

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

VICTOR MOREIRA SALES MARIANO

**A MOVIMENTAÇÃO DE BOVINOS E EQUINOS NO BRASIL NO ÂMBITO DA
DEFESA SANITÁRIA ANIMAL.**

Belo Horizonte

2022

Victor Moreira Sales Mariano

**A MOVIMENTAÇÃO DE BOVINOS E EQUINOS NO BRASIL NO ÂMBITO DA
DEFESA SANITÁRIA ANIMAL.**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Epidemiologia

Orientador: Prof. Dr. Rafael Romero Nicolino

Coorientador: M.e Bruno Rocha de Melo

Belo Horizonte

2022

M333m Mariano, Victor Moreira Sales, 1995-
A movimentação de bovinos e equinos no Brasil no âmbito da defesa sanitária animal / Victor
Moreira Sales Mariano. – 2022.
98f.:il.

Orientador: Rafael Romero Nicolino
Coorientador: Bruno Rocha de Melo
Dissertação (Mestrado) apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de
Minas Gerais para obtenção do título de Mestre.
Bibliografia: f. 95 a 98.

1. Bovino – Doenças - Teses - 2. Equino – Doenças - Teses - 3. Epidemiologia - Teses -
I. Nicolino, Rafael Romero - II. Melo, Bruno Rocha de – III. Universidade Federal de Minas
Gerais, Escola de Veterinária - IV. Título.

CDD – 636.089 69

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

VICTOR MOREIRA SALES MARIANO

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração Epidemiologia.

Aprovado(a) em 25 de março de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Rafael Romero Nicolino - Presidente - Orientador(a)

Dr.(a). João Paulo Amaral Haddad

Dr.(a). Luciano Bastos Lopes

Dr.(a). Rogerio Oliveira Rodrigues



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Romero Nicolino, Professor do Magistério Superior**, em 25/03/2022, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Bastos Lopes, Usuário Externo**, em 28/03/2022, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rogerio Oliveira Rodrigues, Usuário Externo**, em 11/04/2022, às 15:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Amaral Haddad, Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 14:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1269280** e o código CRC **154FAB68**.

À minha família pelo apoio e suporte financeiro,
À minha companheira Mônica, que me fez acreditar que era possível.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus pela minha vida, pela saúde para me manter firme na jornada, e por me dar forças para poder concluir este trabalho.

À minha namorada Mônica, por sempre acreditar no meu potencial, além de nunca me deixar desanimar com os obstáculos que surgiam. Seu apoio foi fundamental.

Ao professor Rafael Romero Nicolino meu orientador e amigo que sempre se mostrou disposto e disponível para sanar minhas dúvidas, que passou horas revisando o texto comigo e que esteve sempre presente nos momentos mais difíceis.

Às minhas tias Ilma e Leninha que me apoiaram financeiramente e viabilizaram a minha sobrevivência longe de minha cidade natal. Concluir essa trajetória desde a graduação só foi possível por possuir pessoas tão generosas ao meu lado.

Aos grandes professores que estiveram presentes durante todo o caminho. Sem dúvidas, tive contato com algumas das maiores mentes vivas da medicina veterinária brasileira.

À Escola de Veterinária da UFMG e ao colegiado de pós-graduação que disponibilizou recursos, deu suporte e informações necessárias para que este trabalho fosse realizado.

É muito melhor arriscar coisas grandiosas,
alcançar triunfos e glórias, mesmo
expondo-se a derrota, do que formar fila
com os pobres de espírito que nem gozam
muito nem sofrem muito, porque vivem
nessa penumbra cinzenta que não
conhece vitória nem derrota.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

A epidemiologia é ciência de base que pode subsidiar a elaboração, implantação, avaliação e tomada de decisões sobre estratégias e ações de vigilância epidemiológica. O conhecimento do perfil epidemiológico nacional, por meio de seus índices e movimentação animal, é fundamental no entendimento das informações zoossanitárias e no planejamento em saúde. Para este propósito, o presente trabalho verificou a capilaridade do sistema de vigilância do serviço veterinário oficial brasileiro, criou índices, avaliou a utilidade de análises espaciais em um contexto de vigilância epidemiológica. Para verificar os padrões, foram realizadas análises de indicadores locais de associação espacial (LISA) a partir dos dados contidos no Sistema Nacional de Informação Zoossanitária (SIZ). Essas análises podem ser importantes ferramentas para o entendimento da situação epidemiológica e das ações de controle e prevenção a serem adotadas, baseadas nas evidências geográficas apresentadas. A avaliação de movimentação de animais por análise de dados de Guias de Trânsito Animal demonstrou que se transporta mais animais nas regiões que possuem maior rebanho, com o Centro Oeste brasileiro representando uma influência muito grande no perfil nacional. Análises a nível estadual são importantes para retirar essa influência populacional, que deve ser avaliada também os pontos de prioridade de ação para cada estado da federação. Em conjunto com a análise espacial, foram verificadas as correlações de índices de qualidade e estrutura do serviço com a notificação de doenças. O resultado mostrou que Brucelose e Tuberculose bovinas possuem correlação positiva com a estrutura veterinária oficial disponível no país. Melhorias na estrutura podem refletir no incremento dos índices de notificação, assim como na qualidade de suas informações.

Palavras-Chave: Epidemiologia espacial, doenças de notificação animal, Indicadores de qualidade do serviço, movimentação animal, padrões espaciais.

ABSTRACT

Epidemiology is a basic science that can support the design, implementation, evaluation, and decision-making on epidemiological surveillance strategies and actions. Knowledge of the national epidemiological profile, through its indices and animal movement, is fundamental in understanding zoonotic information and in health planning. For this purpose, the present work verified the capillarity of the surveillance system of the Brazilian official veterinary service, created indices, and evaluated the usefulness of spatial analyzes in the context of epidemiological surveillance. To verify the patterns, analyzes of local indicators of spatial association (LISA) were carried out from the data contained in the National System of Zoonotic Information (SIZ). These analyzes can be important tools for understanding the epidemiological situation and the control and prevention actions to be adopted, based on the geographic evidence presented. The evaluation of the movement of animals through the analysis of data from the Animal Transit Guides showed that more animals are transported in the regions that have the largest herd, and the Brazilian Midwest represents a very large influence on the national profile. State-level analyzes are important to remove this population influence, which must also be evaluated at the priority points of action for each state of the federation. In conjunction with the spatial analysis, the correlations of quality indices and structure of the service with the notification of diseases were verified. The result showed that bovine Brucellosis and Tuberculosis have a positive correlation with the official veterinary structure available in the country. Improvements in the structure can reflect in the increase of the notification rates, as well as in the quality of its information.

Keywords: Spatial epidemiology, notifiable animal diseases, service quality indicators, animal movement, spatial patterns.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de bovinos projetados, em bilhões, pela FAO até 2050, por região	19
Figura 2 - Mapa de bovinos do Brasil por efetivo do rebanho.....	20
Figura 3 - Mapa de equinos do Brasil por total de animais	21
Figura 4 - Mapa de ausência de origem na emissão de GTA bovina em 2020	31
Figura 5 - Mapa de ausência de recebimento de GTAs bovinas em 2020	32
Figura 6 - Mapa de ausência de emissão de GTAs equinas em 2020.....	33
Figura 7 - Mapa de ausência de recebimento de GTAs equinas em 2020.....	34
Figura 8 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para abate	38
Figura 9 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para aglomeração	39
Figura 10 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para transporte entre propriedades	40
Figura 11 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas em 2020	41
Figura 12 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para abate	43
Figura 13 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para aglomeração	44
Figura 14 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para transporte entre propriedades	45
Figura 15 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas em 2020	46
Figura 16 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para abate.....	49
Figura 17 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para aglomeração	50
Figura 18 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para transporte entre propriedades	51
Figura 19 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas em 2020	52
Figura 20 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para abate	53
Figura 21 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para aglomeração	54
Figura 22 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para transporte entre propriedades	55
Figura 23 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas em 2020.....	55
Figura 24 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de abate	57
Figura 25 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de aglomeração	58
Figura 26 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades.....	59
Figura 27 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes em 2020.....	60
Figura 28 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de abate	61

Figura 29 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de aglomeração	62
Figura 30 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades.....	63
Figura 31 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes em 2020.....	63
Figura 32 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de abate.....	65
Figura 33 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de aglomeração.....	66
Figura 34 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de transporte entre propriedades	67
Figura 35 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens em 2020.....	67
Figura 36 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de abate	68
Figura 37 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de aglomeração	69
Figura 38 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades.....	70
Figura 39 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes em 2020.....	71
Figura 40 - Mapa de incidência de Brucelose bovina por 100 mil de 2017 a 2019	78
Figura 41 - Mapa de incidência de Tuberculose bovina por 100 mil de 2017 a 2019...	80
Figura 42 - Mapa de incidência de AIE por 100 mil de 2017 a 2019	82
Figura 43 - Mapa de incidência de Mormo por 100 mil de 2017 a 2019	84
Figura 44 - Mapa de incidência de Raiva bovina por 100 mil de 2017 a 2019.....	86
Figura 45 - Mapa de incidência de Raiva equina por 100 mil de 2017 a 2019	88
Figura 46 – Matriz de correlação das incidências de notificação com índices estruturais em bovinos.....	89
Figura 47 – Brucelose correlacionada com o índice estrutural	89
Figura 48 – Brucelose correlacionada com recursos humanos.....	90
Figura 49 – Tuberculose correlacionada com o índice estrutural.....	90
Figura 50 – Incidência geral de bovinos correlacionada com o índice estrutural	91
Figura 51 – Incidência geral de bovinos correlacionada com recursos humanos	91
Figura 52 - Matriz de correlação das incidências de notificação com índices estruturais em equinos.....	92
Figura 53 – Raiva em equinos correlacionada com recursos humanos.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição do agrupamento de finalidades das GTAs.....	27
Tabela 2 – Distribuição dos quadrantes do LISA	30
Tabela 3 – Totais de GTAs bovinas emitidas por finalidade.....	34
Tabela 4 - Matriz de trânsito bovino por estado	36
Tabela 5 – Totais de GTAs bovinas recebidas por finalidade.....	41
Tabela 6 – Totais de GTAs equinas emitidas por finalidade.....	46
Tabela 7 - Matriz de trânsito equino por estado	48
Tabela 8 – Totais de GTAs equinas recebidas por finalidade	52
Tabela 9 – Recursos disponíveis no SVO.....	72
Tabela 10 - IEFO - Índice de Estrutura Física Oficial	73
Tabela 11 - IRHSO - Índice de Recursos Humanos do Serviço Oficial	74
Tabela 12 – Números de explorações veterinárias por unidade da federação	75
Tabela 13 – Notificação de doenças em bovinos e equinos de 2017 a 2019 no Brasil	76
Tabela 14 – Distribuição das notificações de Brucelose bovina por estado	76
Tabela 15 – Distribuição das notificações de Tuberculose bovina por estado.....	79
Tabela 16 – Distribuição das notificações de AIE por estado.....	81
Tabela 17 – Distribuição das notificações de Mormo por estado	83
Tabela 18 – Distribuição das notificações de Raiva bovina por estado	85
Tabela 19 – Distribuição das notificações de Raiva equina por estado.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Acre
AIE	Anemia Infecciosa Equina
AL	Alagoas
AP	Amapá
AM	Amazonas
BA	Bahia
CE	Ceará
DF	Distrito Federal
DSA	Departamento de Saúde Animal
EAC	Escritório de Atendimento à Comunidade
ES	Espírito Santo
GO	Goiás
GTA	Guia de Trânsito Animal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEFO	Índice de Estrutura Física Oficial
IRHSO	Índice de Recursos Humanos do Serviço Oficial
LISA Espacial	<i>Local Index of Spatial Autocorrelation</i> - Índice Local de Associação Espacial
MA	Maranhão
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
MVH	Médico Veterinário Habilitado
NUP	Número Único de Protocolo
OIE	Organização Mundial da Saúde Animal
PA	Pará
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
PGA/MAPA	Plataforma de Gestão Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PI	Piauí

PNCEBT	Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose
PNCRH	Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros
PNEFA	Programa Nacional de Vigilância para a Febre Aftosa
PNSE	Programa Nacional de Sanidade dos Equídeos
PR	Paraná
Q1	Primeiro quartil – 25%
Q3	Terceiro quartil – 75%
QUALI-SV	Programa de Avaliação da Qualidade e Aperfeiçoamento dos Serviços Veterinários Oficiais
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
RO	Rondônia
RR	Roraima
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SE	Sergipe
SHP	<i>Shapfile</i>
SIE	Serviço de Inspeção Estadual
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SIM	Serviço de Inspeção Municipal
SISBRAVET	Sistema Brasileiro de Vigilância e Emergências Veterinárias
SP	São Paulo
SUS	Sistema Único de Saúde
SV	Serviço Veterinário
SVE	Serviço Veterinário Estadual
SVO	Serviço Veterinário Oficial
SIZ	Sistema Nacional de Informação Zoossanitária
TO	Tocantins
UF	Unidade Federativa
UVL	Unidade Veterinária Local

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVO GERAL.....	18
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1. Panorama da bovinocultura e equideocultura no Brasil	18
3.1.1. Bovinocultura brasileira	18
3.1.2. Equideocultura brasileira	20
3.2. Análise espacial	22
3.3. Sistemas de vigilância e principais doenças de notificação	23
3.4. Programas oficiais de vigilância epidemiológica	25
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Tipo de estudo e definição das doenças.....	25
4.2. Fonte de dados	26
4.2.1. Dados de população animal	26
4.2.2. Doenças de notificação obrigatória	26
4.2.3. Indicadores de estrutura física e recursos humanos	26
4.2.4. Guias de Trânsito Animal – GTA	27
4.3. Análise estatística	28
4.4. Análise espacial da notificação e movimentação animal	28
4.4.1. Índice Local de Associação Espacial – <i>LISA</i>	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Análise dos dados de movimentação animal	30
5.2. Localidades com ausência de informação	31
5.3. Análise do trânsito bovino por emissões totais de GTAs	34
5.3.1. Caracterização espacial e análise de clusters (<i>LISA</i>) das emissões de GTAs de bovinos	37

5.3.2.	Caracterização espacial e análise de clusters (LISA) do recebimento de GTAs de bovinos	41
5.4.	Análise do trânsito equino por emissões totais de GTAs.....	46
5.4.1.	Caracterização espacial e análise de clusters (LISA) das emissões de GTAs de equinos	49
5.4.2.	Caracterização espacial e análise de clusters (LISA) do recebimento de GTAs de equinos	52
5.5.	Análise dos municípios que mais emitem GTAs para destinos diferentes	56
5.5.1.	Municípios que mais emitem GTAs de bovinos para destinos diferentes e análise de clusters por finalidade	56
5.5.2.	Municípios que mais emitem GTAs de equinos para destinos diferentes e análise de clusters por finalidade	60
5.6.	Análise dos municípios que mais recebem GTAs de origens diferentes por finalidade	64
5.6.1.	Municípios que mais recebem GTAs de bovinos de origens diferentes e análise de <i>clusters</i> por finalidade	64
5.6.2.	Municípios que mais recebem GTAs de equinos de origens diferentes e análise de <i>clusters</i> por finalidade	68
5.7.	Estrutura veterinária oficial – IEFO e IRHSO no âmbito da defesa sanitária animal	71
5.8.	Total de casos notificados	75
5.9.	Epidemiologia e incidências acumuladas de 2017 a 2019	76
5.9.1.	Brucelose bovina	76
5.9.2.	Tuberculose bovina	79
5.9.3.	Anemia Infecciosa Equina – AIE	81
5.9.4.	Mormo	83
5.9.5.	Raiva em bovinos e equinos	84
5.10.	Correlação entre a notificação de doenças e índices de estrutura e recursos humanos	88
6.	CONCLUSÕES.....	93
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

1. INTRODUÇÃO

A vigilância epidemiológica animal é um ramo da medicina veterinária, por meio do qual se busca averiguar o estado de saúde dos animais, com os propósitos de: detectar, controlar e prevenir doenças de importância econômica, de segurança alimentar e saúde pública (OIE, 2007). Avanços tecnológicos permitem compreender como funciona a propagação das enfermidades e a distribuição entre populações vulneráveis. O uso de dados, de análises, de informações e da análise espacial auxiliam a tomada de decisão e as políticas para melhoria do sistema de saúde (BEARD et al, 2018).

A movimentação de animais é uma das mais importantes vias de transmissão de doenças em um rebanho. Por isso, tanto em uma avaliação do grau de vulnerabilidade quanto em uma análise de risco de introdução de doenças, precisa-se levar em consideração o trânsito com uma das principais causas de contato e disseminação de diversos patógenos. Dentre as formas de avaliar o espalhamento de patógenos, a análise de movimentação animal é capaz de indicar as localidades que podem ser destacadas como eixos de envio ou recebimento de animais. Na sequência, elas devem ser trabalhadas, de forma prioritária, em um sistema de vigilância, com a finalidade de impedir a propagação de enfermidades (MURATO et al, 2021).

No entanto, avaliar a condição de populações animais frente às enfermidades, representadas por meio de taxas de incidência, prevalência, mortalidade, entre outras, além de se associar os possíveis riscos advindos da movimentação animal, pode se tornar um grande desafio. A caracterização espaço temporal das notificações de doenças e o perfil de movimentação animal podem servir de auxílio à definição de parâmetros, índices, metas e indicadores do cenário, em escala nacional. O conhecimento da estrutura de trânsito pode fornecer informações necessárias para planos de prevenção e respostas, que minimizem os custos de controle e a erradicação de doenças (IDAF, 2019). O presente estudo utiliza os dados de trânsito, por meio de análise de tabelas, gráficos e mapas espaciais por geoprocessamento de dados obtidos da documentação de trânsito animal.

No Brasil, as principais doenças notificadas em bovinos são a Brucelose, Tuberculose e a Raiva bovina; para equinos, o maior volume de notificação é de Anemia Infecciosa Equina (AIE), Mormo e Raiva equina. Para o funcionamento de um sistema de vigilância, a análise e a identificação de padrões espaciais podem ser ferramentas formidáveis para a construção do conhecimento situacional de uma propriedade, município ou região. Tal conhecimento auxilia o Serviço Veterinário Oficial (SVO) a reduzir a magnitude das consequências biológicas e econômicas durante os surtos de doenças, além de fornecer mais embasamento técnico, para prever ou controlar os impactos de emergências (COBERLLINI et al, 2012; FILHO, 2012).

Com o conjunto de informações da patogenia, somados ao conhecimento da epidemiologia das principais doenças de notificação no Brasil e à análise da distribuição espacial do transporte de bovinos e equinos, por meio da documentação de Guia de Trânsito Animal (GTA), foi possível apontar, acerca do cenário nacional, áreas prioritárias para o sistema, além de demonstrar o que pode ser uma metodologia útil ao dia a dia do serviço veterinário oficial. A análise das condições epidemiológicas, a estrutura de notificação e movimentação animal podem não ser medidas diretas da qualidade do Serviço Veterinário (SV), porém, permitem demonstrar padrões de aspectos específicos do sistema de vigilância, indicar necessidade de ações de melhorias, acompanhar evolução e comparar o desempenho de diferentes estados (BEARD et al, 2018; BRASIL, 2020; 2021).

2. OBJETIVO GERAL

Compreender a distribuição espaço-temporal da movimentação animal no Brasil, além de avaliar as correlações entre os indicadores da estrutura da defesa sanitária animal com a incidência de notificação de doenças de bovinos e equinos.

2.1 Objetivos Específicos

- a. Identificar os padrões do trânsito animal e as áreas com deficiência de dados;
- b. Avaliar os padrões espaciais relacionados a movimentação de bovinos e equinos no Brasil a partir de banco de dados oficiais da emissão de Guia de Trânsito Animal no ano de 2020.
- c. Análise da incidência acumulada de Brucelose, Tuberculose e Raiva em bovinos no Brasil entre os anos de 2017 e 2019;
- d. Análise da incidência acumulada da Anemia Infecciosa Equina, Mormo e Raiva em equinos no Brasil, entre os anos de 2017 e 2019;
- e. Correlacionar a notificação de doenças com os indicadores de estrutura física e de recursos humanos dos Serviços Veterinários Oficiais;

3. REVISÃO DE LITERATURA

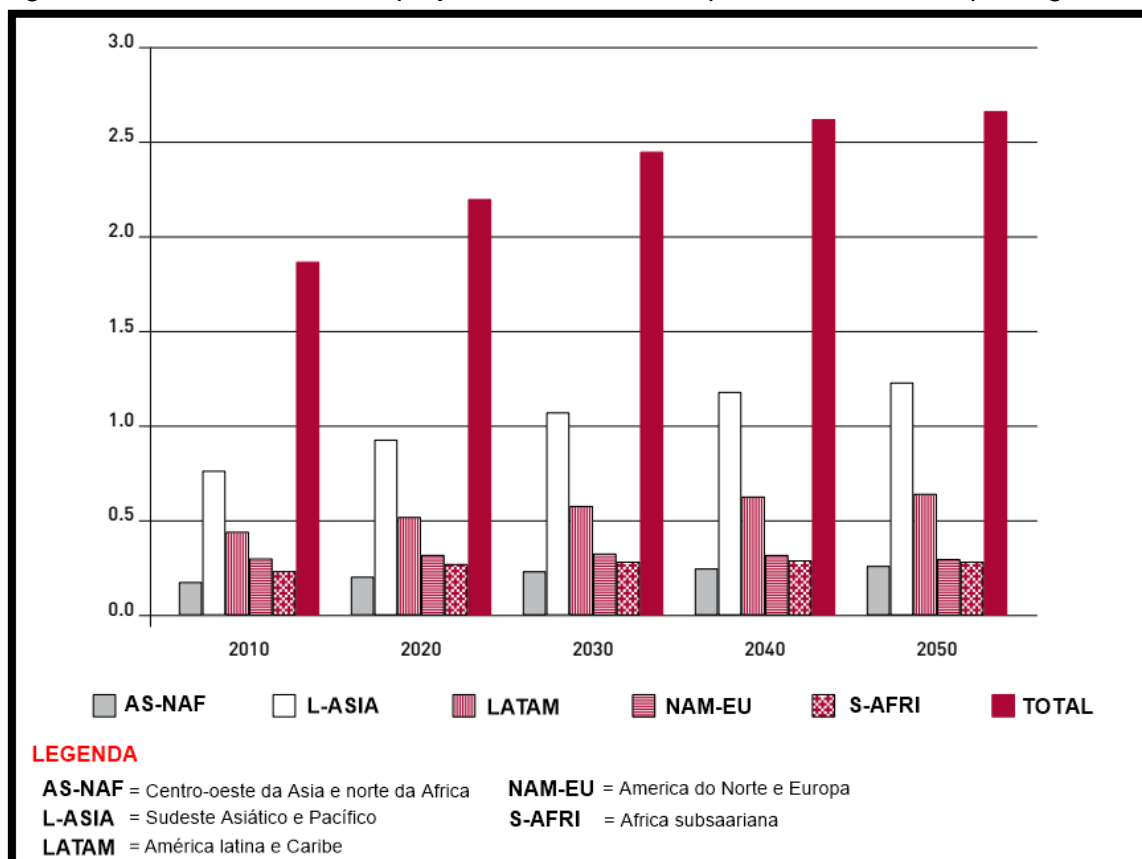
3.1. Panorama da bovinocultura e equideocultura no Brasil

3.1.1. Bovinocultura brasileira

A bovinocultura é um dos destaques positivos do agronegócio brasileiro no cenário mundial. Para manter o destaque, é essencial a existência de um sistema de vigilância epidemiológica eficiente e que conheça as reais condições sanitárias e de geração de riscos de introdução de novas doenças. Uma das mais importantes rotas de introdução de doenças infecciosas no rebanho é a movimentação animal, que pode contribuir para disseminação dos agentes infecciosos entre as propriedades (MURATO et al, 2021).

De acordo com o censo agropecuário de 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rebanho bovino brasileiro é de 172 milhões de cabeças, sendo estimado, mundialmente, em 2010, em 1,9 bilhões de cabeças, com projeção de que até 2050 o número ultrapasse os 2,6 bilhões de cabeças (Figura 1.; FAO, 2011).

Figura 1 - Número de bovinos projetados, em bilhões, pela FAO até 2050, por região

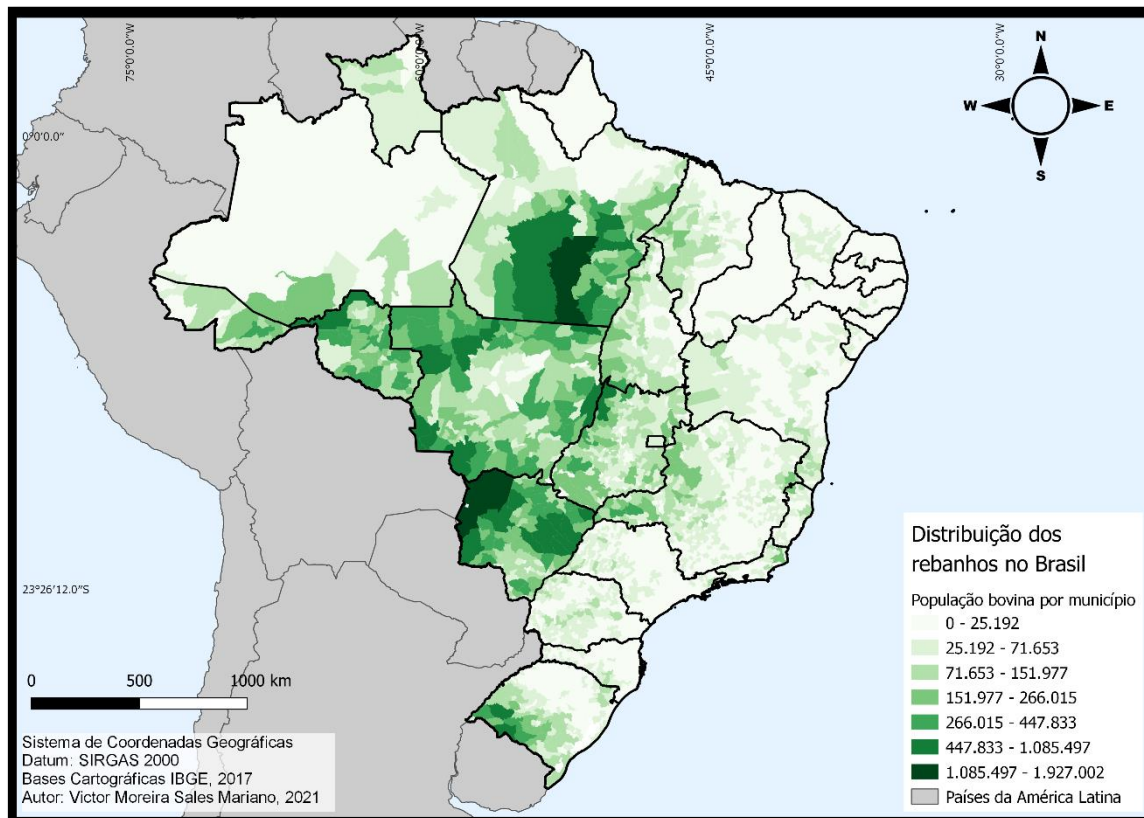


Fonte: Adaptado de Global livestock production systems – FAO.

A distribuição do rebanho bovino brasileiro por município (Figura 2) apresenta áreas de claro destaque em relação à maior população de animais: estados brasileiros, em praticamente toda a extensão territorial, como o Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), em especial na região noroeste, e o estado Goiás (GO) são grandes polos de concentração de rebanhos. Na região norte do país, a maior população está no sul do estado do Pará (PA), Rondônia (RO) em diversas regiões, e algumas cidades do sul do Amazonas (AM), Acre (AC) e Roraima (RR).

O Nordeste brasileiro apresenta uma dispersão maior entre os grandes rebanhos, com poucas áreas de população visivelmente destacáveis. O Sudeste contém algumas áreas, como o triângulo mineiro, noroeste de Minas Gerais (MG) e oeste paulista. Por fim, a região Sul do Brasil tem como principais áreas de concentração de animais no sul do Rio Grande do Sul (RS) e centro-oeste paranaense.

Figura 2 - Mapa de bovinos do Brasil por efetivo do rebanho



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

A *balança* econômica positiva do agronegócio é bastante associada à produção de carne e leite. Ao todo, de acordo com um levantamento feito pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, o agronegócio da pecuária representou 10% do PIB brasileiro em 2020, equivalente a 747 bilhões de reais. Sendo que o volume inclui desde valores dos insumos aos gastos em sanidade, genética, nutrição e vendas (ABIEC, 2021).

As doenças dos animais de produção geram impactos sociais e econômicos significativos à cadeia pecuária, sendo também uma preocupação para a saúde pública, quando ocorrem as zoonoses. Por possuir grande relevância no PIB brasileiro, o risco econômico ao qual o país está sujeito é muito alto, uma vez que o cenário de uma investigação de doença ou caso confirmado pode suspender a exportação. Tal reconhecimento originou pesquisas com o objetivo de estimar a prevalência, fatores de risco, dispersão espacial e impactos econômicos das doenças, visando estratégias economicamente viáveis ao contexto econômico do local e ao tempo de análise (OIE, 2007; JARVIS & VALDES-DONOSO, 2018).

3.1.2. Equideocultura brasileira

O equino é um animal frequentemente associado ao trabalho, seja ele de transporte, carga ou tração, que auxilia comunidades humanas a ganhar o sustento familiar, além disso, o animal é amplamente presente nas horas de lazer e até na terapia assistida por cavalos, ramo conhecido como equoterapia. É frequentemente relatado que há cerca de 112 milhões de equinos no mundo, que suportam a vida de aproximadamente 600 milhões de pessoas (NORRIS et al., 2021).

O contexto da equideocultura brasileira e da situação sanitária dela deve ser acompanhada e analisada, para embasar a tomada de ações preventivas e de vigilância epidemiológica nacional. De acordo com o último Censo agropecuário de 2017, em relação ao Brasil, a população de equinos é de 4,2 milhões de animais (IBGE, 2017), ao passo que a distribuição dos animais no país (Figura 3), em 2011, mostrava que: 49,49% dos estabelecimentos utilizam o equino para a lida, especialmente com gado bovino; 16,67% para lazer e esporte; 6,81% para objetivo comercial; e 27,13% para outros objetivos (VIEIRA, 2011).

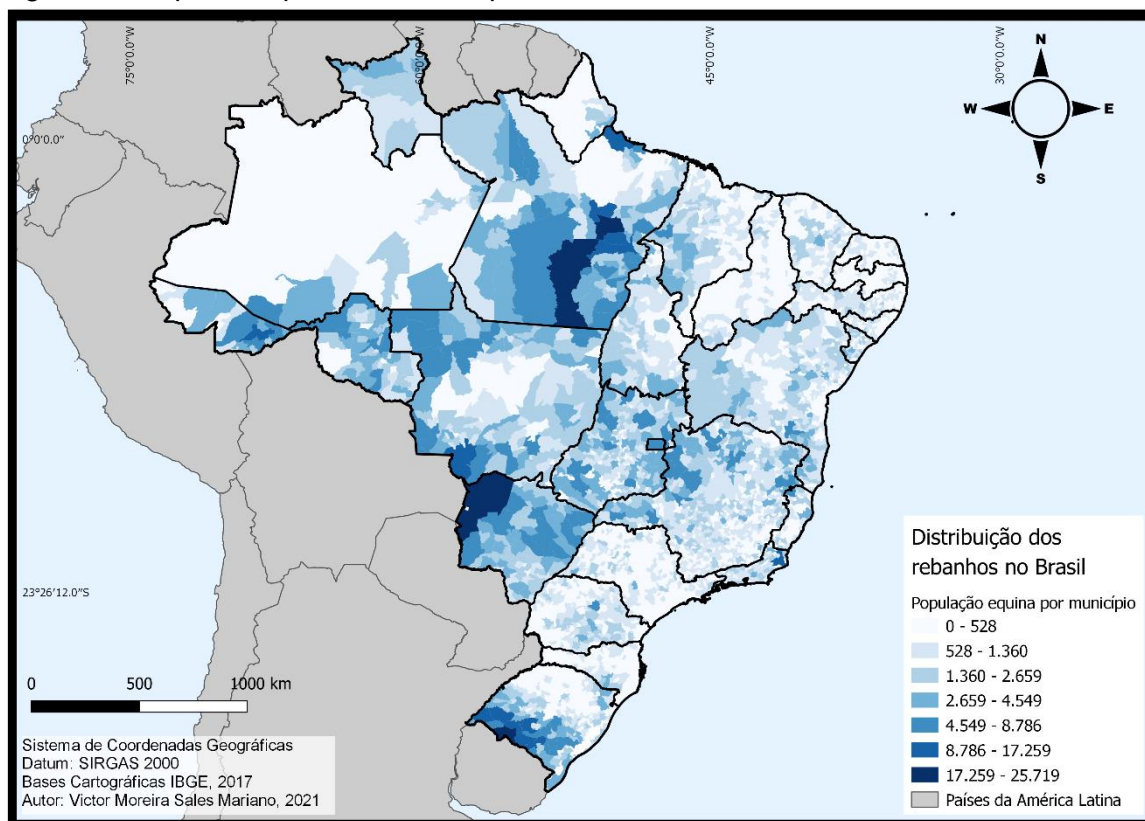
A distribuição dos equinos no país pode ser notadamente semelhante à distribuição do gado, porém, podemos visualizar que há mais áreas com população de equinos, que em muitos locais são utilizados para diferentes trabalhos, locomoção e lazer.

Do mesmo modo que foi visto no rebanho bovino, o Centro-Oeste brasileiro possui a maior concentração populacional, em destaque o noroeste do Mato Grosso do Sul, Oeste do Mato Grosso e Goiás. Na região Norte, o sul do Pará também possui grande relevância populacional, assim como Rondônia, Acre e Roraima.

No Sudeste Brasileiro, várias regiões possuem um número intermediário de animais por município, em destaque para Minas Gerais, no triângulo e noroeste mineiro. No Nordeste brasileiro, é possível observar uma distribuição bem mais homogênea e mediana, por praticamente todas as cidades com população de equinos.

Na Região Sul, fica clara a maior concentração de equinos no sul do Rio Grande do Sul, havendo áreas com distribuição mediana, como a região central do Paraná (PR) e poucos municípios de Santa Catarina (SC).

Figura 3 - Mapa de equinos do Brasil por total de animais



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

A equideocultura movimenta bilhões de reais por ano, em 2015, a renda gerada no Complexo do Agronegócio do Cavalo no Brasil totalizou R\$ 16,15 bilhões, sendo estimada a geração de cerca de três milhões de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2016). Houve um crescimento financeiro positivo quando comparado com os resultados encontrados por Almeida & Silva (2010). Tal fato pode ser explicado pelo forte aumento da criação de equinos para atividades urbanas, de esporte e lazer, visto que animais para tais fins requerem maiores gastos e cuidados, movimentando, assim desde a indústria de medicamentos e ferragens até as de cosméticos e de acessórios (BRASIL, 2016).

Em contrapartida, os equinos utilizados para a lida, tradicionalmente, são criados a pasto e os cuidados praticamente se limitam às aplicações de vermífugos, tendo tais animais um custo baixo de manutenção quando comparados aos cavalos urbanos (LIMA, 2014).

3.2. Análise espacial

Avanços tecnológicos permitem compreender como funciona a propagação das doenças e a distribuição entre populações vulneráveis. O uso de dados, análises, informações e ferramentas de visualização de análise espacial, auxiliam a tomada de decisão e as políticas, para melhorar um sistema de saúde. A movimentação de animais é um dos principais fatores de risco de introdução e dispersão de doenças no rebanho. O conhecimento da estrutura de trânsito pode fornecer informações necessárias para planos de prevenção e respostas, que minimizem os custos de controle e erradicação de doenças. O estudo do trânsito é composto por análise de tabelas, gráficos e mapas espaciais por geoprocessamento de dados obtidos da documentação de GTAs (BEARD, 2018; IDAF, 2019).

O geoprocessamento é um conjunto de técnicas estatísticas adaptadas a dados espaciais georreferenciados. Tais técnicas, combinadas com mapas temáticos, formam um conjunto de ferramentas que suporta a análise exploratória de dados espaciais. O conjunto de ferramentas é definido, na literatura, como sendo uma coleção de técnicas para descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar situações atípicas, descobrir padrões de associação espacial, agrupamento de valores semelhantes (*Clusters*) e valores anômalos (*Outliers*). A agregação espacial e/ou temporal é descrita como uma forma contrária à aleatoriedade, na distribuição das doenças, em que, entre eventos próximos no tempo, existe um excesso não esperado de eventos que estão também próximos no espaço, diferindo da agregação espacial e temporal (ANSELIN, 2005; BEARD, 2018; DIGGLE, 2013).

A análise espacial utiliza mecanismos cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente os relacionamentos espaciais presentes no fenômeno. Assim, o aspecto fundamental é mensurar as propriedades e os relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita: incorpora o espaço à análise que se deseja realizar (NUNES, 2013).

Dentre as ferramentas de análise disponíveis, a função de autocorrelação local, ou função de análise de Índice Local de Associação Espacial (*Local Index of Spatial Autocorrelation* - LISA), utiliza do método bayesiano empírico global e local. Em tal caso, a função LISA estima o valor de um indicador de ponto espacial comparado à área composta por vizinhos. Em geral, se utiliza um indicador normalizado: a diferença entre a média global e o valor em cada localidade, dividida pelo desvio padrão, de forma que a unidade do indicador passa a ser a unidade de desvio padrão de afastamento da

média. Tal técnica permite visualizar o grau de similaridade entre vizinhos, separando em quadrantes (BRASIL, 2007; MTAALLAH et al, 2021; PFEIFFER et al, 2008).

O LISA avalia a presença ou a ausência de *clusters* e *outliers* espaciais em cada local de ponto no mapa, calculando uma estatística em que outros locais dentro da vizinhança proximal são utilizados (é criada uma matriz de vizinhança e avaliadas as médias do evento em relação às médias do mesmo evento em vizinhos). A significância estatística de cada local é avaliada por meio de um escore z e valor P (ANSELIN, 1995; WARD, 2007).

3.3. Sistemas de vigilância e principais doenças de notificação

A vigilância epidemiológica é definida pela Lei Orgânica da Saúde como: conjunto de ações que proporciona o conhecimento, a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes de saúde individual ou coletiva, com a finalidade de recomendar e adotar as medidas de prevenção e controle das doenças ou agravos (BRASIL, 1990; DÓREA et al, 2011).

No contexto da medicina veterinária, a vigilância epidemiológica é constituída por um sistema complexo e que depende muito da estrutura veterinária oficial, por meio da ação de fiscais agropecuários, médicos veterinários privados e da participação ativa dos produtores, sendo, assim, constata-se que entender profundamente o cenário real e os desafios dele é desejável, para manter um serviço de qualidade e a reputação do país como um todo (MTAALLAH et al, 2021).

No Brasil, o Sistema Nacional de Informação Zoossanitária (SIZ), engloba o Sistema Brasileiro de Vigilância e Emergências Veterinárias (SISBRAVET), e se fundamenta nos dados e informações sobre ocorrência das doenças no país. Tem como principais objetivos: coletar, elaborar e divulgar informações zoossanitárias para subsidiar a elaboração, implantação, avaliação e tomada de decisões sobre estratégias e ações de vigilância, prevenção, controle e erradicação de doenças em animais de relevância para a pecuária e para a saúde pública; permitindo a certificação zoossanitária nacional junto a organizações internacionais e países ou blocos econômicos com os quais o Brasil mantém relações comerciais (BRASIL, 2013).

O banco de dados do SIZ, disponível *online*, é baseado na lista de doenças de notificação obrigatória ao SVO, em consonância com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE). Segundo a OIE, doença de notificação ou declaração obrigatória é definida como: “doença inscrita em uma lista pela autoridade veterinária e cuja presença deve ser levada ao seu conhecimento assim que for detectada ou observada uma suspeita, em conformidade com a regulamentação nacional” (BRASIL, 2013).

A movimentação animal no Brasil é regulamentada por meio da emissão de Guias de Trânsito Animal (GTA), em que se declara a origem, destino e finalidade daquele transporte específico. No Brasil, o controle do trânsito é bastante complexo, devido à dimensão da atividade pecuária. Contudo, é essencial para a compreensão da regionalização das doenças infecciosas. A partir dos dados gerados, é possível realizar análises preditivas da condição sanitária dos rebanhos brasileiros, traçar estratégias de ação em casos de surtos, além de avaliar vínculos epidemiológicos entre propriedades para sanear locais acometidos (CAPANEMA, 2010).

Para o monitoramento de um sistema de vigilância, são utilizadas diversas ferramentas, dentre elas, se destaca a análise de risco, que auxilia a tomada de decisões,

proporcionando a obtenção, mediante processo lógico, estruturado e consistente, de informações de risco de introdução, estabelecimento e difusão de doenças. Um estudo de análise de risco pode ser realizado, para verificar o potencial de ingresso de uma doença e as vias de introdução, para garantir um nível adequado de proteção para a sanidade dos rebanhos, dado que uma análise de risco possui caráter técnico e objetivo, para auxiliar o processo de escolha, pois tenta eliminar ou, pelo menos, reduzir a subjetividade da tomada de decisão (COBERLLINI et al, 2012; DÓREA et al, 2011; SANTOS et al, 2014).

Uma análise de risco é composta por quatro etapas: (i) Identificação dos perigos, (ii) avaliação dos riscos, (iii) manejo dos riscos e (iv) comunicação dos riscos.

(i) Identificação dos perigos

Perigo é definido como uma fonte de dano potencial, que pode causar um evento adverso. A fonte do perigo é um agente patogênico, físico ou químico, que se deve conhecer, para identificar a epidemiologia e a fisiopatogenia do agravo potencial (OIE, 2006).

(ii) avaliação dos riscos

A avaliação de riscos é classificada em duas formas: qualitativa e quantitativa, a avaliação qualitativa é a análise em que se escalona os riscos em categorias como “risco alto”, “risco médio” e “risco baixo”. Por sua vez, na avaliação de risco quantitativa, é expresso um valor numérico probabilístico, para um diagnóstico mais preciso da possível ocorrência do evento adverso (SANTOS et al, 2014).

(iii) manejo dos riscos

Processo de identificar, avaliar, selecionar e implantar medidas, para mitigar a probabilidade de ocorrer o agravo ou diminuir a magnitude das consequências atreladas à ocorrência do evento. O processo visa baixar os níveis de risco até o considerado aceitável (SANTOS et al, 2014).

(iv) comunicação dos riscos.

É o processo de transparência mediante a comunicação com todos os atores envolvidos no contexto da vigilância. Deve fazer parte desde o início da análise de risco, e continuar ao longo de todo o desenvolvimento até a conclusão. A comunicação trata de informar as partes potencialmente afetadas e interessadas na análise. Assim, é importante que se estabeleça o canal de comunicação efetivo e que todos os setores envolvidos estejam informados do processo de tomada de decisão (OIE, 2006).

O MAPA envia regularmente para a OIE a documentação do Programa de Avaliação da Qualidade e Aperfeiçoamento dos Serviços Veterinários (QUALIS-SV). O documento visa o monitoramento de indicadores, a partir das análises de dados dos Serviços Veterinários Estaduais (SVE) e das avaliações, por meio de auditorias, seguidas por supervisões, para acompanhamento da implementação de ações corretivas (BRASIL, 2021; DÓREA et al, 2011).

O QUALIS-SV possui muitos indicadores relativos à qualidade do atendimento do SVO, estrutura em que são detalhados os índices do Serviço Veterinário (SV), destacando-se indicadores de caracterização de estrutura e capacidade e recursos físicos como: Unidade Veterinária Local (UVL), Escritório de Atendimento à Comunidade (EAC), UVLs por município, UVLs por propriedade, entre outros indicadores (BRASIL, 2021). A

produção demonstra a caracterização da capilaridade dos SVEs e a presença de EACs nas diferentes regiões, porém, possui como finalidade a aplicação prática do SVO, e não objetiva a publicação científica.

3.4. Programas oficiais de vigilância epidemiológica

No Brasil, os SVE são organizados e distribuídos por campo de atuação, em que doenças de diferentes níveis de controle e erradicação possuem programas próprios de vigilância, além dos programas de sanidade de cada espécie doméstica. Dentre os programas oficiais de vigilância epidemiológica são destacados o Programa Nacional de Vigilância para a Febre Aftosa (PNEFA), o PNCEBT, o Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), além dos programas de sanidade específicos por espécie, como o Programa Nacional de Sanidade dos Equídeos (PNSE).

O SVO funciona em parceria com médicos veterinários do setor privado, trabalho que compõe parte do sistema de vigilância passivo, porém, também atua de forma ativa por meio de fiscalizações estratégicas sanitárias. Em geral, os programas de vigilância de cada doença ou espécie definem como será o conjunto de ações de controle de cada doença. O suporte ao SVO é composto por Médicos Veterinários Habilitados (MVH) para doenças específicas, em que esses MVHs possuem conhecimento e os meios para coleta de material e envio para diagnóstico e notificação. Para isso, é necessária a capilaridade do SVO para receber a notificação.

A atuação da estrutura do serviço de vigilância epidemiológica animal conta com sistemas integrados de nível nacional, estadual e municipal. O sistema recebe as documentações de trânsito, notificações de doenças e atua nas fiscalizações e investigações de surtos. A abordagem de conhecimento do geoprocessamento no âmbito da defesa sanitária animal permite planejar ações preventivas mais eficientes para prevenir e combater as doenças dos animais (BRASIL, 2021; CAPANEMA, 2010; MTAALLAH et al, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Tipo de estudo e definição das doenças

Foi elaborado um estudo observacional ecológico, com o objetivo de verificar os padrões espaciais das principais doenças de notificação obrigatória das espécies bovina e equina, no Brasil, além de buscar entender o padrão da movimentação de bovinos e equinos.

As doenças foram escolhidas como representativas em termos de volume de notificação no sistema de vigilância nacional. As doenças analisadas no presente estudo são: Brucelose, Tuberculose, Anemia Infecciosa Equina, Mormo e Raiva, em ambas as espécies.

4.2. Fonte de dados

Os dados utilizados são de fontes secundárias e de acesso público, disponíveis em plataformas *online* de pesquisa e informação. Apenas os dados relacionados aos indicadores de recursos humanos e infraestrutura foram solicitados via Lei de Acesso à Informação.

4.2.1. Dados de população animal

Os dados da população animal usados nos cálculos da incidência acumulada de notificação e mapas temáticos foram obtidos no Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017), pesquisa nacional realizada a cada dez anos pelo IBGE.

4.2.2. Doenças de Notificação Obrigatória

Os dados das notificações das doenças sob estudo em bovinos e equinos foram coletados na plataforma *online* do Sistema de Informação Zoossanitária (SIZ), referentes às principais doenças notificadas: Brucelose, Tuberculose, AIE, Mormo e Raiva em bovinos e equinos, no período de 2017 a 2019, no Brasil.

Os dados das doenças notificadas no período se referem ao conjunto de dados compilados de notificação por Unidade Federativa (UF), sendo calculado o indicador epidemiológico de incidência de notificação acumulada, no período de 2017 a 2019, por 100 mil animais.

4.2.3. Indicadores de estrutura física e recursos humanos

As informações referentes aos indicadores foram solicitadas via serviço de informação ao cidadão do MAPA, as informações referentes à estrutura veterinária oficial para o ano de 2019. Os dados foram repassados pelos servidores, em resposta ao Número Único de Protocolo (NUP) 21210.011045/2020-66, doc. SEI 13103622, segundo a lei de acesso à informação, em nome do Departamento de Saúde Animal (DSA).

Os seguintes dados foram solicitados:

- 1 - Quantidade de Escritórios Atendimento a Comunidade (EACs);
- 2 - Quantidade de Unidades Veterinárias Locais (UVL);
- 3 - Quantidade de Veterinários lotados no Serviço Veterinário Oficial;
- 4 - Quantidade de Engenheiros Agrônomos lotados no Serviço Veterinário Oficial;
- 5 - Quantidade de Zootecnistas, de todos os estados do Brasil, lotados nos Serviços Veterinários Estaduais.

Para facilitar a denominação dos indicadores, foram criados dois indicadores estaduais:

- Índice de Estrutura Física Oficial (IEFO) para cada 1.000 explorações pecuárias;

- Índice de Recursos Humanos do Serviço Oficial (IRHSO) para cada 1.000 explorações pecuárias.

O IEFO é composto pela soma do número de EACs com UVLs divididos pelo total de explorações pecuárias por estado, multiplicados por mil.

Equação 1 - IEFO

$$IEFO = \frac{EACs + UVLs}{Explorações pecuárias} \times 1.000$$

Por sua vez, o IRHSO é formado pela soma do número de veterinários, zootecnistas e engenheiros agrônomos lotados no serviço oficial, divididos pelo número de explorações pecuárias por estado, multiplicados por mil.

Equação 2 - IRHSO

$$IRHSO = \frac{Veterinários + zootecnistas + agrônomos}{Explorações pecuárias} \times 1.000$$

O MAPA possui o controle e a produção de diversos índices semelhantes em relação à qualidade do SVO, todavia, os índices produzidos pelo QUALIS-SV, publicados em 2021, possuem diferenças nos cálculos e finalidade distinta dos produzidos no presente trabalho (BRASIL, 2021).

4.2.4. Guias de Trânsito Animal - GTA

As informações das Guias de Trânsito Animal (GTA) foram coletadas no portal de Indicadores da PGA/MAPA, relativas ao ano de 2020. Os dados do PGA foram estruturados, a partir de cada finalidade da emissão da GTA, gerando uma linha única para cada origem e destino e o total de GTAs emitidas no período.

A análise dos dados das Guias de Trânsito Animal foi realizada em duas tabelas diferentes: uma específica para bovinos e outra para equinos. É importante esclarecer que as informações contidas na consulta pública de dados da PGA não possuem o número de animais transportados por guia, apenas o total de guias emitidas por origem e destino, descrevendo assim uma relação de origem, destino (município e unidade federativa), de finalidade do transporte e de total de guias emitidas no ano.

A coluna finalidade era composta por 25 opções, que foram agrupados em quatro grupos distintos (Tabela 1). O agrupamento se deu por similaridades de risco na dispersão de doenças, buscando otimizar a análise espacial.

Tabela 1 - Descrição do agrupamento de finalidades das GTAs

Abate	Transporte entre propriedades	Aglomeración	Outros
Abate	Cria	Aglomeración com finalidade comercial	Atendimento veterinário
Abate Sanitário	Engorda	Aglomeración sem finalidade comercial	Equoterapia
Destruição	Recria	Lazer	Exportação
Propriedade de espera para abate	Recria ou terminação	Retorno à origem	Pesagem
Sacrifício	Reprodução	Retorno de aglomeración	Pesquisa
Saída de abatedouro/frigorífico	-	-	Produtos biológicos
-	-	-	Quarentena

-	-	-	Trabalho
-	-	-	Tratamento veterinário
-	-	-	Uso laboratorial

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A composição da tabela de GTAs de bovinos foi de 354.735 linhas, com perdas de 41 linhas (0,01%), por não conter a informação de cidade de origem; 535 linhas (0,15%) por ausência de destino e 38 linhas (0,01%) por ambas as informações de origem e destino desconhecidas. Totalizando, aproximadamente, 0,17% em perdas de dados.

A tabela de GTAs de equinos foi constituída por 95.480 linhas de dados, cuja perda foi de: seis linhas (0,01%), por ausência de origem, 33 linhas (0,03%) com informação desconhecida de destino e 21 linhas (0,02%) de dados incompletos de ambas as colunas de origem e destino. Sendo assim, ficaram perdidos aproximadamente, 0,06% de dados de trânsito equino.

4.3. Análise estatística

Todas as informações coletadas, foram tabuladas e analisadas em planilhas do *software* Microsoft Excel®, sendo as análises estatísticas realizadas com o programa Jamovi ® versão 1.6. A partir dos dados organizados, foi elaborada uma correlação linear de Pearson, para medir o grau de associação entre os índices estruturais e de recursos humanos, com as incidências acumuladas do período de 2017 a 2019. Para melhor adequação aos testes, todos dados foram normalizados via transformação logarítmica (JAMOVI, 2020; PATIL, 2018; R CORE TEAM, 2021; STANTON, 2001).

4.4. Análise espacial da notificação e movimentação animal

Foi realizada a análise espacial, por meio do programa de geoprocessamento QGIS ® versão 3.10.6, em que se produziu arquivos SHP (*Shapefile*), por município, para visualização dos dados. Cada localidade recebeu as informações de GTAs e foi representada no mapa do grupo correspondente, com exceção ao Distrito Federal (DF), que foi considerado como uma cidade única, pois a definição de município não se aplica à unidade federativa, pois, o correto seria dividir o DF em regiões administrativas. Os mapas foram distribuídos em grupos:

- i) Populações de bovinos e equinos;
- ii) Mapas de incidência acumulada de notificação das doenças no período de 2017 a 2019;
- iii) Mapas de emissões e recebimentos de GTAs de bovinos e equinos no ano de 2020;
- iv) Mapas de destinos diferentes para cada localidade de origem;
- v) Mapas de cidades origem diferentes para cada localidade de destino.

A análise de movimentação animal foi elaborada, a partir dos dados de GTAs, que servem para visualizar, de maneira descritiva, o nível de espalhamento dos bovinos e equinos por todo o Brasil. Cada guia de trânsito possui dados de origem, destino, espécie, e finalidade de transporte, sendo cada guia agrupada, conforme descrito na Tabela 1.

Os mapas de emissões e recebimentos de GTAs de bovinos e equinos compõem quatro grupos de mapas gerados, a partir do total de guias emitidas por espécie, focando em um grupo de locais que emitem, e outro grupo nos locais que são destino do documento. A metodologia foi utilizar a quebra natural (*jenks*), para separar em cinco categorias de guias emitidas por localidade, sem contar o número de animais transportados por guia.

Por outro lado, o grupo de mapas de destinos diferentes para cada origem, demonstra o número diferente de cidades para as quais cada município-origem envia os animais: a análise dá uma noção do grau de dispersão que uma cidade possui, em relação ao envio de animais. Da mesma perspectiva, o grupo de origens diferentes, permite visualizar de quantas cidades-origens diferentes um município é receptor de GTAs.

Para produzir as análises estatísticas espaciais, foi utilizada a técnica de LISA, por meio do *software* ArcMap® versão 10.8, integrante do conjunto de aplicativos do ArcGIS®. A técnica foi utilizada para descrever o padrão de aglomeração de municípios pelo total de GTAs emitidas e recebidas por finalidade, criando assim três grupos de análises:

- vi) Padrão espacial de municípios por total de GTAs emitidas e recebidos, total e por finalidades;
- vii) Padrão espacial de municípios que mais emitem GTAs para destinos diferentes, total e por finalidades;
- viii) Padrão espacial de municípios que mais recebem GTAs de origens diferentes, total e por finalidades.

4.4.1. Índice Local de Associação Espacial - LISA

A técnica LISA é uma ferramenta estatística, que testa a autocorrelação local e avalia a covariância entre um determinado polígono e uma vizinhança, definida em função de uma distância. O índice possibilita uma indicação sobre a extensão da significância de um agrupamento de valores iguais (*cluster*). Tal parâmetro de vizinhança considera os vizinhos como áreas em que as bordas limítrofes ou vértices são compartilhadas (ANSELIN, 1995; BRASIL, 2007; VIVALDINI et al, 2019).

A autocorrelação com significância superior a 95% indica, ao menos inicialmente, áreas com grande semelhança entre os vizinhos. Entretanto, durante a elaboração dos mapas, foi verificado que um nível de significância de 95% abrangia áreas muito extensas, por se tratar de um teste muito sensível da média do polígono e da relação com os vizinhos. Portanto, com o propósito de tornar a análise mais específica, no presente trabalho, foi utilizado uma significância estatística de 99,5%.

Os dados segundo o espalhamento de Moran, podem ser classificados em quadrantes, por valores padronizados dos atributos [variáveis (*z*)] e a média dos seus vizinhos também padronizados (*WZ*). Esses quadrantes são divididos em quatro e são interpretados como:

- Q1: valores positivos, médias vizinhas positivas.
- Q2: valores negativos e médias vizinhas negativas.

Ambos indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes.

- Q3: valores positivos com médias vizinhas negativas.
- Q4: valores negativos com médias vizinhas positivas.

Indicam pontos de associação espacial negativa, no sentido que uma localidade possui vizinhos com valores distintos.

Os quadrantes são interpretados por sua distribuição (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição dos quadrantes do LISA

Indicador dos vizinhos	Indicador do município analisado: Alto (+)	Indicador do município analisado: Baixo (-)
Médias dos vizinhos: Alta (+)	Q1	Q4
Médias dos vizinhos: Baixa (-)	Q3	Q2

Fonte: Produzida pelo autor

Uma vez determinada a significância estatística, é gerado um mapa de correlação local, um mapa BOX LISA, em que os índices são classificados como: não significantes, com significância em grupos de Alta-Alta, Alta-Baixa, Baixa-Alta e Baixa-Baixa de correlação com os vizinhos (ANSELIN, 1995; BRASIL, 2007; SANTOS & RAIÁ JUNIOR, 2006; VIVALDINI et al, 2019).

- Não significantes
- Alta-Alta (*High-High*)
- Alta-Baixa (*High-Low*)
- Baixa-Alta (*Low-High*)
- Baixa-Baixa (*Low-Low*)

Neste estudo, áreas de correlação Alta-Alta e Alta-Baixa são prioritárias para o sistema de vigilância, pois são áreas onde a movimentação animal é grande em volume ou em destinos diferentes, para cada GTA, logo, a análise pode ser útil para a vigilância do SVO. A ferramenta pode ser utilizada em análises de modelos preditivos, análises de riscos de introdução de doenças e eficácia de sistemas de vigilância (COBERLLINI et al, 2012; FILHO, 2012; NEVES, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise dos dados de movimentação animal

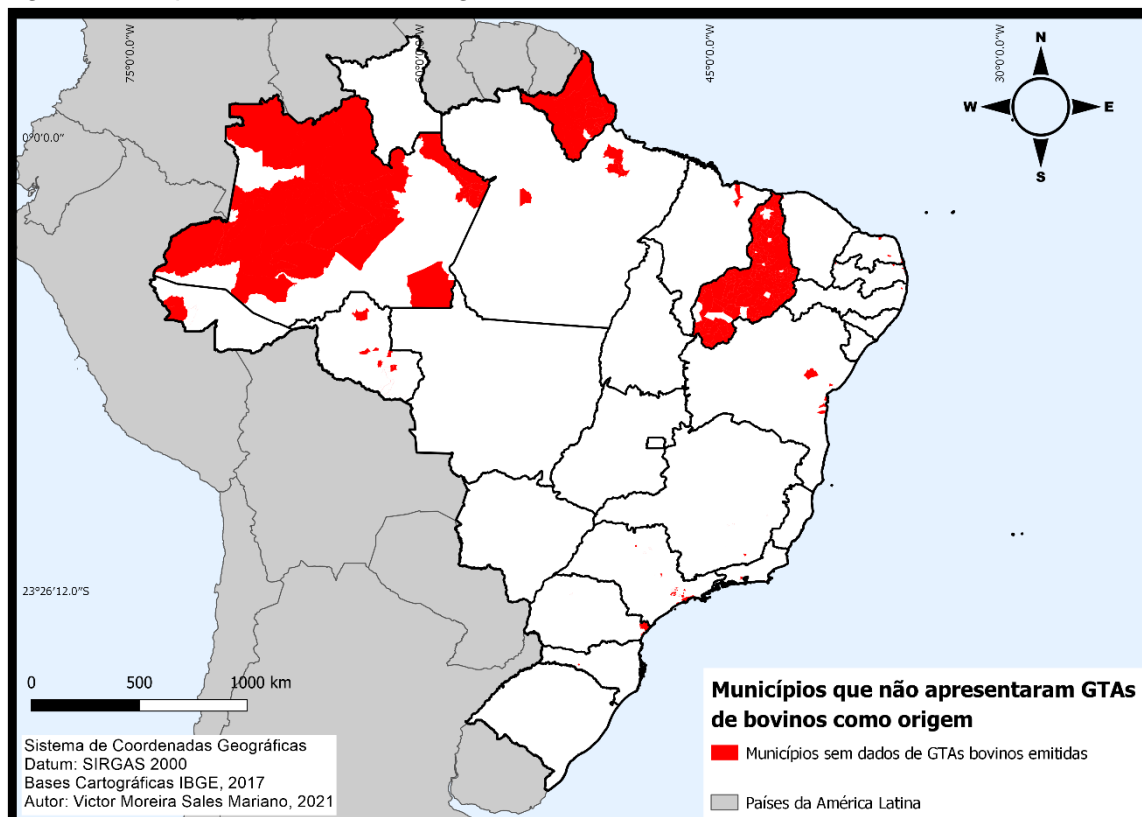
A análise do Trânsito animal possibilita verificar padrões de movimentação e dispersão dos animais por meio das GTAs, que definem origem e destino de cada locomoção de animais declaradas no Brasil. O trânsito animal é relacionado à disseminação de doenças, compondo um fator crítico em todas as epidemias de doenças infecciosas, portanto, é fundamental o monitoramento da movimentação animal com finalidade de se reduzir os riscos de introduções ou reintroduções de patógenos (CAPANEMA, 2010 DÓREA et al, 2011; MTAALLAH et al, 2021).

Com os dados das Guias de Trânsito Animal do ano de 2020, foram elaborados grupos de mapas da caracterização espacial da movimentação animal. Áreas de maior emissão ou recebimento das guias foram destacadas por agrupamento de finalidade (Tabela 1) e no total. Entretanto, houve localidades que se mostraram problemáticas com os dados obtidos no presente trabalho.

5.2. Localidades com ausência de informação

Na tabulação dos dados de GTAs, notou-se que algumas linhas da tabela estavam incompletas, além das linhas com preenchimento errôneo, que foram removidas durante o tratamento dos dados. Ficou constatado que: 332 municípios não se apresentaram como origem de GTAs (Figura 18), 198 municípios não constaram como destino de nenhuma GTA de bovino (Figura 19). Por fim, 178 municípios não se apresentaram nem como origem nem como destino das Guias de Trânsito, em maior parte, nos estados do Piauí e Amapá.

Figura 4 - Mapa de ausência de origem na emissão de GTA bovina em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

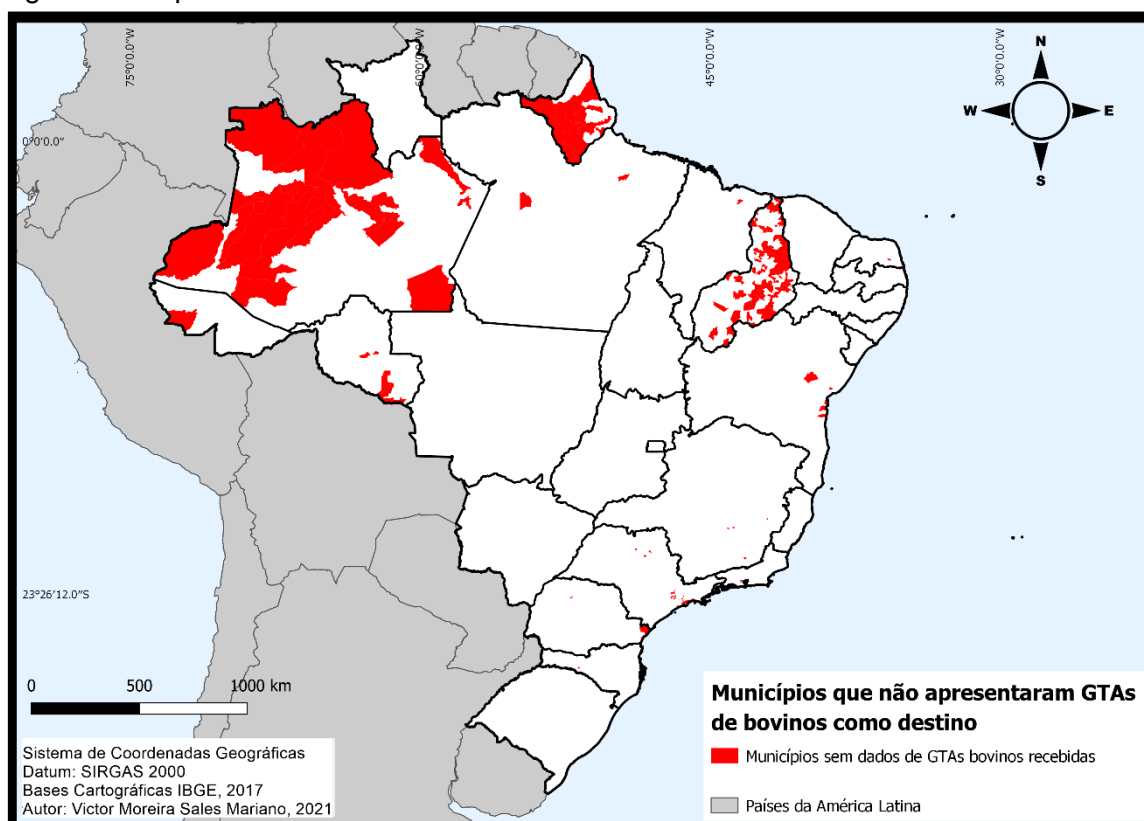
A partir da análise, os municípios com ausência de dados no sistema foram destacados, pois a falta dos dados pode indicar que existe uma lacuna de preenchimento, erros de alimentação do sistema digital ou apenas que não houve, de fato, movimentação com origem ou destino àquela localidade específica. Tal incerteza é derivada da natureza da aquisição de dados públicos, em que não se pode afirmar efetivamente a qual situação ocorre erro, para cada localidade. Porém, é improvável que a maior parte das localidades não apresentem nenhuma movimentação animal durante um ano de análise.

Com isso, a deficiência de informações no sistema de dados, que o presente trabalho utilizou, pode indicar um problema no sistema de vigilância brasileiro. Alguns municípios podem não possuir movimentação animal no ano de 2020, casos como os municípios de floresta amazônica mais densa, em que a densidade animal é baixa, podem apresentar uma realidade em que não ocorra movimentação animal, por impossibilidade geográfica.

O cenário apresentado é preocupante nos estados do Piauí e Amapá, considerando que os órgãos competentes são organizados, o erro mais provável é o de entrada de registro nos sistemas informatizados, visto que os dados aos quais este trabalho teve acesso foram obtidos em plataformas públicas na rede mundial de computadores. Informações mais detalhadas de nível estadual poderiam ajudar a identificar áreas problemáticas no sistema (MTAALLAH et al, 2021).

A inferência de erro na digitalização pode ser deduzida, a partir da modificação no padrão quando é observado o mapa do recebimento de GTAs no período, visto que os estados que, teoricamente, estão com seus sistemas funcionais, transportam animais com destino a cidades do Piauí e Amapá (Figura 19). Isso ocorre porque a emissão da GTA é feita no Estado de origem.

Figura 5 - Mapa de ausência de recebimento de GTAs bovinas em 2020

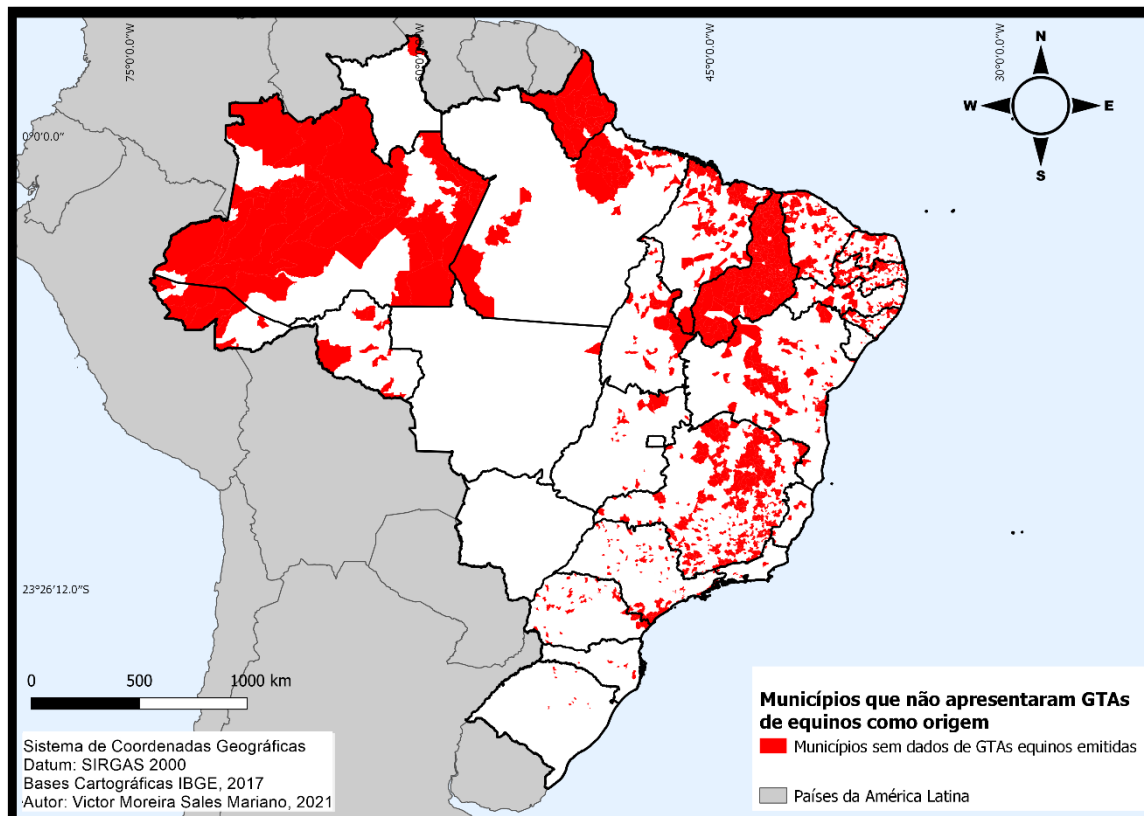


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

Assim sendo, municípios que apresentam dados de recebimento de GTAs, mas não apresentaram dados de emissão, possivelmente, estão recebendo animais de outros estados. Locais persistentes da ausência de dados de Origem e Destino podem representar municípios de silêncio epidemiológico ou cidades apenas com trânsito intramunicipal.

Quando são analisados os dados de equinos, se identificou que 1.507 cidades não foram origem de GTAs de equinos (Figura 20), enquanto 1.022 cidades não receberam nenhuma GTA equina no ano de 2020 (Figura 21), além de 863 municípios que não emitiram nem receberam GTAs em 2020.

Figura 6 - Mapa de ausência de emissão de GTAs equinas em 2020

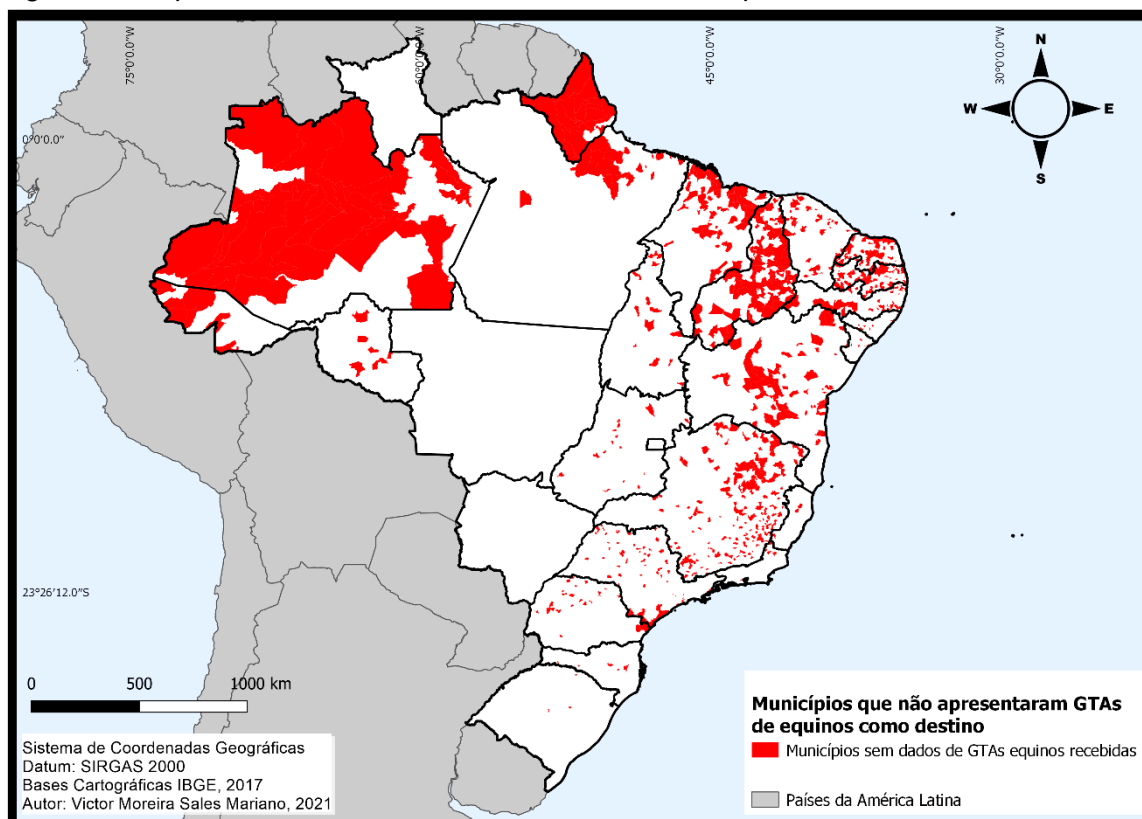


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A tabela de dados da espécie equina possuía 95.480 linhas de dados, número menor que os dados de bovinos, logo, era de se esperar que um maior número de localidades ficaria sem informação, quando comparadas aos dados de bovinos. O resultado foi observado tanto nas emissões quanto nos recebimentos (Figura 21).

No mapa de ausência de informação de GTAs de equinos, foi mantido o padrão de maior *déficit* no estado do Piauí e do Amapá, porém com um número maior de municípios sem informação na região amazônica e áreas dispersas no nordeste e sudeste do país. Acerca das cidades que não receberam GTAs, no caso, é provável que não houve trânsito de equinos para tais localidades.

Figura 7 - Mapa de ausência de recebimento de GTAs equinas em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

5.3. Análise do trânsito bovino por emissões totais de GTAs

Na rede de movimentação da espécie bovina, foram emitidas 6.472.389 GTAs em 2020, guias que foram divididas nos agrupamentos de finalidade (Tabela 1), em que os resultados foram: 1.787.127 (27,61%) GTAs emitidas para finalidade de abate, 404.109 (6,24%) emissões para aglomeração, 4.256.018 (65,76%) emissões para transporte entre propriedades e 25.135 (0,39%) GTAs com outras finalidades (Tabela 3). O grupo de outras finalidades não foi avaliado no presente estudo, por se tratar de trânsito muito esporádico e de baixo volume percentual.

Tabela 3 – Totais de GTAs bovinas emitidas por finalidade

UF	Abate	Aglomeração	Transporte entre propriedades	Total de GTAs bovinas emitidas
AC	837	7	4.349	5.195
AL	25.338	3.327	61.986	90.674
AM	8.230	6	27.259	35.682
AP	0	0	0	0
BA	85.557	3.048	165.879	254.671
CE	16.287	512	34.033	50.930
DF	325	34	4.432	4.839
ES	23.944	77	55.137	79.164
GO	139.462	89.727	511.300	740.897
MA	39.515	3.364	98.941	141.830
MG	254.336	146.438	417.786	818.949
MS	176.402	28.573	305.490	510.945

MT	227.763	5.458	544.855	778.271
PA	140.336	1.961	187.081	340.824
PB	5	10	31.106	31.199
PE	35.358	30.676	92.449	158.506
PI	0	0	0	0
PR	9.665	2	252.695	262.414
RJ	18.664	116	17.177	35.957
RN	21.211	407	31.286	53.220
RO	4	0	1.442	1.446
RR	34	0	91.355	91.439
RS	212.432	23.029	368.195	609.963
SC	121.916	4.037	404.723	531.979
SE	41.040	1.880	25.885	68.814
SP	139.643	40.868	386.681	570.710
TO	48.823	20.552	134.496	203.871
Total	1.787.127	404.109	4.256.018	6.472.389

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A partir dos dados tabulados, foram produzidos mapas temáticos do total de GTAs emitidas para bovinos, separados por: municípios de origem, municípios de destino e conjunto de finalidades (Tabela 1). Foram destacadas as finalidades de abate, aglomeração, transporte entre propriedades e total, mas não foi elaborada a finalidade outros, por se tratar de dados em menor número e não representativos do estudo.

O padrão espacial de origem de GTAs para movimentação de bovinos demonstra o município em que é emitida a guia de trânsito da espécie, para essas análises foram obtidos dois resultados pareados: O perfil espacial dos dados e sua análise de associação espacial (LISA), ou análises de *clusters*, termo para locais aglomerados no espaço.

A matriz de trânsito bovino (Tabela 4) apresenta o total de Guias emitidas por estado na linha e o destino nas colunas, essa relação no transporte bovino demonstra que a maior parte do trânsito é destinada para o mesmo estado de origem (89,9 %), esta característica é um resultado interessante para no âmbito da defesa sanitária animal, pois o sistema é baseado em serviços veterinários estaduais, com isso o órgão estadual pode cobrir esse grande volume percentual do transporte dentro de sua jurisdição.

Para o órgão de vigilância epidemiológica, esse controle do transporte pode ser implementado de acordo com a necessidade, além disso, o serviço pode implementar essas análises de forma periódica e produzir relatórios e programar ações fiscalizatórias preventivas de forma mais eficiente.

Tabela 4 - Matriz de trânsito bovino por estado

UF	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	Total
AC	301		13						1		6		5					2			6					5		339
AL		4912			10	3									8	92									50			5075
AM	39		255		3				14		17	4	11	16				2			14	38				29	3	445
BA	1	165			20100	11	1	28	43	22	177	20	9	49	22	124	43		3	20	2		1		612	47	49	21549
CE		5			5	3867									13	16	2			24								3932
DF		2	1		17		12		118	1	51		3	1	1	1	2		1		1				3	3	9	227
ES					11	2		3754	11	5	50		9	4	1	1	1		17						1	19	3	3889
GO	1	10			166	11	73	21	29364	87	648	120	324	185	7	16	29		29	8	8	7	1		14	691	313	32133
MA		249			272	224		1	52	5752	20	6	3	163	321	822	227	2		98			1		142	41	300	8696
MG		16			52		3	1	1		64637		1	2					6						11	92	39	64861
MS	10	13	18		97	6	2	17	362	137	456	804	362	169	6	20	11	5	39	13	10	20	4		21	1525	146	11516
MT	3	9	2		156	2	5	16	499	81	477	260	11250	276	4	10	20		19	5	67	30	3		10	715	136	14055
PA		35	134	45	151	62		1	90	203	76	22	87	5813	32	71	122		2	18	2	6	2		37	164	386	7561
PB		33			36	39		1	2	22	5	1	1	14	2286	264	12			95					3	1	7	2822
PE		577			203	70		1		70	4		1	9	363	5550	51		1	21			1		22	2	3	6949
PR	1				5	1			17		36	69	48	3		5		19602	1		5		5		5	102	3	19908
RJ		1			28	1	1	107	22	3	279	3	11	6	1		1	1	2697	3	1				2	95	6	3269
RN		33		1	13	62		1	5	19	11			28	196	55	5			3180					8	1	56	3674
RO	17		74		27				15		34	5	46	8		1	1	2			17	20				54	2	323
RR																						282						282
RS					81		2	44	235	12	224	287	64	11	2	2		330	15		7		34928		4	864	46	37158
SC		2			32	6	3	12	19		149	24	10	5		5	1	232	6		17		224	17695	3	131	2	18578
SE		274	1		195	6				2	3		1	1	17	39	14			3					2618	3	1	3178
SP	19	43	3		386	50	9	100	902	297	1896	973	630	410	45	74	40	1	198	45	70	22	11		76	62781	5070	74151
TO		7	1		90	7	3	3	152	186	65	23	39	211	7	2	10	1	4	3					3	70	8636	9523
Total	392	6386	502	46	22136	4430	114	4108	31924	6899	69321	986	12915	7384	3332	7170	592	20180	3038	3536	227	425	35181	17695	3645	67435	15216	354093

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

As análises de *cluster* ou LISA destacam os locais com altos valores da variável analisada que estão próximos a locais com altos valores serão apontados como um *cluster*. Para a vigilância epidemiológica destacar tais locais de aglomeração, é importante na definição de locais com prioridades de ação. Do mesmo modo, os locais *outliers*, em especial os locais de alto valor próximos a locais de baixos valores, são importantes para otimizar qual o município dentro do estado deve receber maior atenção em detrimento de outros. Partindo do princípio de que devemos otimizar os locais de atenção epidemiológica dentro do estado, pois, economicamente, não é plausível, e nem necessário, focar igualmente em todos os locais de um estado.

Em contrapartida, locais com grande quantidade de municípios com valores altos aglomerados trazem um enorme desafio para o sistema de vigilância, pois ele tem que ser atuante em grandes extensões de área.

O teste de LISA com nível de significância padrão de 5% se demonstrou muito sensível, demarcando no mapa estados inteiros como área de *cluster*. Portanto, os resultados foram produzidos com o valor de p menor, $p=0,005$ (0,5%), pois o objetivo foi a identificação de cidades-eixo de emissão e recepção de GTAs.

Mesmo diminuindo o valor percentual de p , por se tratar de uma análise nacional, em alguns locais, os *clusters* abrangem áreas extensas, sendo que o resultado foi obtido devido ao teste sofrer influência do grande número de GTAs emitidas em algumas regiões, quando comparadas ao restante do país. Para uma aplicação mais prática da ferramenta ao cotidiano do SVO, é necessário analisar um estado isoladamente: é necessário identificar as áreas de *cluster* alto-alto e *outliers* alto-baixo, no cenário estadual, para compreender como se distribuem, nos estados, as áreas que requerem atenção maior do sistema. Assim, a influência de municípios de outros estados seria retirada da análise, considerando que o sistema se organiza por estado.

É importante ressaltar que todos os dados públicos de GTAs não especificam a quantidade de animais transportados por Guia, sendo assim, as análises são apenas do número total de guias emitidas no ano de 2020.

5.3.1. Caracterização espacial e análise de *clusters* (LISA) das emissões de GTAs de bovinos

Apesar de possuir um número de emissões de guias considerável, a finalidade de abate (Figuras 8a e 8b), para um sistema de vigilância baseado em doenças, é menos relevante, pois o animal se desloca diretamente para o frigorífico ou abatedouro como destino final. O risco gerado por estabelecimentos de abate são: proximidade entre animais susceptíveis, movimentação de pessoas e animais de diversas origens e pouca informação de doenças prévias dos animais (CHAVES et al, 2015). O sistema de Inspeção de produtos de origem animal possui três níveis no Brasil: Serviço de Inspeção Federal (SIF), Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e Serviço de Inspeção Municipal (SIM).

No processo de abate, os animais vão de uma origem diretamente para o destino abate, assim não existe a possibilidade de contato de animais de outras propriedades. Além disso, ao chegar ao local de abate, o animal passa por um processo de avaliação pré-abate e exame *post morte*, geralmente, por sistemas de inspeção oficiais, federais, estaduais ou municipais, o que mitiga consideravelmente os riscos associados (IDAF, 2019; NETO et al, 2020).

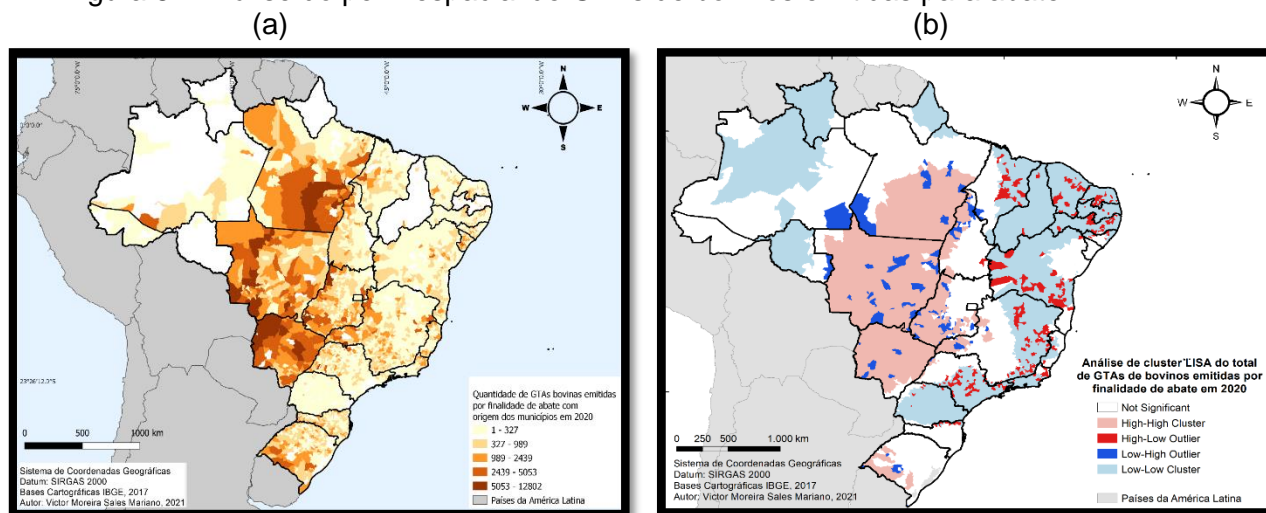
O perfil espacial das emissões de guias para abate (Figura 8a) se mostrou coerente em relação à distribuição da população bovina no país, em que a região Centro-Oeste se destaca pela grande quantidade de emissões, principalmente no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo que os grandes municípios do sul do estado do Pará também se distinguem pelo alto volume de emissão de GTAs com finalidade de abate.

Na análise de *clusters* do total de GTAs emitidas de bovinos para abate (Figura 8b), pode-se observar que existe um *cluster* de alto valor composto pelos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, pelo Triângulo Mineiro, Oeste de Goiás e partes do Tocantins e Pará. A interpretação de uma área tão extensa como um *cluster* é bastante complexa, pois existe uma grande influência do alto volume de movimentação nacional de tais localidades.

O mais correto, portanto, é associar a informação nacional a uma análise estadual, a ser realizada por cada unidade da federação, assim, é possível definir, dentro da área descrita como de alta-alta, os locais de real prioridade no nível do órgão de defesa estadual. Sem deixar de reconhecer a importância nacional da área como um todo, em especial quando a decisão visar uma modificação nacional, como o reconhecimento de uma nova área como zona livre da doença junto à OIE.

Os locais demarcados como *outliers* alto-baixo devem ser entendidos, pelos SVEs, como locais de ação prioritárias dentro do estado. Assim, o SVE pode otimizar a atuação para os municípios que mais emitem GTAs para abate.

Figura 8 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para abate



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A finalidade de aglomeração demonstrou ser mais dispersa e pouco concentrada, sendo distribuída, basicamente, em algumas cidades de Goiás, TO, no triângulo mineiro e no pantanal do Mato Grosso do Sul (Figura 9a). A principal zona de emissão para aglomeração pode ser descrita como a região mais central do Brasil, o Triângulo Mineiro, Goiás e Mato Grosso do Sul, que são os principais locais que transportam os animais para eventos de aglomeração.

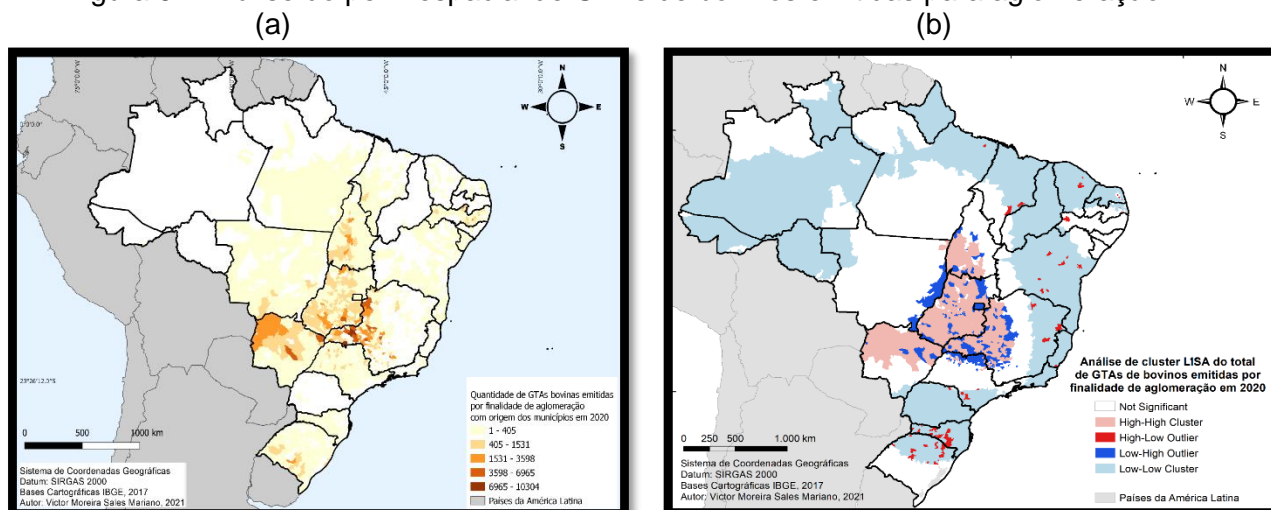
Eventos de aglomeração possuem um risco sanitário alto, especialmente, em dispersar agentes. Tal característica destes eventos exigem da vigilância epidemiológica muita atenção aos riscos advindos de se confinar animais de várias origens diferentes. A origem do bovino ou equino e seus respectivos status de cobertura vacinal e de exposição a doenças, podem gerar risco nos eventos em que os animais se encontram

em uma área mais restrita, havendo contato próximo, que é favorável à disseminação de doenças (CHAVES et al, 2015; FREITAS et al, 2015).

A análise de *cluster* do total de GTAs emitidos por município da espécie bovina com a finalidade de aglomeração (Figura 9b), em que se observa a zona de aglomeração alta-alta, é bem clara nos estados de GO, sul do TO, norte do MS e triângulo mineiro. Para o sistema de vigilância nacional, as áreas constam como prioritárias na atenção da vigilância para a aglomeração. Assim, o MAPA pode otimizar a ação nacional, pois tais estados necessitam realizar a análise estadual, com o objetivo de especificar ainda mais quais localidades são prioritárias.

Tal análise estadual, quando realizada apenas com os dados estaduais, tendem a mudar o perfil. A possibilidade maior é a de definir e especificar áreas prioritárias dentro de áreas apontadas nacionalmente como alta-alta. Entretanto, o oposto também pode ocorrer: surgirem outros municípios nos quais o volume não é tão representativo nacionalmente, mas é significativo dentro do estado. Por isso, conhecendo tal perfil, em caso de surto de algum agente nos citados locais, podemos prever um risco maior de dispersão do agente quando comparados a locais que movimentam menos para a aglomeração.

Figura 9 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para aglomeração



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

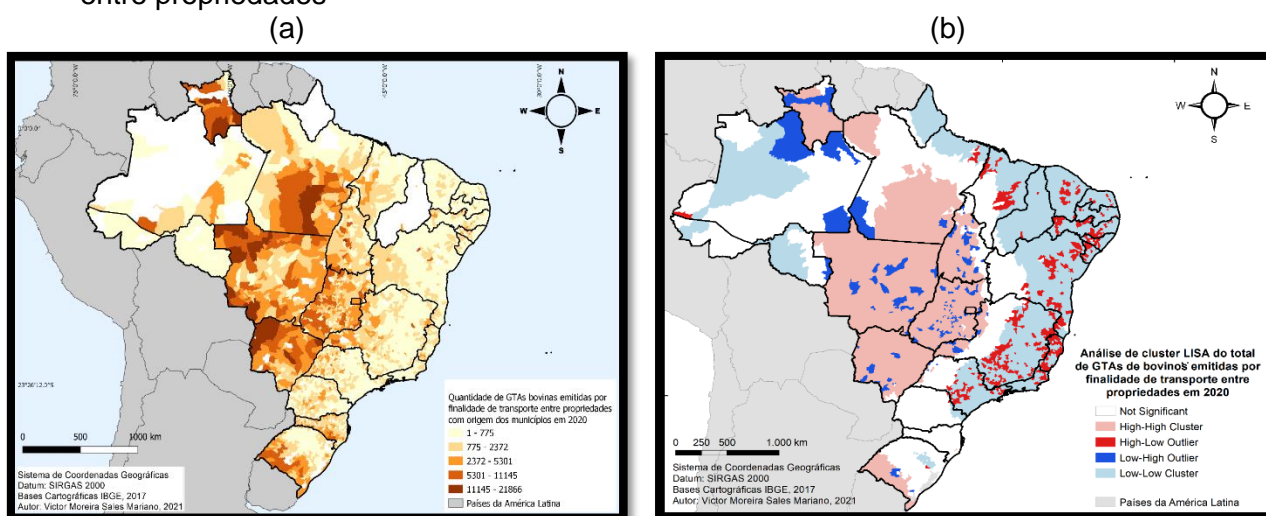
A finalidade de transporte entre propriedades (Figura 10a) gerou mapas bem mais distribuídos nacionalmente, pois o grupo de tal finalidade é composto por uma variedade de objetivos, em que se movimenta os animais entre as propriedades particulares. A modalidade de transporte pode ser considerada a de maior risco epidemiológico, em razão do fato de que os animais saem de uma fazenda e vão para outra propriedade, que pode possuir animais de mesma espécie.

A movimentação em questão é de complexidade alta para um sistema de vigilância, pois o volume de documentos de movimentação emitidos é relativamente maior e os níveis de vulnerabilidades podem variar muito de uma propriedade para outra. A vulnerabilidade de uma propriedade está intrinsecamente relacionada ao risco de introdução do patógeno em virtude da intensidade de movimentação de ingresso e proteção imunitária do rebanho, principalmente quando o ingresso envolve animais jovens e potencialmente susceptíveis (IDAF, 2019).

A análise de *cluster* da finalidade de transporte entre propriedades (Figura 10b), destaca um *cluster* importante no sul do RS: por se tratar de área de fronteira, deve ter uma especial atenção. Outros pontos destacados são o estado de RR e o norte do PA, além disso, é possível constatar uma grande área de *cluster*, que engloba praticamente a totalidade dos estados do Centro-Oeste brasileiro, que são os estados com os maiores rebanhos nacionais, MT, MS, GO, TO e o Triângulo e o noroeste de Minas.

Os SVEs, em relação a tais áreas de *cluster* que estão inseridas dentro de seu estado, podem realizar análises na área de atuação, pois, no cenário estadual, os estados possuem maior conhecimento de suas macro e microrregiões, além de ser possível se organizar de forma a atender os locais que movimentam mais animais com a finalidade de transporte entre propriedades dentro de cada estado por seu respectivo Serviço Estadual.

Figura 10 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas para transporte entre propriedades



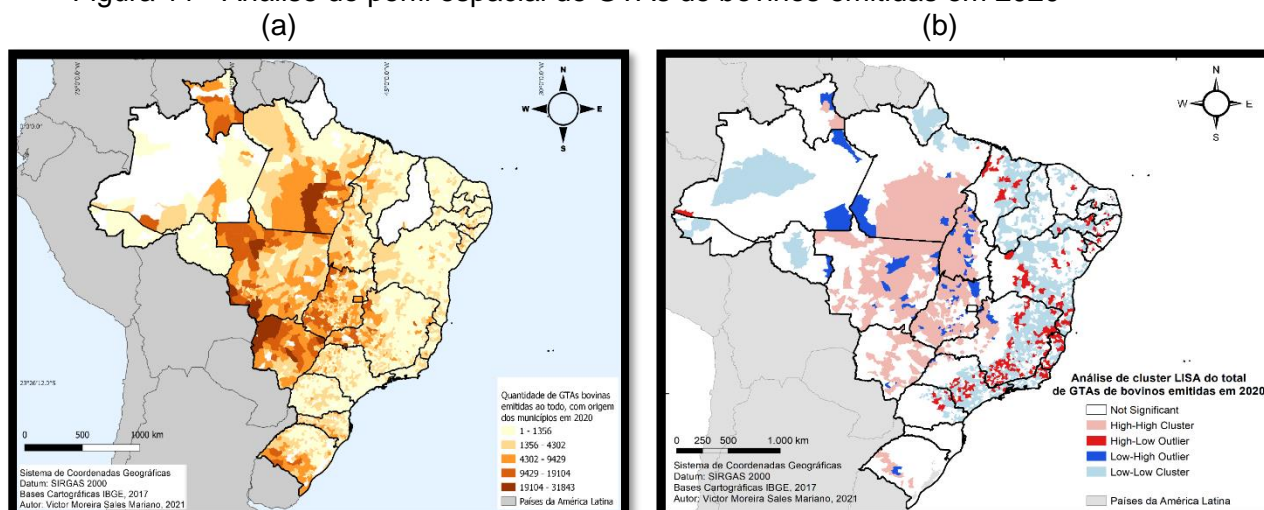
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGAMAPA.

Sob o mesmo ponto de vista, a finalidade Total de GTAs emitidas (Figura 11a) forma o mapa composto pela junção de todas as finalidades das GTAs emitidas, o que fica claro no padrão muito semelhante de distribuição de movimentação nacional, além de, também estar em concordância com a quantidade de cabeças por região (Figura 2).

No perfil espacial, ficam evidentes os estados de ausência de informações de GTAs, questão que necessita de investigação do SVO, para identificar qual problema é causador de tais resultados. Problemas que podem ser desde erros simples de digitalização até um grave problema de baixa atuação do SVO. O padrão estabelecido pelo total de GTAs emitidas sofre, claramente, influência pelos números populacionais em uma análise nacional, portanto, a aplicação de uma análise assim é funcional no contexto estadual, pois o Brasil possui em cada estado da federação um órgão público de defesa sanitária animal.

Acerca da avaliação de *clusters* do total de GTAs da espécie bovina em todas as finalidades estudadas, o perfil continua sendo os estados do Centro-Oeste, Triângulo e noroeste de Minas, como principais locais de maior movimentação (Figura 11b). Contudo, é possível observar que o padrão de cada grupo de finalidade usado no presente trabalho é diluído na formação de áreas mais específicas para o cenário nacional.

Figura 11 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos emitidas em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A movimentação de bovinos é uma das mais importantes vias de transmissão de doenças em um rebanho, tanto em uma avaliação do grau de vulnerabilidade quanto em uma análise de risco de introdução de doenças, pois ambas precisam levar em consideração o trânsito entre propriedades com uma das principais causas de contato e disseminação de diversos patógenos. Dentre as formas de avaliar o espalhamento de patógenos, a identificação, por análise de *cluster* dos eixos de envio de animais, aponta regiões que devem ser trabalhadas de forma prioritária, no sistema de vigilância, com finalidade de impedir a propagação de enfermidades (MURATO et al, 2021).

5.3.2. Caracterização espacial e análise de *clusters* (LISA) do recebimento de GTAs de bovinos

Todas as Guias possuem as informações de município de origem e destino, sendo assim, também foram elaborados os mapas de municípios destino das guias de trânsito para a espécie bovina. O resultado de recebimento das GTAs bovinas (Tabela 5) também serviu de base para a produção dos mapas correspondentes de GTA por finalidades.

Tabela 5 – Totais de GTAs bovinas recebidas por finalidade

UF	Abate	Aglomeración	Transporte entre propriedades	Total de GTAs bovinas recebidas
AC	1.200	7	6.000	7.209
AL	25.804	4.002	65.521	95.350
AM	8.976	6	24.791	33.964
AP	1.641	0	33	1.674
BA	86.157	2.808	168.163	257.316
CE	17.010	516	34.590	52.214
DF	953	35	4.026	5.056
ES	24.205	64	55.455	79.730
GO	138.699	89.731	508.905	737.729
MA	36.669	3.084	93.321	133.081
MG	251.579	146.585	426.597	825.192
MS	171.567	28.532	293.742	494.314
MT	223.997	5.434	537.611	767.153

PA	135.156	1.960	183.266	331.878
PB	1.131	374	31.520	33.102
PE	35.512	30.342	92.827	158.705
PI	1.427	120	981	2.528
PR	9.680	10	253.156	262.901
RJ	16.821	94	16.936	33.852
RN	21.182	318	30.567	52.385
RO	1.540	0	1.641	3.182
RR	34	0	92.121	92.207
RS	212.366	23.028	363.721	605.310
SC	121.745	4.036	403.052	530.112
SE	41.330	1.608	26.429	69.376
SP	150.255	32.306	343.232	529.448
TO	50.491	29.109	197.814	277.421
Total	1.787.127	404.109	4.256.018	6.472.389

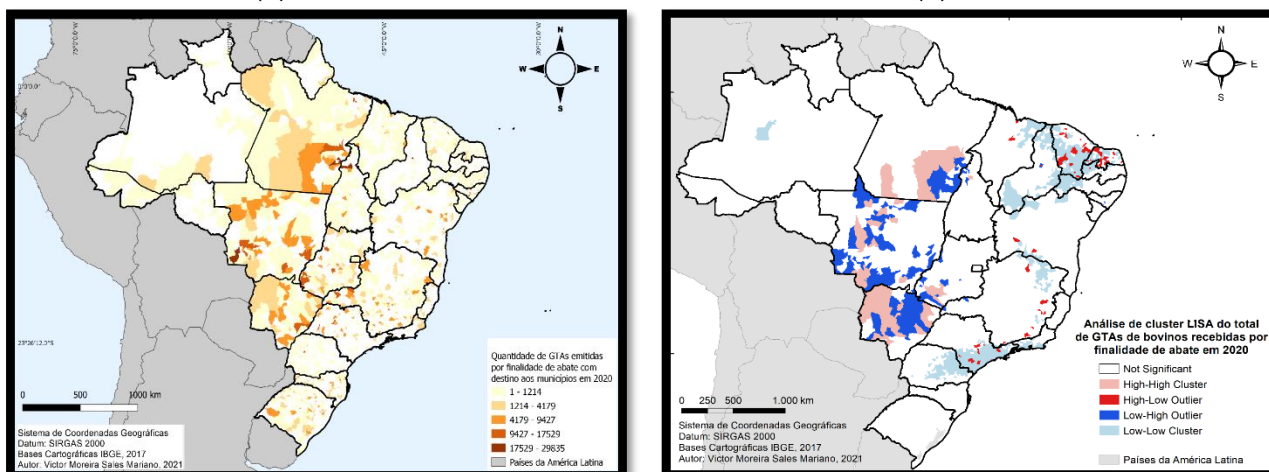
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

As localidades que são destino de GTAs na finalidade de abate são os municípios que possuem os frigoríficos e abatedouros. Tais indústrias possuem a atuação direta e frequente do SVO, por meio dos serviços de inspeção de produtos de origem animal. Portanto, qualquer diagnóstico de doenças na inspeção deve fazer parte da rotina de notificação. Com isso, a efetividade do sistema de vigilância, na parte dos animais que são abatidos, tende a ser mais eficiente no Brasil.

O perfil de recebimento do transporte para abate (Figura 12a) se distribui em um mapa que expressa áreas bem mais específicas, em localidades que possuem a maior concentração de frigoríficos e abatedouros. A funcionalidade do sistema de vigilância ativa da inspeção *ante* e *post-mortem*, facilita uma avaliação de risco no caso da finalidade de abate.

Na análise de *cluster* (Figura 12b), os locais destacados são aqueles de aglomeração alta-alta nos estados do MS, MT, sul do PA, além de municípios específicos de alta-baixa no CE, RN, MA, BA, MG e SP. Tal exemplo de análise é bem mais eficaz para o sistema, de modo que permite otimização de recursos e de estrutura, para os locais que mais demandam da vigilância (DÓREA et al, 2011).

Figura 12 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para abate
(a) (b)



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

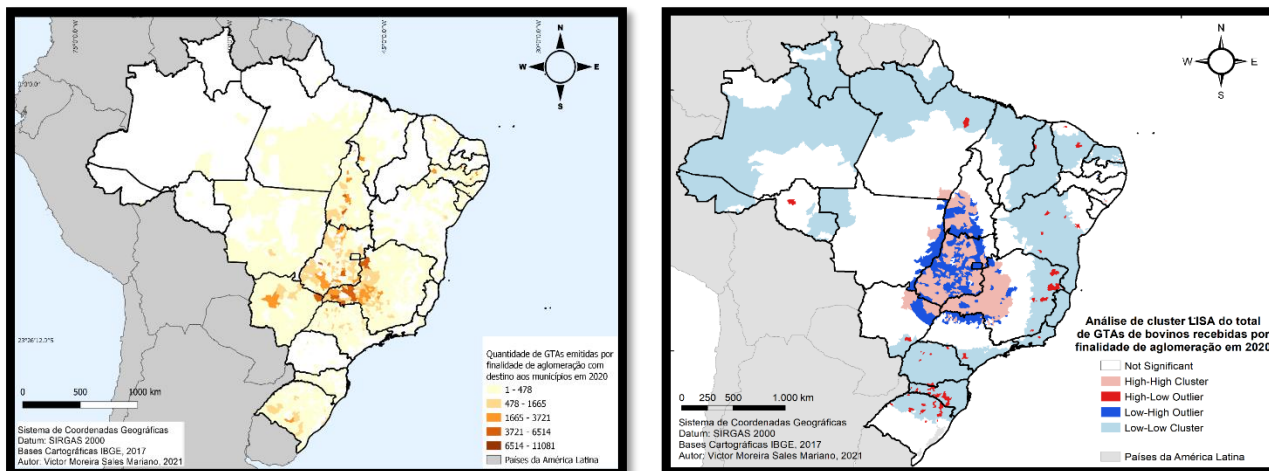
O padrão espacial dos municípios que constam como destino de GTAs para aglomeração de bovinos (Figura 13a), o transporte é destinado a cidades que, historicamente, realizam eventos do tipo. Rodeios, leilões, exposições e eventos com ou sem finalidade comercial e lazer são descritos como aglomeração. As cidades que recebem tais eventos estão mais concentradas no triângulo mineiro, no estado de Goiás, Mato Grosso do Sul, e TO.

A análise de *Cluster* do recebimento de GTAs de bovinos por finalidade de aglomeração (Figura 13b) mantém o perfil de Goiás e do Triângulo Mineiro, como aglomerados de alta-alta, e estratifica melhor os locais do MS e TO, em um mapa, que ajuda a conhecer os municípios que estão recebendo os animais: é otimizado o sistema para conhecer quais locais necessitam de maior atenção durante os eventos de aglomeração.

Quando comparado ao mapa de emissão de GTA, que apresenta um perfil mais distribuído nacionalmente, o perfil de recebimento pode direcionar fortemente os locais de ação do SVO. Assim, organizar a vigilância, para os locais que mais recebem os animais, torna o sistema um pouco menos complexo. Em caso de um surto no local de destino, que é mais concentrado, pode levar ao rastreamento do local de origem, e depois de conhecido o local de origem, um rastreamento dos demais locais, que recebem o animal, poderia ser bastante eficaz ao controle (DÓREA et al, 2011).

Conforme discutido anteriormente, a vigilância e o controle sanitário dos eventos levam em consideração se as vacinações dos animais estão em dia. Além da documentação exigida de trânsito, podem ser realizadas outras testagens, de acordo com o evento realizado. Portanto, o SVO das cidades acolhedoras sempre que receber algum evento de aglomeração deve acompanhar de perto a realização.

Figura 13 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para aglomeração
(a) (b)



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

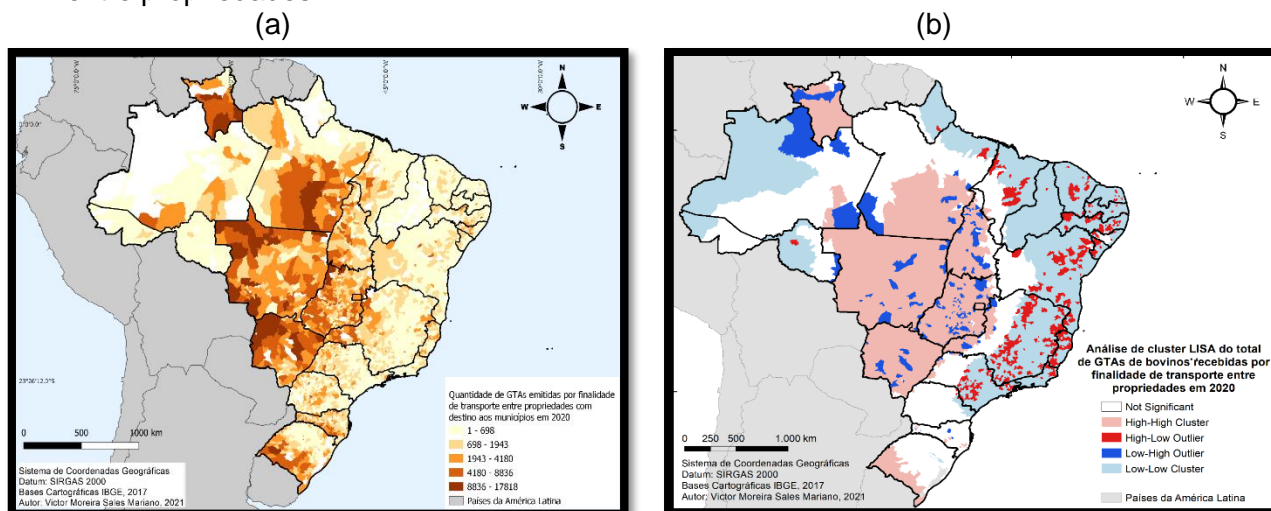
As localidades que recebem transporte entre propriedades descrevem um mapa mais amplo e espalhado (Figura 14a), seguindo um padrão bem semelhante ao padrão da emissão de GTAs de cada município. A citada modalidade de transporte é, possivelmente, o maior desafio para o SVO, pois o volume de movimentação é relativamente alto e os riscos de transmissões de doenças também são elevados.

Os padrões de *cluster* de GTAs, no transporte entre propriedades de bovinos (Figura 14b), enuncia que: o perfil entre emissão e recebimento é bem parecido; os locais que emitem mais são os mesmos que recebem mais GTAs, locais em que a movimentação tem volume alto nos dois sentidos do trânsito. Assim, a análise necessita conhecer o perfil estadual, sem sofrer influência do volume nacional.

O nível nacional, se interpretado isoladamente, aponta toda a região Centro-Oeste brasileira como *cluster*, além da maior parte dos estados de RR e TO, sendo incluídos ainda o sul do RS e o sul do PA. Porém, a análise deve ser feita em conjunto com as análises estaduais dos órgãos de defesa de cada estado.

A complexidade da vigilância em áreas tão amplas, em diversos níveis e distâncias compõem um fator que reforça a necessidade de capilaridade do sistema, pois, quando se disponibiliza estrutura física e recursos humanos apenas em capitais, as áreas terrestres ficam muito extensas para pouca estrutura. O funcionamento de um sistema eficaz pode seguir os padrões de capilaridade máxima adotada no Sistema Único de Saúde (SUS), por exemplo, que dispõe sobre o funcionamento de um sistema de saúde pública, de forma organizada, universal, integral e descentralizado, em que a capilaridade permite que o gestor local possa agir de acordo com as necessidades locais (Brasil, 1990; DÓREA et al, 2011).

Figura 14 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas para transporte entre propriedades



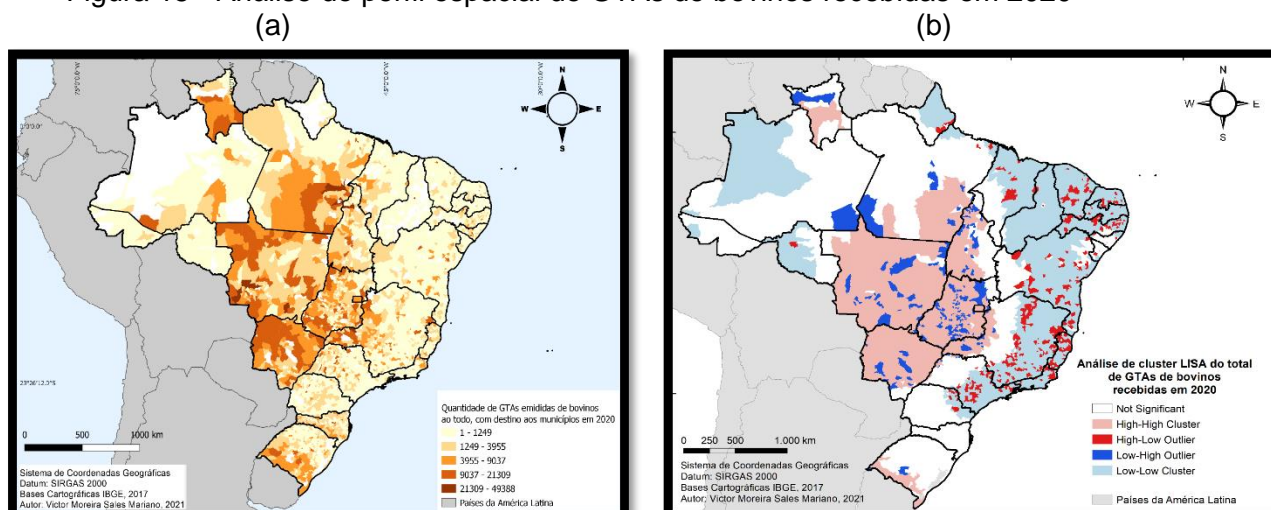
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O mapa do total de GTAs recebidas (Figura 15a), por sua vez, sofre uma diluição nas densidades de emissões, em relação a cada grupo de finalidade. Uma visualização de mapa com tais dados pode ser muito complexo em um sistema nacional, portanto, cada órgão de vigilância estadual pode realizar análises no estado de jurisdição, sendo assim, uma forma bem mais efetiva para o controle e a tomada de decisões.

O padrão de aglomeração das GTAs de bovinos recebidas no total (Figura 15b) sofre grande influência do transporte entre propriedades, por conta de o volume ser relativamente o maior na análise, 65,76%. O resultado corrobora para a avaliação conjunta de nacional e estadual. As regiões destacadas, novamente, são o sul do RS, Triângulo mineiro, sul do PA, oeste do TO e região Centro-Oeste, praticamente, em sua totalidade.

A análise do perfil nacional é importante à definição das áreas de maior fluxo de entrada de animais no Brasil, definindo, assim, um peso importante das áreas em estudos de dispersão de diversos agentes patológicos. Os meios de transporte movimentam um grande número de animais com situações epidemiológicas distintas, além de favorecer a disseminação de patógenos, por condução acidental de reservatórios ou vetores de uma região endêmica, para uma região de zona livre de uma determinada doença. Da mesma forma, eventos de aglomeração de animais em feiras ou exposições aumentam a probabilidade de transmissão dos agentes etiológicos (CHAVES et al, 2015).

Figura 15 - Análise do perfil espacial de GTAs de bovinos recebidas em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

Uma doença pode ser introduzida em uma cidade, a partir de animais infectados, que são movimentados para uma localidade receptora, com rebanhos livres da doença. O padrão da análise de *cluster* das cidades-eixos de recebimento de GTAs bovinas é um resultado importante para um sistema de vigilância, visto que a vigilância deve prevenir e mitigar riscos de introdução de patógenos na área de ação (BEARD et al, 2018; BOUCHEZ-ZACRIA et al, 2018; MURATO et al, 2021).

5.4. Análise do trânsito equino por emissões totais de GTAs

A movimentação de equinos no ano de 2020 no Brasil foi documentada por 329.729 GTAs por toda extensão nacional. A divisão por finalidade foi: 3.693 (1,12%) GTAs emitidas com finalidade de abate dos animais, 240.734 (73,01%) guias com finalidade de aglomeração, 48.510 (14,71%) emissões para transporte entre propriedades e 36.792 (11,16%) com outras finalidades (Tabela 6). Novamente, o agrupamento descrito como outras finalidades não foi avaliado, apesar de um volume relativo acima de 11%, as características das finalidades outras são muito variadas, fator que dificulta agrupamento por riscos semelhantes.

Tabela 6 – Totais de GTAs equinas emitidas por finalidade

UF	Abate	Aglomeração	Transporte entre propriedades	Total de GTAs equinas emitidas
AC	0	100	7	135
AL	1	316	154	568
AM	0	9	71	625
AP	0	0	0	0
BA	675	4.415	2.540	8.105
CE	0	230	258	660
DF	3	1.842	1.064	4.368
ES	0	1.255	595	1.920
GO	220	2.606	2.250	7.133
MA	0	607	119	1.100
MG	12	2.657	2.759	6.191
MS	0	8.394	2.991	13.746
MT	2	4.899	851	8.588

PA	1	564	888	2.634
PB	0	19	393	428
PE	0	3.354	1.150	4.765
PI	0	0	0	0
PR	15	20	5.199	13.955
RJ	21	13.501	2.042	15.662
RN	0	942	395	1.344
RO	0	61	89	265
RR	0	471	2.886	4.238
RS	2.683	125.704	10.489	144.448
SC	0	20.346	1.965	27.832
SE	29	1.892	1.044	2.956
SP	0	45.935	7.780	56.924
TO	31	595	531	1.139
Total	3.693	240.734	48.510	329.729

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O padrão da emissão de GTA na espécie equina difere dos bovinos, cada ponto se altera em percentual, se fossem comparadas as espécies. O abate de equinos é bem mais raro, sendo realizado em casos de algumas doenças que requerem sacrifício ou em casos muito específicos de produtos de origem equina. Aglomeração é, de longe, a maior concentração de finalidade da movimentação dos equinos, o que pode ser explicado pela função de tais animais no lazer, leilões e pela comercialização de animais de alto valor (MORAES et al, 2017).

O transporte entre propriedades consiste em um volume mediano, com destaque para a reprodução equina. O conjunto de outras finalidades possui número relativamente mediano por consequência da maior atenção dada a sanidade, atendimentos veterinários e até à equoterapia (NORRIS et al, 2021).

A matriz de trânsito equino (Tabela 7) resulta no total de guias emitidas por estado na linha e o destino na coluna, o transporte de equinos também possui o maior volume percentual ocorrendo de forma intraestadual (71,63%). O sistema de defesa sanitário com jurisdição estadual possui então o controle da maior parte do trânsito. Com isso, os órgãos de defesa podem introduzir essas análises do trânsito como uma ferramenta de vigilância e propor mais ações preventivas de forma eficiente.

Tabela 7 - Matriz de trânsito equino por estado

UF	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	Total
AC	40				1							3	3								1							48
AL		364																										364
AM	4		42								2			6		4				4	5	12						79
BA		57	1		2683	72	38	85	64	42	261	2	1	49	34	153	60	8	68	21	2	1	7	3	140	220	36	4108
CE						435																						435
DF		2			57	12	9	2	290	7	133	13	7	8	8	20	8	9	15	5	1		14	6	9	101	24	760
ES		4	2		35	2	1	690	5		87		3	1		4	1	1	36				1	2	1	55	4	935
GO	1	6	4		66	8	170	3	2209	13	252	48	171	77	1	16	11	37	30	3	15	4	19	6	4	401	149	3724
MA		7	3	1	13	32	3	1	9	187	4		1	116	22	44	69	2			12		1		8	11	67	613
MG											4143																	4143
MS		2	5		8	6	5	1	69	7	43	2398	162	17		2	2	248	12	1	35	2	75	24		545	11	3680
MT	5		1		7	3	5	1	145	3	21	94	2636	72		2	1	32	5	2	91	5	16	16		144	18	3325
PA		5	8	1	10	20	1	2	30	96	7		24	661	3	10	7	1	1	5	2		1		2	26	96	1019
PB	1	16	2		18	25	2		2	41	1		1	16	20	91	16		6	17	1				20	19	9	324
PE		183	5	1	137	120	10	1	12	76	71	1	2	29	191	1084	41	1	22	41	1		2	5	88	117	8	2249
PR					2		1	1	5		17	28	72	5		2	1	2394	2		2		39	53		109	2	2735
RJ		24	1		137	45	20	162	52	6	778	15	16	32	8	54	6	66	1541	16	6		42	30	7	555	8	3627
RN		19	3		24	70		3	1	37	6		1	27	62	107	16	2	5	282			1	1	20	17	7	711
RO	23		29		3	3		2	4		2	4	60	9				3	1							4	25	173
RR																						197						197
RS	1	4	2	5	23	2	24	11	65	10	103	159	154	10	2	3	8	752	69	2	21	1	21926	1947	2	417	11	25734
SC					4		4	3	10	1	29	29	43	2		1	3	772	29		2		1228	6817		139	4	9121
SE		157	1		150	62	7	1	15	24	30		1	12	51	126	27	1	10	22		1	1	1	508	64	3	1275
SP	31	87	51	3	349	216	118	119	712	76	1711	841	493	198	89	262	53	1445	557	64	159	27	311	246	49	16751	305	25323
TO		5			27	7	9		81	69	16	1	1	125	4	10	7	2				1			2	15	308	690
Total	106	942	161	11	3754	1140	427	1088	3780	695	7717	3636	3852	1472	495	1995	337	5776	2409	497	344	255	23684	9158	860	19731	1070	95392

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

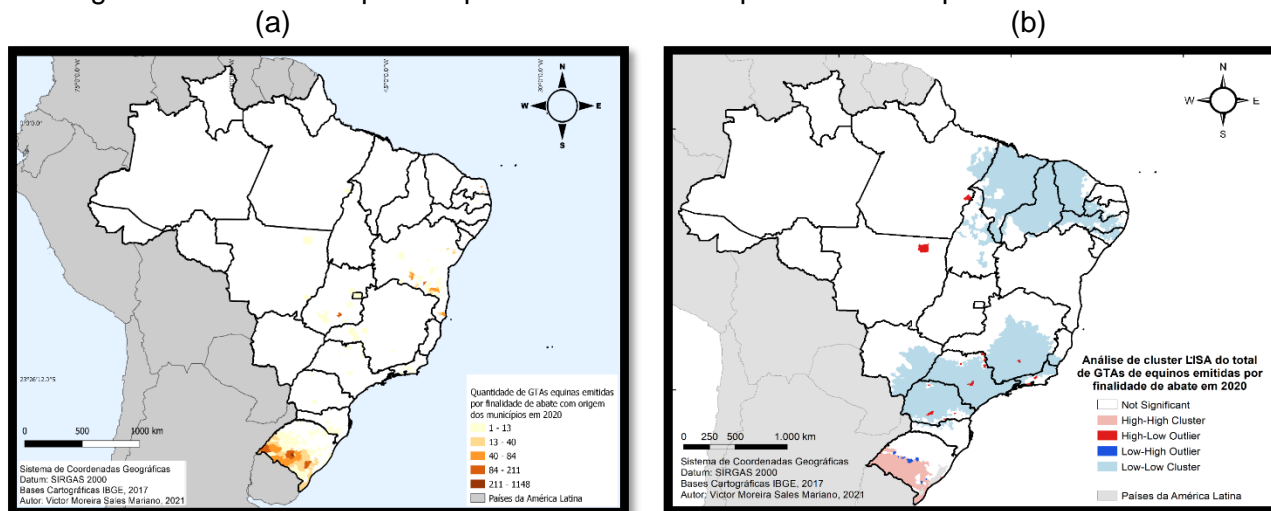
5.4.1. Caracterização espacial e análise de *clusters* (LISA) das emissões de GTAs de equinos

A caracterização espacial das emissões de guias de trânsito para equino (Figura 16a), apresentou a característica de baixa frequência do evento de abate de animais da espécie equina. Fica evidente que pouquíssimas cidades enviam animais para abate, e, mesmo assim, ainda poderia ser dividido em abate por sacrifício obrigatório, no caso de doenças que exigem o abate para produtos de origem animal (RIBEIRO & FREIRIA, 2018).

A análise de *clusters* de GTAs emitidas da espécie equina na finalidade de abate (Figura 16b) novamente segue um padrão bem específico e dimensão relativa de 1,12% do total de guias emitidas para a espécie. É possível observar um *cluster* de emissões no sul do Rio Grande do Sul, além de alguns municípios bem específicos no PR, SP, MT, PA, MG e RJ.

O *cluster* no sul do estado do Rio Grande do Sul possui uma situação especial, pois a região figura entre as que possuem uma das maiores populações de equinos no Brasil, associado a uma movimentação de emissão e recebimento de GTAs de abate de equinos acima dos padrões nacionais. Um ponto que deve ser verificado, junto ao órgão de defesa do estado, é se na região o abate de equinos é realizado para atender a uma demanda de produtos de origem animal, ou se está ocorrendo um volume grande do sacrifício preconizado em casos de AIE e Mormo, por exemplo.

Figura 16 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para abate



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

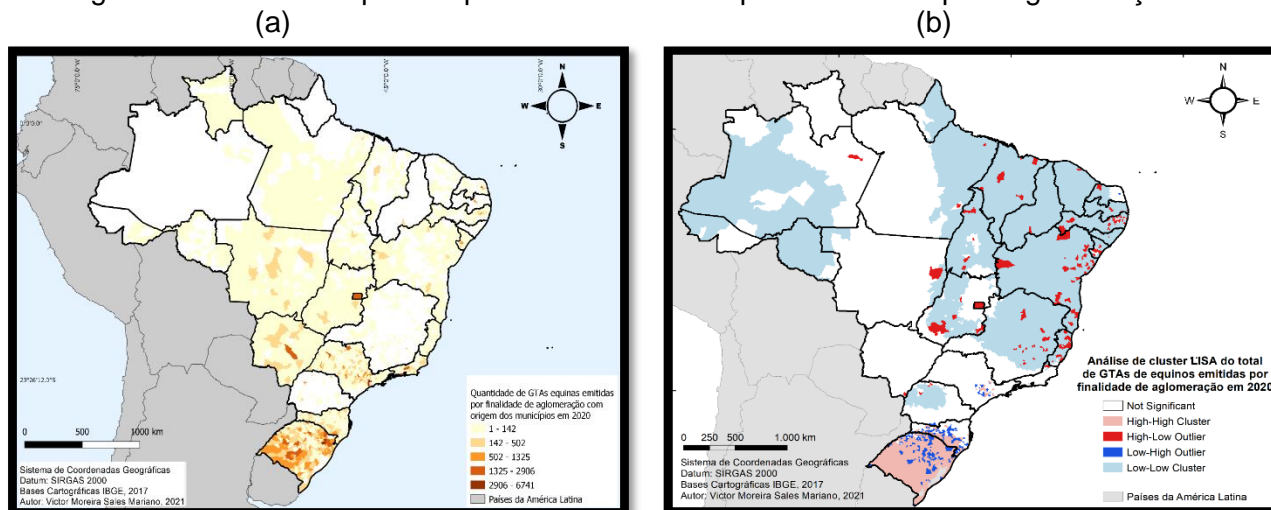
A aglomeração de equinos (Figura 17a) é o grupo de finalidades que possui maior volume de emissões de guias, fato observado por características próprias do uso do animal em trabalho, transporte e lazer, sendo possível destacar, de maneira mais clara e eficaz, quais são os municípios que mais emitem GTAs para a finalidade em questão, logo, para o sistema do SVO, é relativamente simples prevenir e mitigar os riscos associados a tal modalidade de transporte, pois os esforços podem ser concentrados nas localidades de maior volume de movimentação (CHAVES et al, 2015; MORAES et al, 2017).

A distribuição da análise de *cluster* das GTAs emitidas para equinos, com finalidade de aglomeração (Figura 17b), descreve o estado do RS como um grande polo de aglomeração da espécie equina, em um *cluster* que se estende por todo estado e no sul

de SC. Nas demais áreas do país, os locais de importância nacional são aqueles *outliers* de alto-baixo valor, espalhados nos estados do Nordeste, MG, RJ, GO, ES, PR e AM.

A modalidade de aglomeração gera riscos elevados de transmissão de doenças, por reunir animais de diferentes situações epidemiológicas e susceptibilidades às doenças. O monitoramento de doenças e vigilância são essenciais para o SVO de um estado, sendo que várias ferramentas e métodos podem ser utilizados em tal contexto. Uma ferramenta útil é a interpretação dos resultados de uma análise como a de *cluster* de movimentação (DÓREA et al, 2011; NETO et al, 2020).

Figura 17 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para aglomeração



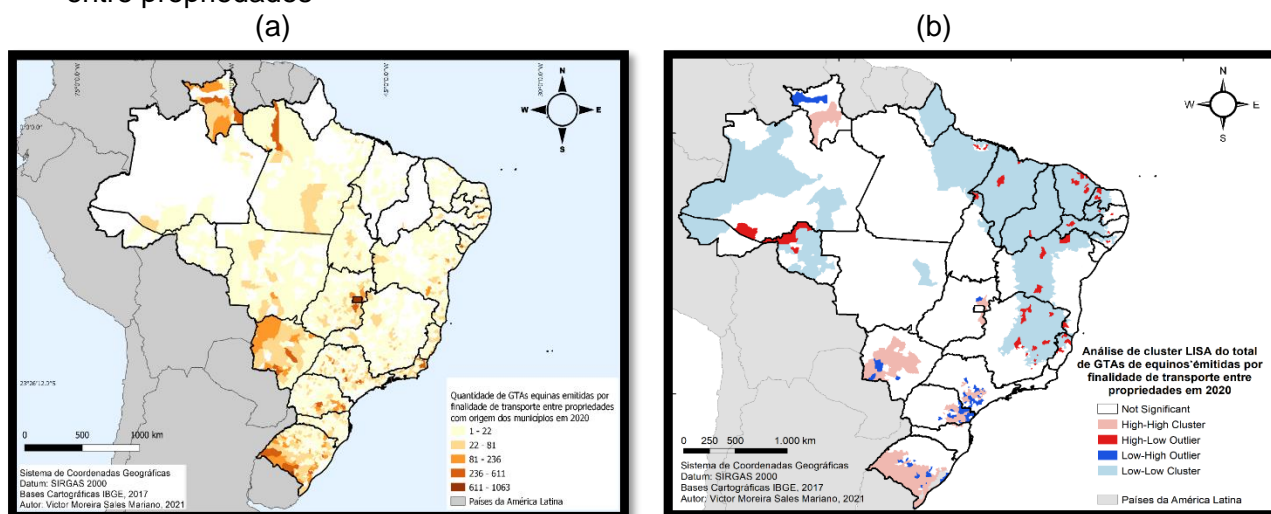
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O grupo de emissões para transporte entre propriedades (Figura 18a) consiste em um risco epidemiológico elevado, porém, o transporte de equinos é relativamente menor, sendo que o maior percentual dentro de tal grupo é o que está relacionado à reprodução. Por característica, a espécie equina possui, em grande parte, uma reprodução assistida ou no mínimo acompanhada de perto por médicos veterinários.

Podem ser observados alguns municípios com volume maior da movimentação entre propriedades, sendo que, em tal caso, o risco não pode ser negligenciado, principalmente em áreas de fronteira, pois introduções de doenças exóticas podem ser introduzidas no país por origem fronteiriça. Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Roraima se destacam no transporte entre propriedades de equinos.

A distribuição espacial dos *clusters* e *outliers* da emissão de GTAs de equinos, com finalidade de transporte entre propriedades (Figura 18b), possui áreas mais específicas de aglomerações alto-alto e cidades *outliers* no cenário nacional. É possível destacar o oeste e região central do estado do MS, oeste de RR, sul do RS, sul de SP, leste de GO e leste do PR. Os municípios de valores atípicos de alto-baixo são pontos de atenção da gerência de sanidade equina estadual e nacional, cidades presentes nos estados de MG, ES, BA, MA, CE, RN, RO, AM, PB, PA, TO e MA.

Figura 18 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas para transporte entre propriedades



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

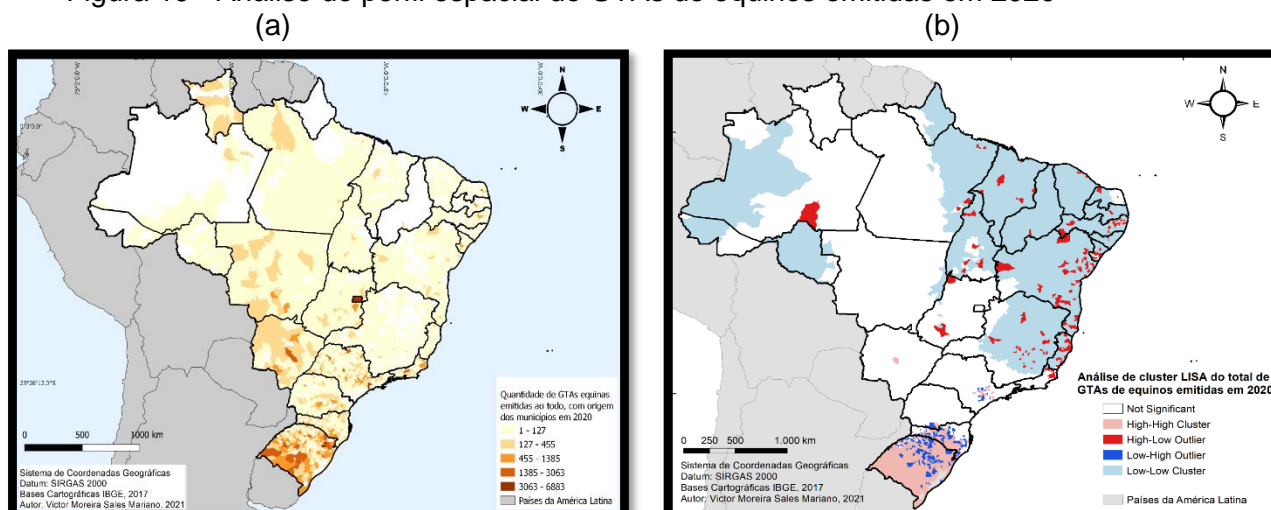
A representação visual por meio do mapa total de GTAs emitidas de equinos sofre uma diluição pelo volume diferente das distintas categorias. No caso específico de equinos, ao utilizar a metodologia do presente estudo, se verifica que houve um volume considerável (11,16%) de movimentação com outras finalidades. Entretanto, como o grupo se mostrou inconstante nos dados e na espécie bovina o percentual foi menos relevante, foi mantido fora da análise espacial também para equinos, a divisão maior foi a de atendimentos veterinários, equoterapia e trabalho.

Na interpretação do total de GTAs emitidas na espécie equina (Figura 19a), se destacam o DF, boa parte das cidades do RS e municípios espalhados no MS, SP, PR, MT e RR. Cada unidade da federação precisa monitorar a situação em atuação, de maneira concomitante.

Ao contrário do cenário encontrado na espécie bovina, a documentação de transporte de equinos possui um número considerável (11,16%) de finalidades que foram classificadas no presente trabalho como Outras finalidades (Tabela 1). Entretanto, por tal agrupamento, definido na metodologia do presente trabalho, ser muito inconstante em cada finalidade detalhada nos diferentes estados, e o volume na outra espécie em estudo ser muito baixo percentualmente.

Os resultados da análise de *cluster* da emissão de GTAs de equinos (Figura 19b) é bastante influenciado pelo volume percentual alto da finalidade de aglomeração (73,01%), somados ao padrão de transporte entre propriedades (14,71%), portanto, se repetiu o *cluster* de alto-alto valor no estado do RS e sul de SC, além de, na perspectiva nacional, algumas cidades, em variados estados do Nordeste, GO, MG, RJ, ES e AM, apresentarem valores anômalos de alto-baixo: localidades de prioridade nacional.

Figura 19 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos emitidas em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O perfil da movimentação de equinos no Brasil demonstra que o Rio Grande do Sul e Santa Catarina possuem grande importância para o transporte da espécie, no contexto brasileiro. Somente os dois estados possuem o maior percentual de tal categoria de transporte (52,25%). A finalidade de maior movimentação na região foi a de aglomeração, que representou mais de 60,67% do transporte para eventos de aglomeração de equinos no país inteiro. A aglomeração engloba riscos elevados, conforme discutido anteriormente, portanto, a análise do padrão pode ajudar na mitigação de riscos e tomada de decisão para realizar ações preventivas em eventos de aglomeração de equinos (CHAVES et al, 2015; MORAES et al, 2017).

5.4.2. Caracterização espacial e análise de *clusters* (LISA) do recebimento de GTAs de equinos

Os dados do recebimento de GTAs de equinos (Tabela 8) também serviram de base para a elaboração dos mapas de recebimento da espécie equina, resultando nos mapas correspondentes a destino de GTA por finalidade de abate (Figura 20a), que consistem apenas nas poucas cidades que possuem frigoríficos ou abatedouros que aceitam abate de equinos, porém, o volume de abate da espécie é muito baixo no contexto nacional. As cidades são basicamente duas no Rio Grande do Sul, duas cidades no Rio de Janeiro, uma no triângulo mineiro e uma na Bahia.

Tabela 8 – Totais de GTAs equinas recebidas por finalidade

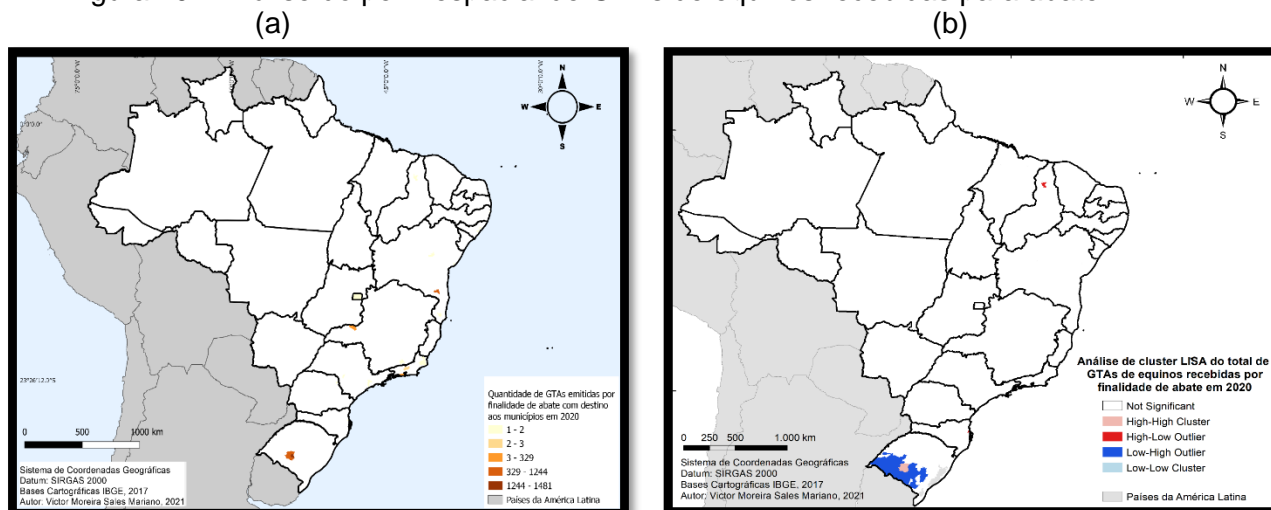
UF	Abate	Aglomeração	Transporte entre propriedades	Total de GTAs equinas recebidas
AC	0	125	29	218
AL	2	607	619	1.367
AM	0	55	113	640
AP	0	2	9	13
BA	614	4.586	1.899	7.496
CE	0	560	798	1.664
DF	1	1.801	752	3.593
ES	0	1.372	696	2.163
GO	0	2.699	2.527	7.364
MA	0	466	365	1.104

MG	330	5.341	4.854	11.679
MS	0	8.702	2.607	13.596
MT	0	5.010	1.204	9.279
PA	0	765	1.278	3.286
PB	0	267	325	644
PE	1	3.319	1.022	4.576
PI	1	210	206	535
PR	1	4.035	6.422	19.755
RJ	15	11.816	1.300	13.453
RN	0	743	241	1.031
RO	0	145	199	481
RR	0	495	2.912	4.363
RS	2.725	125.113	8.506	141.462
SC	1	20.059	2.591	27.625
SE	0	1.887	382	2.301
SP	2	39.793	6.054	48.393
TO	0	761	600	1.648
Total	3.693	240.734	48.510	329.729

Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

Os resultados de aglomeração de valores para GTAs recebidas da espécie equina para a finalidade de abate (Figura 20b) é bem consistente com o observado nos mapas de emissão: a análise lisa complementa a análise espacial dos locais que recebem equinos para abate. No caso específico da análise de *cluster*, fica evidente a região sul do RS.

Figura 20 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para abate

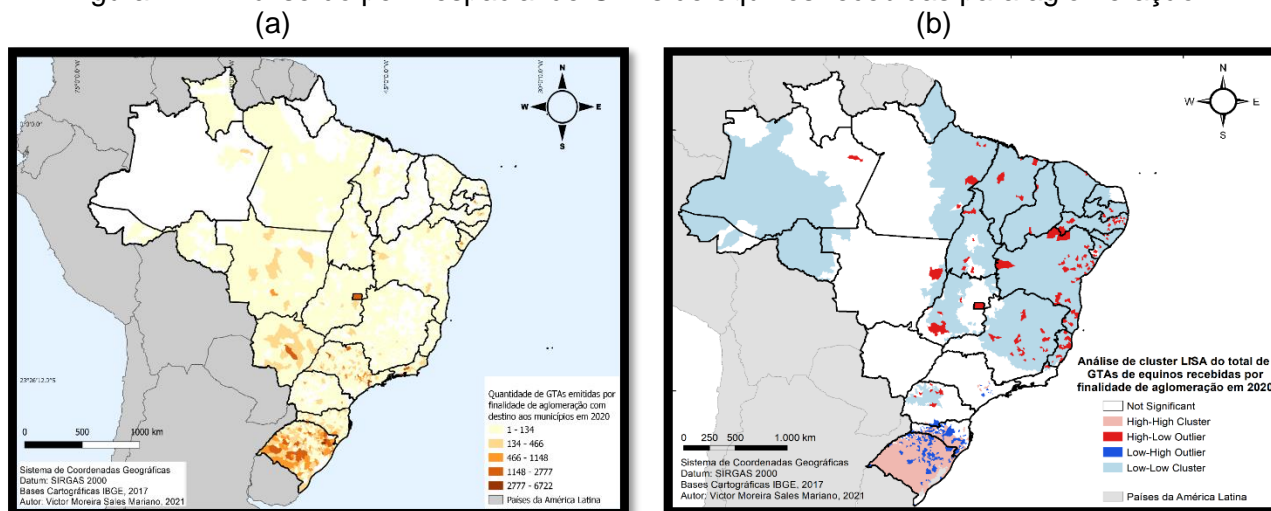


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

As localidades que recebem eventos de aglomeração de equinos (Figura 21a) são aquelas que mais organizam eventos de lazer e aglomeração de equinos, sendo, portanto, as que devem se preparar para os riscos associados a tal tipo de recebimento de animais. As localidades do Distrito Federal, cidades do Rio Grande do Sul, além de alguns municípios de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Mato Grosso estão entre que mais recebem GTA com a finalidade de aglomeração.

A análise do recebimento de GTAs de equinos com finalidade de aglomeração (Figura 21b), mostrou um padrão muito semelhante aos *clusters* da emissão, sendo que a visualização permite deduzir que os eventos de aglomeração de equinos são, em maioria, realizados ou nos mesmos municípios, ou em localidades próximas das origens dos animais. Cidades dispersas pelo país foram identificadas como *outliers* de alto-baixo, além da referida aglomeração alta-alta do RS e SC.

Figura 21 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para aglomeração



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

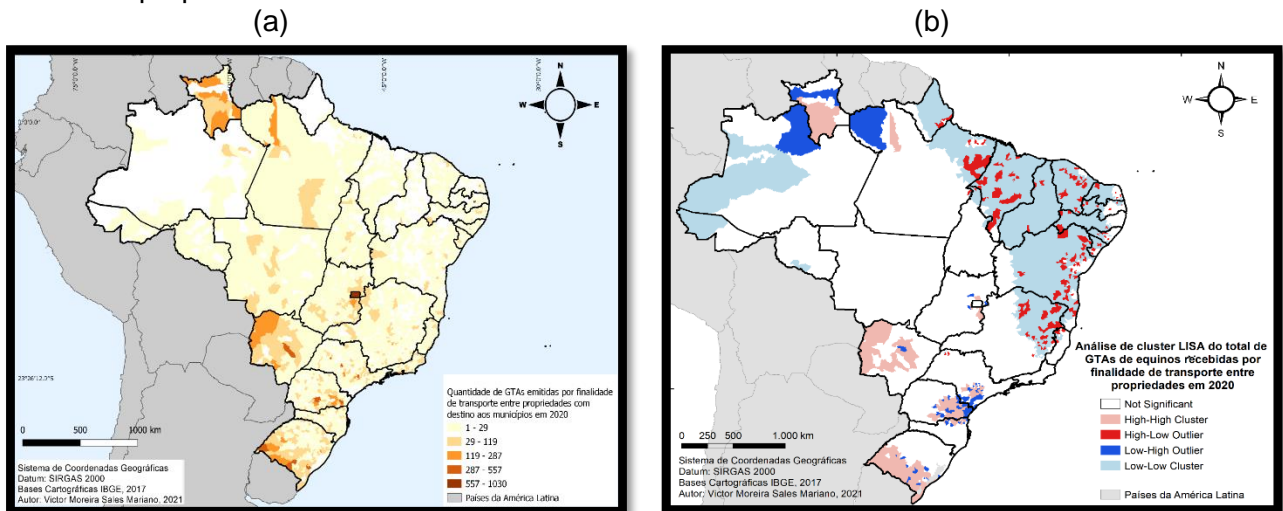
Um importante padrão observado é que, a despeito dos locais de maiores concentrações de emissão, existe uma homogeneidade muito grande de municípios que recebem de 1 a 134 guias no ano de 2020. Tal padrão demonstra que mesmo em baixa escala, a movimentação ocorre.

O recebimento de guias de transporte entre propriedades (Figura 22a) é bem semelhante ao padrão de emissão, sendo um risco considerável para o sistema e de alto grau de complexidade. Novamente, Distrito Federal, além de municípios do Mato Grosso do Sul, Roraima e Rio Grande do Sul são os principais receptores do grupo de transporte. A finalidade descrita possui importância epidemiológica para dispersão de doenças, porém, o controle é complexo, os SVEs devem elaborar análises nas áreas de atuação: como a população de equinos é menor que a de bovinos, possuem o volume de informações a serem analisadas relativamente menor.

Os resultados de *cluster* das GTAs recebidas da espécie equina para transporte entre propriedades (Figura 22b) representam áreas mais específicas no padrão nacional, visualização que é possível, pois, dentre outros fatores mencionados, o volume de guias para a finalidade é de pouco mais de 48,5 mil documentos, portanto, o padrão apresentado é esclarecedor das áreas prioritárias, nacionalmente.

Entretanto, ainda é possível ver grandes áreas de *cluster*, como no pantanal mato-grossense, sul do RS, leste do PR, e sul de RR. Outros pontos de *outliers* podem ser identificados pelo SVE.

Figura 22 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas para transporte entre propriedades



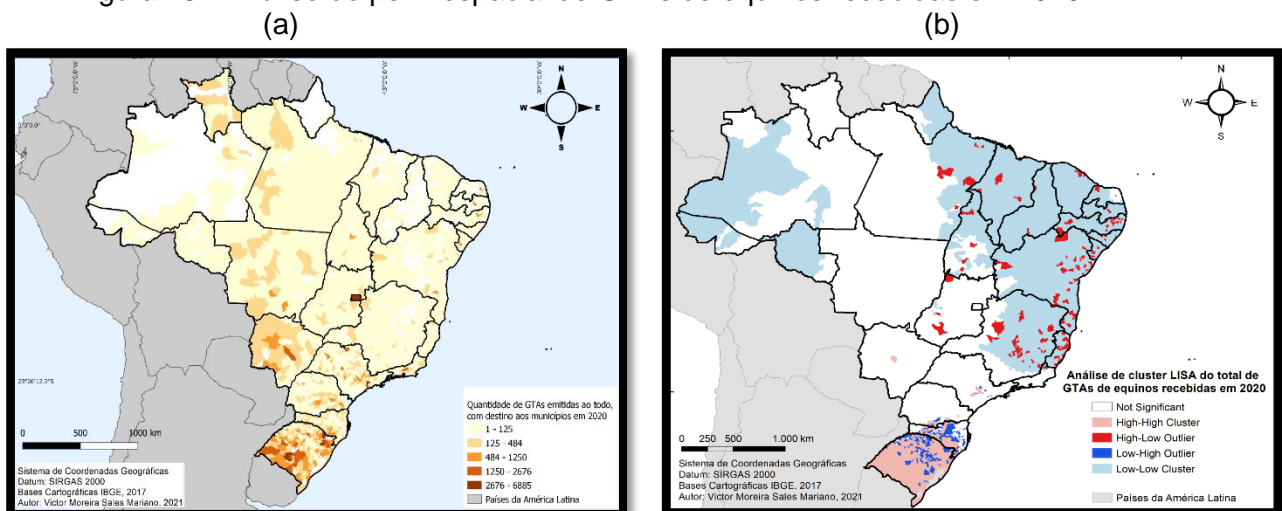
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

Os municípios que mais recebem GTAs de equinos (Figura 23a) seguem o padrão lógico de maior volume nos mesmos locais nos quais houve alto volume em cada categoria, a partir de uma análise como a aqui realizada, o sistema pode definir áreas prioritárias para a tomada de decisão.

O estado do RS movimenta um alto volume de animais, por isso, a região deve estar com a vigilância bastante atuante, principalmente, em áreas de fronteira, pois os riscos de introdução de novas doenças por meio dos países vizinhos. Uma possível entrada de doenças de equinos no estado pode gerar uma epidemia grave com espalhamento rápido decorrente do alto volume de movimentação animal.

A distribuição da análise de *cluster* das GTAs de equinos recebidas (Figura 23b) é composta por influência dos maiores percentuais de recebimentos da movimentação de equinos. O padrão é composto por grande parte de finalidade de aglomeração (73,01%), transporte entre propriedades (14,71%) e ainda alguma influência do agrupamento de outras finalidades (11,16%; tabela 1), sendo que a última categoria não foi analisada espacialmente, devido à inconstância interestadual discutida anteriormente.

Figura 23 - Análise do perfil espacial de GTAs de equinos recebidas em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

Com os dados de envio e recebimento de GTAs de equinos, foi observado que existe uma importância muito grande dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina no fluxo de movimentação da espécie. Assim, é possível demonstrar a importância de tais estados em estudos de dispersão de agentes patológicos, além de possuírem áreas de fronteira com a Argentina e o Uruguai, que também são zonas de atenção de controle prioritário para o sistema de vigilância (CHAVES et al, 2015; NETO et al, 2020).

5.5. Análise dos municípios que mais emitem GTAs para destinos diferentes

Neste grupo de mapas, é referida a quantidade de diferentes destinos por cada município de origem: não se contabiliza o total de GTAs. A variável resposta passa a ser a quantidade de diferentes municípios que são destinadas as GTAs de uma localidade. Assim, os mapas dão uma noção do nível de dispersão dos animais por cada origem de GTA.

A análise descritiva para a espécie bovina demonstrou uma média de 70 destinos únicos diferentes para cada cidade. A análise de quartis demonstrou uma mediana de 52 destinos, com Q1 de 26 diferentes destinos e Q3 de 94 destinos, além de mínimo de um município enviado e máximo de 565 destinos distintos. A observação denota que metade das cidades enviaram animais para mais de 52 destinos diferentes, apenas no ano de 2020.

Para a espécie equina, a análise descritiva demonstrou uma média de 25 cidades-destino diferentes para cada origem, com mediana de nove destinos, e intervalos interquartis de Q1 de três destinos e Q3 com 27 destinos diferentes. Um mínimo de 1 destino e máximo de 765 cidades diferentes de destino. A movimentação dos animais pode ser considerada um fator de risco de introdução de doenças, pela ocorrência do transporte de potenciais agentes patogênicos, (ALVES et al, 2017; CHAVES et al, 2015).

Também estão incluídas as análises de LISA das cidades que mais emitem para destinos diferentes, fator que pode ajudar no entendimento da dispersão dos animais, a partir de uma origem única. O valor avaliado pelo LISA é o total de destinos únicos para os quais um município em análise envia as guias de trânsito por espécie e finalidade. Uma análise do tipo pode ser útil à prevenção de surtos de doenças, por meio da medição dos níveis de espalhamentos da movimentação animal (CAPANEMA, 2010; IDAF, 2019; MURATO et al, 2021).

Os resultados de espalhamento são importantes para o sistema fazer análises preditivas e o controle de emergências sanitárias, a partir de ferramentas como a proposta, de associação da análise nacional integrada aos sistemas estaduais. Assim, é possível prever os nós de disseminação ou recebimento de animais e os riscos associados de dispersão de doenças pelo deslocamento dos animais (COBERLLINI et al, 2012; FILHO, 2012).

5.5.1. Municípios que mais emitem GTAs de bovinos para destinos diferentes e análise de *clusters* por finalidade

Para bovinos, os mapas visam demonstrar o padrão espacial do total de destinos diferentes por município emissor de GTAs para as diferentes finalidades contidas na GTA. O mapa de total de diferentes destinos por municípios de emissão relacionados às emissões de GTA para abate (Figura 24a) é condizente com a distribuição espacial da população de bovinos no Brasil (Figura 2). Os municípios que possuem as maiores

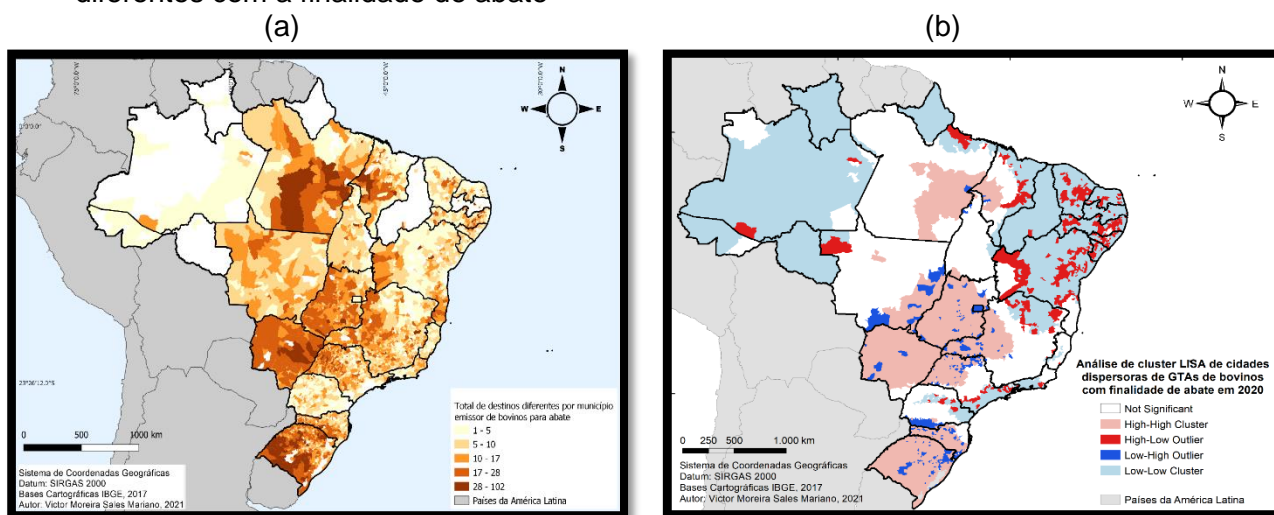
populações bovinas são também os municípios que mais emitem GTAs para diferentes locais, com a finalidade de movimentar bovinos para abate.

A região Centro-Oeste, o estado do Rio Grande do Sul, Triângulo Mineiro, Noroeste de São Paulo e Pará são os que mais emitem GTAs para diferentes destinos. Porém, conforme discutido anteriormente, a finalidade de abate é uma das que trazem os menores riscos sanitários para a disseminação de doenças. Conhecer tal perfil é importante particularmente porque o abatedouro é um local de inspeção ativa dos sistemas de vigilância (CHAVES et al, 2015; NETO et al, 2020). Assim, se torna um local com grande capacidade de diagnosticar doenças, e rastrear a propriedade ou local de origem, desencadeando em ações de resposta.

A característica de ausência de dados nos estados do Piauí, Rondônia e Roraima ficam evidentes nestes mapas, aparecendo por meio de áreas brancas, sendo que falta de informação deve ser verificada nos sistemas de informação oficial, pois, provavelmente, não são locais em que não ocorre movimentação para abate, mas, sim, a falta de alimentação dos dados nos sistemas oficiais.

O mapa de resultado da análise de *cluster* das cidades que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes, por finalidade de abate (Figura 24b), traz como resultado a visualização das grandes áreas de volume de espalhamento de GTAs para outras localidades. Dentre os aglomerados, se observam os estados de GO e MS, em quase totalidade territorial, o Triângulo mineiro bem destacado, noroeste de SP, sudeste do PA, oeste do MA, além dos estados de SC e RS em quase extensão completa. Além de diversos municípios atípicos em relação aos vizinhos, de resultado alto-baixo espalhados nacionalmente, em destaque, as regiões do norte de Minas Gerais e diversas cidades do Nordeste.

Figura 24 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de abate



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

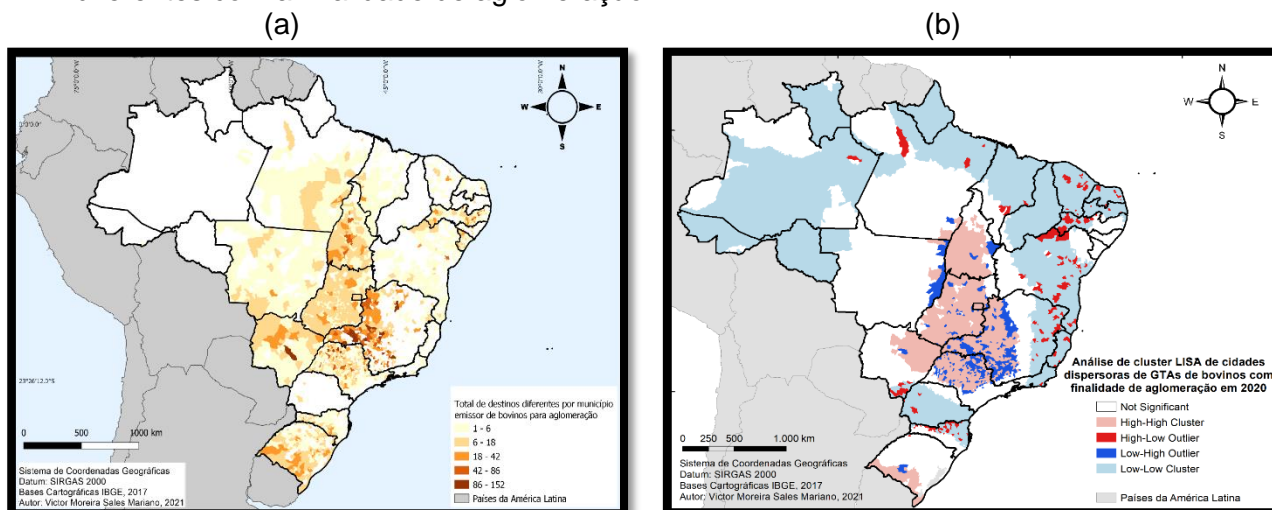
As emissões para locais diferentes com finalidade de aglomeração (Figura 25a) é composta de municípios que aparentam ter a vocação de eventos agropecuários, pois o perfil de dispersão é semelhante ao dos mapas de volumes de GTAs emitidas e recebidas com tal finalidade. Em geral, os eventos citados reúnem um grande número de animais com *status* epidemiológicos e exposição a doenças distintas em um local único por um período de tempo, um alto número de destinos diferentes por um

município, o que, no caso, é considerado um potencial risco de espalhamento de qualquer patógeno entre os rebanhos (MURATO et al, 2021).

A análise de *cluster* das cidades que mais emitem GTAs de bovinos para destinos diferentes, por finalidade de aglomeração (Figura 25b), segue um padrão mais concentrado nas mesmas regiões observadas anteriormente para tal finalidade: o estado de GO, sul do estado de TO, norte do MS, noroeste de SP, Triângulo mineiro e sul do RS são as maiores cidades que mais emitem guias de trânsito para diferentes destinos.

Os estados citados podem, para utilizar a ferramenta proposta, avaliar o estado isoladamente, excluindo, assim, a influência do grande volume da população de bovinos que se movimenta com finalidade de aglomeração em tais locais. Como discutido anteriormente, é importante frisar que a finalidade abate possui um risco sanitário considerado menor, em relação às demais finalidades estudadas.

Figura 25 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de aglomeração



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

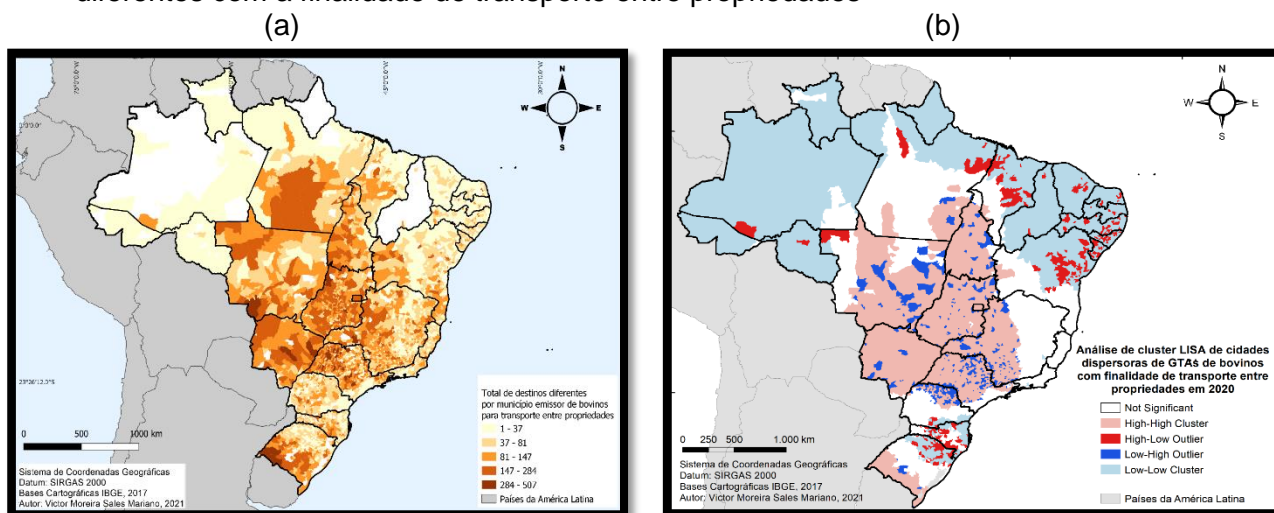
A finalidade de transporte entre propriedades (Figura 26a) se mostra um grande desafio para o sistema de vigilância epidemiológica. O risco sanitário em tal finalidade pode ser considerado alta, especialmente, para certas faixas etárias mais jovens.

É possível observar que grande parte dos municípios brasileiros enviam animais para um número considerável de diferentes destinos. Os Centro-Oeste, Sul do Pará, São Paulo e Sul do Rio Grande do Sul possuem os municípios que mais enviam para diferentes localidades, sendo então locais de maior necessidade de atenção pelos sistemas de vigilância. O Nordeste, Paraná e Santa Catarina demonstram valores médios de diferentes destinos por município, em geral até 147 destinos diferentes por localidade.

Os padrões de *cluster* das cidades que mais emitem GTAs de bovinos para destinos diferentes, por finalidade de transporte entre propriedades (Figura 26b), é conjunto de emissões do maior volume relativo da espécie (65,76%), além de sofrer influência pelos elevados números de população dos rebanhos dos estados, são em maior parte integrados por municípios que também espalham muito o transporte animal.

Na descrita dispersão de bovinos, os maiores locais de *cluster* são construídos por quase totalidade da região Centro-Oeste brasileira, todo a extensão oeste de Minas Gerais, centro e noroeste de SP, e sul do RS. Com tal resultado, é imprescindível, novamente, as análises estaduais, para diminuir o impacto de volume e populações relativas altas.

Figura 26 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

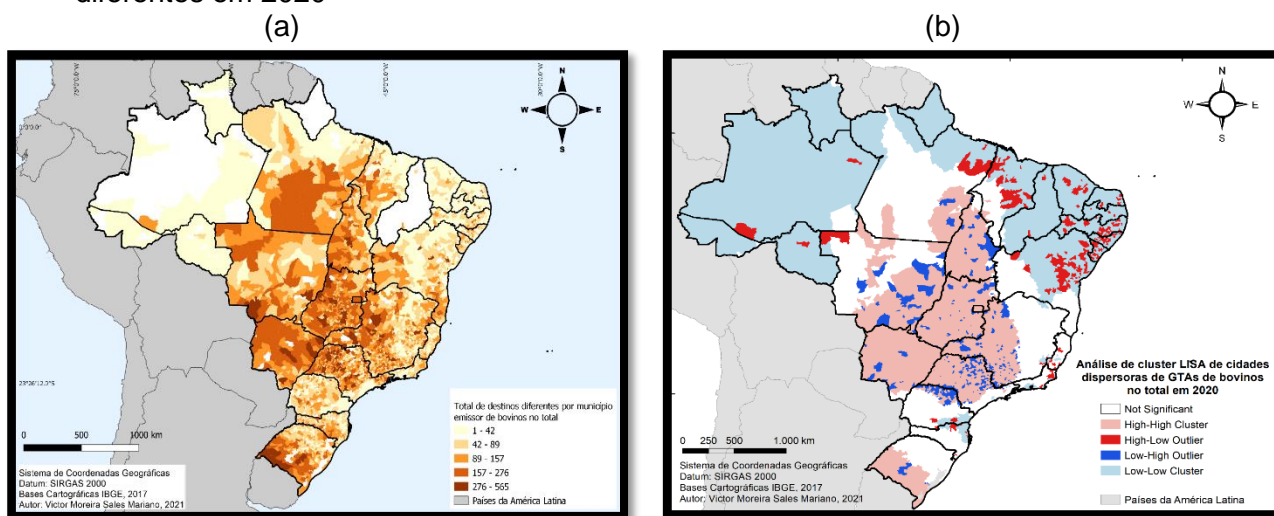
Acerca dos níveis totais de dispersão (Figura 27a), praticamente o país todo também envia animais para diversas cidades, é notório que grande parte envia para mais de 100 municípios diferentes. Tal perfil tende a traduzir os que possuem mais peso, no caso, abate, que representa 27,61%, e entre propriedades, com 65,76% das GTAs emitidas.

O volume alto de dados para as duas finalidades listadas reforça a necessidade de um perfil de análise separado por finalidade. Como exemplo, a aglomeração, que representa apenas 6,24%, e possui um perfil muito mais específico e direcionado a menos locais.

A avaliação das cidades que mais emitem GTAs de bovinos para destinos diferentes (Figura 27b) destaca áreas muito extensas de *cluster* de alta-alta no Centro-Oeste e maior parte de Tocantins, Minas Gerais e São Paulo. A avaliação também requer complementação por áreas de estudo menos abrangente, para eliminar a influência de volumes maiores das populações, como discutido anteriormente.

Tal informação é importante em relação a finalidade entre propriedades, devido ao risco de disseminação de agentes patogênicos. O sistema de vigilância deve agir rapidamente no caso de um surto ocorrendo nos locais que possuem maior potencial de enviar animais para diferentes municípios (CHAVES et al, 2015).

Figura 27 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de bovinos para destinos diferentes em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A interpretação do conjunto de análises de *clusters* pode auxiliar a predição do espalhamento de doenças. O uso de ferramentas espaciais pode auxiliar a tomada de decisão de alocar recursos humanos e estruturais de maneira mais eficiente. As Guias de Movimentação Animal possuem dados ricos, para análises da vigilância: com as informações, é possível prever nós de disseminação ou recebimento de animais infectados e mitigar riscos decorridos do deslocamento (CAPANEMA, 2010; COBERLLINI et al, 2012; FILHO, 2012; MURATO et al, 2021).

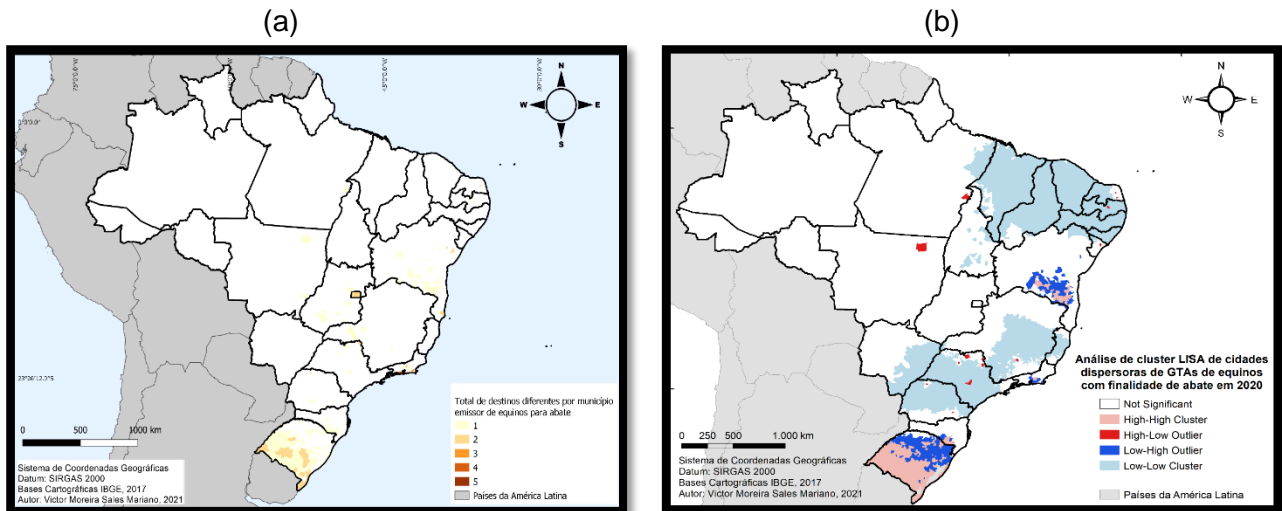
5.5.2. Municípios que mais emitem GTAs de equinos para destinos diferentes e análise de *clusters* por finalidade

O padrão dos documentos de movimentação animal para a espécie equina também possui um alto nível de espalhamento entre cidades, mas, comparados aos documentos de bovinos, possuem menor volume geral e menor volume de dispersão.

Os mapas estão representados em município emissor para abate (Figura 28a), o mapa apresenta um padrão de poucos locais destacados como agrupamentos de alto volume, esse perfil ocorre pois o abate de equinos é um evento mais raro em nível nacional. Outro fator a ser destacado, no caso do abate equino, é que o abate, ou sacrifício por decorrência de doenças, também entra na conta, conforme divisão de finalidades (Tabela 1).

A interpretação do mapa das cidades que mais emitem equinos para locais diferentes na finalidade de abate (Figura 28b) apresenta locais que mais enviam para destinos diferentes, os equinos com finalidade de abate ou sacrifício. Locais de *cluster* alto-alto e *outliers* de alto-baixo correspondem apenas a duas possibilidades: ou os animais são transportados para sacrifício de doenças que exigem abate, ou para fornecer produtos de origem equina, ambos os casos representam muito pouco no volume de movimentação de equinos no país.

Figura 28 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de abate



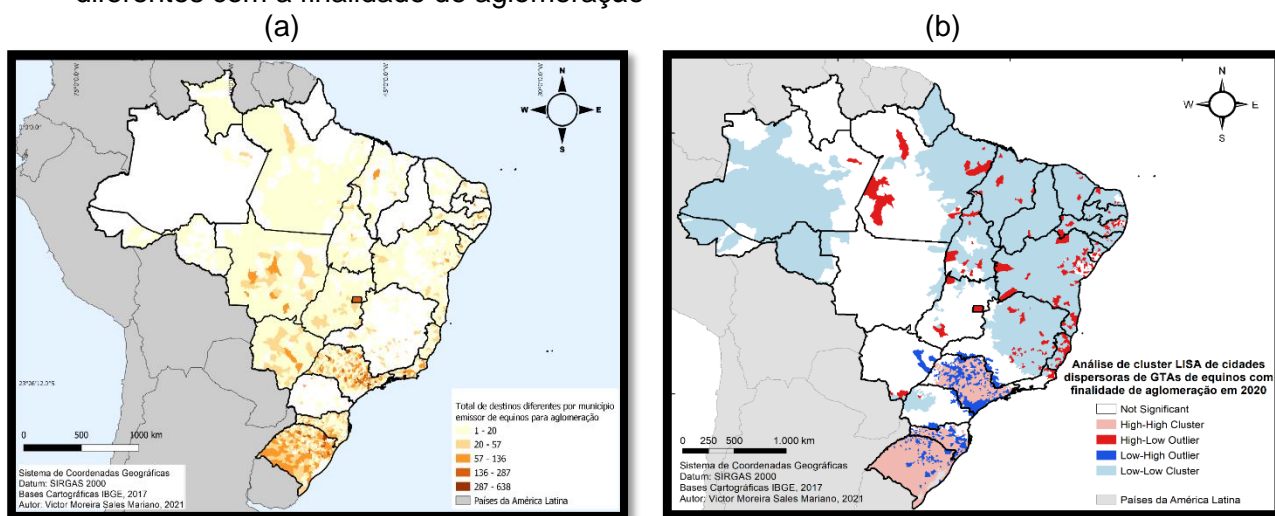
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O mapa de cidades-destino diferentes na finalidade de aglomeração de equinos (Figura 29a) possui padrão muito espalhado nacionalmente, o volume relativo de aglomeração da espécie é o mais alto (73,01%), portanto é bastante lógico que o mapa sofra grande influência dos padrões de densidade animal dos equinos (Figura 3).

A análise de *cluster* das cidades que enviam equinos para mais destinos diferentes com finalidade de aglomeração (Figura 29b) representa os locais de maior nível de espalhamento dos equinos, com a finalidade de maior risco sanitário da espécie. A ferramenta de análise precisa ser utilizada no cotidiano da vigilância, pois o monitoramento de eventos de aglomeração é essencial para controlar possíveis surtos. São necessários estudos periódicos estaduais, para identificar áreas com maiores riscos de transmissão de doenças, o que auxiliará na adoção de medidas sanitárias e na alocação eficiente de recursos humanos e físicos do sistema (MORAES et al, 2017; NETO et al, 2020; RIBEIRO & FREIRIA, 2018).

No cenário nacional, é possível observar algumas cidades *outliers* alto-baixo, que podem ser consideradas como prioridade de avaliação dos sistemas de vigilância estaduais, porém, os *clusters* de alta-alta de áreas extensas no RS, SC e SP necessitam de avaliação estadual, para definir os pontos de interesse mais prioritários.

Figura 29 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de aglomeração

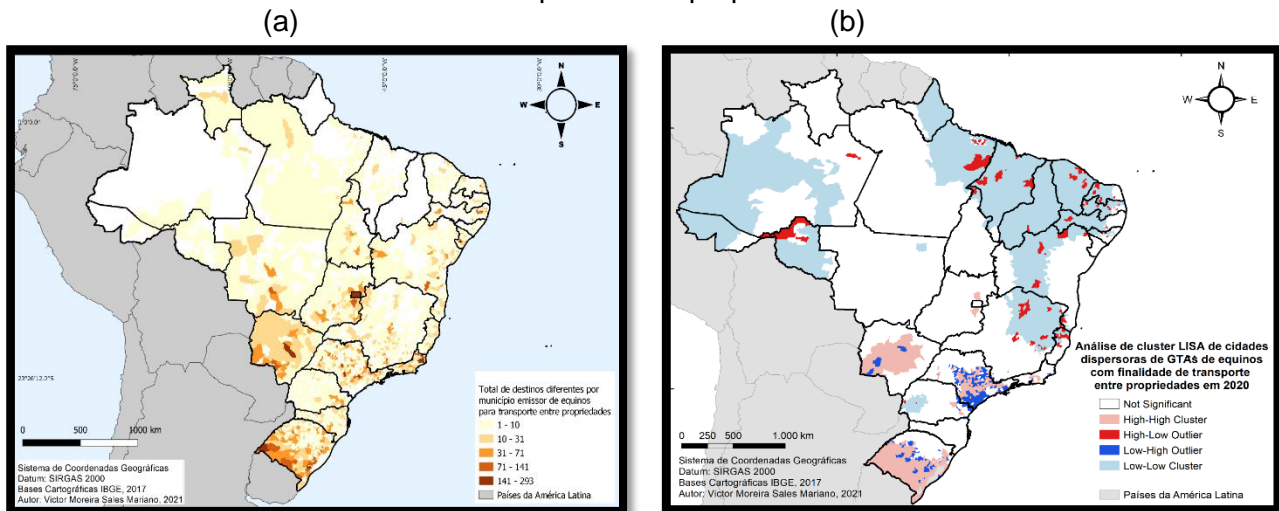


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O mapa de diferentes destinos da finalidade transporte entre propriedades da espécie equina (Figura 30a) possui zonas de maior nível de dispersão, o sul do RS, sul e oeste do MS, além de cidades espalhadas de SP, MT, PA, RJ e DF, que aparece como uma exceção à nomenclatura de municípios, por definição. Essa finalidade possui volume relativo de 14,71% para equinos, além de um risco sanitário potencial alto, caso em que, também, são necessárias análises complementares do cenário estadual.

A análise dos municípios que transportam equinos para mais destinos diferentes na finalidade de transporte entre propriedades (Figura 30b) apresenta cidades destacadas em *outliers* alto-baixo no Nordeste Brasileiro, além de alguns pontos em MG, RO, PA e ES. Tais localidades são claramente prioritárias ao sistema de vigilância da espécie equina, por serem compostas de poucas cidades. O mapa apresenta áreas extensas de *cluster* alto-alto em SP, MS E RS: no caso, mesmo abrangendo áreas maiores, podem ser consideradas regiões prioritárias para o sistema, pois o conjunto de finalidades de transporte entre propriedades é considerado um dos maiores riscos de introdução de doenças de equinos (COBERLLINI et al, 2012; FILHO, 2012; IDAF, 2019; MURATO et al, 2021).

Figura 30 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades

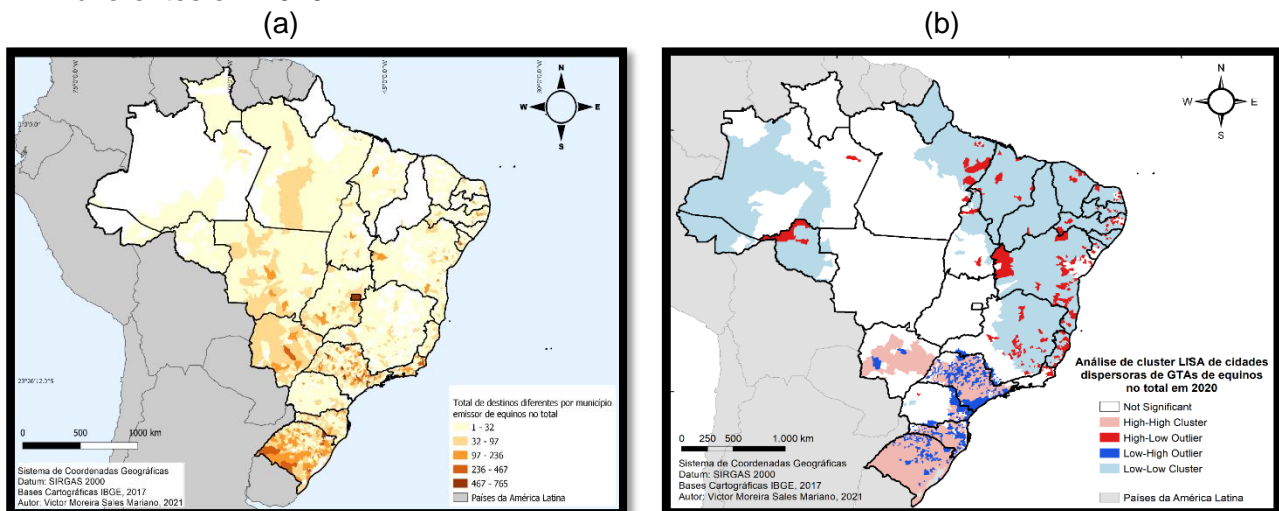


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O mapa do espalhamento de guias no total (Figura 31a) é bastante concordante com o mapa da população equina, por isso, os níveis de atenção do SVO devem seguir os padrões estaduais. A avaliação do padrão apenas nacional não apresenta regiões de destaque mais claro, como em outros casos, logo, a avaliação deve, necessariamente, ser complementada por níveis de menor abrangência, como o nível estadual da vigilância epidemiológica da espécie equina (MURATO et al, 2021).

A avaliação de *clusters* das cidades que mais enviam GTAs para destinos diferentes em todas as finalidades dos equinos (Figura 31b) apresenta dois padrões nacionais: no RS, SC, SP e MS são áreas de *clusters* extensas e dispersas, ocupando a maior parte dos respectivos estados; enquanto o restante do país aponta apenas cidades de valores anômalos altos, distribuídos nacionalmente, sem um padrão de espalhamento dos documentos de transporte animal.

Figura 31 - Análise dos municípios que mais emitiram GTAs de equinos para destinos diferentes em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O perfil de espalhamento do transporte de equinos apresentou em destaque novamente os estados do RS e SC, acrescidos do leste do PR, SP em maior extensão, e boa parte

do MS. A avaliação verifica o grau de emissões para destinos diferentes, por origem: as regiões destacadas são aquelas que emitem para um maior número de locais diferentes. Com uma análise pareada estadual dos SVE, o sistema pode apontar locais de maior fiscalização da emissão, diminuindo riscos de espalhamento de patógenos (ALVES et al, 2017; CHAVES et al, 2015; MURATO et al, 2021).

5.6. Análise dos municípios que mais recebem GTAs de origens diferentes por finalidade

O grupo de análises é composto por mapas de perfil espacial e análises de *cluster* das cidades que mais recebem de origens diferentes, o que auxilia o entendimento dos eixos (*HUBs*) de recebimento de animais de variadas origens. Tais cidades são locais que recebem eventos agropecuários, possuem grandes propriedades, frigoríficos ou estabelecimentos, que são receptores de um grande volume de animais. Tal grupo demonstra cidades que são eixos (*Hubs*) recebedores do transporte animal.

A análise descritiva para a espécie bovina foi composta pela média de origens para cada cidade: 69 origens únicas (Q1 = 22 e Q3 = 90), com mediana de 48 origens, além de mínimo de um município e máximo de 850 origens distintas.

Na espécie equina, a análise descritiva teve média de 22 cidades-origem diferentes para cada recebimento (Q1 = 3 e Q3 = 25), com mediana de nove origens, além de mínimo de uma e máximo de 534 cidades diferentes de origem dos documentos recebidos.

Os riscos inerentes de uma localidade que é um eixo receptor estão associados a aglomeração de animais de diferentes origens e situações sanitárias distintas. Um município constante como grande receptor é um local de necessidade de atuação ativa da vigilância epidemiológica, para mitigar potenciais introduções de novas doenças ao rebanho do local (CHAVES et al, 2015).

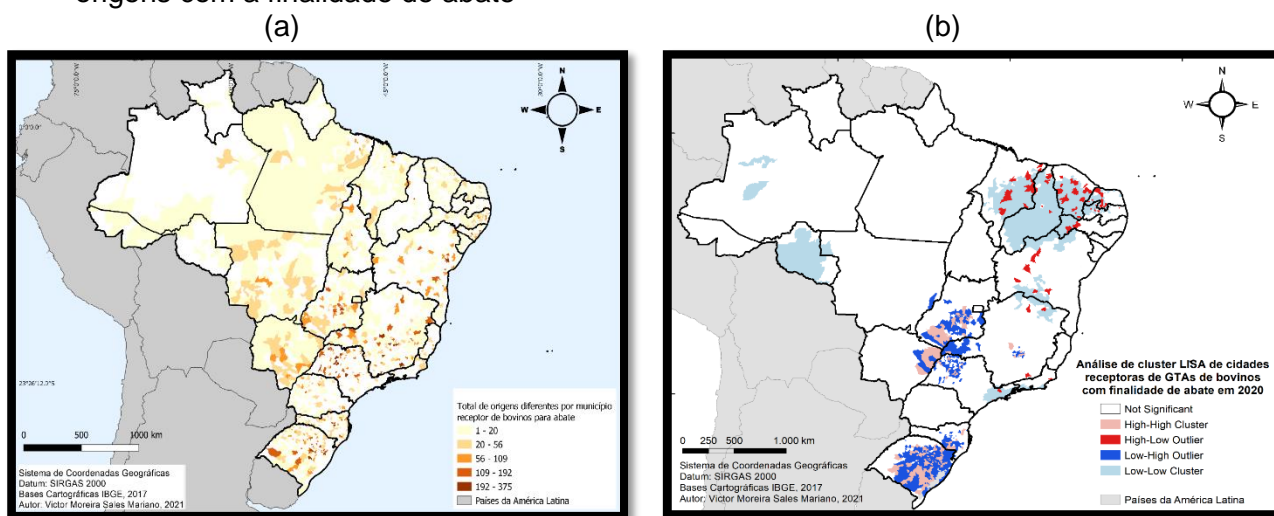
5.6.1. Municípios que mais recebem GTAs de bovinos de origens diferentes e análise de *clusters* por finalidade

Os municípios-eixo de recebimento do trânsito de bovinos são aqueles que mais recebem de origens diferentes, sendo assim, os referidos municípios são os principais pontos de atenção, no caso de doenças emergentes ou inéditas no país.

Os mapas das cidades que mais recebem GTAs bovinas de diferentes municípios com a finalidade de abate (Figura 32a) são os locais que possuem uma rede produtiva de frigoríficos e abatedouros. Conforme discutido anteriormente, a finalidade de abate possui atuação mais ativa do SVO, por meio dos profissionais de Inspeção dos produtos de origem animal, do sistema do SIF, SIE ou SIM.

A análise das cidades que mais recebem GTAs de origens diferentes da espécie bovina com finalidade de abate (Figura 32b) é uma representação de cidades que realizam um grande volume de abate de bovinos. Como discutido anteriormente, o abate é de menor risco sanitário para o sistema, sendo assim, o resultado representa somente pontos de destino da movimentação para abate. As cidades se aglomeram, em maior volume, na categoria alta-alta, apenas no estado de GO, MS e RS (IDAF, 2019; NETO et al, 2020).

Figura 32 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de abate



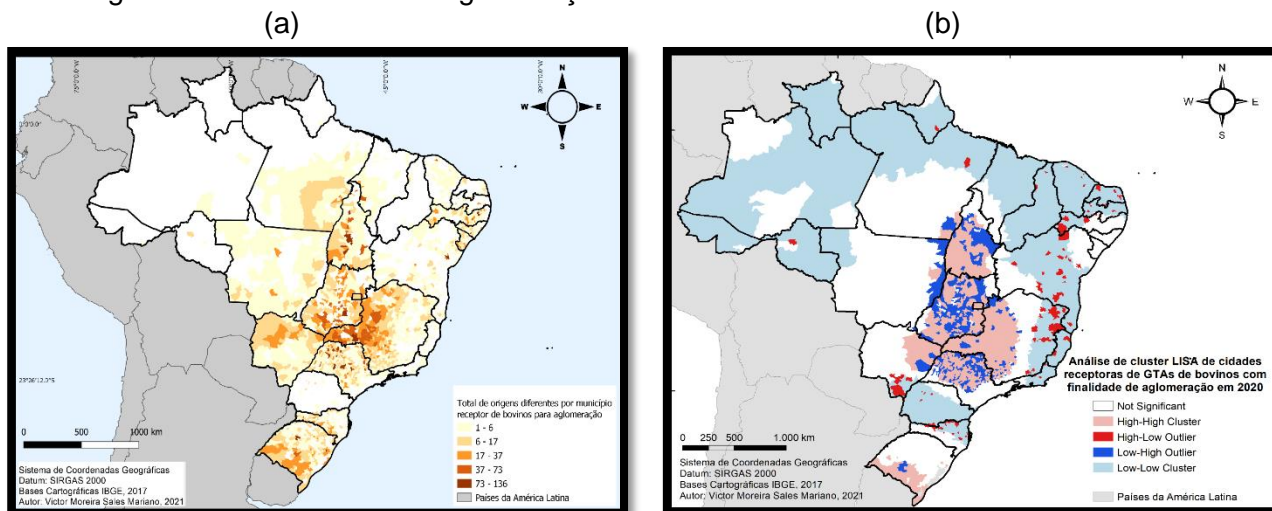
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O mapa das cidades que mais recebem GTAs de origens diferentes da espécie bovina com finalidade de aglomeração (Figura 33a) é representado pelos municípios que organizam os maiores eventos de aglomeração, leilão e outros. O estado de Goiás, o Triângulo mineiro, o norte do MS e o sul do RS são os maiores organizadores de tal tipo de evento.

A análise de *clusters* das cidades que recebem GTAs de mais origens dos bovinos com finalidade de aglomeração (Figura 33b) evidencia que o padrão destaca claramente a região central do Brasil, em uma região praticamente contínua desde o oeste paulista, leste do Mato Grosso do Sul, centro-oeste e Triângulo mineiro, Goiás e centro-sul do Tocantins, além do sul do Rio Grande do Sul. A avaliação reflete a mesma observação vista nos mapas de totais de GTAs recebidas, com a finalidade de aglomeração.

O perfil observado no teste confirma a análise de que a região, por mais que seja composta por uma área muito extensa, é representativa de locais que recebem o maior volume de eventos agropecuários do Brasil, eventos que vão desde rodeios, leilões, a encontros de produtores, entre outros. A aglomeração, considerada de risco alto, produz uma demanda de atenção elevada do SVO (NETO et al, 2020). Em geral, esses eventos, realizam, com a colaboração do sistema de vigilância epidemiológica local, regras e legislações de comprovação de vacinação, exames de situação sanitária, além de a documentação dos animais ser fiscalizada, como requisito para a realização de tais eventos.

Figura 33 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de aglomeração



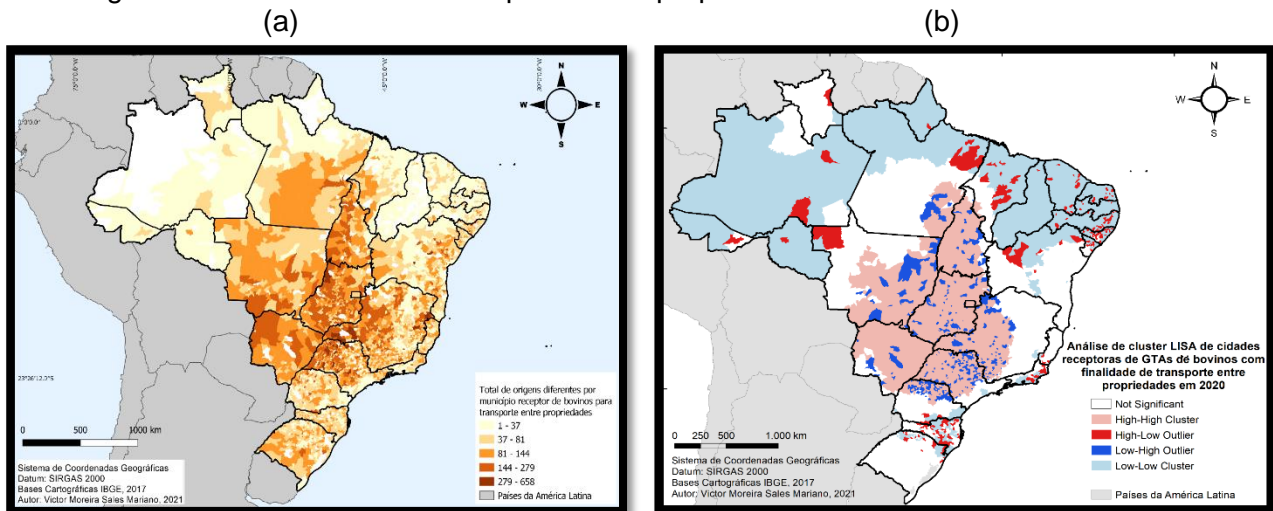
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O padrão espacial dos municípios que recebem maior volume de GTAs de origens diferentes da espécie bovina, na finalidade de transporte entre propriedades (Figura 34a), apresenta volume elevado em áreas muito extensas: a visualização é resultado do grande volume de movimentação de bovinos para a finalidade em questão.

A análise de clusters do transporte de bovinos entre propriedades (Figura 34b) apresenta boa parte da região Centro-Oeste como *cluster* de alta-alta, além do Triângulo Mineiro, noroeste paulista, norte do PR, TO e pontos do sudeste do PA. Porém, a avaliação sofre uma grande influência, devido ao elevado volume de movimentação para tal finalidade. Para um sistema de vigilância, locais de pontos fora do padrão de alta-baixa são de identificação mais direta para a atuação estadual. Entretanto, áreas de alta-alta necessitam de uma análise pareada complementar de nível estadual. Assim, a influência do grande volume da movimentação é reduzida nos resultados.

Uma análise de nível nacional como a apresentada, em conjunto com uma avaliação pareada estadual, pode resultar em padrões mais acurados de demanda da vigilância. Estados como GO, MS e TO, que aparecem em quase totalidade como *cluster*, ao excluir o influxo elevado do estado, quando comparado ao restante do país, podem resultar em pontos mais específicos para a atuação do sistema. Áreas de Fronteira, zonas alagadas do Pantanal Sul-mato-grossense, são de atenção ainda mais elevada, para um controle eficaz da vigilância epidemiológica, pois um dos objetivos é a mitigação de riscos e a diminuição do potencial de introdução de novas doenças ao país (CHAVES et al, 2015; DÓREA et al, 2011; NETO et al, 2020; NOGUEIRA et al, 2017).

Figura 34 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens com a finalidade de transporte entre propriedades

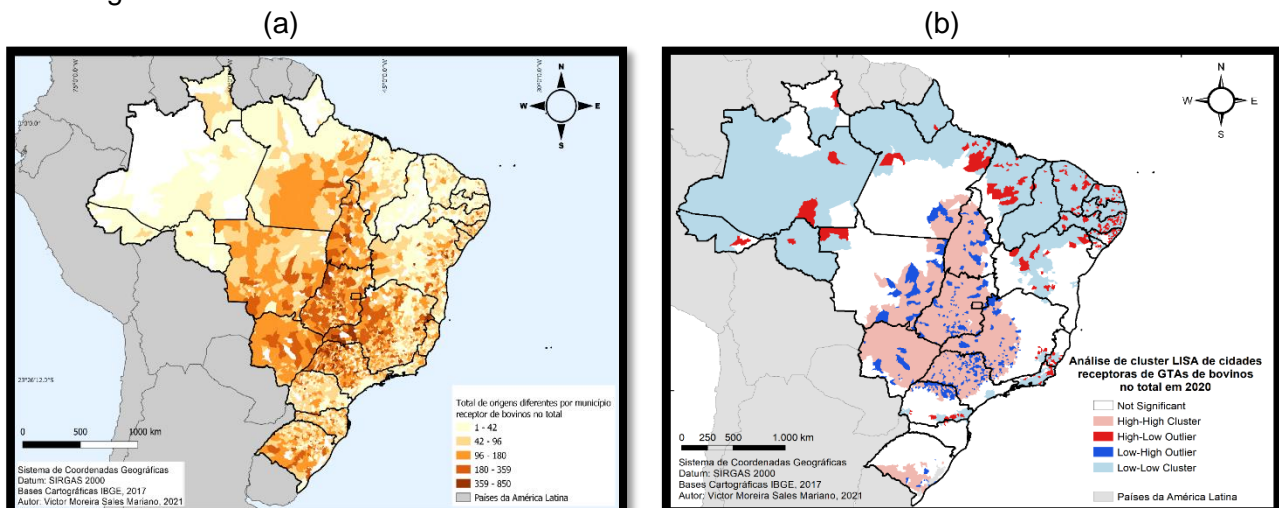


Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

O padrão de cidades que recebem de origens diferentes, no total (Figura 35a), é praticamente o somatório dos padrões de cada finalidade exposta anteriormente, reiterando a necessidade de análise mais específica por unidade federativa. Essa característica sofre grande influência do número de animais por estado.

A avaliação de *clusters* das cidades que mais recebem bovinos de origens diferentes (Figura 35b) é bastante influenciada pelo volume de 65,76 % da movimentação de bovinos a ser realizada para a finalidade de transporte entre propriedades, o que faz com que o teste apresente um padrão semelhante ao anterior. O Perfil da análise dos municípios que mais recebem GTAs de origens diferentes necessita de uma avaliação estadual, para ser mais efetiva para o sistema.

Figura 35 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs bovinas de diferentes origens em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A identificação das cidades que mais recebem animais de origens diferentes apresenta regiões como *clusters* de alta-alta em áreas muito abrangentes, porém, a análise necessita de complemento de avaliação estadual, pois não é interessante para o sistema fiscalizar áreas tão extensas nos estados de GO, TO, MG, SP, MS e MT, além

do norte do PR e sul do RS. O perfil, quando avaliado em conjunto com o estadual, perde a grande influência das diferenças entre os volumes nacionais e os das regiões mais relevantes de movimentação. É de responsabilidade de cada SVE planejar e executar atividades de prevenção e controle das doenças, com o tipo de conduta adotado, de acordo com os resultados para a tomada de decisão (NETO et al, 2020).

5.6.2. Municípios que mais recebem GTAs de equinos de origens diferentes e análise de *clusters* por finalidade

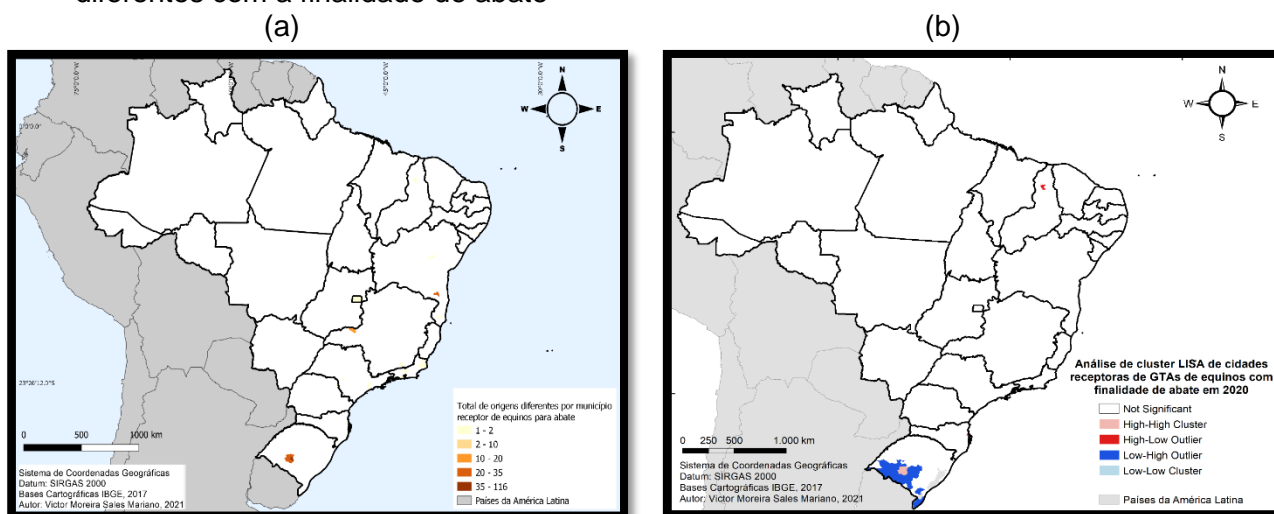
O grupo de análises é composto pelas cidades que mais recebem GTAs de origens diferentes da espécie equina, separadas por finalidade. O volume da movimentação de equinos é menor que o de bovinos, por conseguinte, a análise resulta em mapas de *cluster* mais específicos, mas não exclui a necessidade de avaliação estadual para atuação do sistema.

O mapa dos municípios que recebem GTAs de maior número de origens distintas da espécie equina com finalidade de abate (Figura 36a) demonstra os municípios que realizam o abate e o sacrifício de equinos. O volume de abate da espécie equina no Brasil é bem menor, se comparado ao volume de abate de bovinos, a movimentação para abate representa muito pouco percentualmente, até no contexto apenas das guias da espécie, pois representam apenas 1,12% dos totais de GTAs de equinos em 2020.

A análise de *cluster* das cidades que mais recebem GTAs para abate de equinos de origens diferentes (Figura 36b) apresenta locais bem destacados, que realizam tal tipo de abate ou sacrifício dos animais. No caso do sacrifício, a atuação do sistema é bem mais localizada, de acordo com a demanda. As cidades gaúchas vizinhas, São Gabriel e Santa Margarida do Sul, receberam 2.725 (73,79%) de todas as GTAs com finalidade de abate de equinos do Brasil em 2020, volume que é bastante considerável, devido ao menor volume de transporte com tal finalidade (MORAES et al, 2017).

No entanto, como estão incluídos os números de abate sanitário, o sacrifício de animais positivados para algumas doenças, as movimentações podem também ser pontos de atenção para um sistema de vigilância epidemiológica.

Figura 36 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de abate



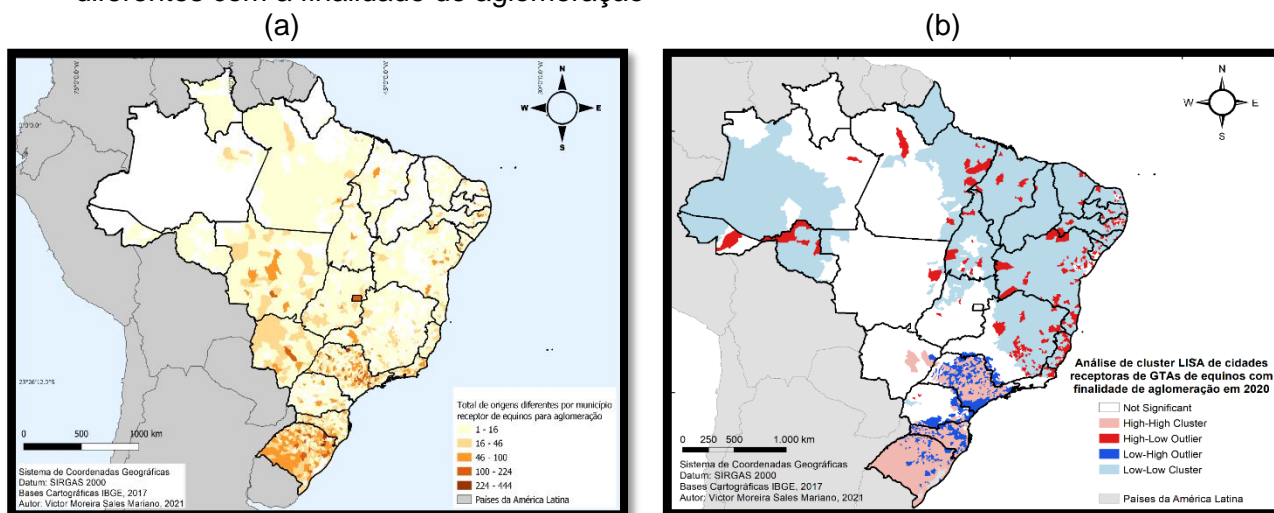
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

A figura espacial das cidades que recebem GTAs de origens diferentes da espécie equina para a finalidade de aglomeração (Figura 37a) enuncia os municípios que realizam a maior parte dos eventos de aglomeração de equinos, nacionalmente. Se destacam áreas como o centro-sul do RS, oeste e sul do MS, região central do MT, cidades diversas de SP e RJ, DF e alguns pontos específicos no nordeste brasileiro.

A análise de *cluster* das cidades que mais recebem GTAs para aglomeração de equinos (Figura 37b) apresenta um perfil de alta-alta nos estados do RS, SC e SP, em quase totalidade, como *cluster*. No restante do país, a avaliação aponta cidades *outliers*, que podem ser consideradas prioritárias para o sistema. Na epidemiologia, a identificação de pontos de inserção de agentes infecciosos, como locais que recebem grande volume de movimentação animal, é fundamental para definir prioridades de ações de inspeção (CHAVES et al, 2015).

Eventos de aglomeração de equinos possuem uma vigilância do sistema e regulamentações junto aos órgãos estaduais e ao MAPA, entretanto, a modalidade de interação e a movimentação animal permanecem em um grupo de prioridade de atenção epidemiológica. O alto volume relativo de 73,01% reforça a necessidade de avaliação de risco localmente, como consequente, o sistema poderá direcionar a maior parte de seus recursos para o controle de áreas mais críticas e agir de forma mais eficiente.

Figura 37 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de aglomeração



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

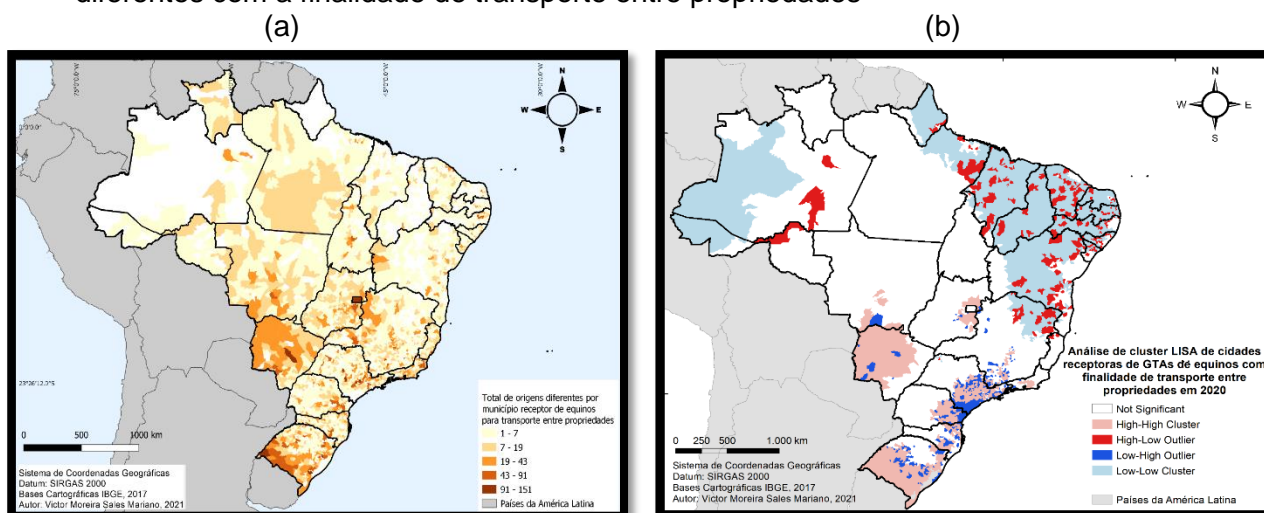
O mapa das cidades que recebem GTAs de origens diferentes da espécie equina para a finalidade de transporte entre propriedades dos equinos (Figura 38a) representa outro ponto complexo do sistema: apesar do volume relativo representar 14,71% das movimentações, o quantitativo dos *hubs* que mais recebem se mostrou alto em regiões fronteiriças. O Sul do RS, a maior parte dos municípios do MS, oeste do MT estão entre os que mais recebem GTAs de muitas origens.

O perfil da análise de *cluster* das cidades que mais receberam equinos de origens diferentes na finalidade de transporte entre propriedades (Figura 38b) apresenta áreas que recebem animais de muitos destinos diferentes, e que, no mapa, são representadas como alta-alta. Regiões como a central e a do pantanal do MS, sul do RS, centro-sul de SP, leste de SC e outras áreas de menor extensão, são as que aparecem como *cluster*. A região do pantanal brasileiro possui muitas áreas alagadas, regiões que apresentam maior número de moscas tabanídeas e acesso logístico complexo. Tais áreas podem

requerer recursos e vigilância do sistema, porém, a otimização de uso da estrutura deve ser concluída, após análise estadual pareada (FREITAS et al, 2015; NOGUEIRA et al, 2017).

Por outro lado, as localidades que apareceram como *outliers* alto-baixos indicam pontos de demanda mais específicos de cidades espalhadas pelo Nordeste brasileiro, norte de minas e poucas cidades de RO e AM. Os municípios aparecem nesta análise por possuírem grande volume de movimentação animal, fator que resulta em pontos de importância epidemiológica para o sistema. A partir de uma classificação de risco dos municípios, o sistema pode definir uma frequência de ações de vigilância (CHAVES et al, 2015; NORRIS et al, 2021).

Figura 38 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes com a finalidade de transporte entre propriedades



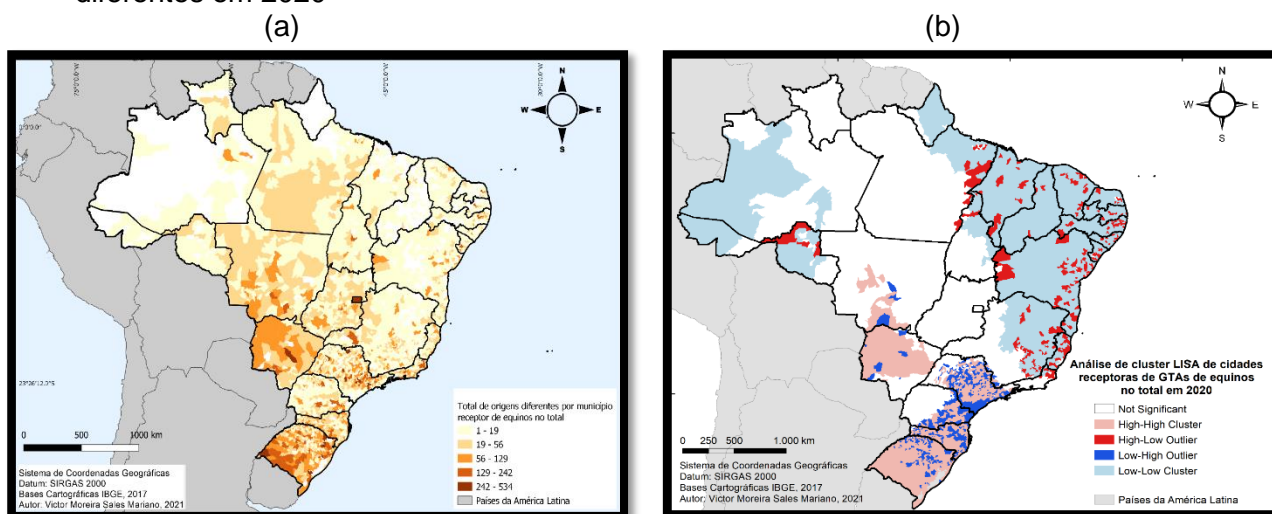
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PG/MAPA.

O padrão dos municípios que recebem GTAs de origens diferentes da espécie equina no total (Figura 39a) mostram, para o sistema do SVO, quais áreas podem ser eixos de recebimento de qualquer agente patológico, que possivelmente seja introduzido no Brasil. O ideal é que os municípios em questão sejam constantemente monitorados, para identificação de doenças nos equinos das localidades apontadas como prioritárias, após a verificação conjunta do padrão nacional, de forma que seja possível planejar ações mais assertivas.

A análise de *cluster* das cidades que mais receberam equinos de origens diferentes (Figura 39b) é composta por grande influência das finalidades com maiores volumes de movimentação. Os *clusters* estão distribuídos por estados do Sul do Brasil, como a totalidade do RS e SC, que precisam de avaliação estadual para esclarecer quais os pontos de prioridade dentro de cada estado.

Os estados do PR, SP, MS e MT possuem boa parte dos estados marcados como *cluster*, entretanto, pode ser realizada a verificação estadual, para complementar o uso da ferramenta, no cenário estadual, e, por fim, as demais cidades demarcadas como *outliers* de alta-baixa densidade são consideradas localidades de atenção mais elevada do sistema de vigilância epidemiológica de equinos, por se tratarem de cidades que são mais distribuídas nacionalmente. Assim, os sistemas estaduais podem otimizar o uso de estrutura e de recursos humanos, para uma atuação de controle e prevenção eficaz (DÓREA et al, 2011; NETO et al, 2020).

Figura 39 - Análise dos municípios que mais receberam GTAs equinas de origens diferentes em 2020



Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados da PGA/MAPA.

5.7. Estrutura veterinária oficial – IEFO e IRHSO no âmbito da defesa sanitária animal

Um Serviço Veterinário Oficial, que é organizado por estado brasileiro, possui recursos para lidar com notificações de doenças, investigações de denúncias, fiscalizações periódicas e aleatórias, coordenação de vacinação, elaboração e manutenção de programas de sanidade animal. Porém, a defesa sanitária animal só funciona se estes recursos forem suficientes para a grande carga de trabalho que o serviço é responsável.

Para se entender como os dados da movimentação animal e a dispersão das notificações de doenças podem estar relacionadas, é necessário conhecer o tamanho da estrutura física disponível para os SVEs e o quantitativo de fiscais agropecuários lotados nos serviços de cada unidade federativa. Entretanto, essas informações só são conhecidas pelos órgãos governamentais que coordenam, no caso do Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), porém, esses dados podem ser obtidos por lei de acesso à informação.

A partir dos dados fornecidos pelo MAPA, os recursos de estrutura e os recursos humanos disponíveis nos SVE, relativos a 2019 e compilados em 2020 (Tabela 9), foi possível criar os índices da estrutura do sistema para estimar a capilaridade e o estímulo que essa proximidade ao produtor pode gerar para que ele notifique doenças que ocorrerem no seu rebanho, além de ser possível comparar os recursos disponíveis do sistema com a notificação de doenças, com objetivo de verificar uma hipótese, se existe relação de o sistema estar mais presente e possuir mais recursos, pode estimular que a notificação de doença ocorra.

Tabela 9 – Recursos disponíveis no SVO

Sigla	Escritório de Atendimento a Comunidade	Unidades Veterinárias Locais	Veterinários - Saúde Animal (coordenação e campo)	Agrônomos	Zootecnistas
AC	23	16	35	4	0
AL	87	15	24	17	0
AP	17	10	38	13	5
AM	50	24	49	4	0
BA	361	51	155	97	6
CE	331	40	61	37	1
DF	5	1	22	4	0
ES	74	26	44	62	1
GO	238	93	171	198	22
MA	167	88	101	41	1
MT	151	88	179	97	0
MS	78	68	117	35	0
MG	801	160	237	14	2
PA	155	65	106	77	0
PB	185	27	48	40	4
PR	375	109	166	130	0
PE	161	29	66	55	8
PI	176	34	75	48	0
RJ	68	27	47	9	7
RN	165	12	22	26	1
RS	460	245	221	23	7
RO	84	45	81	51	5
RR	28	16	32	2	0
SC	310	113	250	45	0
SP	174	51	104	109	0
SE	62	12	30	1	0
TO	138	75	128	81	1
BR	4924	1540	2609	1320	71

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

O Índice de Estrutura Física Oficial (Tabela 10) apresenta os valores obtidos dos recursos físicos do sistema de vigilância relativos ao número de explorações por estado da federação: o indicador tem como objetivo a avaliação do SVO, de acordo com a presença física nas proximidades dos produtores. A média nacional de estrutura é de 1,61 estruturas para cada 1000 explorações pecuárias, em um país em que o número de produtores ultrapassa os quatro milhões (Tabela 12).

A formulação dos valores é influenciada por números de explorações de cada estado, por exemplo, Amapá aparece como o melhor índice de estrutura na escala nacional, entretanto, ao se verificar a quantidade de produtores do estado, o número é de 4.562 explorações, o que faz com que os números estruturais se apresentem superestimados.

A falta de estrutura física para o recebimento das notificações pode dificultar a efetividade do SVO, o que, possivelmente, resulta em subnotificação como consequência de maiores distâncias. Situações em que os produtores ou médicos veterinários precisam se deslocar até o EAC ou UVL mais próxima, são aspectos

limitantes, principalmente, para notificação de doenças que o sistema atua de forma passiva. Uma interpretação de tais valores pode indicar estados que necessitam de mais estrutura, casos de índice abaixo da média nacional, em estados com grandes números de produtores como Bahia, Piauí e Pernambuco, que possuem menos de uma estrutura oficial para cada 1000 produtores.

Tabela 10 - IEFO - Índice de Estrutura Física Oficial

Estrutura Por Estado	IEFO
Amapá	5,92
Tocantins	3,54
Rio Grande do Norte	3,23
Roraima	3,19
Santa Catarina	2,74
Goiás	2,32
Mato Grosso do Sul	2,29
Rio Grande do Sul	2,27
Mato Grosso	2,21
Rio de Janeiro	2,13
Paraná	2,07
Minas Gerais	1,89
São Paulo	1,76
Distrito Federal	1,75
Amazonas	1,62
Paraíba	1,58
Espírito Santo	1,56
Rondônia	1,51
Maranhão	1,48
Alagoas	1,44
Ceará	1,24
Pará	1,16
Sergipe	1,15
Acre	1,14
Piauí	0,97
Pernambuco	0,88
Bahia	0,71
Brasil	1,61

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

O Índice de recursos humanos do Serviço Oficial (Tabela 11) apresenta uma relação entre os recursos humanos disponíveis do SVO e os produtores pecuários, o valor médio nacional brasileiro é de um colaborador para cada 1000 explorações pecuárias, índice que reflete a situação do sistema em relação aos trabalhadores encarregados. O resultado se mostra interessante ao apresentar novamente o Amapá com valor superdimensionado, por se tratar do segundo menor produtor pecuário.

O Distrito federal, em relação à estrutura, se apresentou com valor mediano, entretanto, em relação a recursos humanos é a UF com o segundo maior índice. Tal observação é decorrência de Brasília ser a sede do MAPA e demais órgãos governamentais

concentrarem um grande número de profissionais do SVO brasileiro. A avaliação de estados com o índice abaixo da média pode apontar locais em que seria necessária a contratação ou a realização de concurso público para médicos veterinários, agrônomos e zootecnistas.

Tabela 11 - IRHSO - Índice de Recursos Humanos do Serviço Oficial

Estrutura Por Estado	IRHSO
Amapá	12,28
Distrito Federal	7,58
Tocantins	3,49
Goiás	2,74
Mato Grosso	2,55
Roraima	2,46
Mato Grosso do Sul	2,38
Santa Catarina	1,91
São Paulo	1,67
Espírito Santo	1,67
Rondônia	1,61
Rio de Janeiro	1,41
Paraná	1,26
Amazonas	1,16
Acre	1,14
Pará	0,97
Rio Grande do Norte	0,90
Maranhão	0,83
Rio Grande do Sul	0,81
Paraíba	0,69
Pernambuco	0,60
Alagoas	0,58
Piauí	0,57
Minas Gerais	0,50
Sergipe	0,48
Bahia	0,44
Ceará	0,33
Brasil	1,00

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

A relação de explorações pecuárias por estado (Tabela 12) demonstra quais estados possuem os maiores números de produtores. Os valores são utilizados como base de cálculos, em conjunto com os índices de estrutura e recursos humanos, para verificar estados que estão com valores superdimensionados ou subdimensionados para o sistema de vigilância animal.

Unidades federativas como o DF, AP e RR são as menores em números de explorações pecuárias, porém, podem apresentar indicadores de estrutura e recursos humanos bem colocados na análise nacional. Estados com números de produtores altos tendem a ter números estruturais menores, contudo, cabe aos gestores, a avaliação da necessidade

de qualquer tipo de expansão estrutural ou de funcionários, levando-se em conta o contexto em que cada governo estadual está inserido.

Tabela 12 – Números de explorações veterinárias por unidade da federação

Estado	Explorações pecuárias
Bahia	583.994
Minas Gerais	508.702
Rio Grande do Sul	310.885
Ceará	298.930
Paraná	234.089
Piauí	216.276
Pernambuco	215.355
Pará	188.919
Maranhão	172.852
Santa Catarina	154.229
Goiás	142.674
Paraíba	134.302
São Paulo	127.578
Mato Grosso	108.244
Rondônia	85.254
Alagoas	70.842
Sergipe	64.421
Espírito Santo	64.140
Mato Grosso do Sul	63.853
Tocantins	60.228
Rio Grande do Norte	54.742
Amazonas	45.616
Rio de Janeiro	44.582
Acre	34.148
Roraima	13.809
Amapá	4.562
Distrito Federal	3.430
Brasil	4.006.656

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

5.8. Total de casos notificados

A descrição das notificações das doenças notificadas ao SVO (Tabela 13), apresentou os resultados dos números de casos notificados de Brucelose: foram 10.282 no período, com média de 3.427 notificações por ano. O cenário mostrou que os números se mantêm em um certo nível de estabilidade de notificação anual no país. A Tuberculose, por outro lado, resultou em 12.389 casos notificados de 2017 a 2019, com média de 4.129 notificações por ano, a tendência aparente foi de uma queda no último ano avaliado.

A raiva é uma doença com notificação mais esporádica em ambas as espécies, a incidência acumulada no período de raiva bovina foi de 2.085 casos, com média anual de 695, apresentando uma clara tendência de diminuição de casos. A raiva equina se

mostrou como uma doença ainda mais rara, com o total de 386 casos em equinos nos três anos em estudo, com média de 129 notificações por ano. Para avaliar se a casuística notificada é próxima da real, é possível que o serviço veterinário estadual cruze dados de notificação com o número de doses vendidas da vacina contra raiva, uma vez que é observada a tendência de o produtor rural vacinar os animais apenas quando ocorrem casos na região.

Das doenças específicas de equinos, as mais notificadas foram AIE e Mormo, todavia, foi observado uma diminuição da notificação de tais doenças no período avaliado, o que pode ser um indicador positivo para a vigilância equina. A AIE é a doença com maior casuística no contexto epidemiológico de equinos, os números no período foram de 13.342 casos, com média de 4.447 casos por ano. O mormo, por sua vez, é uma doença mais rara de ocorrer, entretanto, ainda é a terceira doença mais notificada na espécie, sendo que a incidência acumulada foi de 191 casos, com média de 64 animais com mormo por ano.

Tabela 13 – Notificação de doenças em bovinos e equinos de 2017 a 2019 no Brasil

Doença	Casos notificados em 2017	Casos notificados em 2018	Casos notificados em 2019	Casos notificados de 2017 a 2019
Brucelose	3.430	3.803	3.049	10.282
Tuberculose	4.488	4.889	3012	12.389
Raiva em bovinos	945	785	355	2.085
AIE	5.189	5.802	2.351	13.342
Mormo	131	29	31	191
Raiva em equinos	141	123	62	386

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

5.9. Incidências acumuladas de 2017 a 2019

5.9.1. Brucelose bovina

A distribuição das notificações de Brucelose bovina por estado brasileiro (Tabela 14) apresenta as notificações recebidas pelo sistema nacional, nos anos de 2017 a 2019, e a incidência acumulada por 100 mil no período. Tais dados mostram em quais estados houve mais casos notificados da doença. As informações citadas são fundamentais para análise epidemiológica e espacial dos locais que estão notificando muito, locais que notificam pouco e locais de total falta de informações de notificação, seja por ausência real da doença, ou por falta de informações disponíveis.

Tabela 14 – Distribuição das notificações de Brucelose bovina por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	Brucelose notificada de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	54	30	0	84	3,93

Alagoas	0	0	0	0	0,00
Amapá	0	8	38	46	126,09
Amazonas	34	1	4	39	3,11
Bahia	1	149	0	150	1,83
Ceará	3	2	0	5	0,26
Distrito Federal	12	2	2	16	25,43
Espírito Santo	12	1	1	14	0,85
Goiás	75	91	30	196	1,13
Maranhão	100	45	221	366	6,75
Mato Grosso	5	21	157	183	0,75
Mato Grosso do Sul	15	3	66	84	0,43
Minas Gerais	84	63	108	255	1,30
Pará	59	105	40	204	1,42
Paraíba	6	14	8	28	2,67
Paraná	925	692	368	1985	23,64
Pernambuco	13	6	0	19	1,48
Piauí	2	27	0	29	2,03
Rio de Janeiro	11	6	7	24	1,21
Rio Grande do Norte	12	3	1	16	2,11
Rio Grande do Sul	408	404	330	1142	9,97
Rondônia	1	0	0	1	0,01
Roraima	32	289	121	442	64,90
Santa Catarina	1524	1657	1503	4684	125,70
São Paulo	0	10	20	30	0,36
Sergipe	1	6	4	11	1,24
Tocantins	41	168	20	229	3,54
Brasil	3430	3803	3049	10282	15,27

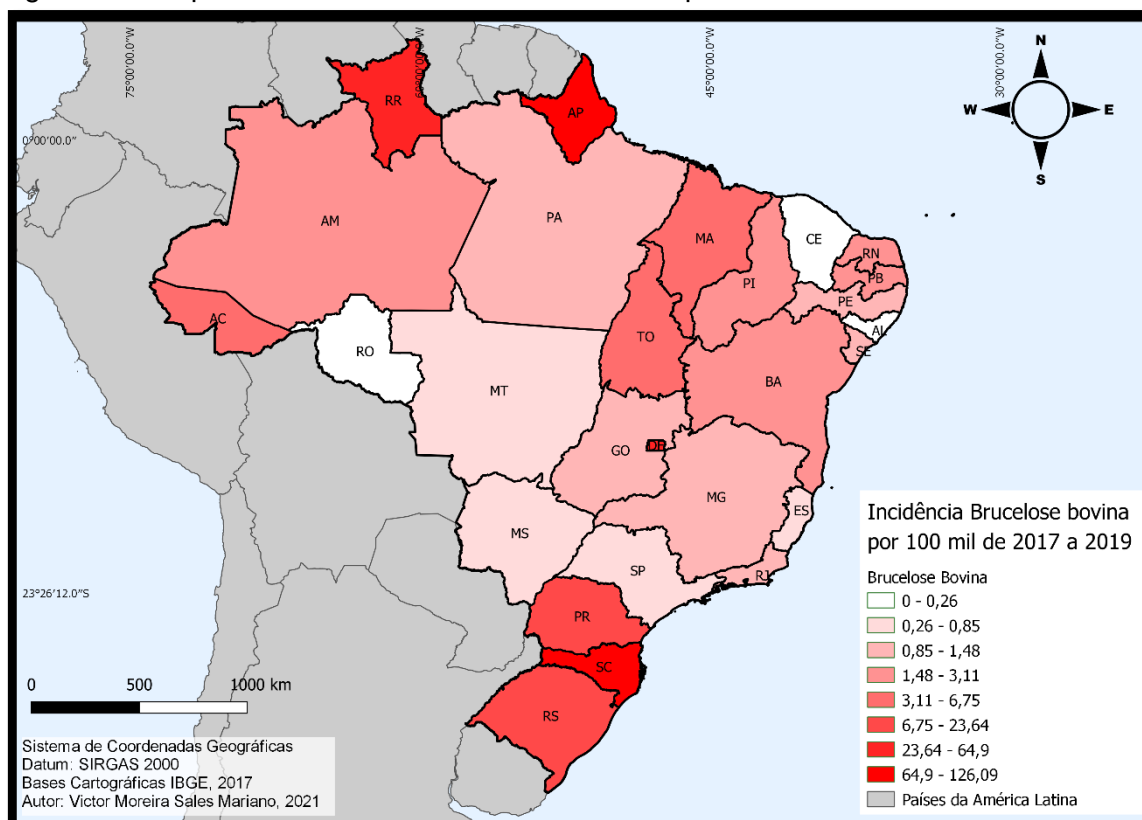
Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

A análise dos resultados de notificação de Brucelose bovina, no âmbito da defesa sanitária animal, demonstrou que estados com incidência relativa mais alta, como Amapá, Santa Catarina, Roraima, Distrito Federal e Paraná foram as unidades da federação com incidência acumulada superior à média nacional. Essa visualização, quando observada em conjunto com os dados estruturais e de recursos humanos produzidos, sugere uma relação direta entre a estrutura da defesa sanitária animal com o aumento do número de notificações de brucelose bovina.

Para exemplificar essa relação entre estrutura e notificação de Brucelose, as tabelas de índices estruturais e recursos humanos (Tabelas 10 e 11, respectivamente) apresentaram o Amapá como o estado que conta com maior índice de estrutura (5,92) e recursos humanos (12,28) para cada mil explorações pecuárias do Brasil, Santa Catarina possui a quinta maior estrutura física (2,74) e oitavo maior número de fiscais (1,91), enquanto Roraima possui a quarta maior estrutura relativa (3,19) e o sexto maior quadro de colaboradores entre os estados, nestes casos, os estados notificaram mais que possuíam mais estrutura do serviço oficial.

A perquirição do perfil espacial da notificação de Brucelose foi apresentada pelo mapa da incidência acumulada por 100 mil (Figura 40), que demonstrou um padrão regional com maiores incidências na região Sul. Inicialmente, a informação pode induzir ao pensamento de que a região é problemática no sistema brasileiro. Porém, os estados do Sul do Brasil estão mais adiantados dentro dos planos de erradicação propostos pelo PNCEBT, traduzindo, assim, as maiores taxas de incidência de notificação acumulada no período observado, fruto de uma ação mais ativa dos sistemas. Desde a implementação do PNCEBT, em relação ao total de Médicos Veterinários do SVE Treinados, se destacam os estados da Região Sul do Brasil. O estado de Santa Catarina possui um calendário anual próprio de testagem de animais para Brucelose e Tuberculose, com obrigatoriedade de a cada 36 meses todos os rebanhos terem sido testados (BRASIL, 2020; SANTA CATARINA, 2021).

Figura 40 - Mapa de incidência de Brucelose bovina por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

O PNCEBT possui uma certificação de Propriedades Livres de Brucelose e Tuberculose no Brasil, sendo que a certificação apresenta os níveis de cada estado brasileiro. Em tal cenário, se destacam o RS com 1.450 propriedades certificadas, 404 propriedades em Santa Catarina e 53 no Paraná, totalizando 1.907 propriedades das 1.982 do Brasil, representando 96% do total (BRASIL, 2020).

Na análise da incidência de Brucelose bovina, se destacam também os estados de Roraima, Amapá, Tocantins. O estado do Amapá também apresenta alta incidência para a Brucelose bovina. O resultado é interessante, pois os dois estados apresentam altos valores para os índices criados no trabalho, se tornando um possível indicativo de que as taxas de incidência das doenças aumentam quando os índices aumentam. Sendo uma doença de notificação passiva, por meio de Médicos Veterinários Habilitados, a presença do SVO pode estar gerando um estímulo para que a notificação ocorra. Muito

provavelmente, locais sem a presença do SVO tendem a ser menos estimulados para gerar notificação, o que pode resultar em subnotificação.

Os estados de Rondônia, Ceará e Alagoas apresentaram valores de incidência acumulada muito baixo, destoando inclusive das regiões às quais fazem parte, podendo ser um indício de áreas de silêncio epidemiológico. Segundo o Diagnóstico Situacional do PNCEBT, no Brasil, o estado de Rondônia apresentou, entre 2014 e 2018, uma queda significativa no padrão de exames realizados para a Brucelose bovina. No Ceará e Alagoas, é notório um desconhecimento da situação epidemiológica das duas enfermidades, além dos índices de estrutura e de recursos humanos, nos dois estados, se encontrarem abaixo da média nacional (BRASIL, 2020).

5.9.2. Tuberculose bovina

A apresentação dos dados de notificação de Tuberculose bovina por estado (Tabela 15) apresenta as informações de notificação no período, sendo que com os descritos dados também foi elaborado o Mapa da distribuição espacial da Tuberculose bovina (Figura 41), no qual podemos identificar uma quantidade maior de estados com notificações baixas da doença, como o Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Piauí e Ceará. Fato que pode ser explicado pela baixa incidência real nas localidades ou indicar possíveis pontos de investigação e melhoria do sistema.

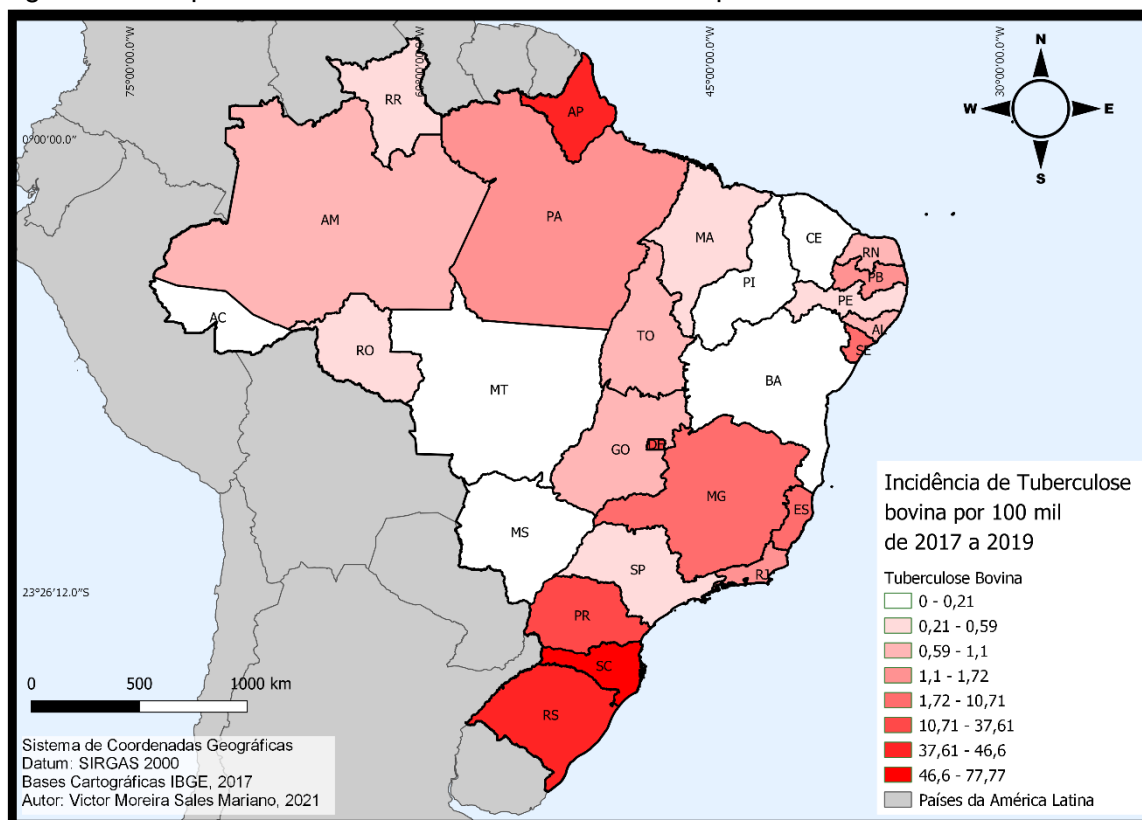
Tabela 15 – Distribuição das notificações de Tuberculose bovina por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	Tuberculose notificada de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	1	0	0	1	0,05
Alagoas	6	0	0	6	0,76
Amapá	0	17	0	17	46,60
Amazonas	7	1	4	12	0,96
Bahia	8	0	1	9	0,11
Ceará	4	0	0	4	0,21
Distrito Federal	10	0	0	10	15,90
Espírito Santo	24	33	1	58	3,51
Goiás	129	45	16	190	1,10
Maranhão	2	16	6	24	0,44
Mato Grosso	2	36	1	39	0,16
Mato Grosso do Sul	7	13	19	39	0,20
Minas Gerais	254	268	108	630	3,22
Pará	58	179	5	242	1,69
Paraíba	4	9	5	18	1,71
Paraná	1422	1027	709	3158	37,61
Pernambuco	0	7	0	7	0,54
Piauí	0	0	0	0	0,00
Rio de Janeiro	19	15	0	34	1,72
Rio Grande do Norte	5	2	0	7	0,92
Rio Grande do Sul	1429	2173	1166	4768	41,62

Rondônia	12	16	1	29	0,30
Roraima	0	0	4	4	0,59
Santa Catarina	1043	945	910	2898	77,77
São Paulo	0	3	30	33	0,40
Sergipe	12	66	17	95	10,71
Tocantins	30	18	9	57	0,88
Brasil	4488	4889	3012	12389	9,25

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Figura 41 - Mapa de incidência de Tuberculose bovina por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

No sistema de vigilância do PNCEBT, a notificação é baseada em um sistema passivo, sendo efetuada por MVHs. Uma rede capilarizada do SVO, com Unidades de Atendimento, para que ocorra a notificação e para que esteja fisicamente presente perto das propriedades, é essencial para que a notificação se efetive e todo o processo de saneamento pós-diagnósticos ocorra. Como a incidência acumulada reflete a notificação, e não a totalidade dos casos, áreas de silêncio epidemiológico devem ser entendidas como áreas em que o SVO pode não apresentar uma rede capaz de gerar uma resposta dos atores responsáveis pela testagem e pela notificação sistemática.

A partir da Notificação passiva, o SVO deve desencadear diversas ações preconizadas no foco da doença. Assim, locais com baixa capilaridade do SVE dentro do estado, com poucas estruturas físicas e recursos humanos, podem ser deficientes nas ações de notificação e ações de resposta ao saneamento (BRASIL, 2001).

O quantitativo de MVH em cada estado é um importante instrumento que pode refletir nas taxas de incidência de notificação. Estados como Acre (11 habilitados), Amazonas

(12 habilitados), e Roraima (2 habilitados) para o ano de 2018, podem refletir em baixos índices de notificação. Entre os estados com os maiores quantitativos de MVH, se destacam o Paraná (906), Rio Grande do Sul (830), São Paulo (886), Minas Gerais (573) e Santa Catarina (450). Em geral, o Nordeste apresenta entre 27 e 113 MVH por estado, valores muito distantes dos da região Sul e Sudeste (BRASIL, 2020).

5.9.3. Anemia Infecciosa Equina - AIE

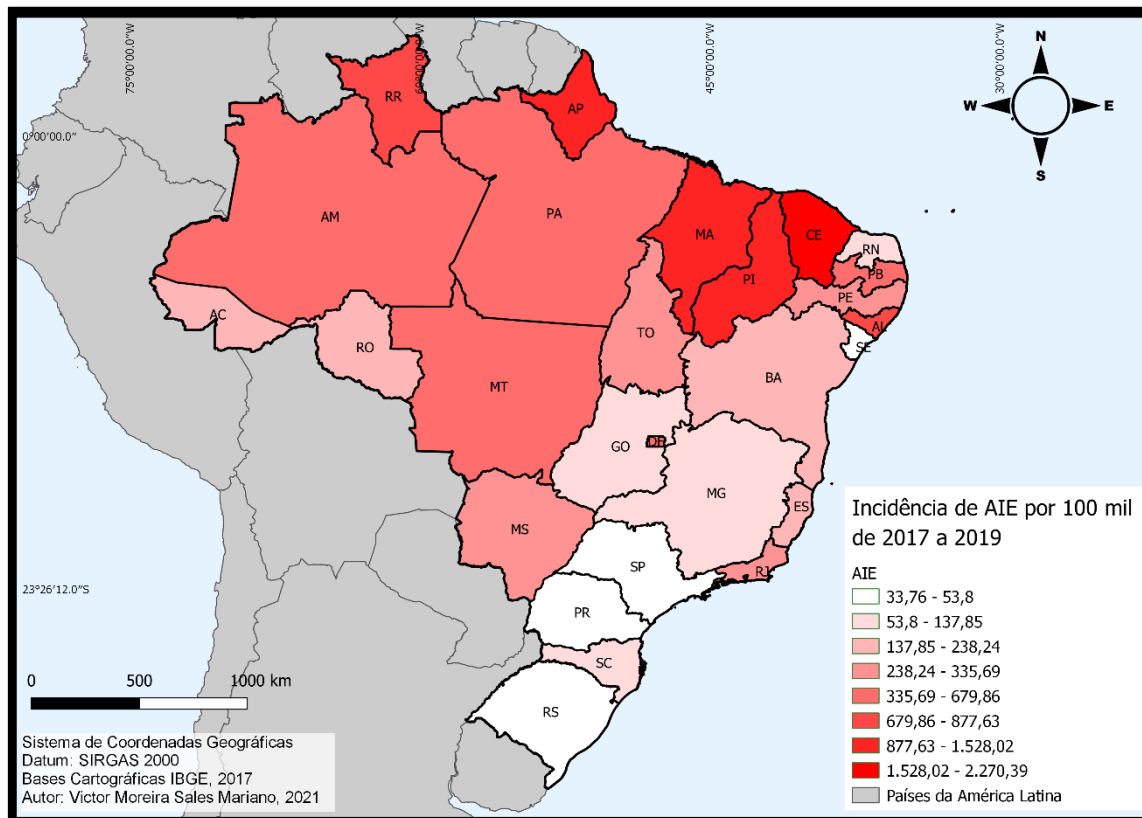
A tabela de dados de notificação de Anemia Infecciosa Equina (Tabela 16) apresenta os números divididos por estado da federação, com isso, é possível observar locais em que a doença está mais presente e vem sendo notificada. Os padrões espaciais da notificação de AIE (Figura 42) apresenta os estados com maiores números acumulados no período, em que é possível visualizar que as regiões nordeste e norte possuem maior incidência de notificações.

Tabela 16 – Distribuição das notificações de AIE por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	AIE notificada de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	69	77	10	156	238,24
Alagoas	107	204	57	368	831,62
Amapá	36	59	10	105	1.067,29
Amazonas	54	72	19	145	436,42
Bahia	359	482	77	918	226,68
Ceará	714	912	120	1746	2.270,39
Distrito Federal	14	24	7	45	679,86
Espírito Santo	41	28	8	77	162,10
Goiás	154	193	129	476	137,85
Maranhão	928	926	475	2329	1.528,02
Mato Grosso	496	533	216	1245	439,18
Mato Grosso do Sul	222	177	236	635	284,96
Minas Gerais	237	232	208	677	94,57
Pará	638	720	147	1505	465,00
Paraíba	66	64	100	230	423,78
Paraná	36	20	14	70	33,76
Pernambuco	109	125	41	275	335,69
Piauí	241	325	274	840	1.235,28
Rio de Janeiro	113	128	29	270	325,47
Rio Grande do Norte	14	22	10	46	112,60
Rio Grande do Sul	44	65	38	147	42,32
Rondônia	92	83	40	215	168,54
Roraima	157	84	8	249	877,63
Santa Catarina	20	36	7	63	91,78
São Paulo	21	44	9	74	34,61
Sergipe	9	19	3	31	53,80
Tocantins	198	148	59	405	323,98
Brasil	5189	5802	2351	13342	12.921,42

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Figura 42 - Mapa de incidência de AIE por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Podem ser observados maiores índices de notificação nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará. Na região Norte, a incidência apresentou valores de intermediários para elevados, sendo que os estados do Acre e Rondônia possuem menores índices da região, enquanto Roraima e Amapá os índices mais elevados. Na região Centro-Oeste, os valores também são elevados, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul apresentam taxas próximas às da região Norte do Brasil, enquanto Goiás apresenta taxas menores. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, apresentam clima muito favorável à transmissão vetorial da AIE (DIAS, 2000; FREITAS et al, 2015; RIBEIRO & FREIRIA, 2018).

Nas Regiões Sul e Sudeste, a incidência de notificação é menor do que a do restante do país. Foram registrados valores de incidência de notificação mais baixos, o que pode indicar que os citados estados possuem um melhor controle da AIE, e ambiente menos favorável à transmissão vetorial. Locais que não possuem uma grande população vetorial, o ciclo de transmissão se torna mais raro, dependendo mais de fatores acidentais e fômites, essas vias, para AIE são de ocorrência mais rara (BRASIL 2020; FREITAS et al, 2015).

5.9.4. Mormo

Em relação ao Mormo, os estados do nordeste são aqueles que apresentaram as maiores incidências de notificação, sendo que o uso principal do equino como trabalho e lazer pode ajudar a elucidar a distribuição do Mormo, além da necessidade de movimentação de equinos em leilões ou comercialização (MORAES et al, 2017). Os dados de notificação da doença (Tabela 17) apresentam valores absolutos baixos, se comparados aos das outras doenças avaliadas, porém, o Mormo é a terceira doença

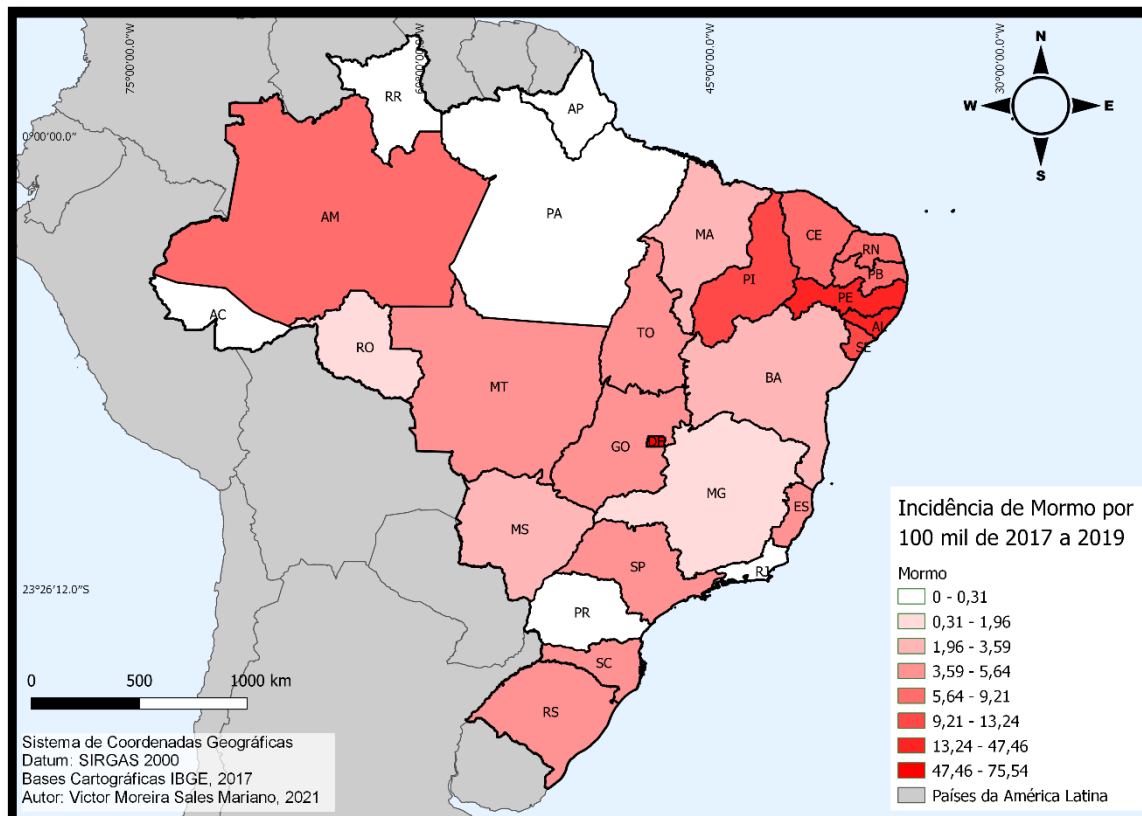
mais notificada de equinos no Brasil. Se observou que a incidência de notificação na região nordeste é elevada, em praticamente todos os estados, principalmente, nos vizinhos Piauí, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, além da Paraíba e Rio Grande do Norte (Figura 43).

Tabela 17 – Distribuição das notificações de Mormo por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	Mormo notificado de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	17	0	0	17	0,00
Alagoas	0	3	1	4	47,46
Amapá	0	0	0	0	0,00
Amazonas	0	3	0	3	9,03
Bahia	3	0	8	11	2,72
Ceará	2	0	4	6	7,80
Distrito Federal	4	1	0	5	75,54
Espírito Santo	2	0	0	2	4,21
Goiás	14	0	0	14	4,05
Maranhão	4	0	0	4	2,62
Mato Grosso	16	0	0	16	5,64
Mato Grosso do Sul	4	4	0	8	3,59
Minas Gerais	6	6	2	14	1,96
Pará	1	0	0	1	0,31
Paraíba	5	0	0	5	9,21
Paraná	0	0	0	0	0,00
Pernambuco	13	8	4	25	30,52
Piauí	9	0	0	9	13,24
Rio de Janeiro	0	0	0	0	0,00
Rio Grande do Norte	2	1	0	3	7,34
Rio Grande do Sul	16	0	0	16	4,61
Rondônia	1	1	0	2	1,57
Roraima	0	0	0	0	0,00
Santa Catarina	2	1	0	3	4,37
São Paulo	3	1	6	10	4,68
Sergipe	1	0	6	7	12,15
Tocantins	6	0	0	6	4,80
Brasil	131	29	31	191	257,41

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Figura 43 - Mapa de incidência de Mormo por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Na região Norte, o Amazonas possui a maior taxa de incidência de notificação, Tocantins e Rondônia possuem taxa de incidência média, enquanto Acre, Pará, Roraima e Amapá possuem incidências próximas a zero. A região Norte possui características climáticas e ambientais favoráveis para a criação de bovinos e equinos, porém, a geografia da região, composta, em maior parte, de áreas de floresta amazônica mais densa, dificulta o trânsito animal: a menor movimentação pode ser limitante para a dispersão de doenças (RIBEIRO & FREIRIA, 2018).

As regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil apresentaram incidência de notificação de mormo intermediárias na maioria dos estados, com exceção de Rio de Janeiro (RJ) e Paraná, que apresentaram baixa incidência. A população e a movimentação animal em tais regiões são altas: mesmo que as condições sanitárias possam ser melhores do que as observadas no norte e nordeste, a incidência não é desprezível (GONZALEZ-MEDINA et al, 2015).

5.9.5. Raiva em bovinos e equinos

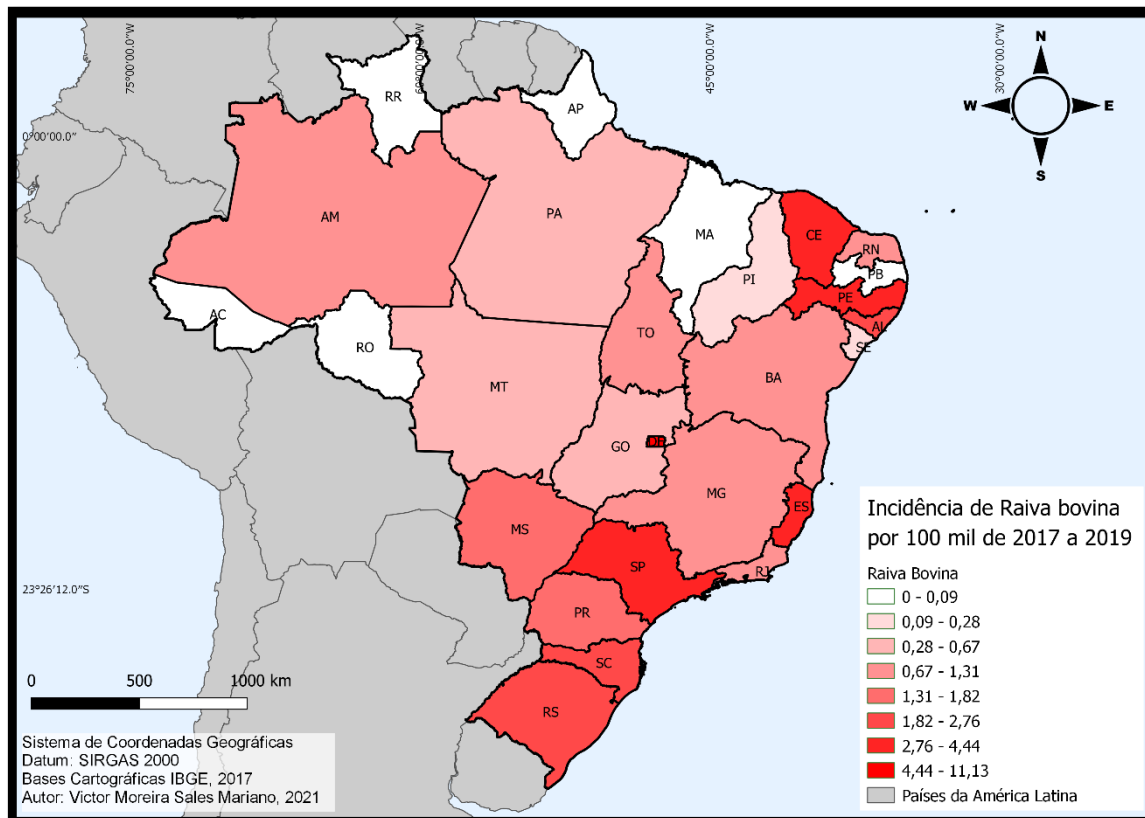
A Raiva é uma doença que possui incidência relativamente baixa, quando comparada às outras doenças em estudo, entretanto, as notificações das duas espécies não seguem o mesmo padrão espacial. A raiva em Bovinos apresentou os dados dos 2.085 casos notificados no período (Tabela 18). Em relação ao perfil espacial da doença (Figura 44), houve estados que apresentaram resultados mais elevados em comparação à média nacional, como os valores são por 100 mil animais, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Espírito Santo e estados da região Sul do Brasil são destacados no mapa.

Tabela 18 – Distribuição das notificações de Raiva bovina por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	Raiva em bovinos notificada de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	0	1	1	2	0,09
Alagoas	5	5	10	20	2,54
Amapá	0	0	0	0	0,00
Amazonas	13	0	0	13	1,04
Bahia	60	21	4	85	1,04
Ceará	54	22	1	77	4,07
Distrito Federal	2	3	2	7	11,13
Espírito Santo	25	18	20	63	3,82
Goiás	25	23	18	66	0,38
Maranhão	0	4	1	5	0,09
Mato Grosso	111	41	10	162	0,67
Mato Grosso do Sul	153	130	46	329	1,69
Minas Gerais	85	69	27	181	0,92
Pará	24	31	7	62	0,43
Paraíba	0	0	0	0	0,00
Paraná	51	72	30	153	1,82
Pernambuco	10	44	3	57	4,44
Piauí	2	0	2	4	0,28
Rio de Janeiro	9	10	7	26	1,31
Rio Grande do Norte	4	2	1	7	0,92
Rio Grande do Sul	123	103	38	264	2,30
Rondônia	1	4	0	5	0,05
Roraima	0	0	0	0	0,00
Santa Catarina	17	51	35	103	2,76
São Paulo	125	113	76	314	3,77
Sergipe	1	0	1	2	0,23
Tocantins	45	18	15	78	1,20
Brasil	945	785	355	2085	1,74

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Figura 44 - Mapa de incidência de Raiva bovina por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

As regiões Sul e Sudeste expuseram notificação elevada em todos os estados, principalmente São Paulo, Espírito Santo (ES), Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Ao avaliar a Região Centro-Oeste, se destaca o Mato Grosso do Sul com elevada incidência de notificação, entretanto, o Mato Grosso e Goiás demonstraram valores intermediários. O descrito resultado pode ser reflexo de uma maior mão-de-obra qualificada para coleta, acondicionamento e envio de amostras para centros de diagnóstico (OVIEDO-PASTRANA et al, 2015).

Na região Nordeste, a distribuição é heterogênea, pois estados como o Ceará, Pernambuco e Alagoas possuem elevados valores de incidência, enquanto vizinhos, como Sergipe (SE) e Paraíba (PB), apresentaram valores bem abaixo da região, o que pode indicar uma subnotificação, condição comum no território nacional (DOGNANI et al, 2016). No Norte do Brasil, Apenas Amazonas, TO e Pará possuem valores intermediários de Raiva em bovinos, enquanto no restante dos estados o valor da incidência é baixo: o resultado pode sugerir uma baixa capacidade diagnóstica nas regiões.

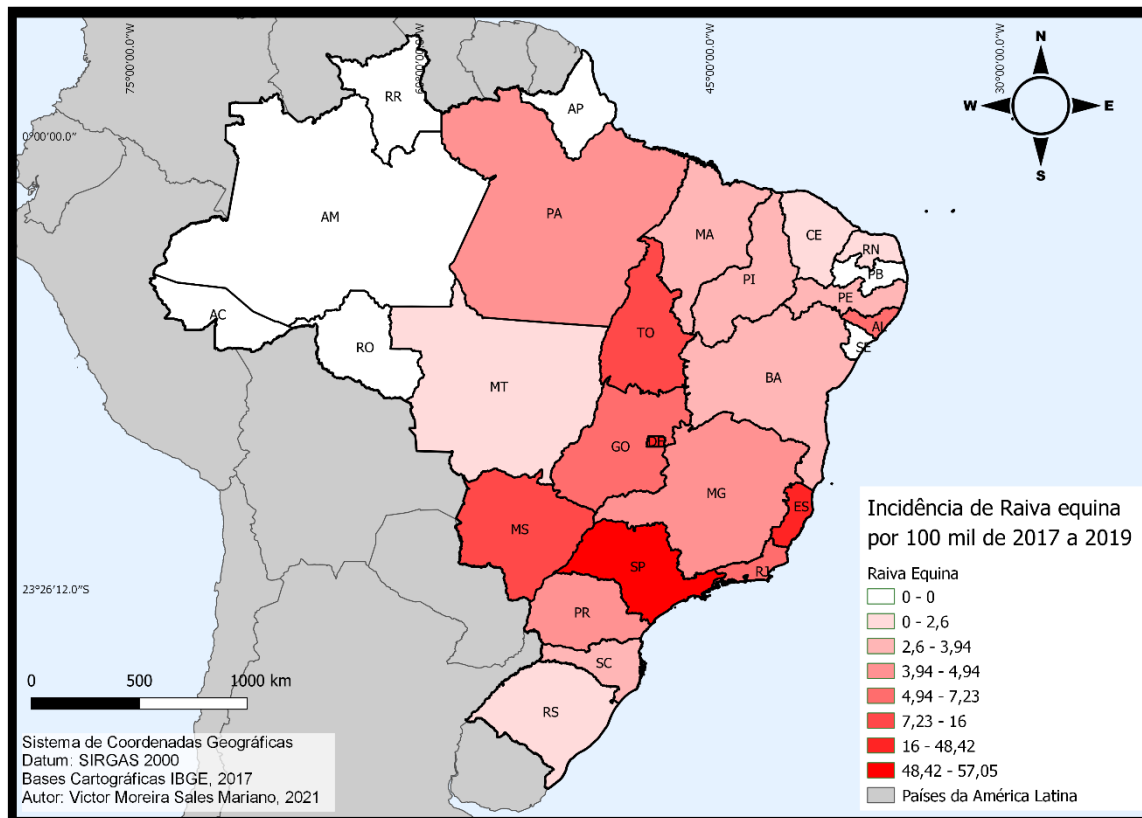
A raiva em equinos apresentou dados de valores ainda mais baixos (Tabela 19), todavia, as notificações são dispersas entre as diversas regiões. Os maiores valores estão nos estados de São Paulo (SP), Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás, TO e Pará. Os demais estados da região Norte não notificaram no período de 2017 a 2019. Os estados da Paraíba e Sergipe não apresentaram notificações no período de estudo, enquanto o restante do Brasil notificou em valores de intermediários para baixos (Figura 45).

Tabela 19 – Distribuição das notificações de Raiva equina por estado

Estado	Notificações em 2017	Notificações em 2018	Notificações em 2019	Raiva equina notificada de 2017 a 2019	Incidência Acumulada por 100 mil
Acre	0	0	0	0	0,00
Alagoas	0	2	1	3	6,78
Amapá	0	0	0	0	0,00
Amazonas	0	0	0	0	0,00
Bahia	7	4	3	14	3,46
Ceará	2	0	0	2	2,60
Distrito Federal	0	2	1	3	45,32
Espírito Santo	10	7	6	23	48,42
Goiás	4	10	6	20	5,79
Maranhão	4	2	0	6	3,94
Mato Grosso	2	5	0	7	2,47
Mato Grosso do Sul	8	12	8	28	12,57
Minas Gerais	16	13	4	33	4,61
Pará	5	7	4	16	4,94
Paraíba	0	0	0	0	0,00
Paraná	6	1	3	10	4,82
Pernambuco	1	2	0	3	3,66
Piauí	0	2	0	2	2,94
Rio de Janeiro	3	3	0	6	7,23
Rio Grande do Norte	1	0	0	1	2,45
Rio Grande do Sul	2	2	1	5	1,44
Rondônia	0	0	0	0	0,00
Roraima	0	0	0	0	0,00
Santa Catarina	0	0	2	2	2,91
São Paulo	56	45	21	122	57,05
Sergipe	0	0	0	0	0,00
Tocantins	14	4	2	20	16,00
Brasil	141	123	62	326	239,41

Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Figura 45 - Mapa de incidência de Raiva equina por 100 mil de 2017 a 2019



Fonte: Produzida pelo autor, com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

A alta incidência de notificação em São Paulo pode ser explicada devido ao grande número de profissionais médicos veterinários e centros de diagnóstico disponíveis, enquanto os valores baixos observados no Norte e Nordeste podem estar relacionados exatamente pelo inverso do que ocorre em São Paulo, em especial pela dificuldade de coleta de material em campo, acondicionar resfriado ou congelado e enviar o material para o local de diagnóstico. Em certas localidades do Brasil, o processo tende a ser muito complexo logisticamente (Brasil 2020).

5.10. Correlação entre a notificação de doenças e índices de estrutura e recursos humanos.

A correlação demonstrou que os índices de estrutura veterinária oficial criados no presente estudo possuem correlação positiva com a notificação de Brucelose e Tuberculose (Figura 46). É observada uma tendência de aumento da notificação das doenças em bovinos ao aumentar a estrutura do serviço e de recursos humanos. Tal resultado permite inferir que locais que apresentam um cenário de subnotificação da espécie bovina podem amenizar a situação com uma maior capilaridade do SVO, a partir do uso de ferramentas de análise e de monitoramento (DÓREA et al, 2011; NETO et al, 2020).

O funcionamento da vigilância brasileira, exercida seguindo as diretrizes do PNCEBT, apresentou uma correlação com as notificações, o que se dá devido à importância da atuação do médico veterinário oficial nos processos e procedimentos da vigilância, sendo apoiados por médicos veterinários particulares, que possuem a habilitação de Brucelose e Tuberculose.

Figura 46 – Matriz de correlação das incidências de notificação com índices estruturais em bovinos

Correlation Matrix

Correlation Matrix

		IRHSO_Log	IEFO_LOG	Raiva_LOG	Brucelose_LOG	Tuberculose_LOG	Inc_Log
IRHSO_Log	Pearson's r	—					
	p-value	—					
IEFO_LOG	Pearson's r	0.712***	—				
	p-value	< .001	—				
Raiva_LOG	Pearson's r	0.175	0.186	—			
	p-value	0.413	0.384	—			
Brucelose_LOG	Pearson's r	0.381	0.449*	0.335	—		
	p-value	0.055	0.022	0.118	—		
Tuberculose_LOG	Pearson's r	0.289	0.431*	0.366	0.602**	—	
	p-value	0.152	0.028	0.086	0.001	—	
Inc_Log	Pearson's r	0.381*	0.476*	0.506*	0.898***	0.785***	—
	p-value	0.050	0.012	0.012	< .001	< .001	—

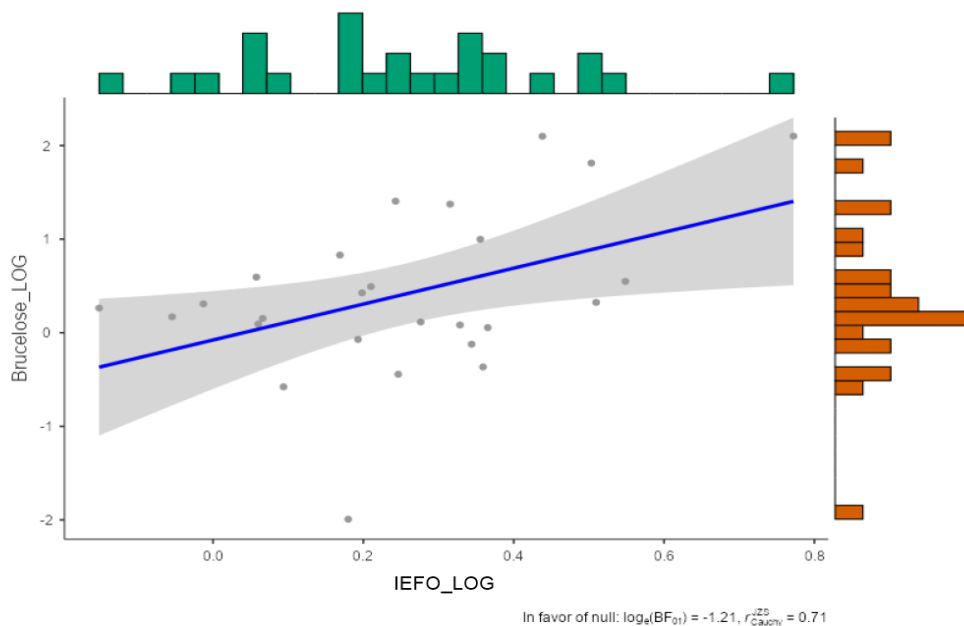
Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fonte: Produzida pelo autor.

As análises mostraram que a estrutura física é diretamente relacionada com a notificação de Brucelose (Figura 47): a proximidade da estrutura física, como os EACs e UVLs, estimulam a notificação de doenças da espécie bovina. Contudo, a correlação da notificação de doenças bovinas e o índice criado para recursos humanos do SVO se mostrou marginalmente significativa (Figura 48), o que denota que o principal fator que interfere na quantidade de notificação é, em maior nível, a quantidade de escritórios e UVLs disponíveis do sistema.

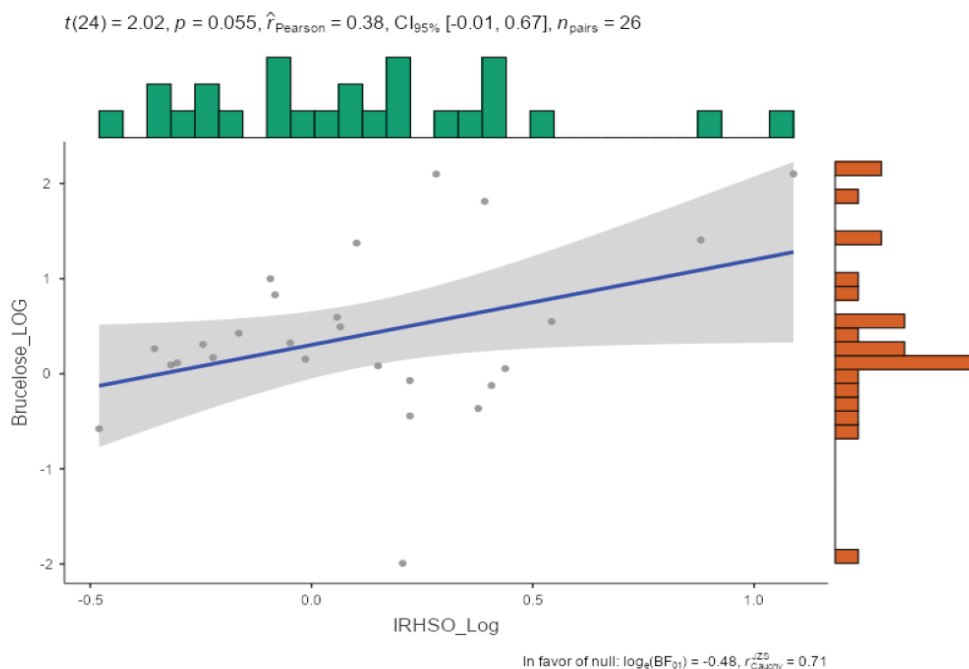
Figura 47 – Brucelose correlacionada com o índice estrutural

$$t(24) = 2.46, p = 0.022, \hat{r}_{\text{Pearson}} = 0.45, \text{CI}_{95\%} [0.07, 0.71], n_{\text{pairs}} = 26$$



Fonte: Produzida pelo autor.

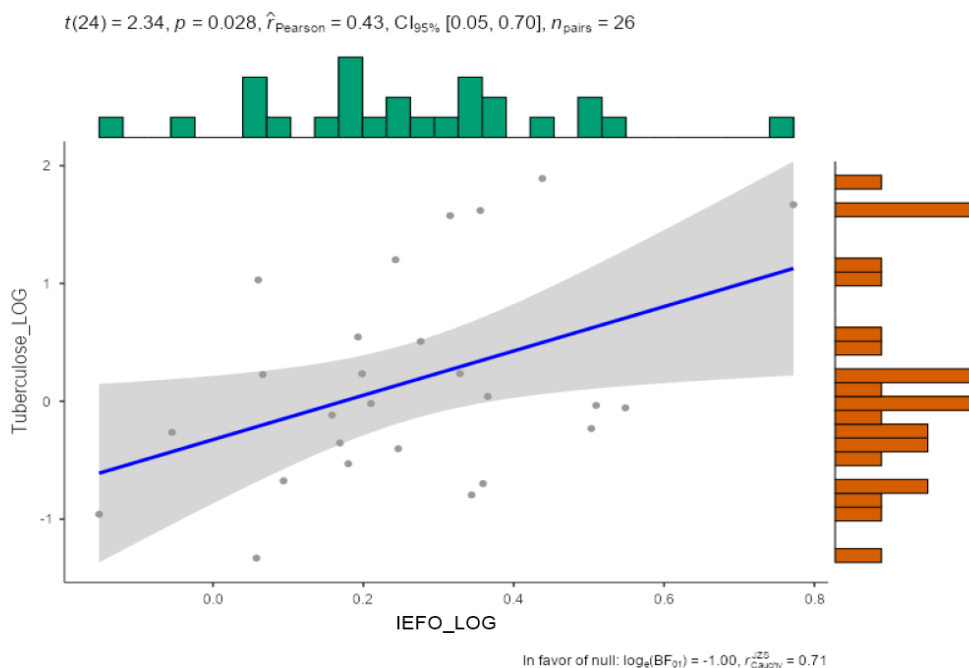
Figura 48 – Brucelose correlacionada com recursos humanos



Fonte: Produzida pelo autor.

A correlação de notificações de Tuberculose com os índices analisados (Figura 49), foram significativos apenas para a estrutura física: o resultado reafirma o papel mais colaborativo com MVHs privados atuando em conjunto com o sistema de vigilância oficial. O grande volume de notificações em estados como os da região Sul do Brasil são exemplares de um sistema capilar mais efetivo em estados que possuem estrutura acima da média nacional.

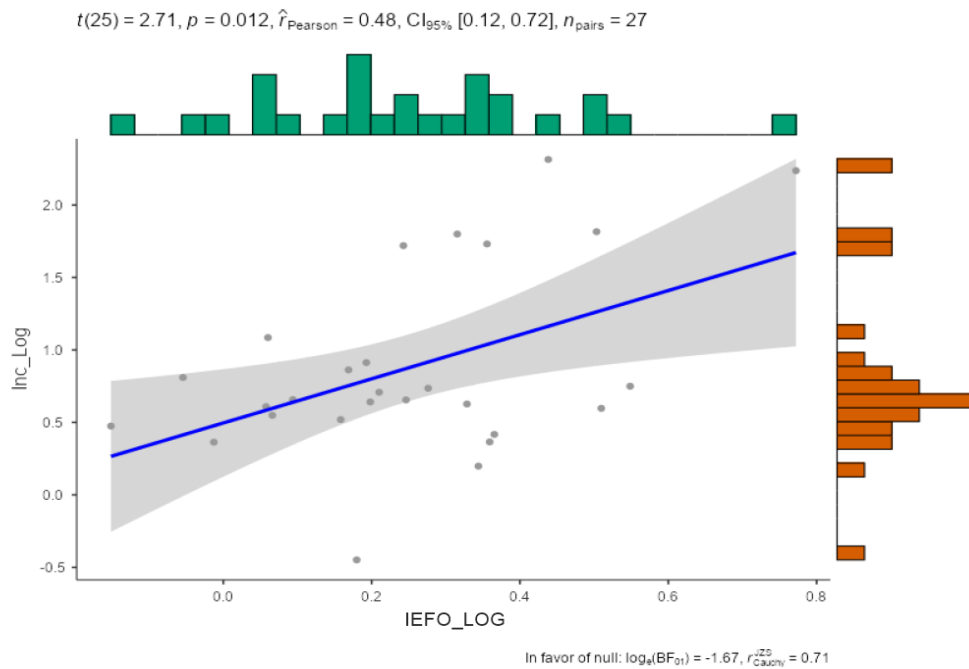
Figura 49 – Tuberculose correlacionada com o índice estrutural



Fonte: Produzida pelo autor.

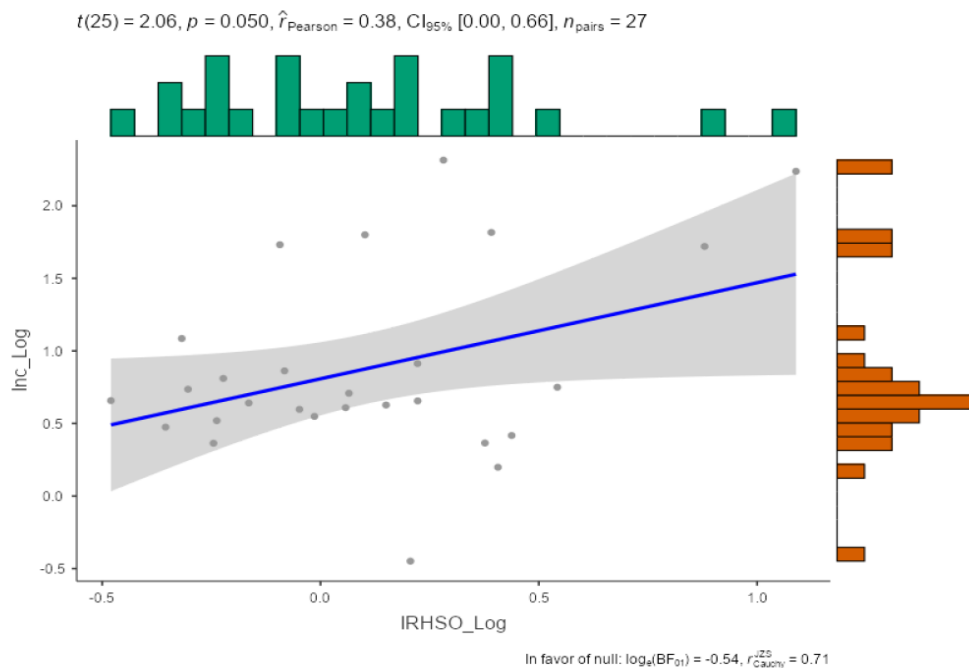
Por fim, a incidência geral, que é uma avaliação de todas as doenças, foi utilizada para verificar se, no geral, ao aumentar recursos do sistema de vigilância, as notificações das doenças aumentam. O valor geral de incidência de notificação da espécie bovina, no presente estudo, apontou uma correlação positiva com ambos os índices de estrutura e recursos humanos (Figuras 50 e 51). O panorama geral é: se notifica mais doenças onde o sistema e os recursos humanos estão fisicamente presentes. Portanto, é possível concluir que a capilaridade incentiva que o produtor notifique e isso é fundamental para a efetividade do sistema.

Figura 50 – Incidência geral de bovinos correlacionada com o índice estrutural



Fonte: Produzida pelo autor.

Figura 51 – Incidência geral de bovinos correlacionada com recursos humanos



Fonte: Produzida pelo autor.

A análise da notificação de doenças de equinos, entretanto, é pouco correlacionada com recursos do serviço de veterinária oficial (Figura 52), o resultado mostrou apenas a Raiva com alguma correlação verificada com IEFO e IRHSO na análise (Figura 53). A vigilância epidemiológica da espécie equina é composta por um fator muito mais atuante de médicos veterinários privados, pois tais animais possuem, em sua maioria, um atendimento mais individualizado, e não são atendidos da mesma forma que um rebanho de bovinos. Assim, a correlação da notificação com recursos humanos é a única significativa no sistema de vigilância de equinos.

Figura 52 - Matriz de correlação das incidências de notificação com índices estruturais em equinos

Correlation Matrix

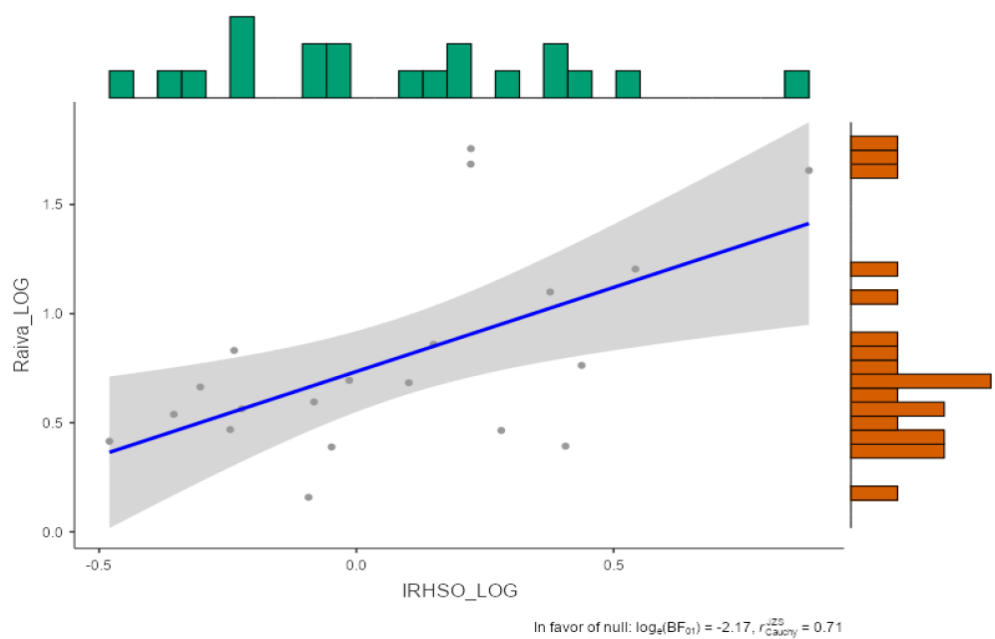
Correlation Matrix		IEFO_LOG	IRHSO_LOG	Raiva_LOG	AIE_LOG	Mormo_LOG	InC_LOG
IEFO_LOG	Pearson's r	—					
	p-value	—					
IRHSO_LOG	Pearson's r	0.712 ***	—				
	p-value	< .001	—				
Raiva_LOG	Pearson's r	0.101	0.583 **	—			
	p-value	0.672	0.007	—			
AIE_LOG	Pearson's r	-0.074	0.074	-0.105	—		
	p-value	0.714	0.714	0.661	—		
Mormo_LOG	Pearson's r	-0.075	0.064	0.172	0.229	—	
	p-value	0.739	0.778	0.495	0.305	—	
InC_LOG	Pearson's r	-0.084	0.092	0.009	0.987 ***	0.263	—
	p-value	0.678	0.647	0.968	< .001	0.237	—

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Fonte: Produzida pelo autor.

Figura 53 – Raiva em equinos correlacionada com recursos humanos

$$t(18) = 3.04, p = 0.007, \hat{r}_{\text{Pearson}} = 0.58, \text{CI}_{95\%} [0.19, 0.82], n_{\text{pairs}} = 20$$



Fonte: Produzida pelo autor.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo pode ser utilizado para auxílio do entendimento do cenário nacional dos padrões de notificação de doenças e do perfil de movimentação animal, para fins da vigilância epidemiológica. No contexto de programas como o PNCEBT, a análise dos índices de correlação mostra que Brucelose e Tuberculose possuem correlação positiva, com estrutura veterinária oficial disponível para a vigilância em bovinos. Melhorias na estrutura podem refletir em taxas de notificação mais acuradas.

O padrão de movimentação de bovinos demonstra que o Centro Oeste brasileiro, por abrigar o maior rebanho, possui influência muito grande no perfil da análise espacial. Análises estaduais são importantes, para retirar a influência populacional, na qual deve ser avaliada também os pontos de prioridade de ação, para cada estado da federação. Regiões do Triângulo Mineiro, Noroeste de Minas e Sul do Tocantins e Pará também apresentam uma dinâmica de trânsito animal de importância em termos de necessidade de vigilância epidemiológica.

Na avaliação dos indicadores da espécie equina, apenas a Raiva apresentou correlação com o número de médicos veterinários do serviço oficial, sendo assim, é possível inferir que as outras doenças estudadas, Mormo e AIE não são diretamente dependentes da estrutura de governo.

O perfil de movimentação de equinos é muito forte no estado do RS, mesmo nacionalmente. Devida atenção deve ser dada à região de fronteira com o Uruguai e a Argentina. A movimentação em outros estados apresenta um perfil mais esporádico, com cidades de maior deslocamento de equinos aparecendo como pontos fora do padrão regional. Tal avaliação é pertinente para um sistema de vigilância aprimorar a avaliação de riscos e a detecção de doenças emergentes.

Em geral, na análise dos padrões nacionais, regiões predominantes de Floresta Amazônica ou de menor população animal, possuem menor representatividade no trânsito animal com emissão de guias de trânsito, o que, por conseguinte, diminui a necessidade de avaliações do sistema de vigilância. Todavia, como não inserimos nas análises o perfil social da população, o risco sanitário não pode ser desprezado.

Tendo em vista os aspectos observados, a falta de informações públicas disponíveis relacionadas à movimentação animal, em alguns estados, é um ponto a ser investigado pelos gestores do sistema de vigilância. É necessário que agentes do sistema verifiquem se a falta de informação é um problema do sistema eletrônico, que não é alimentado de forma correta, se realmente não houve o trânsito no período ou se é o estado que não está gerando a informação. Assim, é importante ressaltar que os dados para elaboração do presente trabalho foram obtidos em plataformas *online* de domínio público, portanto, não é possível afirmar qual tipo de erro está presente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou um perfil nacional das informações. Tal perfil é de interesse para os gestores de ação central, como o MAPA, porém, os níveis estaduais devem reproduzir análises para cada estado, conhecendo o perfil de informações, otimizando, assim, as ações. A ferramenta de análise de *cluster*, por meio da técnica de LISA, pode ser incorporada ao cotidiano do SVE, se tornando possível analisar um estado isoladamente: é necessário identificar as áreas de *cluster* e *outliers*, no cenário estadual, para compreender como se distribuem as localidades que requerem atenção maior do sistema estadual.

As ferramentas apresentadas neste estudo podem servir como complementares aos trabalhos executados pelo MAPA, por meio dos programas de controle e erradicação, como o PNCEBT, e à elaboração de relatórios, como o QUALIS-SV. A utilização eficiente das ferramentas permite que o sistema deixe de executar ações de vigilância apenas por demanda sanitária e passe a agir de forma mais ativa e abrangente, resultando em mais credibilidade, para a vigilância epidemiológica brasileira.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil. Brasília, 2021. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021>. 2021. Acesso em: 05/04/2021.
- ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P. **Progresso científico em equideocultura na 1a década do século XXI**. Revista Brasileira de Zootecnia. vol. 39. p. 119-129, 2010.
- ALVES, J. R. A., LIMEIRA, C. H., LIMA, G. M. S., PINHEIRO, R. R., ALVES, F. S. F., SANTOS, V. W. S., AZEVEDO, S. S., ALVES, C. J. Epidemiological characterization and risk factors associated with lentiviral infection of small ruminants at animal fairs in the semiarid Setão region of Pernambuco, Brazilian semiarid. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 38, p. 1875-1886, 2017.
- ANSELIN, L., Local indicators of spatial association-LISA. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 27 p.93-115, 1995. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- ANSELIN, L., SYABRI, I., KHO, Y. An Introduction to Spatial Data Analysis. **Geographical Analysis**, Columbus, v.38, p. 5-22. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.0016-7363.2005.00671.x>
- BEARD, R., WENTZ, E., SCOTCH, M. A systematic review of spatial decision supports systems in public health informatics supporting the identification of high-risk areas for zoonotic disease outbreaks. **Int J Health Geogr**. v. 17, p 38. 2018.
- BOUCHEZ-ZACRIA, M., COURCOUL, A., DURAND, B. The Distribution of Bovine tuberculosis in Cattle Farms Is Linked to Cattle Trade and Badger-Mediated Contact Networks in South-Western France, 2007–2015. **Front. Vet. Sci**. v. 5 p. 173. 2018. doi:10.3389/fvets.2018.00173
- BRASIL. **Lei Orgânica da Saúde nº 8080** de 19 de setembro de 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm . Acesso em 16/03/2020.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº2 – Instituição do Programa Nacional de Controle e Erradicação de Brucelose e Tuberculose animal (PNCEBT)**. de 10 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.iagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/04/IN-MINISTERIAL-02-DE-2001.pdf>
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília, 124p. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual do Sistema Nacional de Informação Zoossanitária - SIZ / Ministério da Agricultura**. – Brasília: MAPA/ACS, 40 p, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Caval**. Brasília: Assessoria de Comunicação e Eventos. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diagnóstico Situacional do PNCEBT: Programa Nacional de Controle e erradicação da brucelose e tuberculose animal**. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Guia para utilização de indicadores para gestão da qualidade de serviços veterinários estaduais no âmbito da saúde animal**. 2021.

CAPANEMA, R. O. **Trânsito de bovinos nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil, 2008**. 2010. 52 p. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal. Escola de Veterinária da UFMG, Minas Gerais, 2010.

CHAVES, N. P., BEZERRA, D. C., COIMBRA, V. C. S., ABREU-SILVA, A. L. Risk areas for the Insertion of Infectious Agents The Implementation of Geoprocessing in Epidemiology. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**. v. 4 p. 10. 2015.

COBERLLINI, L. G., PELLEGRINI, D. C., DIAS, R. A., RECKZIEGEL, A., TODESCHINI, B., BENCKE, G. A. Risk assessment of the introduction of H5N1 highly pathogenic avian influenza as a tool to be Applied in prevention strategy plan. **Transbound Emerg Dis**. v. 59 (2), p. 106-116. 2012.

DIAS, H.L.T. Soroepidemiologia de cinco enfermidades infecciosas em equinos criados no estado do Pará. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal do Pará, Belém. 147 p. 2000.

DIGGLE, P. J. **Statistical Analysis of spatial and spatial-temporal point patterns**. 3. ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics and Applied Probability, 2013.

DOGNANI, R., PIERRE, E. J., SILVA, M. C. P., PATRÍCIO, M. A. C., COSTA, S. C., PRADO, J. R., LISBÔA, J. A. N. Epidemiologia descritiva da raiva dos herbívoros no estado do Paraná entre 1977 e 2012. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 36(12) p.1145-1154. 2016.

DÓREA, F. C., SANCHEZ, J., REVIE, C. W. Veterinary syndromic surveillance: Current initiatives and potential for development. **Preventive Veterinary Medicine**. v. 101, p. 1-17, 2011.

FILHO, José Henrique Hildebrand Grisi. **Caracterização de circuitos pecuários com base em redes de movimentação de animais**. 2012. Tese (doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FREITAS, N. F. Q. R., OLIVEIRA, C. M. C., LEITE, R. C., REIS, J. K. P., OLIVEIRA, F. G., BOMJARDIM, H. D. A., SALVARANI, F. M., BARBOSA, J. D. Equine infectious anemia on Marajo Island at the mouth of the Amazon river. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 35 (12), 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2015001200002>

GONZALEZ-MEDINA, S., TOTH, B., MAWHINNEY, I. Surveillance focus: glanders. **Veterinary Record**. v 18;177(3), p 68-69. 2015. doi: 10.1136/vr.h3772

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>. Acesso em 13/03/2020.

IDAF. Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Análise da rede de movimentação das espécies susceptíveis à Febre Aftosa – 2019**. 2019. Disponível em: https://idaf.es.gov.br/Media/idaf/Acesso%20r%C3%A1pido/1.%20%C3%81rea%20animal/Tr%C3%A2nsito/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20da%20rede%20de%20tr%C3%A2nsito%20animal_2019.pdf

JARVIS, L. S., & VALDES-DONOSO, P. A selective review of the economic analysis of animal health management. *Journal of Agricultural Economics*, 69(1), p 201-225, 2018.

LIMA, R.A.S. **A dificuldade de dados estatísticos para analisar a Equinocultura.** Revista Brasileira de Medicina Equina, v. 10, p. 40-41, 2014.

MORAES, D. D. A., GONÇALVES, V. S. P., MOTA, A. L. A., BORGES, J. R. J. Situação epidemiológica da anemia infecciosa equina em equídeos de tração no distrito federal. **Pesquisa Veterinária Brasileira.** v. 37 (10). p. 1074-1078. 2017.

MTAALLAH, O., SQUARZONI-DIAW, C., KALTHOUM, S., BOUGUEDOUR, R., MUÑOZ, F., TRAN, A., COSTE, C. Implementation of zoning to guide management of food and mouth disease in Tunisia. **Transbound Emerg Dis.** v. 00, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1111/tbed.14101>

MURATO, Y., HAYAMA, Y., SHIMIZU, Y., SAWAI, K., YAMAGUCHI, E., YAMAMOTO, T. Region-wise Analysis of dairy cow movements in Japan. **BMC Veterinary Search.** v. 17, p. 305, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03008-3>

NETO, F. B. C., ZANANDREIS, F., GITTI, C. B. Animal health surveillance by quadrant – A new “intelligent” agricultural surveillance system. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine.** v. 42, e108020. 2020. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm108020.2020>.

NOGUEIRA, M. F., OLIVEIRA, J. M., SANTOS, C. J. S., PETZOLD, H. V., AGUIAR, D. M., JULIANO, R. S., REIS, J. K. P., ABREU, U. G. P. Equine infectious anaemia in equids of Southern Pantanal, Brazil: seroprevalence and evaluation of the adoption of a control programme. **Pesquisa Veterinária Brasileira.** v. 37 (3). p. 227-233. 2017.

NORRIS, S. L., LITTLE, H. A., RYDING, J., RAW, Z. Global donkey and mule populations: Figures and trends. *PLoS ONE* 16(2): e0247830. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247830>

NUNES, F. G. Análise exploratória espacial de indicadores de desenvolvimento socioambiental das regiões de planejamento do norte e nordeste goiano. **Ateliê Geográfico, [S. l.]**, v. 7, n. 1, p. 237–259, 2013. DOI: 10.5216/ag.v7i1.19809. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/19809>.

OIE. The World Organization for Animal Health. **Análisis de Riesgo: guía práctica.** Paris, p. 60. 2006.

OIE. The World Organization for Animal Health. **Prevention and control of animal diseases worldwide. Economic analysis – Prevention versus outbreak costs.** 251 p, 2007. Disponível em: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Support_to_OIE_Members/docs/pdf/OIE_-_Cost-Benefit_Analysis_Part_I_.pdf. Acesso em 13/10/2020.

OVIEDO-PASTRANA, M. E., OLIVEIRA, C. S. F., CAPANEMA, R. O., NICOLINO, R. R., OVIEDO-SOCARRAS, T. J., HADDAD, J. P. A. Trends in Animal Rabies Surveillance in the Endemic State of Minas Gerais, Brasil. **PLoS Neglected Tropical Diseases.** v. 9 (3): e0003591. 2015. doi:10.1371/journal.pntd.0003591

PATIL, I. (2018). *ggstatsplot: 'ggplot2' Based Plots with Statistical Details.* [R package]. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=ggstatsplot> .

PFEIFFER, D., ROBINSON, T. P., STEVENSON, M., STEVENS, K. B., ROGERS, D. J., & CLEMENTS, A. C. *Spatial analysis in epidemiology*. Oxford: Oxford University Press. 152 p. 2008. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-2-23>

R CORE TEAM. *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.0) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.rproject.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2020-08-24). 2020.

RIBEIRO, T. M. P.; FREIRIA, L. M. Anemia Infecciosa Equina na Região Norte do Brasil no Período 2005-2017. Universidade Federal de Tocantins. **Bol. Mus. Int. de Roraima**. ISSN (online): 2317-5206. v 12(1): 17– 23. 2018

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural. **INSTRUÇÃO NORMATIVA DEDSA Nº 004/2021**. 2021.

SANTOS, L. D., RAIÁ JUNIOR, A. A., Análise Espacial de Dados Geográficos: A Utilização da Exploratory Spatial Data Analysis – ESDA para Identificação de Áreas Críticas de Acidentes de Trânsito no Município de São Carlos (SP). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 18 (35), p. 97-107, dez, 2006.

SANTOS, D. V., TODESCHINI, B., ROCHA, C. M. B. M., CORBELLINI, L. G. A análise de risco como ferramenta estratégica para o serviço veterinário oficial brasileiro: dificuldades e desafios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 34 (6), p. 542-554, 2014.

STANTON, J. M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. **Journal of Statistical Education**. New York, v. 9 p 3. 2001.

THE JAMOVI PROJECT. *jamovi*. (Version 1.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. 2021.

VIEIRA, E.R. **Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio cavalo no Estado de Minas Gerais**. 2011.140p. Dissertação (Mestrado em: Zootecnia). Escola de Veterinária Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VIVALDINI, S. M., PINTO, F. K. A., KOHIYAMA, I. M., ALMEIDA, E. C. MENDES-CORREA, M. C., SANTOS, A. F., RIBEIRO, R. A., PEREIRA, G. F. M., ARAÚJO, W. N. Análise exploratória espacial de casos de HBV no Brasil entre 2005 e 2017. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, v. 22, (Suppl 1). 2019.

WARD, M. P., Spatio-temporal analysis of infectious disease outbreaks in veterinary medicine: clusters, hotspots and foci. **Vet. Ital**. v. 43, p. 257-284, set 2007.