vírus (Figura 2). Os surtos mais expressivos ocorreram em 2017, no Amazonas, com seis casos, incluindo três na mesma família; em 2018, no Pará, com 10 mortes, das quais nove eram crianças; e, em 2022, em uma aldeia indígena de Minas Gerais, quando quatro crianças perderam a vida. Esses casos foram causados por ataques de *Desmodus rotundus* e não tiveram a profilaxia pós-exposição realizada ou, como no último caso, ela não foi aplicada de forma imediata, o que foi determinante para os desfechos fatais. (MS, 2023).

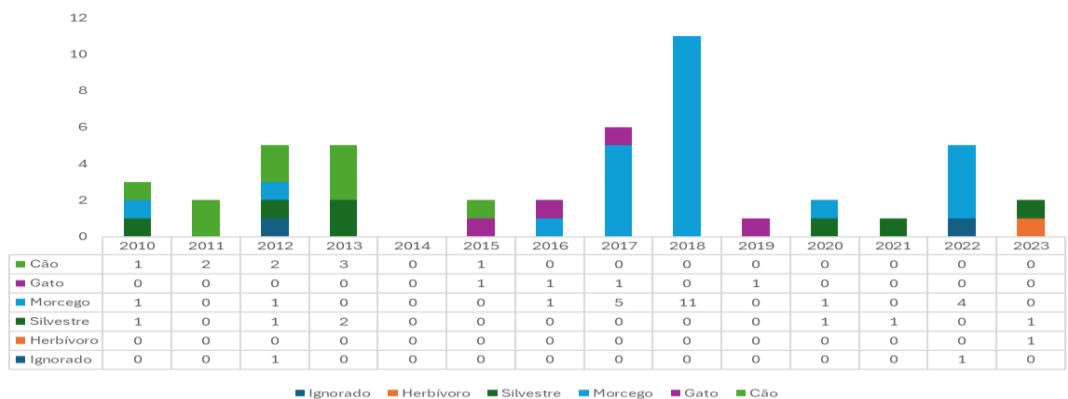


Figura 2. Casos de raiva humana no Brasil, segundo espécie do animal agressor, 2010 a 2023 (MS, 2024).

Esses episódios ressaltam a vulnerabilidade de comunidades remotas e a necessidade de realizar o controle da população de morcegos hematófagos. Além do mais, é frequente que mordidas de morcegos passem despercebidas ou sejam subestimadas como emergências médicas, especialmente nas áreas em que a raiva é rara. Logo, é evidente a necessidade de ampliar a profilaxia e de fortalecer a educação sanitária, sobretudo entre os agentes de saúde, enfatizando a importância de buscar atendimento médico imediato após qualquer exposição (MS, 2023; Filho et al., 2014).

Além do mais, entre 2016 e 2023, foram registradas outras notificações, mas essas isoladas, envolvendo morcegos em várias regiões do Brasil: Ceará em 2016, Bahia e Tocantins em 2017, São Paulo em 2018 e Rio de Janeiro em 2020. Durante o mesmo período, também ocorreram casos de raiva humana relacionados a outros animais, mas também infectadas pela variante 3 do vírus: em 2016, em Roraima, e em 2019, em Santa Catarina, cujas transmissões foram atribuídas a felinos, enquanto, em 2023, em Minas Gerais, o agente transmissor foi um bovino. Além disso, dois casos relacionados à mesma variante não tiveram o animal transmissor identificado: um em Pernambuco (2017) e outro no Distrito Federal (2022) (MS, 2023).

Esses registros evidenciam a ocorrência da transmissão secundária (“spillover”) da variante 3, que pode acontecer diretamente entre morcegos hematófagos e animais domésticos ou, indiretamente, por meio de contato desses quirópteros com espécies urbanas, que, por sua vez, infectam cães, gatos ou outros animais de companhia. Esse cenário reforça a necessidade de vacinação sistemática de animais domésticos e do controle populacional de morcegos hematófagos, como medidas essenciais para a promoção da saúde pública (MS, 2023).

Ainda, também foram registrados casos relacionados a outras variantes do vírus rábico: na Paraíba (2020) e no Maranhão (2021), as transmissões ocorreram por ataques de raposas infectadas com a variante de canídeos silvestres (*Cerdocyon thous*). No Ceará (2023), um homem foi infectado após ser atacado por um sagui-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), o que demonstra a variedade de espécies envolvidas na disseminação da raiva no Brasil (MS, 2023).

Dessa forma, como o *Desmodus rotundus*, o *Callithrix jacchus* é particularmente relevante para a epidemiologia da doença no país, especialmente na região Nordeste, onde seu habitat coincide com áreas de alto risco de transmissão. Logo, a presença desse primata em zonas de transição entre áreas urbanas e rurais aumenta suas chances de interação com humanos, o que destaca a necessidade de estratégias específicas de vigilância, controle e prevenção nessas regiões (Benavides et al., 2022).

No Mato Grosso do Sul, em 2015, foi registrado o último caso da variante 1 (canina) no Brasil, quando houve uma epizootia em cães, que atingiu os municípios de Corumbá e Ladário, desencadeada pela introdução de um animal infectado oriundo

da Bolívia. O episódio envolveu a morte de um homem que foi atacado por um cão infectado. Esse evento ressaltou a importância da vacinação contínua de animais de companhia e do monitoramento rigoroso em áreas de risco, especialmente em regiões de fronteira (Silva et al., 2015; MS, 2023).

Portanto, é imprescindível que as ações de vigilância epidemiológica sejam realizadas de forma integrada e coordenada entre áreas urbanas e rurais. Além do mais, o fortalecimento contínuo da vigilância, a promoção da educação sanitária, as campanhas de vacinação e as respostas rápidas em situações de surtos são medidas essenciais para mitigar os riscos de ocorrência da raiva humana no Brasil (Coelho-Costa et al., 2023).

2.6. A raiva e a saúde animal

Estima-se que, na América Latina, pelo menos meio milhão de animais de produção morram anualmente em decorrência da raiva, o que resulta em enormes prejuízos para a cadeia pecuária. Além das mortes, é importante considerar as perdas indiretas, como a redução na produtividade de leite e de carne, devido ao estresse causado pelos ataques de morcegos hematófagos, bem como a depreciação do couro, frequentemente danificado durante esses ataques (Hirsch e Costa, 2023).

No Brasil, entre 1999 e 2023, foram registrados 52.071 casos de raiva em nove espécies de animais, sendo os bovinos os mais afetados, com 79% (41.013 casos) do total (Figura 3). Esse cenário gerou um impacto econômico estimado em 80 milhões de dólares anuais, destacando a relevância da doença como um problema econômico e sanitário para a pecuária nacional (Hirsch e Costa, 2023; MAPA, 2024).

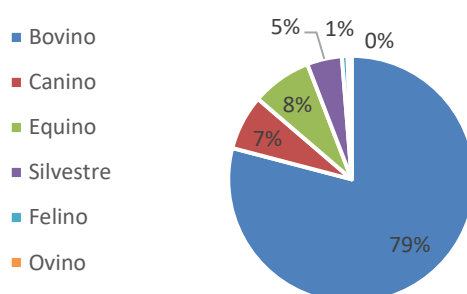


Figura 3. Casos de raiva no Brasil, por espécie, entre 1999 e 2023 (MAPA, 2024).

2.7. Distribuição

O vírus da raiva está presente em todo o território brasileiro (Figura 4). Entretanto, a incidência da doença varia de acordo com a densidade populacional dos morcegos hematófagos e das características ambientais das regiões. Áreas montanhosas e florestais, com altos índices pluviométricos e predominância de criação bovina, apresentam maior probabilidade de ocorrência (Mantovan, 2020). Essas diferenças regionais reforçam a necessidade de estratégias de controle específicas, ajustadas às particularidades ambientais e demográficas de cada área (WOAH, 2024).

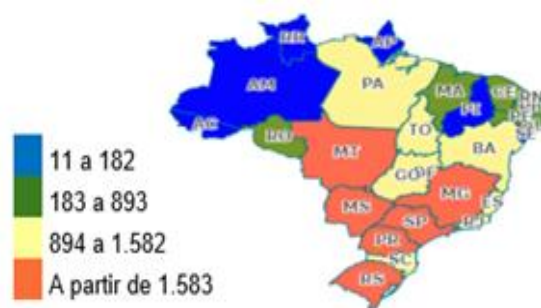


Figura 4. Distribuição dos casos de raiva, entre 1999 e 2024, pelas unidades da federação brasileira (MAPA, 2024).

Entre as unidades da federação, Mato Grosso ocupa a liderança em número de casos, seguido por São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. Mato Grosso do Sul aparece na sequência e também faz parte do grupo dos estados mais afetados pela raiva animal. Por outro lado, Acre, Amapá e Roraima registraram menores números de notificações (Figura 5) (MAPA, 2024).

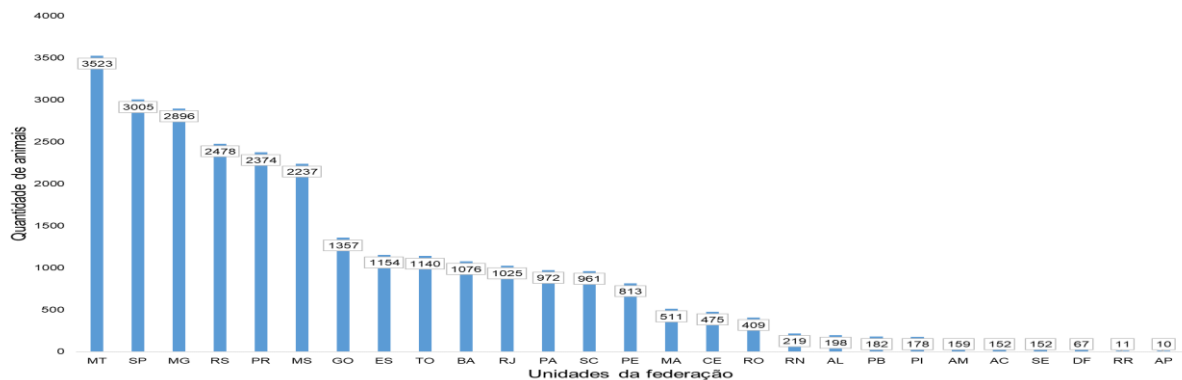


Figura 5. Número de animais de produção afetados pela raiva, entre 1999 e 2024, por unidades da federação brasileira (MAPA, 2024).

2.8. A raiva em Mato Grosso do Sul

O Estado de Mato Grosso do Sul é composto pelas serras de Maracaju, Bodoquena e Amambaí (Lima e Silva, 2020), que abrigam uma abundância de cavernas, que servem como refúgio para morcegos (Semadesc, 2015; Mantovan, 2020). Além disso, as condições climáticas da região, aliadas à criação de aproximadamente 20 milhões de bovinos, criam um ambiente altamente favorável para a proliferação do *Desmodus rotundus*, o que facilita a disseminação do vírus da raiva bovina (IAGRO, 2023; Galhardo, 2016). Essa enfermidade representa uma preocupação significativa para a pecuária local, pois gera perdas anuais estimadas em 2.000 animais (IAGRO, 2023).

Dessa forma, nos últimos 21 anos foram registrados 729 casos de raiva em herbívoros no Estado (Figura 6). A ocorrência da doença variou ao longo do período e apresentou aumento expressivo a partir de 2018, atingindo o pico com 66 casos em 2020, seguido por leve redução nos anos subsequentes. Ainda assim, houve aumento de 18,6% no todo o período analisado, o que reflete a necessidade do controle da raiva na região (IAGRO/PECRH, 2024).

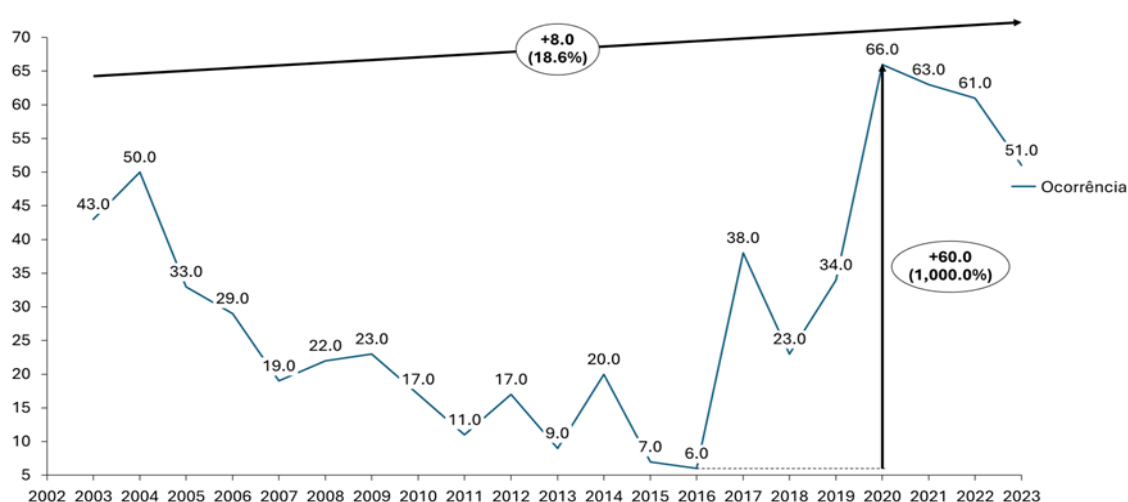


Figura 6. Focos de raiva em herbívoros, de 2003 a 2023, em Mato Grosso do Sul (IAGRO/PECRH, 2024).

Ademais, em conformidade com ocorrências registradas a nível nacional, no Mato Grosso do Sul, a maior parte dos registros da doença também ocorre em bovinos, o que contempla 88% dos focos. Equinos correspondem a 11%, enquanto as

outras espécies de animais de produção são responsáveis por apenas 1% (Figura 7) (MAPA, 2024).

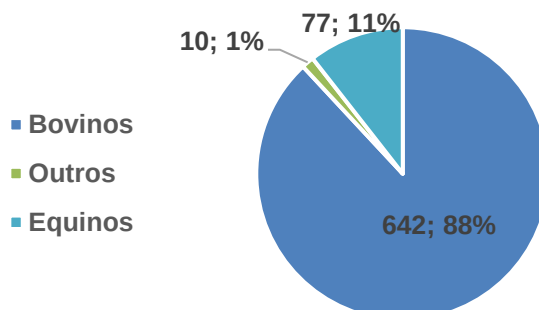


Figura 7. Espécies acometidas por raiva, em Mato Grosso do Sul, entre 2003 e 2023 (IAGRO/PECRH, 2024).

2.9. Sistema de Vigilância Sanitária Animal

A Agência Estadual de Vigilância Sanitária Animal e Vegetal de Mato Grosso do Sul (IAGRO), em conformidade com as diretrizes do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), implementa um conjunto de medidas voltadas ao controle e à prevenção da raiva. As ações incluem a captura e o manejo de *Desmodus rotundus*, o cadastro e o monitoramento contínuo de seus abrigos, a vigilância e a vacinação de animais de produção em áreas de maior risco, além de apresentação de palestras educativas para conscientizar a população sobre a importância dessas práticas (IAGRO, 2023).

As atividades desenvolvidas são distribuídas ao longo do território estadual, que foi dividido em 1.215 unidades epidemiológicas, cada uma com área de 342,99 km², denominadas quadrantes - como alguns abrangem áreas pertencentes a mais de um município, foram subdivididos para garantir a gestão adequada de cada localidade, passando, então, a existir 1.963 delimitações geográficas no Estado (Figura 8) (IAGRO, 2018; Carvalho Neto et al., 2020).

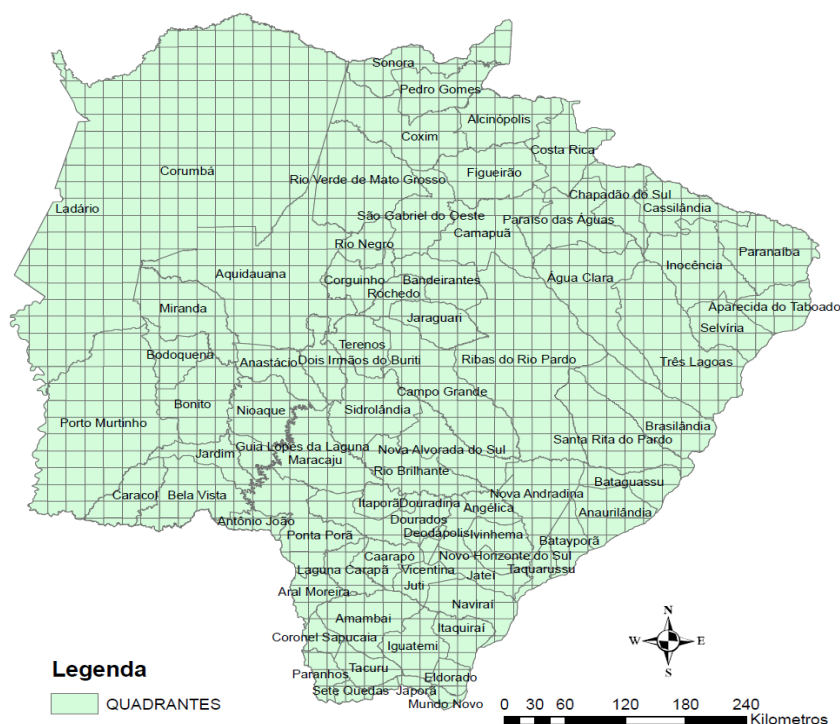


Figura 8. Divisão do território de Mato Grosso do Sul em quadrantes (IAGRO, 2018).

Desta forma, para garantir a distribuição homogênea das ações de vigilância ao longo do território, os quadrantes foram classificados em três categorias de risco: alto, médio e baixo. Os de alto risco incluem áreas próximas a fronteiras internacionais, locais de elevada aglomeração de animais, periferias urbanas, complexos agroindustriais, lixões e terminais de transporte. Os de médio risco englobam confinamentos de rebanhos, estradas boiadeiras, intensa movimentação de animais e veículos, além de mais de cinquenta propriedades rurais. Por fim, os de baixo risco caracterizam-se pela ausência desses fatores e são compostos por até cinquenta propriedades rurais. Essa classificação assegura a presença do Serviço Veterinário Oficial em toda extensão territorial sul-mato-grossense, o que garante a realização de visitas regulares e adaptadas ao nível do risco sanitário estabelecido (Carvalho Neto et al., 2020).

Contudo, mesmo que esse modelo tenha se mostrado eficaz no controle de doenças infecciosas de grande impacto, como a febre aftosa – que exige a abordagem uniforme para evitar a disseminação de surtos –, ele precisa ser ajustado para atender, com maior eficiência, aos outros programas de sanidade animal. Cada doença de controle governamental apresenta particularidades epidemiológicas específicas e

demandam de estratégias distintas para prevenção, controle ou erradicação. No contexto do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), é crucial que fatores como o habitat favorável à presença de abrigos de morcegos e o histórico de surtos sejam incorporados como critérios de risco e que as regiões que contemplam essas particularidades recebam atenção diferenciada do sistema de vigilância, assegurando, assim, uma abordagem específica e eficiente para enfrentar a doença em Mato Grosso do Sul (WOAH, 2024).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consiste em um estudo epidemiológico observacional, que avalia o risco de ocorrência de raiva bovina em Mato Grosso do Sul, utilizando a análise da distribuição espacial dos focos registrados entre 2003 e 2023. A metodologia emprega uma modelagem espacial do tipo “knowledge-driven” e o desenvolvimento de uma árvore de decisão por classificação (Dias et al., 2011; Gioia et al., 2020).

3.1. Área de estudo

A pesquisa abrange toda a extensão territorial do Estado, localizado na região Centro-Oeste do Brasil e que faz fronteira com o Paraguai e com a Bolívia. Ele é composto por 79 municípios e possui área de 357.145,4 km², caracterizada pela influência das bacias dos rios Paraguai e Paraná, além dos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. A região é dividida entre Pantanal, com áreas alagadiças, e Planalto, onde a pecuária e a agricultura são altamente tecnificadas (Figura 9) (Semadesc, 2015).

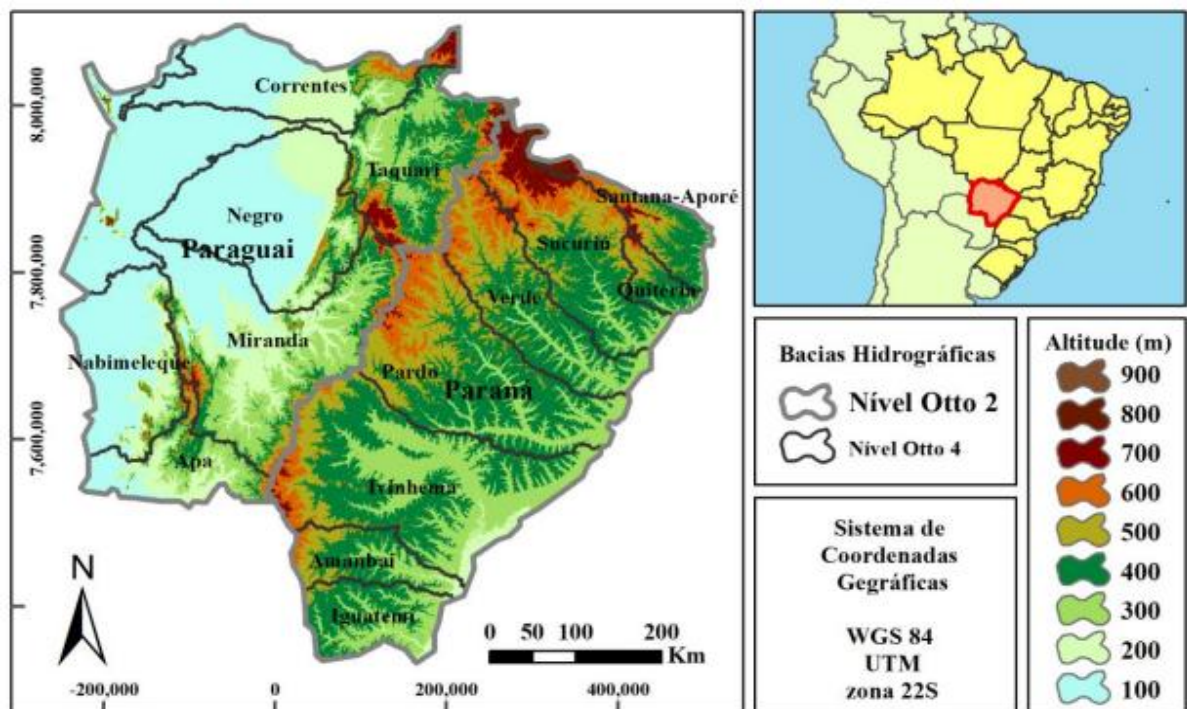


Figura 9. Bacias hidrográficas e altimetria de Mato Grosso do Sul (Semadesc, 2015).

3.2. Fonte de dados

Os dados foram disponibilizados por vários setores da IAGRO. Os registros sobre os focos de raiva foram cedidos pela coordenação do Programa Estadual de Controle da Raiva dos Herbívoros (PECRH/IAGRO). A Assessoria de Inteligência (ADI) forneceu os mapas dos quadrantes, das propriedades rurais (incluindo localização, área e saldo de animais), da hidrografia e das regiões que atualmente são consideradas de maior risco para raiva pela IAGRO (áreas com declividade acima de 16°) (IAGRO/PECRH, 2024). As informações sobre os abrigos de morcegos hematófagos cadastrados e o saldo geral anual de bovinos foram extraídas do e-Saniagro (sistema utilizado pela IAGRO para controlar as informações de defesa agropecuária) e os mapas político, hidrográfico e de sistemas viários (em formato “Shapefile”) foram obtidos no Portal de Informações e Geoposicionamento de Mato Grosso do Sul (PINMS).

3.3. Risco de ocorrência de raiva

O risco de ocorrência de raiva em herbívoros de Mato Grosso do Sul foi estimado por meio de uma modelagem espacial do tipo “knowledge-driven”, utilizando um “software” de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o desenvolvimento de uma árvore de decisão por classificação (Gioia et al., 2020). Para criar essa modelagem, foram considerados os casos de raiva bovina ocorridos entre os anos de 2003 e 2023 e os critérios de determinação de receptividade e vulnerabilidade à doença, baseados na presença do *Desmodus rotundus* na área geográfica em questão (Dias et al., 2011).

Para formular a árvore de decisão, foi elaborado um questionário, que foi respondido de maneira binária por meio de uma tabela de atributos no ArcGIS, através da integração das múltiplas camadas de informações espaciais (Ferreira, 2020). Os fatores considerados incluem a disponibilidade de alimento ao morcego hematófago (avaliada pela densidade animal na região), a presença de condições ambientais favoráveis sua existência (hidrografia e declividade do terreno), a existência de abrigos naturais para suas colônias e a presença de edificações passíveis de serem

usadas por ele como refúgio. Essas edificações incluem ferrovias, pontes, turbinas de hidrelétricas, taperas e poços (MAPA, 2009).

3.3.1. Propriedades rurais

No “software” ArcGIS, foram importados os dados das propriedades rurais, contendo as informações do número do Cadastro Ambiental Rural (CAR), da área total do imóvel, do saldo bovino, das coordenadas geográficas, do município e do quadrante correspondente. Com esses dados, foi criada a camada "Propriedades Rurais", estruturada para conter os atributos (Quadro 1). Os campos de 10 a 16 representam os parâmetros criados na árvore de decisão.

Quadro 1. Atributos usados para formar a árvore de cenário na avaliação do risco de ocorrência de raiva bovina em Mato Grosso do Sul. Jaboticabal, 2024.

Nº	Nome	Descrição	Atributo
1	CAR	Cadastro Ambiental Rural	Texto e Numérico
2	PROP	Nome da Propriedade Rural	Texto
3	AREA	Área Total da Propriedade Rural	Numérico
4	LAT	Latitude em GMS	Numérico
5	LON	Longitude em GMS	Numérico
6	MUN	Município Pertencente à Propriedade Rural	Texto
7	QDT	Quadrante Pertencente à Propriedade Rural	Texto e Numérico
8	N_BOV	Quantidade de Bovinos	Numérico
9	DENS	Densidade Bovina	Numérico
10	BOV_BIN	Presença de Bovinos	Binário (1/0)
11	DENS_BIN	Densidade Bovina Binária	Binário (1/0)
12	HABT_FAV	Habitat Favorável à Presença de Abrigos	Binário (1/0)
13	ABRG	Abrigos Cadastrados	Binário (1/0)
14	FOCO	Histórico de Focos	Binário (1/0)
15	ESCORE	Escore Numérico do Risco	0, 1, 2, 3, 4, 5
16	RISCO	Risco Estimado para a Propriedade	Desprezível/ Muito Baixo/ Baixo/ Médio/ Alto/ Muito Alto

O CAR foi escolhido para referenciar as informações sobre cada propriedade rural, já que - por ser um registro único e obrigatório para propriedades rurais em todo o Brasil (Brasil, 2012) - evita duplicações de informações. Caso a categorização fosse baseada na inscrição estadual, poderia haver múltiplas inscrições para uma mesma propriedade (Mato Grosso do Sul, 2016).

3.3.2. Presença e densidade de bovinos

Para preencher o campo “BOV_BIN”, foi atribuído valor 1 para todas as propriedades que apresentaram “N_BOV” maior ou igual a 1 e valor 0 para as demais. Na sequência, foi obtida a densidade bovina através da divisão do número de animais (referente ao dia 30 de abril de 2024) pela área, o que permitiu o preenchimento do campo “DENS”. Para converter essa variável em binária e preencher o campo “DENS_BIN”, atribuiu-se valor 0 às propriedades com até 1 animal por hectare (densidade baixa) e valor 1 às com mais de 1 animal por hectare (densidade alta) (IAGRO, 2010; FAMASUL, 2022)

3.3.3. Habitat favorável

Para preencher o campo “HABT_FAV”, que indica a presença de habitat favorável ao morcego, foi criada a camada “Habitat Favorável”, pela integração das bases cartográficas vetoriais dos mapas político, das áreas consideradas pelo PNCRH/IAGRO de maior risco, da malha ferroviária e da hidrografia. Como em Mato Grosso do Sul os focos geralmente ocorrem até 4 km das margens de rios e de ferrovias (IAGRO/PECRH, 2024), foi aplicado um “buffer” com essa distância sobre esses locais, desconsiderando córregos, cabeceiras, corixós e vazantes, para evitar a inclusão de áreas não relevantes. Utilizado o comando "Analysis Tool/Overlay/Spatial Join", todas as informações foram combinadas, formando o mapa das áreas com habitat favorável para existência de morcegos hematófagos e criando apenas uma variável dicotômica (0 ou 1), que determinou valor 1 na presença de pelo menos uma dessas variáveis.

3.3.4. Abrigos cadastrados

Para preencher o campo "ABRG", foi formada a camada “Abrigos” pela adição da planilha com abrigos de morcegos cadastrados na IAGRO, utilizando o comando "Create Feature Class From XY Table". Para representar sua área de influência, também foi criado um “buffer” com raio de 4 km (devido às observações da IAGRO

mencionadas anteriormente) ao redor de cada um. Por meio da interceptação de pontos através de consulta espacial (usando a ferramenta "Intersect"), foram selecionadas as propriedades da camada "Propriedades Rurais" localizadas dentro desses círculos. Em seguida, utilizando a calculadora de atributos, preencheu-se o campo "ABRG" com valor 1 para os pontos selecionados e 0 para os demais.

3.3.5. Histórico de focos

Para preencher o campo 'Foco', foi importada a planilha contendo as informações sobre os focos registrados entre os anos de 2003 e 2023, criando a camada 'Focos'. A calculadora de atributos preencheu o referido campo com valor 1 para as propriedades que continham focos e o valor 0 para as que não continham.

3.3.6. Árvore de cenário

Foi desenvolvida uma árvore de cenários direcionada por critérios de receptividade e vulnerabilidade para raiva em herbívoros (MAPA, 2009; Dias et al., 2011), que foi respondida de forma binária pela tabela de atributos, a partir da sobreposição das camadas de informações espaciais criadas (Figura 10).

Na sequência foi realizado o somatório das notas recebidas, que geraram valores de 0 a 5 pontos e determinaram a classificação das propriedades rurais em seis diferentes graus de risco, variando de desprezível a muito alto. O escore gerado permitiu a ilustração de maneira georreferenciada das áreas de maior ou menor probabilidade de ocorrência da doença (Dias et al., 2011; Ferreira, 2020).

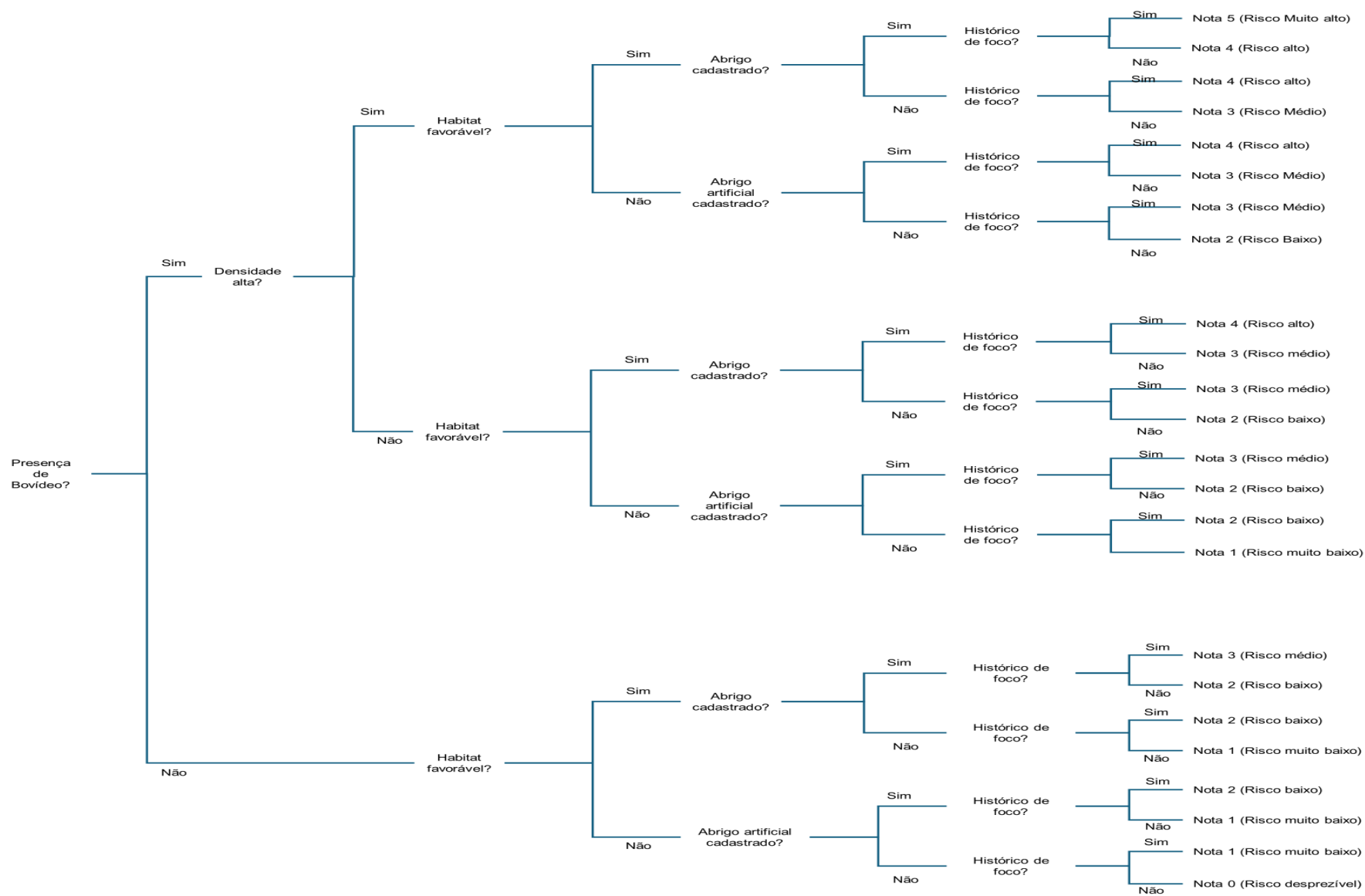


Figura 10. Árvore de cenários direcionada por critérios de receptividade e vulnerabilidade para raiva em herbívoros.
Fonte: Autor.

3.3.7. Determinação das regiões de maior de risco

Para identificar a probabilidade de ocorrência de raiva nos quadrantes, foi realizada a soma da quantidade de propriedades classificadas em cada um dos seis níveis de risco (0 a 5) presentes em cada um deles. Para enfatizar a presença de áreas de maior risco, foi necessário ponderar os valores previamente determinados, atribuindo pesos com fator exponencial de 10 em cada grau (Quadro 2), evitando que o potencial de alto risco em uma região fosse suprimido pela presença de grande quantidade de propriedades de riscos menores, o que aconteceria se os valores citados fossem apenas somados (Hubbard, 2020; Aven, 2015).

Quadro 2. Ponderação dos valores, utilizando um fator exponencial 10, para enfatizar a presença de áreas de maior risco de ocorrência de raiva no Estado de Mato grosso do Sul.

Grau de Risco	Peso
5	100.000
4	10.000
3	1.000
2	100
1	10

Os valores obtidos foram ordenados de forma decrescente e, para melhor visualização, foram divididos por 100.000. A fim de evitar distorção dos resultados, foi realizado o cálculo dos quartis com os valores maiores ou iguais a 1, o que garantiu que apenas os valores relevantes fossem considerados (Hubbard, 2020; Aven, 2015), o que resultou em Q1 = 1,40; Q2 = 1,99; e Q3 = 3,44. Com base nesses resultados, os quadrantes foram categorizados em quatro grupos distintos, conforme Quadro 3.

Quadro 3. Grupos e índices de risco atribuídos aos quadrantes de Mato Grosso do Sul.

Grupo	Índice
1	0 a 1,40
2	1,41 a 1,99
3	2,0 a 3,44
4	3,45 a 18,08

3.4. Planejamento estratégico de vigilância sanitária

Para realizar o Planejamento Estratégico, foram estipuladas metas de vigilância sanitária diferentes para os quatro grupos de quadrante, com intensidade de ações equivalentes ao seu grau de risco. Por fim, o total de vigilâncias em cada município foi calculado pela soma das metas de todos os quadrantes que o compõe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, o Serviço Veterinário Oficial de Mato Grosso do Sul considera como propriedades de maior risco para raiva aquelas que apresentam morte com sintomatologia nervosa nos últimos 120 dias, possuem animais espoliados, estão localizadas a menos de seis quilômetros de abrigos conhecidos de morcegos hematófagos, ou se situam em regiões com habitat favorável a esses morcegos (IAGRO, 2019). Além disso, considerando a declividade do terreno e o histórico de focos da doença, a IAGRO classifica o risco em três níveis: alto, intermediário e baixo, conforme a Figura 11 (IAGRO/PECRH, 2024).

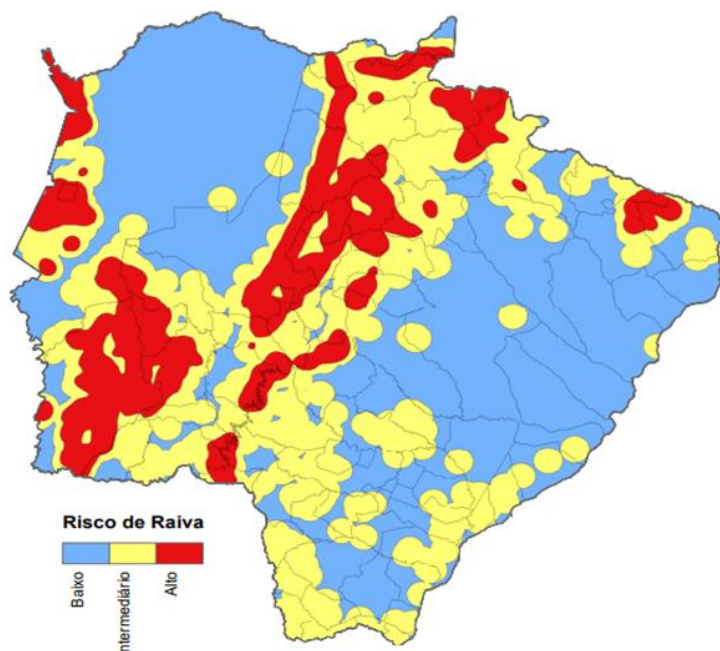


Figura 11. Risco de raiva no Estado de Mato Grosso do Sul. Fonte: IAGRO/PECRH, 2024

Nesse contexto, a construção do mapa das áreas com habitat favorável para a existência de morcegos hematófagos, incluindo a malha ferroviária, hidrográfica e seus respectivos entornos, possibilitou a identificação de regiões de risco que anteriormente não haviam sido destacadas, conforme ilustrado na Figura 12. Contudo, embora esses critérios forneçam uma visão geral valiosa, eles resultam em uma categorização ampla, que pode não captar as variações de risco em nível local, pois agrupa grandes áreas em categorias homogêneas de risco. Isso pode levar à aplicação menos precisa das ações de controle desenvolvidas pelo PECRH.

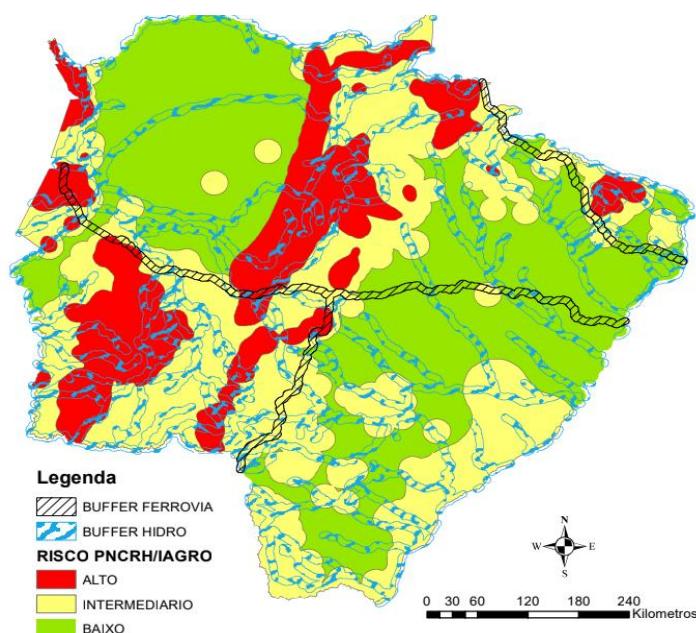


Figura 12. Áreas com habitat favorável para existência de morcegos hematófagos em Mato Grosso do Sul. Fonte: Autor.

A análise do mapa de abrigos cadastrados e do histórico de focos revelou a ocorrência de surtos de raiva em áreas onde não há colônias de morcegos registradas (Figura 13). Esse cenário destaca a grande necessidade de investigações detalhadas nessas regiões, que podem incluir áreas de difícil acesso. Para tanto, é fundamental que o Estado se disponha de recursos avançados de exploração, como equipes especializadas em rapel, drones providos de câmeras com alta resolução de imagem e, até mesmo, dispositivos eletrônicos acoplados a morcegos capturados estrategicamente em currais (Richa, 2028). Tais táticas visam identificar potenciais abrigos não cadastrados, que podem estar desempenhando um papel crucial na disseminação do vírus na região em questão.

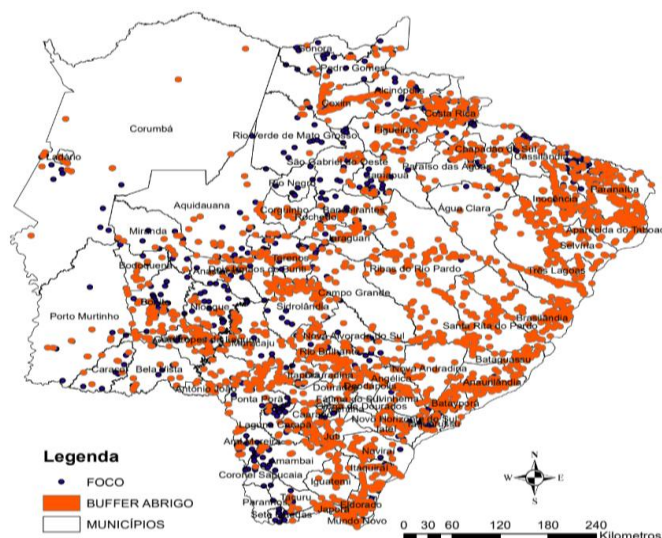


Figura 13. Áreas de influência de abrigos de morcegos hematófagos e locais de ocorrência da doença em Mato Grosso do Sul. Fonte: Autor.

Dessa forma, a integração das múltiplas camadas de dados georreferenciados – como a densidade bovina, o mapa de habitat favorável à presença de morcegos, a existência de abrigos cadastrados e a ocorrência de focos de raiva –, associada ao desenvolvimento da árvore de decisão, possibilitou a construção de um novo mapa de risco para a ocorrência de raiva em Mato Grosso do Sul. Esse mapa permite a visualização detalhada da probabilidade de ocorrência da doença em cada propriedade rural, classificada em seis graus de risco: muito alto (5), alto (4), moderado (3), baixo (2), muito baixo (1) e desprezível (0) (Figura 14).

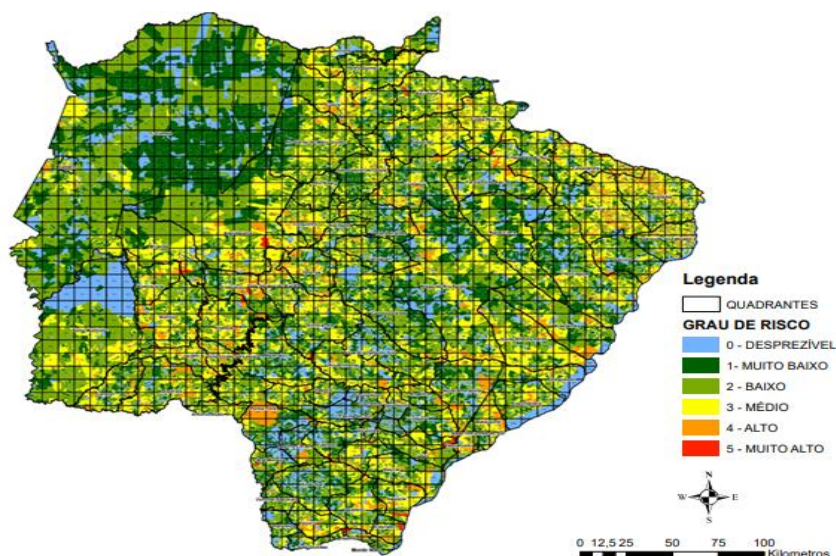


Figura 14. Mapa de risco das propriedades de Mato Grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva. Fonte: Autor.

O modelo adotado é respaldado por estudos de Dias et al. (2011) e Ferreira (2020), que demonstraram a eficácia das árvores de decisão na gestão de riscos sanitários associados à raiva animal. A principal vantagem dessa metodologia está na sua capacidade de quantificar o risco de forma precisa, identificando tanto as áreas gerais de maior vulnerabilidade, quanto as propriedades específicas, com o grau de risco atribuído a cada uma delas. Essa abordagem torna o planejamento estratégico de vigilância muito mais direcionado, assegurando que as intervenções de controle sejam implementadas de maneira mais eficiente e focalizada, priorizando as áreas que demandam de maior atenção do Serviço Veterinário Oficial.

4.1. Classificação de risco das propriedades rurais

A análise dos dados revela que a maioria das propriedades rurais se encontra em risco muito baixo e baixo para raiva, com 26.092 e 22.895 propriedades classificadas nos graus de risco 1 e 2, respectivamente. Sendo assim, é possível observar que 59% das unidades de produção pecuária fazem parte dessa categoria, conforme ilustrado na Figura 15.

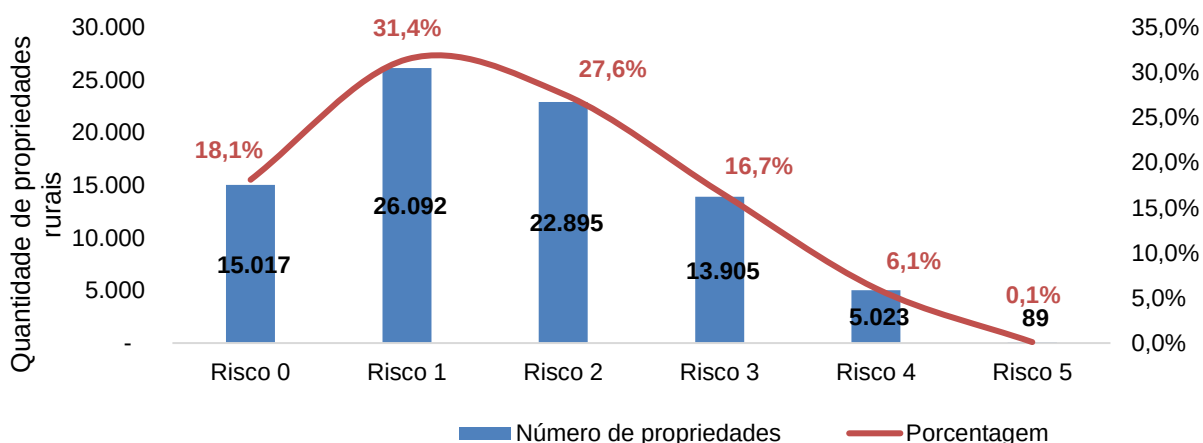


Figura 15. Somatório e porcentagem de propriedades de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva. Fonte: Autor.

Conforme detalhado na Tabela 1, existem variações significativas na distribuição da probabilidade de ocorrência da doença entre os municípios. Além do mais, nota-se que alguns locais se destacam pela vasta quantidade de propriedades

rurais em mais de uma categoria de risco, o que ressalta a complexidade e a variabilidade dos fatores que influenciam a disseminação dessa doença.

Tabela 1. Número de propriedades por município de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva.

Município	Risco 0	Risco 1	Risco 2	Risco 3	Risco 4	Risco 5	Total Geral
Inocência	37	142	435	387	277	10	1.288
Cassilândia	50	148	324	245	174	8	949
Camapuã	236	354	449	228	102	7	1.376
Aquidauana	26	273	498	241	175	6	1.219
Paranaíba	189	534	660	617	299	5	2.304
Paraíso das Águas	184	227	211	135	41	5	803
Anastácio	43	199	336	214	163	4	959
Nioaque	126	228	351	243	108	4	1.060
Sidrolândia	235	555	496	186	97	4	1.573
Bonito	27	393	452	294	85	4	1.255
Terenos	387	445	727	286	190	3	2.038
Novo Horizonte do Sul	0	157	281	167	138	3	746
Jaraguari	374	773	507	344	89	3	2.090
Itaquiraí	83	461	297	371	115	2	1.329
Pedro Gomes	79	226	221	253	63	2	844
Miranda	60	218	165	155	39	2	639
Taquarussu	18	226	67	101	19	2	433
Coxim	95	418	534	372	210	1	1.630
Costa Rica	25	146	333	240	181	1	926
Guia Lopes da Laguna	10	103	298	184	179	1	775
Batayporã	25	371	279	202	119	1	997
Dois Irmãos do Buriti	19	174	281	180	85	1	740
Corguinho	3	172	210	192	57	1	635
Tacuru	39	146	171	91	49	1	497
Alcinópolis	24	395	284	309	42	1	1.055
Mundo Novo	5	407	155	127	30	1	725
Itaporã	608	368	319	98	26	1	1.420
Eldorado	5	187	96	83	24	1	396
Caracol	87	178	167	122	18	1	573
Aral Moreira	158	414	264	44	13	1	894
Caarapó	252	715	186	107	9	1	1.270
Japorã	19	145	34	73	4	1	276
Aparecida do Taboado	65	235	441	222	175	0	1.138
Três Lagoas	276	517	578	303	160	0	1.834
Ribas do Rio Pardo	299	465	670	257	144	0	1.835
Bodoquena	1	190	322	164	136	0	813
Figueirão	41	153	251	193	95	0	733

Campo Grande	454	1.077	636	304	72	0	2.543
Fatima do Sul	758	952	421	171	63	0	2.365
Nova Andradina	432	359	458	167	63	0	1.479
Dourados	2.099	895	693	181	59	0	3.927
Jardim	103	129	197	152	58	0	639
Bela Vista	133	249	289	193	52	0	916
Jutí	14	121	172	85	46	0	438
Antonio João	0	76	312	57	45	0	490
Iguatemi	88	213	218	190	44	0	753
Corumbá	216	1.113	646	249	43	0	2.267
São Gabriel do Oeste	15	673	233	204	40	0	1.165
Bataguassu	18	204	127	172	40	0	561
Jateí	13	300	141	250	39	0	743
Anaurilândia	65	242	162	178	35	0	682
Bandeirantes	309	488	340	203	34	0	1.374
Ivinhema	821	715	496	298	33	0	2.363
Brasilândia	72	312	191	265	31	0	871
Rio Brilhante	77	299	289	104	30	0	799
Maracaju	292	584	330	168	27	0	1.401
Angelica	60	495	111	169	26	0	861
Ponta Porã	347	553	336	95	25	0	1.356
Santa Rita do Pardo	55	183	208	166	22	0	634
Rochedo	116	228	207	133	21	0	705
Rio Verde de Mato Grosso	22	665	385	395	17	0	1.484
Naviraí	92	355	177	110	17	0	751
Nova Alvorada do Sul	368	246	198	69	17	0	898
Chapadão do Sul	102	205	143	70	13	0	533
Porto Murtinho	20	273	254	156	12	0	715
Água Clara	76	170	174	87	12	0	519
Deodápolis	757	432	316	130	9	0	1.644
Amambai	667	404	393	86	9	0	1.559
Selvíria	109	150	122	72	9	0	462
Douradina	380	126	72	23	9	0	610
Coronel Sapucaia	40	99	116	45	7	0	307
Sonora	50	92	58	29	5	0	234
Laguna Carapã	516	212	101	19	3	0	851
Rio Negro	0	355	165	305	2	0	827
Sete Quedas	179	86	59	36	2	0	362
Vicentina	64	67	65	14	2	0	212
Gloria de Dourados	656	183	447	55	0	0	1.341
Paranhos	152	51	84	19	0	0	306
Ladário	0	3	3	1	0	0	7
Total	15.017	26.092	22.895	13.905	5.023	89	83.021

Entre os 79 municípios, os três que mais se destacam por possuírem as maiores quantidades de propriedades com risco muito alto (grau 5) são: Inocência com 10 fazendas, Cassilândia com 8 e Camapuã com 7. Inocência também se sobressai pelo número significativo de áreas com risco alto (grau 4), com 227 propriedades. Contudo, Paranaíba é a cidade que apresenta o maior número nesse risco, sendo 299 propriedades rurais. Outro local de relevância nessa categoria é Coxim, com 210 fazendas. Em contraste, Dourados apresenta grande número de áreas com risco desprezível (2.099 classificações em grau 0). Nota-se que o valor é expressivamente maior do que o de Ivinhema, que aparece na sequência com 821 locais. Além do mais, Corumbá e Campo Grande se destacam no risco muito baixo (grau 1), apresentando respectivamente 1.113 e 1.077 unidades nessa categoria.

Dessa maneira, conforme estruturado na árvore de decisão por classificação, a grande quantidade de propriedades rurais presentes nos graus de risco inferiores, destacadas em alguns municípios, pode estar relacionada à ausência de bovinos em regiões amplamente destinadas às lavouras ou pela exploração pecuária com baixa densidade animal. Além disso, essa situação pode estar associada à inexistência de abrigos de morcegos cadastrados, fato que pode ocorrer pela exploração insuficiente dessas áreas (que podem ser de difícil acesso) ou pela falta de engajamento dos produtores rurais da região em questão, os quais, por possuírem maior conhecimento das condições ambientais locais, poderiam facilitar a identificação de colônias desconhecidas. Outro fator que influencia esses resultados é a ausência de registros de focos de raiva, que pode ser resultante de subnotificações, também decorrentes da falta de conscientização dos pecuaristas.

Da mesma forma, o número de propriedades rurais classificadas nos graus de risco superiores, também observado em alguns municípios, pode estar relacionado à elevada quantidade de áreas com bovinocultura, à presença de pecuária intensificada (com alta densidade bovina) e à proximidade a morros, ferrovias e rios, bem como à quantidade de abrigos de morcegos cadastrados, os quais podem ter sido mais facilmente encontrados nessas regiões. Além disso, é possível que esses produtores rurais estejam mais conscientizados sobre a necessidade de notificar casos suspeitos.

Sendo assim, a quantificação do risco de ocorrência da raiva, em cada propriedade rural, possibilita o direcionamento das ações do Serviço Veterinário

Oficial de maneira mais eficiente e objetiva. Essa metodologia possibilita a priorização das atividades de vigilância em áreas de alto e muito alto risco, nas quais as ações de controle – como captura de morcegos, identificação de abrigos e conscientização dos produtores rurais sobre os riscos da doença, bem como da importância de fazer notificação de casos suspeitos – devem ser executadas com maior vigor. Além disso, considerando que, em Mato Grosso do Sul, a vacinação contra a raiva é obrigatória apenas em situações de foco ou perifoco (IAGRO, 2016), essa abordagem constitui uma ferramenta estratégica para orientar, individualmente, os pecuaristas sobre a real necessidade de imunização de seus rebanhos.

4.2. Classificação de risco dos quadrantes

A análise da classificação de risco dos quadrantes revelou que a maioria das áreas (92,72% ou 1.820 de 1.963) pertence ao grupo de baixo risco (grupo 1), destacando a ampla concentração de regiões com menor vulnerabilidade. Em contraste, os grupos 2, 3 e 4, que representam níveis crescentes de perigo, apresentam proporções significativamente menores: os grupos 2 e 4 incluem 48 quadrantes cada (2,45% do total), enquanto o grupo 3 reúne 47 quadrantes, correspondendo a 2,39% do total (Figura 16).

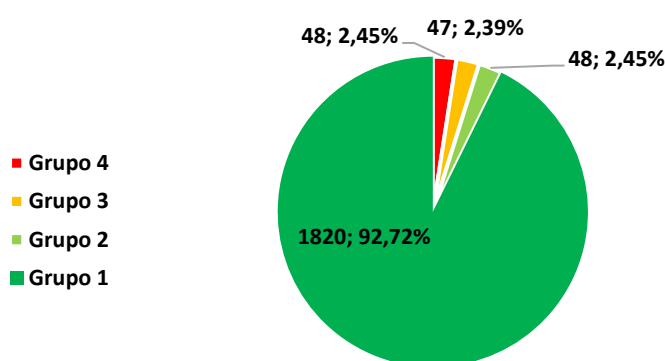


Figura 16. Divisão dos quadrantes de Mato Grosso do Sul, de acordo com o risco de ocorrência de raiva. Fonte: Autor.

A discrepância na quantidade de quadrantes classificados no grupo 1 pode estar relacionada à metodologia empregada para sua delimitação e aos critérios de associação com as propriedades rurais. A divisão dos quadrantes seguiu um padrão geométrico retilíneo que não considerou pequenas faixas territoriais próximas às

fronteiras com outros países e estados brasileiros, resultando em muitas unidades com áreas reduzidas. Essa situação foi agravada pelas subdivisões introduzidas pela Portaria nº 3.589/2020, que aumentaram significativamente o número de unidades territoriais menores, trazendo maior homogeneidade às condições epidemiológicas observadas entre os quadrantes.

Além disso, a vasta extensão territorial de algumas propriedades rurais contribuiu para esse cenário, especialmente nas que abrangem mais de um quadrante. Nessas situações, a pontuação foi atribuída ao quadrante que contém a maior parte da área da propriedade ou onde está localizada a sua sede. Como resultado, muitos quadrantes menores ficaram associados a apenas uma propriedade ou, em alguns casos, a nenhuma, sendo automaticamente classificados como de baixo risco. Esses fatores ajudam a explicar o elevado número de quadrantes no Grupo 1 (Figura 17).

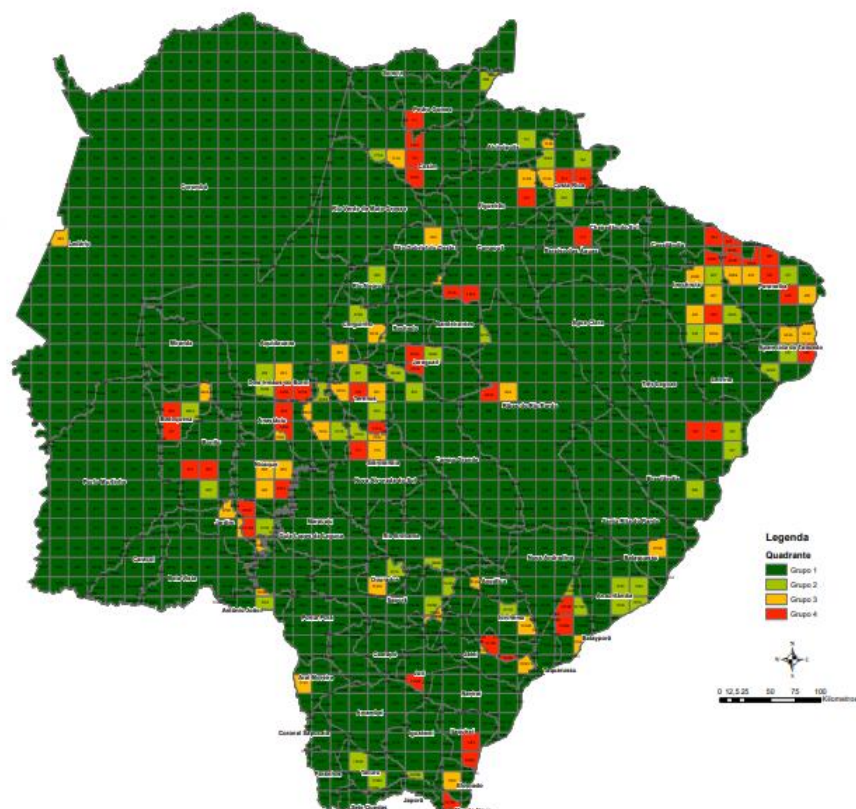


Figura 17. Quadrantes de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva. Fonte: Autor.

Embora os grupos 2, 3 e 4 apresentem uma proporção menor, a análise geográfica de suas localizações permite identificar, com precisão, as áreas de maior risco, destacando as variações nas condições de receptividade e de vulnerabilidade à raiva no território de Mato Grosso do Sul. Além disso, foi observado que uma parcela significativa dos quadrantes classificados nos grupos 3 e 4, que representam os níveis mais elevados de risco, coincide com as áreas previamente identificadas como de risco intermediário ou alto no mapa da IAGRO/PECRH. No entanto, o modelo da IAGRO considera apenas fatores como a declividade do terreno e os registros históricos de focos, excluindo variáveis relevantes, como a presença e a densidade de bovinos nas áreas de criação, a proximidade de malhas ferroviárias e hidroviárias e os abrigos de morcegos cadastrados. A inclusão dessas variáveis na nova metodologia possibilitou uma visão mais detalhada e ajustada às particularidades epidemiológicas de cada região.

Ao analisar a distribuição dos quadrantes por grupo de risco, Paranaíba destacou-se como o município com maior quantidade de quadrantes classificados nos graus mais elevados de risco, sendo 4 no grau 4 e 3 no grau 3, reforçando sua relevância entre as áreas de maior risco. Cassilândia também apresentou destaque na classificação de grau 4, com 4 quadrantes, seguida por Coxim, com 3 quadrantes na mesma categoria. Na classificação de grau 3, os municípios de Inocência e Nioaque se sobressaíram, ambos com 4 quadrantes cada. Inocência também demonstrou relevância no grau 2, com 3 quadrantes nessa categoria, quantidade igualmente observada nos municípios de Costa Rica, Anaurilândia e Tacurú.

Uma área de relevo acentuado na região do Bolsão Sul-Mato-Grossense, situada entre os municípios de Cassilândia, Inocência e Paranaíba, concentra o maior conglomerado de quadrantes classificados como grau 4 (alto risco). Essa concentração de risco demanda o direcionamento prioritário das ações do serviço veterinário oficial, com estratégias de vigilância contínuas e eficazes. Essas medidas são essenciais para mitigar os impactos da raiva e proteger as atividades pecuárias na região, garantindo maior segurança sanitária.

No grupo 1, Corumbá se destaca expressivamente com 206 quadrantes, seguido por Ribas do Rio Pardo, com 81, e por Aquidauana e Porto Murtinho, com 50 cada. A predominância de quadrantes classificados nesse grupo em municípios como

Corumbá, Aquidauana e Porto Murtinho pode estar associada às características das regiões pantaneiras, marcadas por extensas planícies de relevo pouco acidentado e pela predominância da pecuária extensiva, o que reduz a concentração dos fatores de risco associados à raiva (Semadesc, 2015).

A grande extensão territorial desses municípios também demonstrou ter influenciado os resultados. Corumbá, o maior município de Mato Grosso do Sul e 11º maior do Brasil, corresponde a 17% do território estadual. Porto Murtinho ocupa a segunda posição em área no Estado, enquanto Ribas do Rio Pardo, embora não esteja localizado na região pantaneira, é o terceiro maior município sul-mato-grossense em área, o que explica sua significativa representatividade no grupo 1 (IBGE, 2024).

Portanto, a classificação de risco georreferenciada dos quadrantes promove a redução dos gastos públicos, pois possibilita ao Estado o deslocamento de veículos e de servidores treinados para as regiões que necessitam de mais atenção, garantindo o desenvolvimento de ações de controle mais assertivas. Sendo assim, profissionais especializados podem ser direcionados para as áreas mais críticas, priorizando ações como capturas de morcegos hematófagos, necrópsias em animais suspeitos e educação sanitária. Paralelamente, equipes dedicadas às atividades de monitoramento continuam atuando nas áreas de risco reduzido. Dessa forma, o Estado mantém um sistema de vigilância robusto, que possibilita a detecção precoce e a resposta imediata a casos de raiva, assegurando que cada localidade receba atenção condizente às suas necessidades e otimizando a gestão dos recursos disponíveis (Quevedo, 2020).

4.3. Planejamento estratégico de vigilâncias sanitárias

O planejamento estratégico de vigilância sanitária em Mato Grosso do Sul foi baseado na categorização dos quadrantes nos quatro grupos de risco, permitindo uma abordagem diferenciada e proporcional ao nível de vulnerabilidade de cada região. Locais de alto risco demandam de vigilância constante para a rápida detecção de novos casos, além de intenso controle populacional de morcegos hematófagos. Em contrapartida, regiões de risco reduzido, embora exijam menor atenção do Serviço

Veterinário Oficial, necessitam de monitoramento periódico para a detecção precoce de casos atípicos (MAPA, 2009).

Nesse contexto, a classificação dos quadrantes permitiu o estabelecimento proporcional de metas semestrais de vigilância sanitária: quadrantes de baixo risco (grupo 1) recebem uma visita; os de médio risco (grupo 2), duas; os de alto risco (grupo 3), três; e os de muito alto risco (grupo 4), quatro. Essa distribuição assegura que a intensidade das ações seja realizada de forma correspondente ao nível de risco, otimizando o uso de recursos e esforços públicos.

Logo, o total de ações de vigilância a serem realizadas em cada município corresponde à soma das atividades determinadas para cada quadrante localizado em seu território. Dessa forma, o número de visitas estabelecido reflete diretamente a quantidade de quadrantes presentes em cada grupo de risco, garantindo que os esforços sejam distribuídos de maneira compatível com às necessidades epidemiológicas de cada localidade, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Metas de vigilâncias sanitárias a serem realizadas semestralmente por município de Mato grosso do Sul, de acordo com o grau de risco de ocorrência de raiva nos quadrantes.

Município	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Vigilância G1	Vigilância G2	Vigilância G3	Vigilância G4	Total
Corumbá	206	0	1	0	206	0	3	0	209
Ribas do Rio Pardo	81	0	1	1	81	0	3	4	88
Aquidauana	50	1	2	2	50	2	6	8	66
Três Lagoas	45	2	0	2	45	4	0	8	57
Coxim	38	1	1	3	38	2	3	12	55
Porto Murtinho	50	0	0	0	50	0	0	0	50
Paranaíba	17	1	3	4	17	2	9	16	44
Inocência	16	3	4	2	16	6	12	8	42
Paraíso das Águas	37	0	0	1	37	0	0	4	41
Sidrolândia	27	1	2	1	27	2	6	4	39
Campo Grande	34	2	0	0	34	4	0	0	38
Cassilândia	21	0	0	4	21	0	0	16	37
Costa Rica	16	3	2	2	16	6	6	8	36
Rio Verde de Mato Grosso	36	0	0	0	36	0	0	0	36
Maracaju	35	0	0	0	35	0	0	0	35
Ponta Porã	35	0	0	0	35	0	0	0	35
Camapuã	23	0	1	2	23	0	3	8	34
Terenos	15	2	2	2	15	4	6	8	33
Miranda	30	0	1	0	30	0	3	0	33
Água Clara	32	0	0	0	32	0	0	0	32
Santa Rita Do Pardo	31	0	0	0	31	0	0	0	31

São Gabriel do Oeste	27	0	1	0	27	0	3	0	30
Nioaque	13	0	4	1	13	0	12	4	29
Nova Andradina	27	1	0	0	27	2	0	0	29
Bonito	18	1	0	2	18	2	0	8	28
Figueirão	20	0	1	1	20	0	3	4	27
Pedro Gomes	21	1	0	1	21	2	0	4	27
Bela Vista	26	0	0	0	26	0	0	0	26
Aparecida Do Taboado	11	2	2	1	11	4	6	4	25
Corguinho	19	1	1	0	19	2	3	0	24
Anastacio	11	2	0	2	11	4	0	8	23
Bodoquena	13	1	0	2	13	2	0	8	23
Rio Brilhante	21	1	0	0	21	2	0	0	23
Guia Lopes Da Laguna	6	1	2	2	6	2	6	8	22
Batayporã	9	1	1	2	9	2	3	8	22
Brasilândia	20	1	0	0	20	2	0	0	22
Sonora	22	0	0	0	22	0	0	0	22
Dourados	17	2	0	0	17	4	0	0	21
Alcinópolis	19	1	0	0	19	2	0	0	21
Caracol	21	0	0	0	21	0	0	0	21
Nova Alvorada Do Sul	21	0	0	0	21	0	0	0	21
Jaraguari	10	1	0	2	10	2	0	8	20
Amambai	20	0	0	0	20	0	0	0	20
Bandeirantes	17	1	0	0	17	2	0	0	19
Iguatemi	17	1	0	0	17	2	0	0	19
Naviraí	18	0	0	0	18	0	0	0	18
Itaquirai	9	0	0	2	9	0	0	8	17
Dois Irmãos Do Buriti	7	2	2	0	7	4	6	0	17
Fatima Do Sul	10	0	2	0	10	0	6	0	16
Ivinhema	11	1	1	0	11	2	3	0	16
Chapadão Do Sul	16	0	0	0	16	0	0	0	16
Jardim	12	0	1	0	12	0	3	0	15
Anaurilândia	9	3	0	0	9	6	0	0	15
Tacuru	9	3	0	0	9	6	0	0	15
Laguna Carapã	15	0	0	0	15	0	0	0	15
Novo Horizonte Do Sul	3	0	1	2	3	0	3	8	14
Bataguassu	11	0	1	0	11	0	3	0	14
Jatei	11	0	1	0	11	0	3	0	14
Selvíria	14	0	0	0	14	0	0	0	14
Aral Moreira	10	0	1	0	10	0	3	0	13
Taquarussu	10	0	1	0	10	0	3	0	13
Jutí	8	0	0	1	8	0	0	4	12
Itaporã	7	1	1	0	7	2	3	0	12
Caarapó	12	0	0	0	12	0	0	0	12
Antonio Joao	6	1	1	0	6	2	3	0	11
Eldorado	8	0	1	0	8	0	3	0	11
Rochedo	9	1	0	0	9	2	0	0	11
Rio Negro	8	1	0	0	8	2	0	0	10
Deodápolis	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Paranhos	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Mundo Novo	5	0	0	1	5	0	0	4	9

Gloria De Dourados	8	0	0	0	8	0	0	0	8
Angélica	4	0	1	0	4	0	3	0	7
Coronel Sapucaia	7	0	0	0	7	0	0	0	7
Sete Quedas	6	0	0	0	6	0	0	0	6
Douradina	4	0	0	0	4	0	0	0	4
Japorã	4	0	0	0	4	0	0	0	4
Ladário	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Vicentina	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Total	1594	48	47	48	1594	96	141	192	2023

Alguns municípios apresentam valor expressivo de ações devido ao total de quadrantes classificados, tanto em risco baixo (grupo 1), como no caso de Corumbá, quanto em riscos intermediários e altos, como observado em Paranaíba e Inocência. Por outro lado, locais com menor extensão territorial ou com pouca quantidade de quadrantes, como Ladário e Vicentina, apresentaram representatividade mínima nas ações, com apenas uma ou poucas visitas semestrais planejadas. Portanto, essa distribuição reflete a necessidade de aplicação diferenciada dos recursos públicos entre as municipalidades, priorizando as áreas com maior potencial de risco ou com maior extensão territorial, o que promove a eficiência e a equidade no planejamento estratégico de vigilância.

A divisão dos quadrantes, que não considerou o agrupamento de pequenas faixas territoriais próximas a fronteiras internacionais, estaduais ou municipais, resultou no aumento do número de quadrantes classificados como de baixo risco (grupo 1). Uma reorganização para minimizar essa fragmentação poderia reduzir as vigilâncias nesses quadrantes, otimizando os recursos disponíveis e aumentando a eficiência das ações de vigilância.

Em comparação à Portaria nº 3.633/2019 da IAGRO, que determina a realização de duas visitas mensais em propriedades classificadas como de maior risco para raiva em cada município, o modelo de vigilância e controle por quadrantes apresenta uma abordagem mais detalhada. Enquanto a portaria prevê o total de 948 inspeções a cada seis meses, distribuídas uniformemente entre os municípios, o novo método estabelece 2.023 vigilâncias para o mesmo período, organizadas de acordo com o nível de risco atribuído a cada quadrante. Logo, o planejamento prevê a realização de 1.594 visitas nos quadrantes de baixo risco (grupo 1), que representam

a maioria das áreas; 96 nos de médio risco (grupo 2); 141 nos de alto risco (grupo 3); e 192 nos de muito alto risco (grupo 4) (Figura 18).

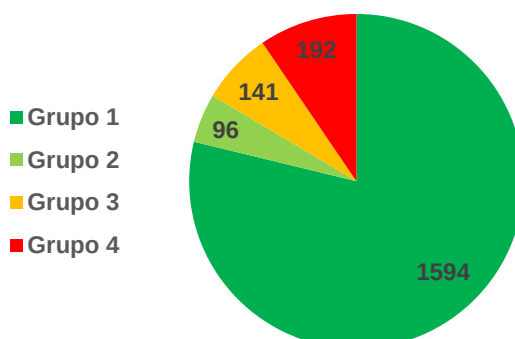


Figura 18. Distribuição das vigilâncias semestrais em Mato Grosso do Sul, de acordo com o grupo de risco de ocorrência de raiva. Fonte: Autor.

As metas de vigilância foram planejadas para serem cumpridas em intervalos de seis meses, devido à necessidade de reavaliações nesse período, dada a natureza dinâmica do cenário epidemiológico. Essas revisões incluem a atualização de informações sobre a presença de bovinos, bem como sua densidade na área (que se modifica continuamente pela movimentação de animais entre as propriedades rurais), além do surgimento de novos focos da doença e da descoberta de abrigos de morcegos. Tais fatores interferem no cálculo do escore das propriedades rurais e contribuem para mudanças significativas no panorama de risco de uma região. **Com** isso, a constante atualização do sistema de vigilância assegura ao estado de Mato Grosso do Sul a capacidade de acompanhar, em tempo real, as transformações de sua situação epidemiológica, maximizando a eficácia das intervenções sanitárias e minimizando os impactos da raiva no estado.

5. CONCLUSÃO

Embora o sistema de vigilância por quadrantes, proposto por Carvalho Neto et al. (2020), represente um avanço significativo para a defesa sanitária animal em Mato Grosso do Sul, este estudo demonstra que sua eficiência pode ser aprimorada pela adoção de critérios de risco específicos para cada programa de controle sanitário. Tal refinamento assegura que as ações do Serviço Veterinário Oficial mantenham

abrangência em todo território, com ações precisamente direcionadas para regiões de maior necessidade.

Dessa forma, este trabalho apresenta uma abordagem inovadora para a vigilância e o controle da raiva em herbívoros, fundamentada na modelagem espacial em conjunto com a construção de uma árvore de decisão por classificação. Essa metodologia permite categorizar propriedades rurais em níveis de risco claramente definidos, utilizando critérios sólidos de receptividade e de vulnerabilidade à doença. Além disso, a determinação de metas dinâmicas, revisadas semestralmente, garante que o sistema se adapte às mudanças constantes do cenário epidemiológico.

Por fim, a abordagem georreferenciada adotada neste estudo constitui uma ferramenta estratégica, que otimiza a alocação de recursos públicos e promove a equidade nas ações de vigilância. Ao integrar aspectos territoriais, ambientais e epidemiológicos, o modelo assegura que todas as regiões sejam contempladas pelas ações de defesa sanitária, de forma proporcional e específica às suas necessidades, direcionando esforços para áreas prioritárias e maximizando a eficiência das intervenções.

6. REFERÊNCIAS

Aven T (2015) **Risk Analysis**. Hoboken, Wiley, (2) 216 p.

Bassuino DM (2015) **Caracterização histológica, imuno-histoquímica e mapeamento de lesões da raiva em medula espinhal de bovinos e equinos**. 55 f. Dissertação (Mestrado em ciências veterinárias) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre.

Benavides JA, Raghavan RK, Boere V, Rocha S, Wada MY, Vargas A, Voietta F, Silva IO, Leal S, Castro A, Arruda MF, Peterson AT, Megid J, Carrieri ML, Kotait (2022) Spatio-temporal dynamics of rabies and habitat suitability of the common marmoset *Callithrix jacchus* in Brazil. **Plos Neglected Tropical Diseases**, 16(3): e0010254.

Brasil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1.

Carvalho Neto FBC, Zanandreis F, Gitti CB (2020). Vigilância em saúde animal por quadrante – Um novo sistema “inteligente” de vigilância agropecuária. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, 42, e108020.

Centoamore NHF (2017). **Estudo da neuroinvasividade do vírus da raiva em amostras de sistema nervoso central de bovinos**. 87 f. Dissertação (Mestrado em ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo.

Coelho-Costa MLM, Ribeiro PCB, Lima OC, Barbosa VS, Vilar EM, Cordeiro-Estrela P, Silva JCR (2023) Investigação e intervenção das Vigilâncias Epidemiológica e Ambiental da Prefeitura do Recife, Pernambuco, Brasil no caso de óbito por raiva humana em 2017. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, 17(4), 230–240.

Dias RA, Nogueira Filho VS, Goulart CS, Telles ICO, Marques GHF, Ferreira F, Amaku M, Ferreira Neto JS (2011) Modelo de risco para circulação do vírus da raiva em herbívoros no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, 30(4): 370-376.

FAMASUL. Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. (2022) **Boletim SIGABOV**. Campo Grande: FAMASUL, 8 p. Boletins, 24.

Ferreira, JM (2020). **Modelo preditivo de difusão espacial e risco de transmissão da raiva aos herbívoros**. 122 f. Dissertação (Mestrado em sanidade animal e saúde pública nos trópicos). Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína.

Filho FB, Martins G, Luchi GS, Kac BK, Nery JAC, Azulay-Abulafia L, Azulay DR (2014). Multiple lesions by vampire bat bites in a patient in Niterói, Brazil – case report. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 89(2): 340-343.

Galhardo, JA (2016). **Vigilância e Epidemiologia Molecular da Raiva em Mato Grosso do Sul, Brasil**. 75 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – UEL, Londrina.

Gioia TB, Pereira AC, Raminelli JA (2020) Avaliação de Métodos para Construção de um Índice de Vulnerabilidade de Saúde para Londrina-PR. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. 16: 282 – 298.

Grisolio, APR (2017) **Filogenia e filogeografia do vírus da raiva de morcegos insetívoros *Nyctinomops spp.* no Brasil**. 36 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal.

Hirsch C, Costa GM (2023). Raiva em herbívoros domésticos: infecção nos animais. **Milkpoint**. Produção de leite.

Hubbard, DW (2020). **The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It**. Hoboken, Wiley, (2) 432 p.

IAGRO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (2010) **Portaria nº 2.096, de 24 de agosto de 2010. Institui e regulamenta a operacionalização do controle da capacidade de suporte em Unidade Animal por hectare de pastagem nas propriedades rurais**. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*, Campo Grande, MS, 25 ago. 2010.

IAGRO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (2016) **Portaria nº 3.565, de 1 de novembro de 2016. Torna obrigatória a vacinação contra a Raiva em todos os herbívoros com idade igual ou superior a três meses nas regiões com ocorrência de Raiva confirmada e dá outras providências**. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*, Campo Grande, MS, 1 nov. 2016.

IAGRO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (2018) **Portaria nº 3.589, de 26 de fevereiro de 2018. Estabelece a área de atuação das Unidades Regionais e Locais da IAGRO e dá outras providências**. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*, Campo Grande, MS, 27 fev. 2018.

IAGRO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (2019). **Portaria nº 3.633, de 26 de novembro de 2019. Estabelece novos critérios para a classificação das propriedades consideradas de maior risco sanitário para a introdução de doenças nos rebanhos do Estado de Mato Grosso do Sul e dá outras providências**. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*, Campo Grande, MS, 27 nov. 2019.

IAGRO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (2023). **Controle da Raiva dos Herbívoros: manual de orientação**. Governo de Mato Grosso do Sul.

IAGRO/PECRH. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal, Coordenação do Programa Estadual de Controle da Raiva dos Herbívoros (2024) **Planilha de focos de raiva em Mato Grosso do Sul**. Governo de Mato Grosso do Sul.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024) **Panorama**. Governo Federal, Brasil.

ICTV - **International Committee on Taxonomy of Viruses**. Disponível em: <https://ictv.global/taxonomy/visual-browser>. Acesso em nov 2024.

Lima BS e Silva CA (2020). As paisagens e as potencialidades de turismo de natureza da feição central da Serra Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. 69(2): 313-333.

Mato Grosso do Sul (Estado). **Decreto nº 14.644, de 29 de dezembro de 2016**. Dá nova redação ao Anexo IV - Do Cadastro Fiscal, ao Regulamento do ICMS, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 30 dez. 2016.

Mantovan, KB (2020). **Distribuição geográfica de *Desmodus rotundus*, suas implicações nos casos de raiva em bovinos e análise filogenética dos isolados virais entre 2016-2018 na região de Botucatu, São Paulo**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Unesp, Botucatú.

Mantovan, KB (2023). **Pesquisa de zoonoses virais emergentes em morcego hematófago *Desmodus rotundus*: Uma abordagem de saúde única**. 105 f. Tese (Doutorado) – Unesp, Botucatú.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). **Manual de Controle da Raiva dos Controle da Raiva dos Herbívoros**. Governo Federal, Brasil.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2023). **Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) - Raiva: Boletim Informativo**. Governo Federal, Brasil.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2024). **Indicadores**. Governo Federal, Brasil.

MS. Ministério da Saúde (2023) **Raiva Humana: Saúde A a Z**. Governo Federal, Brasil

Quevedo LS, Huguen GGP, Moraes RM, Quevedo PS (2020) Aspectos epidemiológicos, clínico-patológicos e diagnóstico de raiva em animais de produção: Revisão. **PUBVET** 14:1-11.

Rosa, MT (2023). **Perfil epidemiológico e avaliação do conhecimento de produtores rurais sobre a raiva bovina e o impacto da doença para a saúde pública e economia pecuária no estado do Paraná**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Bem-estar e Produção Animal Sustentável) – UFFS, Realeza.

Rocha F (2018) **Vigilância e controle da raiva em herbívoros sob os aspectos da biologia do *Desmodus rotundus* (E. GEOFFROY, 1810) e da circulação do vírus da raiva em populações susceptíveis relacionadas às ações do serviço veterinário oficial**. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

Rodenas LCS (2021) **Estudo do ciclo epidemiológico do vírus rábico, por meio do levantamento de abrigos e populações de morcegos hematófagos e da diversidade da quiropterofauna na região de Presidente Prudente**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, São Paulo.

Santos, GR (2016). **Caracterização epidemiológica e molecular da raiva em bovinos no estado de Pernambuco, Brasil**. 80 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal.

Semadesc. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico (2015) **Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento**. Governo de Mato Grosso Do Sul.

Silva WA, Ametlla VCampos, Juliano RS (2015) Raiva canina no município de Corumbá-MS – Relato De Caso. **Acta Veterinaria Brasilica** 9(4) 386-390.

WHO Organização Mundial da saúde. Raiva. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rabies>. Acesso em 15 out 2024.

WOAH. World Organisation for Animal Health **Terrestrial Animal Health Code: Official Control Programmes for Listed and Emerging Diseases** (2024).