

**RÍSIA LOPES NEGREIROS**

**Caracterização e análise da rede de movimento de  
bovinos no Estado de Mato Grosso**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
Universidade de São Paulo, para obtenção do título de  
Doutor em Ciências

**Departamento:**

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal

**Área de concentração:**

Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses

**Orientador:**

Prof. Dr. Marcos Amaku

São Paulo  
2010

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

#### DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.2353  
FMVZ

Negreiros, Rísia Lopes  
Caracterização e análise da rede de movimento de bovinos no Estado de Mato Grosso /  
Rísia Lopes Negreiros. -- 2010.  
121 p. : Il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e  
Zootecnia. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, São Paulo, 2010.

Programa de Pós-Graduação: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.  
Área de concentração: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Amaku.

1. Bovinos. 2. Transporte de animais. 3. Propriedade rural. 4. Epidemiologia. 5. Mato  
Grosso. I. Título.



## CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Caracterização da rede de trânsito animal no Estado do Mato Grosso", protocolado sob o nº1562/2008, não utilizando animais, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcos Amaku, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 11/02/09.

(We certify that the Research "Characterization of the network of animal movements in the State of Mato Grosso", protocol number 1562/2008, will not be used animals, under the responsibility Prof. Dr. Marcos Amaku, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the School of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 02/11/09).

São Paulo, 11 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. José Luis Bernardino Merusse  
Presidente da Comissão de Bioética  
FMVZ/USP



## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: NEGREIROS, Rísia Lopes

Título: Caracterização e análise da rede de movimento de bovinos no Estado de Mato Grosso

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_



## *Matemática*

*Muitos mistérios tem a matemática,  
Disciplina da lógica estatística:  
De um lado, a imprecisão probabilística;  
Do outro, a exatidão da lei quadrática.*

*Confusa em teoria como em prática,  
Apesar da esquemática logística.  
Aos filósofos, sempre será mística;  
Aos calculistas, menos problemática.*

*Integra as derivadas da retórica,  
Numa exponencial matriz simétrica  
Da inequação em pi, trigonométrica.*

*A função logarítmica, de histórica,  
Cria um sistema métrico onde, eufórica,  
A mente humana vai ficando elétrica.*

*(Bernardo Trancoso)*



## DEDICATÓRIA

### ***Dedico à minha família:***

***A meu pai:*** Imortalizado nos filhos, nos ensinamentos deixados, no exemplo de dedicação que teve com família e na serenidade que mantinha nas horas mais difíceis. Onde estiver receba o meu respeito e minha eterna admiração. Fique com Deus.

***A minha mãe:*** Todos os bons resultados da minha vida têm a sua marca!. Como um maestro, parece que tem uma batuta sempre à mão para guiar sua família como se rege uma orquestra. Não é por acaso que no seu nome tem Maria. Obrigada D. Maria de Lourdes.

***A meus irmãos e irmãs:*** Colegas de infância, cúmplices na adolescência e juventude, primeiros e eternos amigos. Em tudo que faço há um pouquinho de cada um, seja num telefonema em horas difíceis, seja no companheirismo, seja nas palavras de estímulo para que eu tenha forças para continuar meu caminho. Meus resultados são também de vocês.

***A meus cunhados, e cunhadas:*** Dedico também a vocês que ao entrarem para a família assumiram o papel de co-irmãos ou co-irmãs conquistando meu respeito e minha amizade.

***Finalmente aos meus sobrinhos e sobrinhas:*** Que embora impacientes, são atenciosos e respeitosos. Em cada coisa que faço há a contribuição de cada um, sou grata a Deus por ver em vocês o futuro de nossa família.



## AGRADECIMENTOS

### **Agradecimentos especiais**

*Agradeço primeiro a Deus por dar-me a oportunidade de fazer parte deste grupo, colocando no meu caminho pessoas chaves para me ajudarem a fazer deste projeto uma realidade.*

*Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Marcos Amaku pela maneira com a qual me apoiou neste trabalho, com uma orientação científica, criteriosa e crítica, estimulando, reconhecendo minhas limitações e dando tempo para uma construção pessoal do trabalho. A disponibilidade que sempre teve para me ouvir e a empatia com a qual recebeu as minhas idéias foram o estímulo que me permitiu vencer as inseguranças durante este processo.*

*Agradeço aos membros das bancas de qualificação e defesa, Prof. Dr. Fernando Ferreira, Dra Valéria S. Ferreira Homem, Prof. Dr. Jose Soares Ferreira Neto e Prof. Dr. Vitor Salvador Gonçalves Picão, por aceitarem participar da banca e me brindarem com preciosos questionamentos e valiosas contribuições a este trabalho.*

*Agradeço ao Professor Dr. Sílvio de Arruda Vasconcellos por ter sido o meu primeiro contato na USP e mesmo não me conhecendo, me abriu as portas do departamento. A ele toda a minha gratidão.*

*Agradeço a todos os professores do LEB: Profa. Dra. Andrea Mücke Moreno; Profa. Dra. Evelise Oliveira Telles; Prof. Dr. Fumio Honma Ito; Prof. Dr. José Antonio Jerez; Prof. Dr. Leonardo José Richtzenhain; Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna; Prof. Dr. Nilson Roberti Benites; Prof. Dr. Paulo Eduardo Brandão; Prof. Dr. Rodrigo Martins Soares; Profa. Dra. Simone de Carvalho Balian; Profa. Dra. Solange Maria Gennari; Profa. Dra. Sonia Regina Pinheiro. De todos levo um pouco: ou por ter sido aluna; assistido a uma palestra; ou ter sido entrevistada para ingresso no mestrado ou doutorado; recebido alguma informação, ou assinaram algum documento; ou ainda, tive o prazer de acompanhar em um café nos momentos de lazer da “nossa copa”. A vocês o meu carinho e eternos agradecimentos.*

*Agradeço ao Professor Dr. Ricardo Augusto Dias pelo companheirismo, colaborações, ensinamentos, e pelo amigo que se tornou ao longo da nossa convivência.*

*Agradeço ao Centro Pan-americano de Febre Aftosa nas pessoas do Dr. José Leopoldo Naranjo e em especial ao Dr. Antonio Mendes pelas colaborações prestadas nas oportunidades em que visitou o departamento. Suas contribuições foram de grande valor para auxiliar na construção desse trabalho. A todos meus sinceros agradecimentos.*

***Agradeço** enormemente aos colegas José I. Grisi e Raul Ossada pelas participações interativas nas reuniões para discussão do tema, para realizar análises e orientar a organização do banco de dados. Vocês se tornaram parte importante na realização deste projeto. Meu eterno agradecimento.*

***Agradeço** a todos do departamento (VPS) nas pessoas de Tânia Delonero; Danival Lopes Moreira; Ana V. P. Almeida Prado e Maria Cristina Paick, pela preciosa atenção quando necessitei de auxílio.*

***Agradeço** a todos do LEB, pela harmonia na convivência coletiva, apoio nos momentos que pareceram difíceis e intransponíveis, e pelo coleguismo e carinho. Depois desse tempo juntos sei que deixo um pouco de mim e levo um pouco de cada um de vocês. A todos meu carinho e a minha amizade.*

***Agradeço** aos funcionários (as) da biblioteca, e com sua licença deixo o meu carinho especial à Sandra que não mediu esforços para me atender, sendo além de muito profissional, de uma enorme empatia.*

***Agradeço** aos funcionários da secretaria de pós – graduação, especialmente à Cláudia pela atenção, cuidado, orientação e profissionalismo com o qual me conduziu na difícil e necessária burocracia que registra nossa passagem por aqui.*

***Agradeço** a Dra. Maria Auxiliadora que sempre tem apoiado a todos dos INDEA/MT que se interessou por uma qualificação. A você minha gratidão.*

***Agradeço** aos colegas do INDEA/MT, em particular a todos da Coordenadoria de Controle das Doenças dos Animais pelo companheirismo e colaboração em tudo o que necessitei. Peço licença para agradecer em particular ao Dr. Roberto Renato P. da Silva que me auxiliou em momentos difíceis e também aos funcionários da gerência de informática: André e Marcílio pelo auxílio com o banco de dados.*

***Agradeço** aos colegas de campo do INDEA/MT: Médicos Veterinários: Dra. Suelly Tocantins; José Carlos Balbo; Batista Cardoso da Silva; Pedro Sergio Mazetti; Waldomiro da Silva Vilela e aos funcionários das Unidades Regionais de Supervisão de Cuiabá e Lucas do Rio Verde pela valiosa contribuição ao atender minhas solicitações.*

***Agradeço** ao Dr. Ênio José de Arruda Martins pela minha trajetória no INDEA que teve início em sua gestão e por sua contribuição no meu crescimento profissional. Serei eternamente grata.*

***Agradeço** a todos aqueles que ajudaram, direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, mas que por desatenção não tiveram seus nomes aqui registrados.*

*E finalmente, agradeço a você que está lendo esse trabalho.*

## RESUMO

NEGREIROS, R. L. **Caracterização e análise da rede de movimento de bovinos no Estado de Mato Grosso**. [Characterization and analysis of the network of animal movements in the Mato Grosso State]. 2010. 121 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

O objetivo deste trabalho é analisar os dados de movimentação de bovinos, gerando informações úteis à vigilância epidemiológica do Estado de Mato Grosso. Analisou-se, para 2007, a distribuição de rebanhos nas propriedades, a movimentação por ecossistema de origem e destino, por finalidade (engorda, abate ou reprodução), e por época do ano. Observou-se que 81,54% do rebanho está concentrados em 20% das propriedades, indicando a existência de poucas propriedades com intensa comercialização para abate, engorda ou reprodução e muitas propriedades com pouca comercialização. Das 72.149 propriedades (de um total de 112.924) que realizaram algum tipo de movimentação, 65.773 movimentaram bovinos. A maioria das movimentações ocorreu internamente em cada ecossistema (Pantanal, Cerrado e Amazônia). O Pantanal recebeu o menor número de bovinos (4,98% dos animais recebidos, incluindo movimentação interna) e o Cerrado foi o que mais recebeu bovinos provenientes dos outros ecossistemas e o que enviou o menor número de bovinos (318.253, 25,79% do total de bovinos enviados a outro ecossistema). Observou-se uma redução do movimento em maio e novembro (vacinação contra febre aftosa), janeiro e fevereiro (férias dos frigoríficos e estação chuvosa) e setembro (manejo de natalidade, ausência da safra do boi gordo e desmama de bezerras). O percentual de movimentação interestadual foi de 2,65% dos animais movimentados, predominando as movimentações intraestaduais. Na análise de 539.526 documentos em 76.277 estabelecimentos calculou-se o grau de comercialização entre os estabelecimentos, para o semigrau interior a média e mediana foram (1 e 3) e para o semigrau exterior (2 e 3) respectivamente. As distâncias médias para movimentação de bovinos provenientes das propriedades da fronteira internacional e daquelas sabidamente positivas para brucelose foram 73,75 e 60,43 km respectivamente. Distâncias médias para movimentos destinados a frigoríficos, propriedades e eventos agropecuários foram inferiores a 116,70 km mostrando movimentação proveniente do próprio Estado. Em redes com características livre de escala supõe-se que a distribuição de grau  $P(k)$  pode ser ajustada pela lei de potência, no entanto observou-se que alguns estabelecimentos não seguiram o previsto para redes livre de escala. O ajuste de  $P(k_{in})$  mostrou que estabelecimentos que compraram maior quantidade de bovinos ultrapassaram o esperado pela lei de potência, o que pode estar relacionado ao comportamento de compra por frigoríficos e confinamentos. Para o ajuste de  $P(k_{out})$ , a

proporção de propriedades que venderam para muitos estabelecimentos (por exemplo, próximo a 100 estabelecimentos) está abaixo do previsto pela lei de potência, como também aquelas que venderam para menos de 10 outros estabelecimentos. As propriedades de subsistência, que movimentam poucos animais, influenciaram os valores de  $P(k_{in})$  e de  $P(k_{out})$  para valores baixos de  $k_{in}$  e  $k_{out}$ , respectivamente. Observou-se uma correção negativa ( $r = -0,54$ ) entre o grau médio dos primeiros vizinhos e o grau do estabelecimento mostrando que estabelecimentos com grau elevado (volume elevado de compra e/ou venda) comercializam com estabelecimentos cujo grau é em média baixo (volume baixo de compra e/ou venda) e vice-versa. Essa característica da rede de movimentação de bovinos pode ter implicações no espalhamento de doenças infecciosas nos rebanhos, em função do contato entre grandes e pequenos estabelecimentos.

Palavras-chave: Bovinos. Transporte de animais. Propriedade rural. Epidemiologia. Mato Grosso.

## ABSTRACT

NEGREIROS, R. L. **Characterization and analysis of the network of animal movements in the Mato Grosso State.** [Caracterização e análise da rede de movimento de bovinos no Estado de Mato Grosso]. 2010. 121 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

This study has as objective to analyze the movement data of bovine, generating useful information for epidemiologic surveillance for Mato Grosso State. It was analyzed, for 2007, the herds distribution in the farm holdings, the movement according to origin and destination ecosystem, for purpose (fattens, slaughters or reproduction), and for year's time. It was observed that 81.54% of the herd was concentrated on 20% of the farm holdings, indicating the existence of few farm holdings with intense commercialization for slaughters, fattens or reproduction and many farm holdings with little commercialization. Of the 72.149 farm holdings (of a total of 112.924) that accomplished some type of movement, 65.773 moved bovine. Most movements occurred internally in each ecosystem (Pantanal, Cerrado and Amazônico). The Pantanal received the smaller number of bovine (4,98% of the received animals, including internal movement) and the Cerrado received most bovine from of the other ecosystems and sent the smaller number of bovine (318.253, 25.79% of the bovine sent to other ecosystem). It was observed a decrease in movement in May and November (vaccination against Foot and Mouth Disease), January and February (slaughterhouse vacation and rainy station) and September (birth rate handling, absence of cattle for slaughterhouse and weaning calves). The percentage of interstate movement was 2.65% of the animals moved, predominating the movements within the state. This factor associated to the difficulty of maintaining updated records in complex territory motivated of the characterization of cattle network making available to the defense's service and epidemiological vigilance a tool that makes possible retrospective and prospectively the measures application adapted in specific situations. In the analysis of 539.526 documents in 76.277 establishments it calculated the commercialization degree between establishments. For indegree the average and median were (1 and 3) and for outdegree (2 and 3) respectively. Average distances for bovine movement with origin in the farms holdings of the international border and the farms holdings known positive for brucellosis were 73.75 and 60.43 km respectively. Average distances from farm holdings to slaughter establishments, farms holdings and agricultural events were lower than 116.70 km showing movement originating within the state. In scale-free networks, the degree distribution  $P(k)$  it can be fitted by the power law, however some establishments do not follow the foreseen for networks free-scale. The fitting of  $P(k_{in})$  showed that establishments that buy larger quantity of bovine overtake what is expected for power law, what can

be related to purchase behavior for slaughter establishments and confinements. For the fitting of  $P(k_{out})$ , the proportion of the farms holdings that sell for lots of establishments (for example, near to 100 establishments) is below the expected by the power law, as well as those that sell for less than 10 other establishments. The subsistence farms holdings, that move few animals, influence the values of  $P(k_{in})$  and of  $P(k_{out})$  for low values of  $k_{in}$  and  $k_{out}$ , respectively. A negative correlation ( $r = -0.54$ ) was observed between the average degree of nearest neighbors and the degree of establishments, showing that establishments with high degree of purchase and/or sells, commercialize with establishments whose degree is, on average, low (low quantity of purchase and/or sells) and vice versa. This characteristic of the network of bovine movement may have implications in the spread of infectious diseases within the herds, depending on the contact between big and small establishments.

Keywords: Cattle. Animal transport. Farms holdings. Epidemiology. Mato Grosso.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução dos rebanhos em milhões de cabeças por espécie no período de 2002 a 2009 com projeção para 2010 – Mato Grosso, 2010.....	32
Tabela 2 - Intervalos de rebanhos, distribuição da quantidade e porcentagem de bovino, segundo quantidade de propriedades e porcentagem – Mato Grosso - 2010 .....	56
Tabela 3 - Quantidade e porcentagem de bovinos movimentados por finalidade segundo ecossistema de origem e destino no Estado de Mato Grosso em 2007 .....	57
Tabela 4 - Quantidade e porcentagem de bovinos movimentados segundo ecossistema de origem e destino. Mato Grosso - 2010 .....	58
Tabela 5 - Distribuição de movimentação dos rebanhos bovino-bubalinos, inter e intraestadual em Mato Grosso segundo finalidades em 2007 .....	68
Tabela 6 – Distâncias percorridas (km) pelos lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino qualquer Unidade da Federação; origem em qualquer Unidade da Federação e destino Mato Grosso; origem e destino Mato Grosso, comercializados para frigoríficos, fazendas e eventos agropecuários em 2007– Mato Grosso – 2010 .....	71
Tabela 7 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos, em 2007 que tiveram origem propriedades com resultado positivo para brucelose no inquérito de 2006 ou em propriedades de fronteira – Mato Grosso - 2010 .....	79
Tabela 8 - Análise descritiva da rede de comercialização de lotes (GTA's) e da quantidade de bovinos comprados e vendidos segundo entradas ( $k_{in}$ ) e saída ( $k_{out}$ ) de pelo menos um lote de bovinos ou de um bovino em 2007 – Mato Grosso - 2010 .....	84
Tabela 9 - Análise descritiva do grau de comercialização da rede ( $k$ ), do semigrau interior ( $k_{in}$ ) e semigrau exterior ( $k_{out}$ ) em cada fazenda em 2007. Mato Grosso - 2010.....	91
Tabela 10 - Análise descritiva do P ( $k$ ), estabelecimentos agropecuários que compraram bovinos em 2007– Mato Grosso - 2010.....	103
Tabela 11 - Análise descritiva do P ( $k$ ), estabelecimentos agropecuários que venderam bovinos em 2007– Mato Grosso - 2010.....	103

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Identificação das massas d'água, terras indígenas, parques nacionais e estaduais, reservas legais e particulares, estações ecológicas, ecossistemas naturais e barreiras naturais nos limites Interestaduais e fronteira internacional do Estado de Mato Grosso- 2010 .....	29
Figura 2 - Evolução do rebanho bovino em milhões de cabeças segundo área de pastagem em milhões de hectares, no período de 1996 a 2008 no Estado de Mato Grosso.....	31
Figura 3 - Esquema da orientação dos componentes do sistema agro produtivo pecuário para animais vivos dentro do espaço agropecuário .....	45
Figura 4 - Ilustração de uma rede, com indicação de nós e vértices.....	49
Figura 5 - Ilustração de uma rede e respectiva matriz de adjacência .....	50
Figura 6 – Quantidade de bovinos em função do tamanho do rebanho por propriedade. Cada barra representa uma fração de 20% (quintil) das propriedades do Estado .....	56
Figura 7 – Distribuição dos bovinos movimentados por município de origem segundo finalidade abate, no período de janeiro a dezembro de 2007 .....	61
Figura 8 - Distribuição dos rebanhos movimentados por município de origem segundo finalidade engorda no período de janeiro a dezembro de 2007 .....	63
Figura 9 - Distribuição dos rebanhos movimentados por município de origem segundo finalidade reprodução no período de janeiro a dezembro de 2007.....	65
Figura 10 - Quantidade de documentos emitidos e bovinos movimentados no período de janeiro a dezembro de 2007 no estado de Mato Grosso .....	67
Figura 11 - Localização dos lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino qualquer Unidade da Federação; origem em qualquer Unidade da Federação e destino Mato Grosso, comercializados para frigoríficos, fazendas e eventos agropecuários em 2007 – Mato Grosso - 2010 .....	73
Figura 12 - Representação das distâncias percorridas (Km) pelos lotes de bovinos no movimento inter e intraestadual para frigoríficos, propriedades e eventos agropecuários, em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	75
Figura 13 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos provenientes de qualquer unidade da Federação com destino a frigoríficos, leilões e fazendas de Mato Grosso em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	76
Figura 14 - Identificação da origem e destino dos lotes de bovinos provenientes de qualquer unidade da federação com destino a frigoríficos, leilões e fazendas de Mato Grosso em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	77

Figura 15 - Localização dos lotes de bovinos comercializados em 20 07, com origem em fazendas com resultado positivo para brucelose; fazendas localizadas na faixa de 15 km a fronteira internacional, destinados a qualquer finalidade e para reprodução– Mato Grosso - 2010.....	81
Figura 16 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos que tiveram origem em uma propriedade com resultado positivo para brucelose no inquérito 2006 para qualquer finalidade, para finalidade reprodução e distâncias percorridos pelos lotes que tiveram como origem uma propriedade localizada na faixa de 15 km da fronteira internacional – Mato Grosso - 2010.....	83
Figura 17 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram pelo menos um bovino em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	85
Figura 18 - Frequência da quantidade de bovinos comprados pelos estabelecimentos que movimentaram bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	86
Figura 19 - Frequência da quantidade de bovinos vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	86
Figura 20 - Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram pelo menos um lote de bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	87
Figura 21 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	88
Figura 22 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos comprados segundo estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	88
Figura 23 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007– Mato Grosso - 2010.....	88
Figura 24 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007, em escala máxima de 100 animais – Mato Grosso - 2010.....	89
Figura 25 - Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007- Mato Grosso - 2010.....	90
Figura 26 – Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	90
Figura 27 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	90
Figura 28 – Quantidade de estabelecimentos com os quais uma propriedade comercializou bovinos (k) em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	92
Figura 29 - Quantidade de estabelecimentos com os quais uma propriedade comercializou bovinos (k) em 2007 – Mato Grosso - 2010.....	93

Figura 30 – Quantidade de estabelecimentos que compraram de $k_{in}$ propriedades em 2007 – Mato Grosso - 2010 .....	93
Figura 31 - Quantidade de estabelecimentos que venderam bovinos para $k_{out}$ propriedades em 2007 – Mato Grosso - 2010 .....	93
Figura 32 - Estabelecimentos que venderam e compraram pelo menos um lote de bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010 (modificar $k_{in} \times k_{out}$ ).....	94
Figura 33 - Grau médio dos primeiros vizinhos em função do grau do estabelecimento – Mato Grosso, 2010 .....	95
Figura 34 - Representação gráfica esperada para a classificação das propriedades segundo as finalidades da comercialização – Mato Grosso - 2010 .....	96
Figura 35 – Gráfico da comercialização praticada pelas fazendas em 2007 sem limite dos eixos - Mato Grosso – 2010.....	97
Figura 36 – Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças - Mato Grosso – 2010 .....	98
Figura 37 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, limitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão completa dos três eixos - Mato Grosso – 2010.....	99
Figura 38 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão dos três eixos, partindo do limite máximo do $k_{in}$ Engorda para o interior do cubo - Mato Grosso – 2010 .....	100
Figura 39 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão dos três eixos, partindo do limite máximo do $k_{in}$ Engorda para o interior do cubo - Mato Grosso – 2010 .....	101
Figura 40 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão lateral dos três eixos. Mato Grosso – 2010 .....	102
Figura 41 - Análise descritiva do P (k) para entradas de bovinos nos estabelecimentos agropecuários em 2007– Mato Grosso - 2010.....	104
Figura 42 - Análise descritiva do P (k) para saídas de bovinos nos estabelecimentos agropecuários em 2007– Mato Grosso - 2010.....	104

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias e Exportadores de Carne
ACRISMAT	Associação de Criadores de Suínos do Estado de Mato Grosso
GTA	Guia de Trânsito Animal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMEA	Instituto Matogrossense de Economia Agrícola.
INDEA/MT	Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso
KM	Quilômetro
$K_{in}$	Semigrau interior
$k_{out}$	Semigrau exterior
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MT	Estado de Mato Grosso
N°	Número
OIE	Office International Epizooties
PIB	Produto Interno Bruto
PNCEBT	Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose
SIA	Sistema de Informatização de Animais
USP	Universidade de São Paulo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	27
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO REBANHO	31
1.2	CONDIÇÃO SANITÁRIA	32
1.3	DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	33
1.4	REDES COMPLEXAS	33
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	39
2.1	OBJETIVO GERAL	39
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	43
3.1	MOVIMENTAÇÃO DO REBANHO	47
3.2	CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS	47
3.3	CLASSIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES	48
3.4	ESTUDO DA REDE	48
<b>3.4.1</b>	<b>Ajuste da distribuição de grau</b>	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	55
4.1	CARACTERIZAÇÕES DO MOVIMENTO DE BOVINOS	55
4.2	ANÁLISES DAS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS DE BOVINOS	69
4.3	APLICAÇÕES PRÁTICA DO ESTUDO DAS DISTÂNCIAS	78
4.4	ANÁLISE DA REDE DE MOVIMENTAÇÃO	84
<b>4.4.1</b>	<b>Classificação das propriedades por finalidade da comercialização</b>	95
<b>4.4.2</b>	<b>Resultado do ajuste da distribuição de grau</b>	103
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	109
	<b>REFERÊNCIAS</b>	111
	<b>ANEXOS</b>	117



# INTRODUÇÃO

---



## 1 INTRODUÇÃO

A evolução do sistema de defesa sanitária animal no Estado de Mato Grosso favoreceu a abertura de mercados internacionais, com exportação de carne para a Comunidade Européia pela diretiva/96 (ano do último registro de caso clínico de febre aftosa no Estado de Mato Grosso). A partir da conquista dos mercados internacionais, rigorosos processos de auditorias, associadas às exigências do MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), contribuíram para o amadurecimento das instituições ligadas à cadeia produtiva do agronegócio; ao conhecimento do espaço produtivo pecuário; à busca do controle efetivo de enfermidades já existentes e ao estabelecimento de medidas preventivas contra a introdução de doenças novas e de melhores estratégias de defesa animal.

Nesse contexto, torna-se necessário caracterizar a bovinocultura local; atualizar cadastro dos rebanhos e analisar o movimento de animais, utilizando-se dos registros de emissão da Guia de Transito Animal (GTA), obrigatória em todo o país para movimentação de animais silvestres e domésticos (BRASIL, 2006).

As medidas de defesa animal, a posição estratégica do Estado em relação às Américas, a biodiversidade, representada por três ecossistemas (Região Amazônica, Cerrado e Pantanal), bacias hidrográficas do Tocantins, do Paraguai, e Amazônica, (MATO GROSSO, 1999a; NEGREIROS et al., 2009a), e a malha rodoviária para escoamento da produção do agronegócio impulsionaram a produção pecuária colocando-a no ranking nacional e incrementando o PIB no Estado e do país.

As áreas limítrofes da fronteira internacional com a Bolívia apresentam variáveis favoráveis e desfavoráveis à defesa sanitária. Como favoráveis citam-se as barreiras naturais e as respectivas áreas favorecidas em Mato Grosso: o Parque Nacional Noel Kempff (Boliviano), a Serra Ricardo Franco e o Rio Guaporé (Comodoro e Vila Bela da Santíssima Trindade), o Rio Paraguai (Baixo Pantanal matogrossense em Cáceres), compreendendo aproximadamente 250 km de barreiras naturais, restando 500 km com viabilidade de trânsito internacional durante o ano (aspecto desfavorável) conforme figura 1.



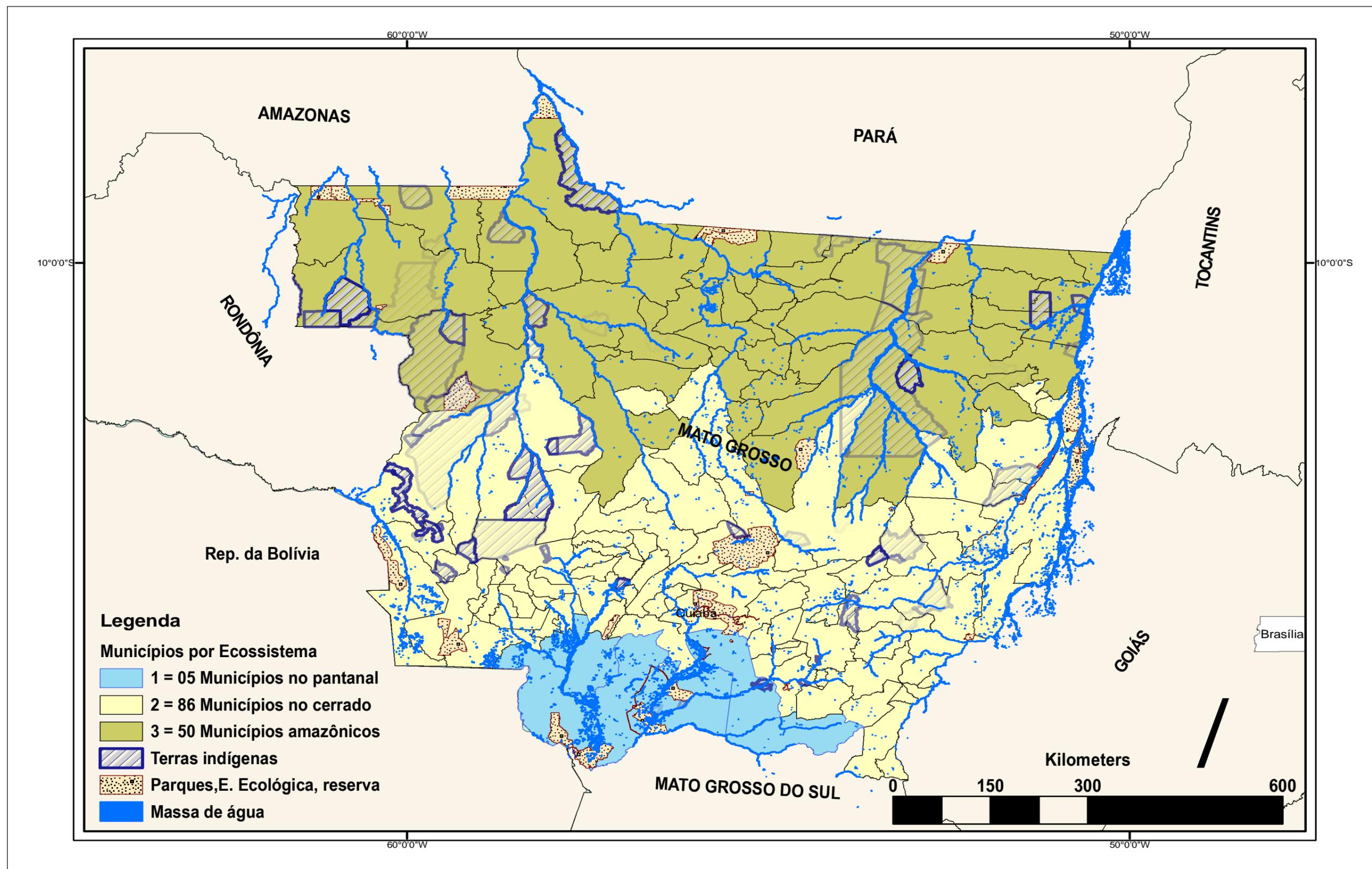


Figura 1 - Identificação das massas d'água, terras indígenas, parques nacionais e estaduais, reservas legais e particulares, estações ecológicas, ecossistemas naturais e barreiras naturais nos limites Interestaduais e fronteira internacional do Estado de Mato Grosso- 2010



## 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO REBANHO

O aumento da população bovina (27 milhões de cabeças - 98% de gado de corte) distribuída em relação à ocupação de pastagem (36% da jurisdição estadual) foi acompanhado de 1996 a 2008 (MATO GROSSO, 2008; MATO GROSSO, 2009), observando-se que, enquanto áreas de pastagem ampliaram 18%, o rebanho cresceu 66%, passando de 4º maior para o 1º do país (IMEA, 2008). O desempenho da pecuária, a constatação de que a maior parte do gado está fora do ecossistema amazônico e que 64% do território matogrossense é preservado, indicam uma produção pecuária sustentável, destacando-se como responsável pelo desenvolvimento do Estado (IMEA, 2008).

A figura 2 mostra o crescimento da população bovina, em série histórica de 13 anos (1996 a 2008) em função da ocupação de áreas de pastagens. A base de cálculo foi obtida do INDEA (MATO GROSSO, 2009) (população bovina) e IBGE (áreas de pastagem) (IBGE, 2007a).

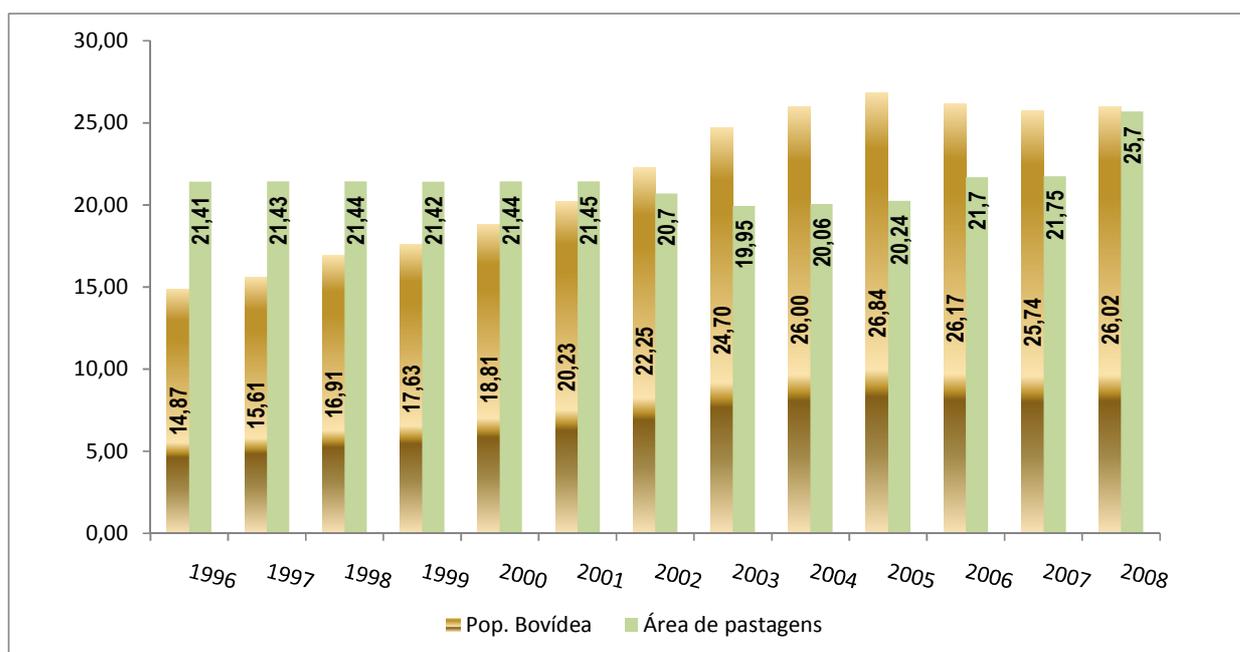


Figura 2 - Evolução do rebanho bovino em milhões de cabeças segundo área de pastagem em milhões de hectares, no período de 1996 a 2008 no Estado de Mato Grosso

O expressivo crescimento da pecuária distribuída em 109.280 propriedades com criações de pequeno, médio e grande porte, tornou-se um fator de peso para estimular a ampliação da rede rodoviária e instalação de frigoríficos com Inspeção Federal no Estado. A tabela 1 permite observar o crescimento da população bovina em comparação com outras espécies no período de 2002 a 2009 e uma projeção para 2010.

Tabela 1 - Evolução dos rebanhos em milhões de cabeças por espécie no período de 2002 a 2009 com projeção para 2010 – Mato Grosso, 2010

<b>ANO</b>	<b>Bovinos e Bubalinos</b>	<b>Suínos</b>	<b>Ovinos</b>	<b>Caprinos</b>
2002	22,26	0,81	0,18	0,48
2003	24,70	0,91	0,21	0,49
2004	26,00	0,92	0,25	0,30
2005	26,84	1,07	0,63	0,63
2006	26,17	1,71	0,77	0,75
2007	26,57	2,01	0,78	0,75
2008	26,96	2,37	0,78	0,75
2009	27,37	2,78	0,78	0,75
*2010	27,78	3,28	0,79	0,76

Fontes: INDEA; ABIEC, ACRISMAT; \*previsão

A caracterização da comercialização entre as propriedades pela identificação da concentração ou não das unidades epidemiológicas em regiões específicas do Estado e visualização dessas áreas em mapas georreferenciados apresentam-se como uma ferramenta epidemiológica com poder de explicação do espaço pecuário (AMADOR; CORRÊA; BARBOZA, 2009), simplificando a tomada de decisões e aplicações de medidas epidemiológicas.

## 1.2 CONDIÇÃO SANITÁRIA

Entre as diversas doenças infecciosas para as quais o trânsito animal é um fator importante de disseminação, cita-se a brucelose bovina com prevalência de focos para o Estado de Mato Grosso estimada em 10,25% (NEGREIROS, 2009a), a febre aftosa, a varíola bovina e a tuberculose. O Estado recebeu a certificação de “livre de febre aftosa com vacinação” pela O.I.E. em 2001, perdendo o status em 2005, em razão do foco ocorrido no Estado do Mato Grosso do Sul (NEGREIROS et al., 2009a), e recuperando em 2008 (OIE, 2008). A tuberculose tem sido alvo de estudos recentes ligados ao Programa Nacional de Controle e Erradicação de Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) e a varíola bovina que é objeto de atenção como vigilância ativa das doenças vesiculares. A análise das características da rede de trânsito de bovinos pode indicar caminhos para prevenção e controle de doenças animais.

### 1.3 DISTÂNCIAS PERCORRIDAS

A distância percorrida pelos animais entre estabelecimentos, quando conhecida, pode servir como base para estudos da abrangência do espalhamento de enfermidades através das práticas de comercializações realizadas entre propriedades localizadas em áreas supostamente de risco, ou através de eventos agropecuários (leilões e exposições), ou ainda, para avaliar o bem estar animal no trajeto entre propriedades e frigoríficos, uma vez que distâncias muito longas entre fazendas e frigoríficos com transporte inadequado, comprometem o bem estar animal, o rendimento de carcaça e a qualidade da carne (JOAQUIM, 2002; RIBEIRO, 2009).

### 1.4 REDES COMPLEXAS

Em Matemática, um grafo consiste de um conjunto de nós (ou vértices) e um conjunto de arestas (ou arcos) ligando alguns ou todos os nós. Grafos orientados (ou dígrafos) é um subconjunto específico dos grafos, onde as conexões (ou “links”) apresentam uma direção que indica que a conexão parte de um nó para outro. Define-se grau de um vértice como sendo o número de vértices adjacentes a ele (ou o número de linhas incidentes no vértice). Para um grafo orientado, define-se também o semigrau interior de certo nó  $i$ , correspondente ao número de nós adjacentes cujos “links” apontam para o nó  $i$ , e o semigrau exterior, correspondente ao número de nós para os quais partem os “links” provenientes do nó  $i$  (CALDARELLI, 2007).

A probabilidade de um nó da rede apresentar  $k$  conexões,  $P(k)$ , conhecida como distribuição de graus (“degree distribution”) da rede, é uma das informações utilizadas para caracterizar a rede. Assim, a análise de  $P(k)$  em função de  $k$  pode indicar se a rede pertence a uma categoria de redes complexas com propriedades conhecidas ou se apresenta características que diferem de redes complexas já analisadas.

Por exemplo, alguns estudos sobre redes reais revelaram que a probabilidade de um nó da rede apresentar  $k$  conexões segue uma distribuição livre de escala  $P(k) = C k^{-\gamma}$ , onde  $\gamma$  é um expoente e  $C$  uma constante (BARABÁSI; ALBERT, 1999; JEONG, 2003). Para cada vértice  $i$ , o número de arestas é o grau do vértice  $k_i$ . Na prática, uma rede livre de escala (“scale-free network”) possui um número pequeno (porém importante) de nós com um número muito grande de conexões, enquanto a maioria dos nós apresenta um número pequeno de conexões.

Vários estudos foram desenvolvidos recentemente a respeito do espalhamento de vírus entre pessoas e computadores usando a metodologia de redes complexas (LLOYD; MAY, 2001; MAY; LLOYD, 2001; PASTOR-SATORRAS; VESPIGNANI, 2001). Em modelos que lidam com espalhamento de doenças infecciosas em redes, é usual se assumir que a rede seja aleatória ou livre de escala não-orientada. A suposição de que a rede de contatos seja livre de escala não-orientada é razoável para a transmissão de doenças entre pessoas, porque nesses casos há uma simetria de contatos (AMAKU et al., 2003) entre indivíduos. Por outro lado, para doenças animais, a movimentação de animais e veículos entre propriedades rurais possui um importante papel no processo de transmissão de doença. A hipótese de simetria por trás das redes livres de escala não-orientadas não se aplica no caso de movimentação de animais entre fazendas, uma vez que uma fazenda A pode vender um lote de animais para uma fazenda B, sem que necessariamente a fazenda A compre de B. Além disso, há fazendas que se especializam em cria, recria ou engorda de animais, fazendo com que haja uma preferência seja pela compra ou pela venda de animais.

Assim, em uma rede de trânsito animal, os nós ou vértices da rede representam as propriedades e as conexões entre os vértices correspondem à movimentação animal.

Bigras-Poulin et al. (2006) observaram que a rede dinamarquesa de movimentação de gado pode ser representada por um grafo orientado livre de escala, com expoente para o semigrafo interior  $\alpha_{in}=2$  e expoente para o semigrafo exterior  $\alpha_{out}=1,46$ , consistindo de cerca de 30000 nós, parte dos quais não conectada a outras fazendas, e cerca de 130 mil movimentos durante um período de 6 meses. Além disso, movimentações animais mostraram um elevado grau de heterogeneidade, o que pode influenciar o potencial risco de transmissão de doenças.

Para algumas doenças infecciosas, como a brucelose bovina, por exemplo, a movimentação de animais pode ser um fator preponderante no espalhamento. Deste modo, a análise das características da rede, obtidas a partir de cadastros consistentes; registro sistemático da emissão de GTA e sistemas de controle de movimentação organizados podem indicar caminhos para prevenção e controle de doenças animais, demonstrando as relações comerciais entre os componentes do agronegócio, de tal modo que pode ser conceitualmente avaliadas como uma rede de negócios (BIGRAS-POULIN et al., 2006), permitindo assim, estabelecer medidas de prevenção; vigilância e intervenção nos espaços pecuários em geral.

Na bovinocultura de corte existe uma relação comercial entre pecuaristas de médio e grande porte, absorvendo produtos da pecuária de leite e subsistência (pequenos proprietários e sitiantes), que tem importância para a defesa sanitária, reforçando a necessidade de estudar esse elo de comercialização. A compreensão da rede de movimentação animal associada à caracterização e distribuição dos tipos de exploração dos rebanhos e diferentes formas de comercialização torna-se uma

importante ferramenta para estabelecimento de medidas específicas na vigilância ativa na prevenção de doenças para a bovinocultura Matogrossense.

A análise dos espaços pecuários a partir de propriedades pode facilitar as investigações sorológicas para comprovação da manutenção de áreas livres de enfermidades, quando se considera que as áreas mais prováveis de encontrarmos o agente apresentam dificuldades para o acesso; manejo dos animais e aplicação de medidas profiláticas e de vigilância durante todo o ano de acordo com. Assim, uma investigação em áreas de engorda na qual os bovinos têm procedência conhecida pode explicar a origem dos problemas, sem que se tenha necessidade de visitar as áreas de cria (BRASIL, 2008).

Espaços pecuários já foram estudados e compreendidos como sendo vulneráveis quando se identifica certa quantidade de entradas de animais no rebanho que por sua vez predispõem ao ingresso e disseminação de agentes (OBIAGA et al., 1979; ASTUDILLO, 1984). Para identificar o tipo de produção animal relacionada à disseminação de agentes, Rosemberg (1986); Moraes (1993) e Brasil (2008) utilizaram-se da relação novilho vaca, calculada a partir do registro dos rebanhos de bovinos nas fazendas.

Avaliando a tendência de especialização dos criadores em função dos negócios pecuários, pode-se inferir que propriedades que comercializam bovinos para engorda (destino outra fazenda) e aquelas que comercializam para abate (destino frigorífico) podem ser classificadas como áreas de receptividade e vulnerabilidade respectivamente, desta forma calcular o semigrau interior e de saída em cada fazenda numa rede comercial de bovinos podem auxiliar na compreensão destas áreas.

A Guia de Trânsito Animal em vigência para todas as movimentações animais no país (BRASIL, 2006), quando emitida eletronicamente obedecendo às regras dos princípios sanitários, associados aos registros das ações em defesa sanitária animal, pode se tornar uma ferramenta importante na caracterização destas redes. Neste projeto, pretende-se analisar as redes de trânsito animal entre propriedades, para auxiliar nas atividades de vigilância epidemiológica do INDEA (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso) e nas políticas de prevenção e controle de doenças animais.



# OBJETIVOS

---



## 2 OBJETIVOS

A partir da análise da rede de trânsito animal no Estado obter uma metodologia que possa auxiliar na vigilância epidemiológica em um território complexo.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a rede de trânsito animal no Estado de Mato Grosso, com base na Guia de Trânsito Animal (GTA) e identificando a intensidade da relação comercial entre as propriedades e entre os ecossistemas geográficos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar a rede utilizando-se do número de fazendas que realizaram movimento em 2007, do número de animais movimentados e do número de lotes movimentados a partir de uma propriedade ou para certa propriedade;
- b) Analisar as características da rede de trânsito animal calculando a distribuição do semigrau interior e exterior das propriedades na rede;
- c) Descrever a rede com exemplos de aplicação prática para monitorar áreas de risco.



# **MATERIAIS E MÉTODOS**

---



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os registros das Guias de Trânsito Animal, a tabela de pecuaristas, o saldo das propriedades e a tabela de registro de frigoríficos, que compõem o banco de dados do Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA/MT (MATO GROSSO, 2008), referentes ao exercício 2007, serviram de base para realizar as análises das movimentações inter e intraestadual. O ano de 2007 pode ser considerado típico para o sistema produtivo, sem interferências negativas dos fatores econômicos (relacionados à descapitalização de proprietários ou desvalorização cambial acentuada), ambientais e aqueles relacionados ao aparecimento de enfermidades de interesse econômico.

Para o estudo das redes propriamente ditas utilizou-se os movimentos de gado do banco de dados de GTA's, obtidos da Coordenadoria de Controle das Doenças dos Animais (CCDA) que faz o registro dos movimentos de todos os bovinos do Estado de Mato Grosso, que detalha o movimento conforme o (Anexo I). Destacam-se para esse estudo a análise da movimentação entre fazendas de criação, estabelecimentos para realização de eventos agropecuários e plantas frigoríficas. Um movimento de uma fazenda para um estabelecimento qualquer foi considerado como saída ( $k_{out}$ ), e um movimento proveniente de qualquer fazenda para um estabelecimento foi considerado como entrada ( $k_{in}$ ). As fazendas com finalidade leiteira participam na produção de carne com bezerros desmamados destinados a centros de engorda e vacas abatidas ao final da vida reprodutiva.

Para simplificar o espaço pecuário a ser estudado fez-se um esquema dos componentes (pilares) do agronegócio para animais vivos, representando-os como sendo o conjunto de ecossistemas produtivos pecuários (fazendas de criação); o sistema de comercialização, que é a "mola mestra" que movimenta a cadeia; e, finalmente, os estabelecimentos de abate (final da cadeia produtiva). A figura 3 mostra a inter-relação entre esses componentes, parte importante da cadeia do agronegócio e permite a compreensão dos diferentes tipos de movimentação que podem aparecer, de acordo com os objetivos específicos da produção animal.



## Componentes do sistema produtivo pecuário para bovinos vivos

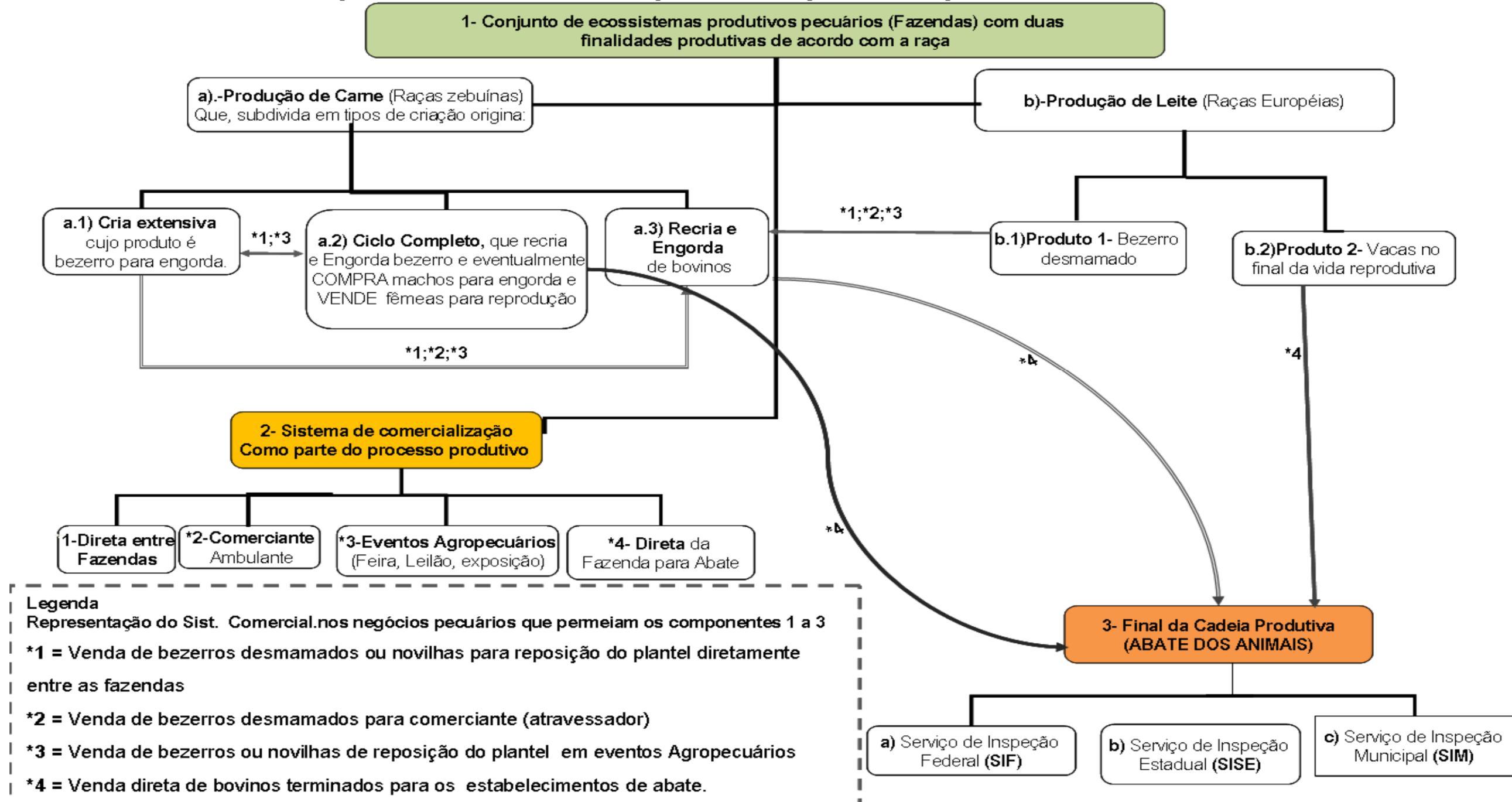


Figura 3 - Esquema da orientação dos componentes do sistema agro produtivo pecuário para animais vivos dentro do espaço agropecuário



### 3.1 MOVIMENTAÇÃO DO REBANHO

A descrição dos rebanhos bovinos no Estado foi feita com base no tamanho da população bovina em cada propriedade e a distribuição espacial destas propriedades no espaço pecuário matogrossense.

A análise foi ainda orientada para identificar a quantidade de movimentação dentro dos ecossistemas existentes e pela classificação das propriedades pela finalidade descrita na GTA, através da distribuição das quantidades e porcentagens de documentos emitidos e bovinos movimentados no período de janeiro a dezembro de 2007 no estado de Mato Grosso, ampliando a compreensão das possíveis redes de comunicação entre os três pilares que compõem o agronegócio no Estado, esquematizados na figura 3.

Em 2007, registrou-se a emissão de 577.063 GTA's, sendo 536.830 GTA's para a espécie bovina. Essa movimentação dos rebanhos pode também ser visualizada segundo as finalidades em mapas georreferenciados para identificar a localização das propriedades que enviam bovinos para abate, reprodução ou engorda.

Caracterizou-se a tipologia das movimentações dos rebanhos usando as propriedades de origem e destino dentro do Estado como unidades epidemiológicas de interesse. Elaboraram-se mapas georreferenciados para demonstrar a distribuição de propriedades e rebanhos de acordo com a quantidade e analisou-se a distribuição dos movimentos segundo finalidade nos ecossistemas geográficos. Estatísticas descritivas foram usadas para sintetizar os resultados.

### 3.2 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS

As distâncias praticadas para a movimentação dos lotes de animais foram calculadas usando as coordenadas geográficas da sede da propriedade conforme o cadastro de animais (MATO GROSSO, 2008). Quando a origem ou destino dos bovinos, indicados na Guia de Transito Animal (GTA), foi para outras unidades da federação utilizou-se o ponto da sede do município da malha municipal digital do Brasil (IBGE, 2007b).

Para a análise por finalidade de comercialização, observou-se a movimentação para abate (destino frigorífico), recria/engorda e reprodução (destino propriedades), e para leilão (destino um evento agropecuário).

Como exemplos de aplicação foram feitas duas análises: 1) Das movimentações com origem em propriedades localizadas na fronteira internacional (supostas áreas de risco) (BRASIL, 2008); 2) Das distâncias percorridas com origem em uma propriedade sabidamente positiva para brucelose no inquérito de 2006 (NEGREIROS et al., 2009a).

As GTA's para bovinos registradas no banco de dados eram inicialmente 555.031 documentos, para a análise foram descartados documentos que apresentaram inconsistências quanto à finalidade da movimentação e o estabelecimento de destino, permanecendo no banco 539.525 documentos. Para a análise das distâncias utilizou-se apenas **!A fórmula não se encontra na tabela** que apresentavam as coordenadas geográficas tanto na origem quanto no destino.

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES

O método para identificação das propriedades na rede de movimentação, segundo as finalidades de comercialização, foi orientado por um parâmetro no qual se espera que as propriedades especializadas em alguma finalidade de comercialização apresentam as seguintes características: subsistência (pecuária familiar, leiterias e sitiantes); engorda (enviaram bovinos com finalidade abate e não compraram ou compraram pouco para engorda); fazendas de cria (enviaram bovinos com finalidade engorda e não enviaram ou enviaram pouco para abate); ciclo completo (enviaram bovinos para abate e não compraram ou compraram pouco para engorda); "atravessadores" (compram e vendem para engorda e não vendem ou vendem pouco para abate) estas últimas são identificadas como aquelas propriedades que funcionam como "entreposto de compra e venda" e são características de comerciantes de bovinos que diferem das características dos criadores.

Foram utilizadas as finalidades abate e engorda para esta análise e as terminologias para a representação dos três eixos nos gráficos de três dimensões (3d) foram  $K_{in}Engorda$ ,  $K_{in}Abate$  e  $K_{out}Engorda$ .

### 3.4 ESTUDO DA REDE

Os registros do Sistema Informatizado de Animais (SIA) relativos ao ano de 2007 (MATO GROSSO, 2007) serviram de base para todas as análises. Esses registros são realizados nos 141 escritórios de defesa animal ao longo do ano, para atualização das informações dos cadastros de proprietários; propriedades rurais; rebanhos bovinos e registros de vacinações contra febre aftosa e

brucelose que são pré-requisito para emissão da Guia de Trânsito Animal (documento base para esse estudo) (MATO GROSSO, 1999).

As análises descritivas foram padronizadas para a propriedade (unidade epidemiológica de interesse), para estas foi analisado as o número de conexões entre fazendas consideradas as entradas e saídas, a quantidade de lotes de bovinos comercializados (GTA) e as quantidades de animais que entraram e saíram compiladas para os movimentos dos lotes de bovinos e para a soma da quantidade de bovinos. A descrição foi categorizada pelo tipo de comercialização (abate, entre fazendas e eventos agropecuários).

Construíram-se e analisaram-se as redes originadas do movimento de bovinos usando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e os pacotes igraph (CSARDI; NEPUSZ, 2006) statnet (MARK, 2003) e epicalc (CHONGSUVIVATWONG, 2010). Foram geradas matrizes da rede de movimentação de animais e gráficos específicos para cada tipo de análise.

As estatísticas descritivas foram usadas para resumir os resultados. A estimativa da distribuição de freqüência dos semigrau interior e exterior para os diferentes tipos de comércio agropecuário foram obtidos pela quantidade de fazendas contactantes, lotes e animais movimentados.

Estão descritas a seguir algumas definições e parâmetros das redes complexas (CALDARELLI, 2007):

- (1) *nós e arestas*: Os nós (ou vértices) são as unidades fundamentais de uma rede. No caso de redes de movimentação de animais, seriam os estabelecimentos (propriedades, frigoríficos e eventos agropecuários). As arestas (ou arcos) são as linhas que conectam dois vértices. Seriam as movimentações entre estabelecimentos, por lote ou por número de animais movimentados. A figura 4 abaixo exemplifica uma rede, indicando os nós e arestas.

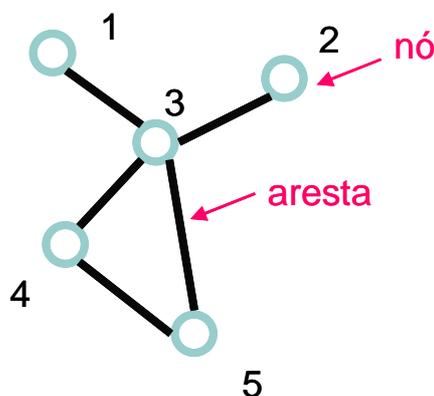


Figura 4 - Ilustração de uma rede, com indicação de nós e vértices

(2) *matriz de adjacência: A matriz de adjacência A é uma maneira de representar as arestas, ou seja, quais nós são adjacentes. Os elementos dessa matriz são tais que*

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se houver uma conexão partindo do nó } i \text{ para o nó } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Um exemplo de rede complexa e a respectiva matriz de adjacência estão mostrado na figura 5.

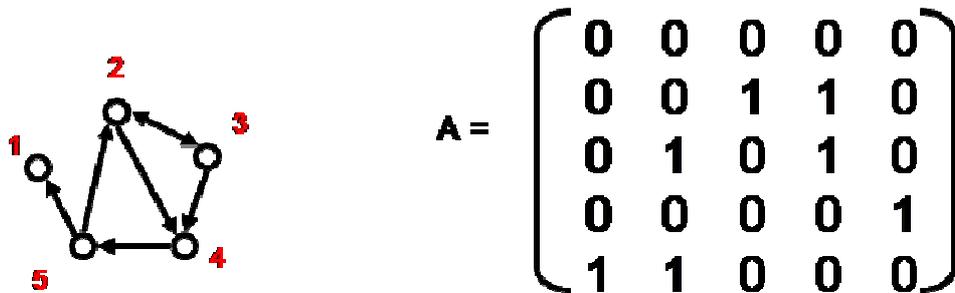


Figura 5 - Ilustração de uma rede e respectiva matriz de adjacência

Assim, se houver movimentação do estabelecimento  $i$  para o estabelecimento  $j$ , teremos  $a_{ij} = 1$ , e  $a_{ij} = 0$ , caso contrário.

(3) *grau*: número de arestas conectadas a um vértice. Um grafo direcionado apresenta um semigrau interior ( $k_{in}$ ) e um semigrau exterior ( $k_{out}$ ), que são, respectivamente, os números de arestas que chegam a e que partem de certo vértice. As equações para  $k_{in}$  e  $k_{out}$  são

$$k_{in} = \sum_{i=1}^N a_{ij}$$

$$k_{out} = \sum_{j=1}^N a_{ij}$$

Assim,  $k_{in}$  indica o número de propriedades das quais um estabelecimento específico comprou animais. No caso de uma matriz de adjacência ponderada pelo número de lotes (ou animais),  $k_{in}$  pode representar o número de lotes (ou de animais) comprados. Um comentário semelhante se aplica a  $k_{out}$  referindo-se à venda de animais. Para uma rede direcionada, o grau total é definido como

$$k = k_{in} + k_{out}$$

(d) *grau médio dos primeiros vizinhos:*

Considera-se que os nós de uma rede estão misturados de modo “assortativo”<sup>1</sup> em relação ao grau quando nós com graus iguais ou próximos estão mais conectados entre si do que com nós de graus diferentes. Assim, para analisar se uma rede apresenta comportamento “assortativo”, pode-se fazer uma análise de correlação entre o grau médio dos primeiros vizinhos,  $\langle k_{nn} \rangle$ , em função do grau do nó,  $k$ . Para um nó  $i$  de grau  $k_i$ , pode-se calcular o grau médio dos primeiros vizinhos através da equação

$$k_{nn,i} = \frac{\sum_{j=1}^N a_{ij} k_j}{k_i}$$

Para os nós de grau  $k$ ,  $\langle k_{nn} \rangle$  é a média dos graus médios dos primeiros vizinhos, calculados com base na expressão acima.

Se, na análise de correlação entre  $\langle k_{nn} \rangle$  e  $k$ , a correlação for positiva, considera-se que se trata de uma rede com comportamento “assortativo”, e, se a correlação for negativa, “disassortativo” em relação ao grau.

---

<sup>1</sup> Neologismo originário do termo em Inglês “assortative”.

Para o cálculo de  $\langle k_{mm} \rangle$ , foi necessário simetrizar a rede, de modo que a direção da movimentação foi ignorada, e simplificar a rede, considerando apenas a existência ou não de movimentação entre os estabelecimentos, não se considerando nem o número de lotes ou de animais movimentados.

### 3.4.1 Ajuste da distribuição de grau

Redes livres de escala seguem um padrão em que uma pequena parcela dos nós apresenta muitas conexões e uma grande parcela dos nós apresenta poucas conexões. Tais redes podem ser descritas através de uma lei de potência

$$P(k) = Ck^{-\alpha}$$

onde  $P(k)$  representa a probabilidade de que um nó da rede apresente grau  $k$  (ou seja, é equivalente à proporção de nós com grau  $k$ ),  $\alpha$  é o expoente da lei de potência e  $C$  é uma constante de normalização. Pode-se também definir um grau mínimo  $k_{\min}$  a partir do qual a distribuição de graus dos nós de uma rede siga a lei de potência.

Como algumas redes de movimentação animal seguiram o padrão de redes livres de escala (BIGRAS-POULIN, 2006; NATALE et al., 2009), é interessante verificar se a rede de movimentação de bovinos no Estado do Mato Grosso também segue este padrão. Para tanto, após os cálculos dos semigráus interior e exterior para os estabelecimentos da rede, é possível ajustar o parâmetros  $\alpha$ , e também estimar o valor de  $k_{\min}$ , seguindo os métodos descritos por Clauset et al. (2009). O método proposto por Clauset et al. (2009) não estima o parâmetro  $C$ , por se tratar de uma constante de normalização que pode ser obtida a partir dos valores de  $\alpha$  e de  $k_{\min}$ . Assim, para as movimentações de compra teremos uma distribuição de probabilidade

$$P(k_{in}) = C_{in} k_{in}^{-\alpha_{in}}$$

e, para as movimentações de venda, teremos

$$P(k_{out}) = C_{out} k_{out}^{-\alpha_{out}}$$

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

---



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram fruto da análise do saldo de bovinos registrados nas propriedades e das GTA's emitidas durante o ano de 2007, permitindo estudar a tipologia dos rebanhos, as distâncias percorridas, a rede de movimentação e aplicações práticas permitidas pelo estudo da rede.

### 4.1 CARACTERIZAÇÕES DO MOVIMENTO DE BOVINOS

Foi analisada a distribuição das propriedades de acordo com o tamanho de rebanho, com a divisão do total de propriedades em quintis (intervalos de 20% da distribuição cumulativa), obtendo-se os seguintes resultados: 20% do total de propriedades apresentam entre 1 e 18 cabeças, detendo 0,77% do rebanho do Estado; propriedades com 18 a 38 cabeças, detendo 2,23% do rebanho; propriedades com 38 a 79 cabeças, detendo 4,69% do rebanho; propriedades com 79 a 210 cabeças, detendo 10,82% do rebanho; e propriedades com rebanhos entre 210 e 136.005 cabeças, detendo 81,54% do rebanho. Deste modo, foi observada uma razão aproximada de 80/20, com 80% do rebanho concentrado em 20% das propriedades. A razão 80/20 é também conhecida como lei de Pareto (BARABÁSI, 2003), com potenciais implicações para a estrutura da rede de movimentação de animais.

A figura 6 e a tabela 2 mostram a distribuição das propriedades nos quintis e os intervalos para o tamanho dos rebanhos.

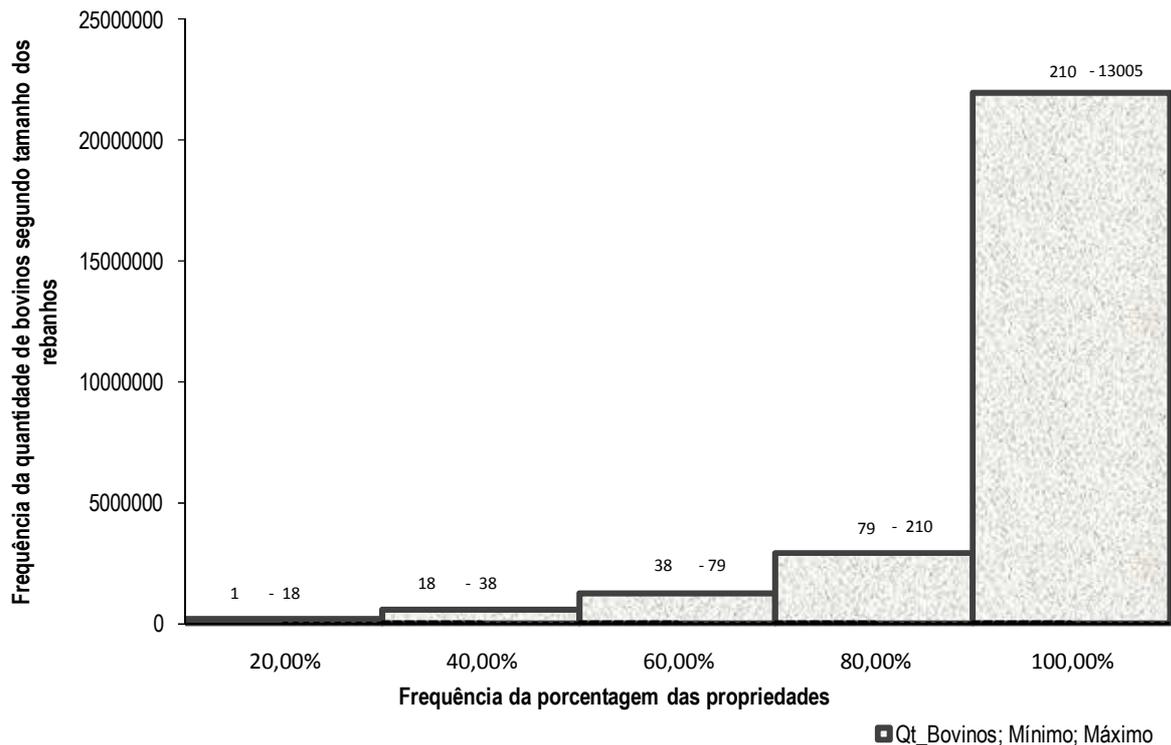


Figura 6 - Quantidade de bovinos em função do tamanho do rebanho por propriedade. Cada barra representa uma fração de 20% (quartil) das propriedades do Estado

Tabela 2 - Intervalos de rebanhos, distribuição da quantidade e porcentagem de bovino, segundo quantidade de propriedades e porcentagem – Mato Grosso - 2010

<b>Intervalos</b> <b>De rebanhos</b>	<b>Quantidade</b> <b>De Bovinos</b>	<b>% bovinos</b>	<b>Quantidade de</b> <b>Propriedades</b>	<b>% propriedades</b>
1 a 18 cabeças	208.635	0,77%	22.585	20,00%
18 a 38 cabeças	600.012	2,23%	22.585	20,00%
38 a 79 cabeças	1.249.000	4,64%	22.584	20,00%
79 a 210 cabeças	29.14.930	10,82%	22.585	20,00%
210 a 136005	21.964.723	81,54%	22.585	20,00%
<b>TOTAL</b>	<b>26.937.300</b>	<b>100,00%</b>	<b>112.924</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Sistema Informatizado de Animais (SIA) - Saldo de propriedades existentes em 31 de dezembro de 2007.

Dentre as 112.924 mil propriedades cadastradas nos 141 escritórios do INDEA/MT, 72.149 mil movimentaram animais em 2007. Destes, 65.773 realizaram trânsito para a espécie bovina, representando a pecuária mais importante do Estado do ponto de vista econômico.

Na análise segundo o ecossistema de origem e de destino, tanto a quantidade de bovinos movimentados (Tabela 3) quanto a de documentos emitidos (não mostrada, mas consistente com o número de bovinos) apresentam as maiores porcentagens observadas para movimentações dentro do

próprio ecossistema. Por exemplo, para o total de bovinos movimentados tendo como origem e destino o mesmo ecossistema, observamos os seguintes percentuais: ecossistema amazônico, 87,50%; Cerrado, 94,95%; e Pantanal, 50,28%.

Tabela 3 - Quantidade e porcentagem de bovinos movimentados por finalidade segundo ecossistema de origem e destino no Estado de Mato Grosso em 2007

Origem Destino	Amazônico		Cerrado		Pantanal		Total geral	
	Abate	*Total	Abate	*Total	Abate	*Total	Abate	*Total
Amazônico	1.652.190	5.991.652	26.398	194.854	0	13.078	1.678.588	6.199.584
	24,13%	87,50%	0,32%	2,36%	0,00%	1,13%	10,32%	38,13%
Cerrado	330.678	851.446	2.537.279	7.834.498	187.298	564.844	3.055.255	9.250.788
	4,83%	12,43%	30,75%	94,95%	16,11%	48,60%	18,79%	56,89%
Pantanal	0	4.539	71.860	221.657	95.450	584.375	167.310	810.571
	0,00%	0,07%	0,87%	2,69%	8,21%	50,28%	1,03%	4,98%
Total	1.982.868	6.847.637	2.635.537	8.251.009	282.748	1.162.297	4.901.153	16.260.943
	28,96%	100,00%	31,94%	100,00%	24,33%	100,00%	30,14%	100,00%

\*Total: Contém além do abate as finalidades Cria e Engorda; Reprodução; Leilão; Exposição e Esporte

Nas movimentações entre ecossistemas, chamam atenção, em termos percentuais, as movimentações de bovinos partindo do Pantanal (48,60% das movimentações deste ecossistema) e do ecossistema amazônico (12,43% do total deste ecossistema) para o Cerrado. Em números absolutos, a quantidade de bovinos com origem no Cerrado e destino Pantanal ou ecossistema amazônico é inferior à quantidade recebida pelo Cerrado proveniente de outros ecossistemas. Além disso, o menor número de bovinos (416.511 animais) enviados aos outros dois ecossistemas originou-se no Cerrado, equivalendo a 22,51% do total de bovinos enviados para outro ecossistema. De modo geral, foram 1.850.418 movimentados entre ecossistemas, representando 11,38% do total de bovinos movimentados (16.260.943 bovinos). Em relação a bovinos recebidos, incluindo movimentação interna, o ecossistema com menor intensidade de movimentação foi o Pantanal (4,98% do total de bovinos recebidos).

Do total de bovinos movimentados, 4.901.153 (30,14%) tiveram como finalidade o abate, sendo que, analisando a movimentação para abate segundo ecossistemas Amazônico, Cerrado e Pantanal, as porcentagens foram 28,96%, 31,94% e 24,33% respectivamente.

Quanto à quantidade de documentos emitidos, 40,5% (217.267 documentos) tiveram origem no ecossistema amazônico, 55,4% (297.614 documentos) no Cerrado e 4,1% (21.949 documentos) no Pantanal.

O resumo da comercialização em quatro categorias: bovídeos (bovinos e bubalinos); outras espécies de interesse econômico (aves, avestruz, caprinos, jacarés, leporinos, ovinos, peixes e suínos); animais de companhia e da fauna silvestre (caninos, felinos e animais silvestres), animais de trabalho (equinos, muares e asininos), apresentaram o seguinte resultado: bovídeos representam 96,18% (555.031) dos documentos emitidos e 43,87% (16.727) dos animais movimentados. Os resultados da movimentação em milhares de cabeças para os grupos de espécies movimentadas estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade e porcentagem de bovinos movimentados segundo ecossistema de origem e destino. Mato Grosso - 2010

	Origem									Total geral		
	Amazônico			Cerrado			Pantanal			Abate	Outras*	Total
Destino	Abate	Outras*	Total	Abate	Outras*	Total	Abate	Outras*	Total	Abate	Outras*	Total
Amazônico	1,7	4,3	6,0	0,01	0,2	0,2	0,0	0,01	0,01	1,7	4,5	6,2
	24,1%	63,4%	37,5%	0,3%	2,0%	2,4%	0,0%	1,1%	1,1%	10,3%	27,8%	38,1%
Cerrado	0,3	0,52	0,9	2,5	5,3	7,8	10,087	0,4	0,6	3,1	6,2	9,3
	4,8%	7,6%	12,4%	30,8%	64,2%	95,0%	16,1%	32,5%	48,6%	18,8%	38,1%	56,9%
Pantanal	0,0	0,01	0,01	0,07	0,2	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,6	0,8
	0,0%	0,1%	0,1%	0,9%	1,8%	2,7%	8,2%	42,1%	50,3%	1,0%	4,0%	5,0%
Total geral	2,0	4,86	6,9	2,6	5,6	8,3	0,3	0,9	1,2	4,9	11,6	16,3
	29,0%	71,0%	100%	31,9%	68,1%	100%	24,3%	75,7%	100%	30,1%	69,9%	100%

\*Outras: Cria e Engorda; Reprodução; Leilão; Exposição e Esporte

Em 2007, 139 municípios comercializaram para o abate, sendo que o mínimo e máximo foram, respectivamente, 775 e 190.710 animais por município num total abatido de 5.128.482, conforme a figura 7. Os municípios com maior quantidade de animais enviados para abate podem ser potencialmente áreas de cria ou engorda. Observa-se uma provável concentração de centros de engorda nos municípios localizados a Oeste do Estado nos limites com os Estados do Amazonas, Rondônia e República da Bolívia. Cabe salientar que, na escala de município, a existência de poucas propriedades com elevada comercialização para abate pode influenciar diretamente na classificação daquele município, indicando que a análise da rede de movimentação tendo as propriedades como unidades epidemiológicas seria uma forma mais adequada de fazer inferências quanto à classificação.

Os municípios que produziram bovinos para engorda, o que reflete uma provável classificação de propriedades de cria ou ciclo completo, estão distribuídas em todo o Estado, com uma menor concentração de bovinos na parte central do Estado e na região noroeste (limite entre Rondônia e Amazonas) e na região Sudeste do Estado (Figura 8).

Os municípios que comercializaram bovinos para reprodução localizam-se a Noroeste, Sudoeste, alguns municípios do Sudeste e Nordeste do Estado, indicando uma provável concentração de propriedades de Cria ou Ciclo Completo (Figura 9).



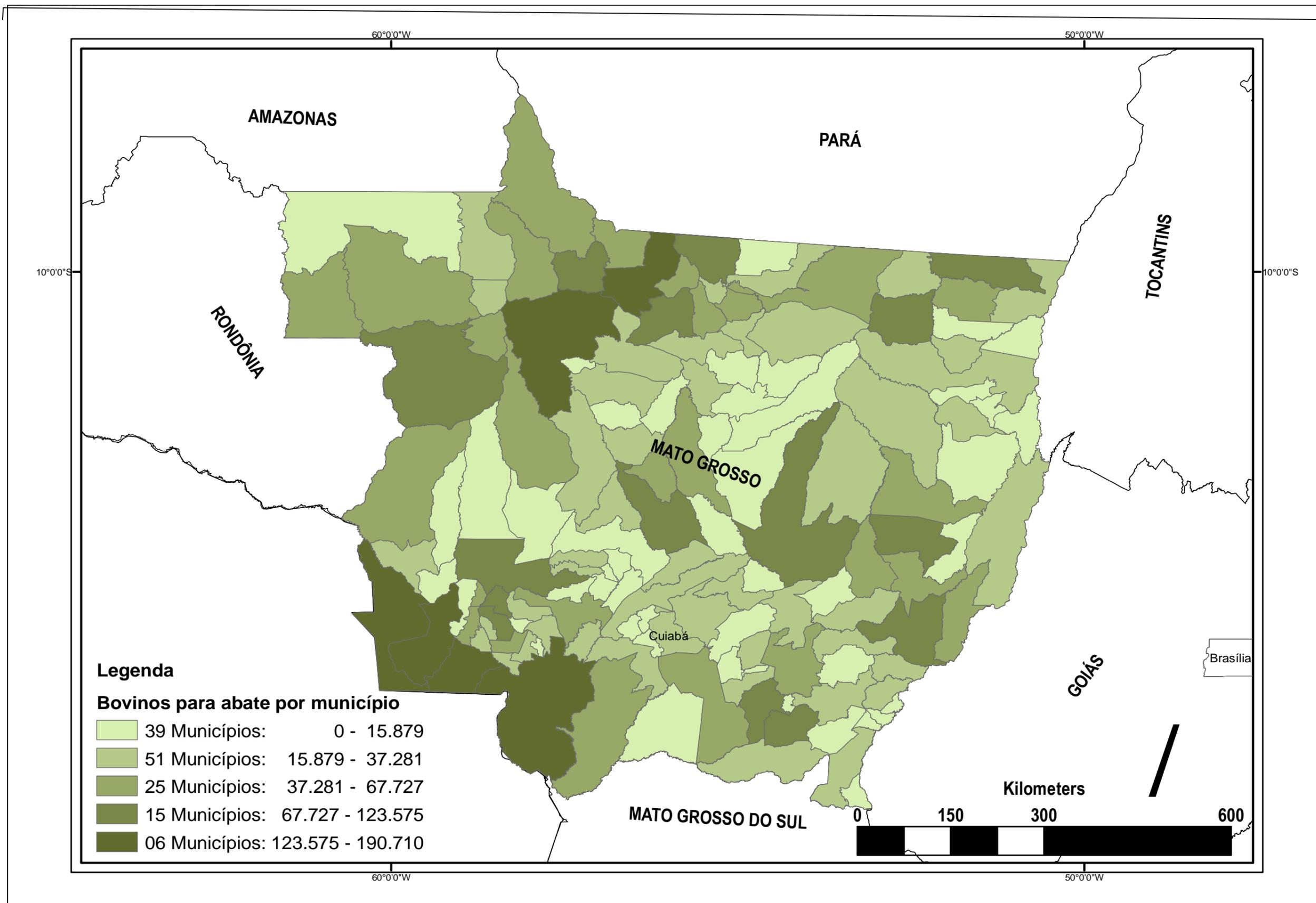


Figura 7 - Distribuição dos bovinos movimentados por município de origem segundo finalidade abate, no período de janeiro a dezembro de 2007



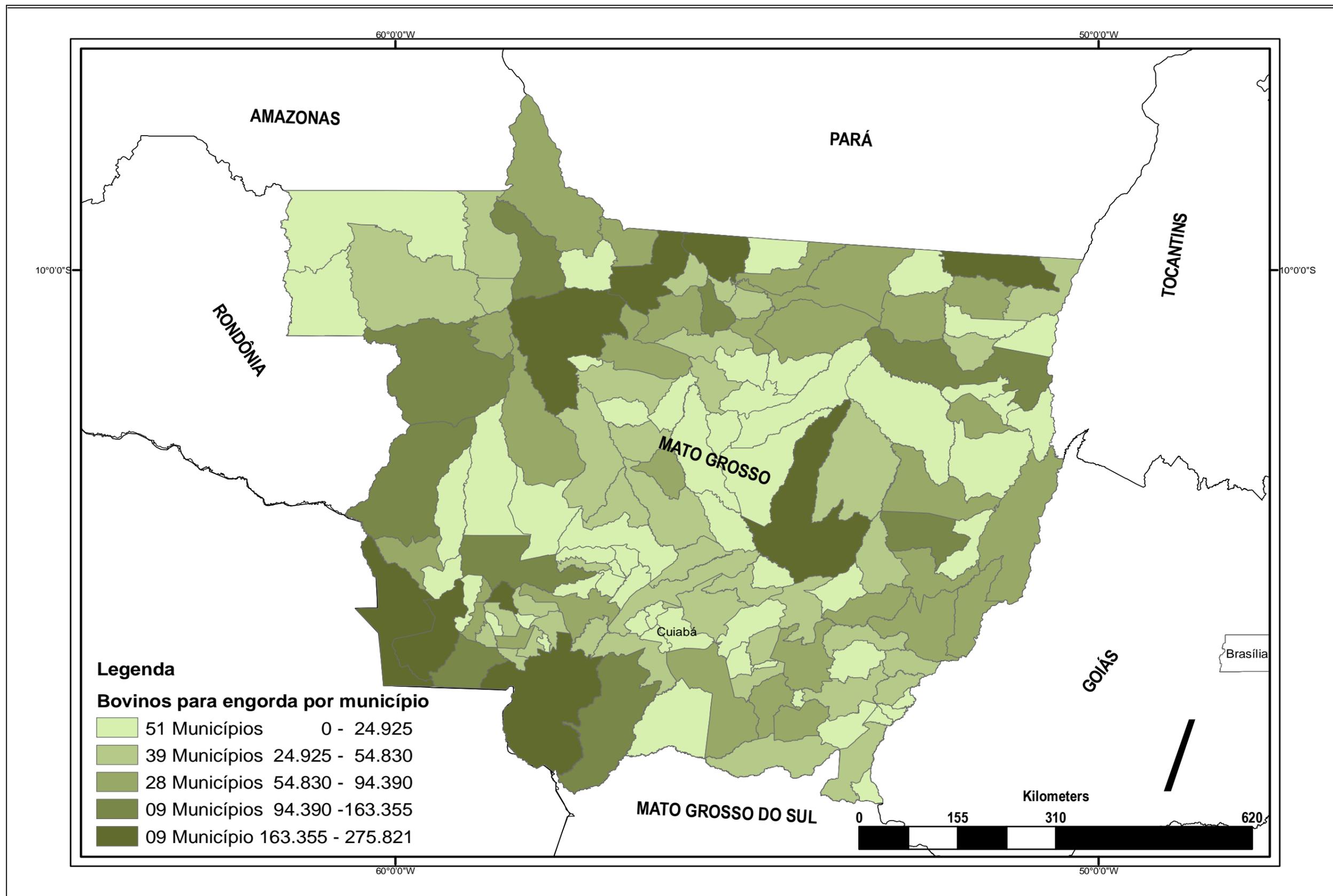


Figura 8 - Distribuição dos rebanhos movimentados por município de origem segundo finalidade engorda no período de janeiro a dezembro de 2007



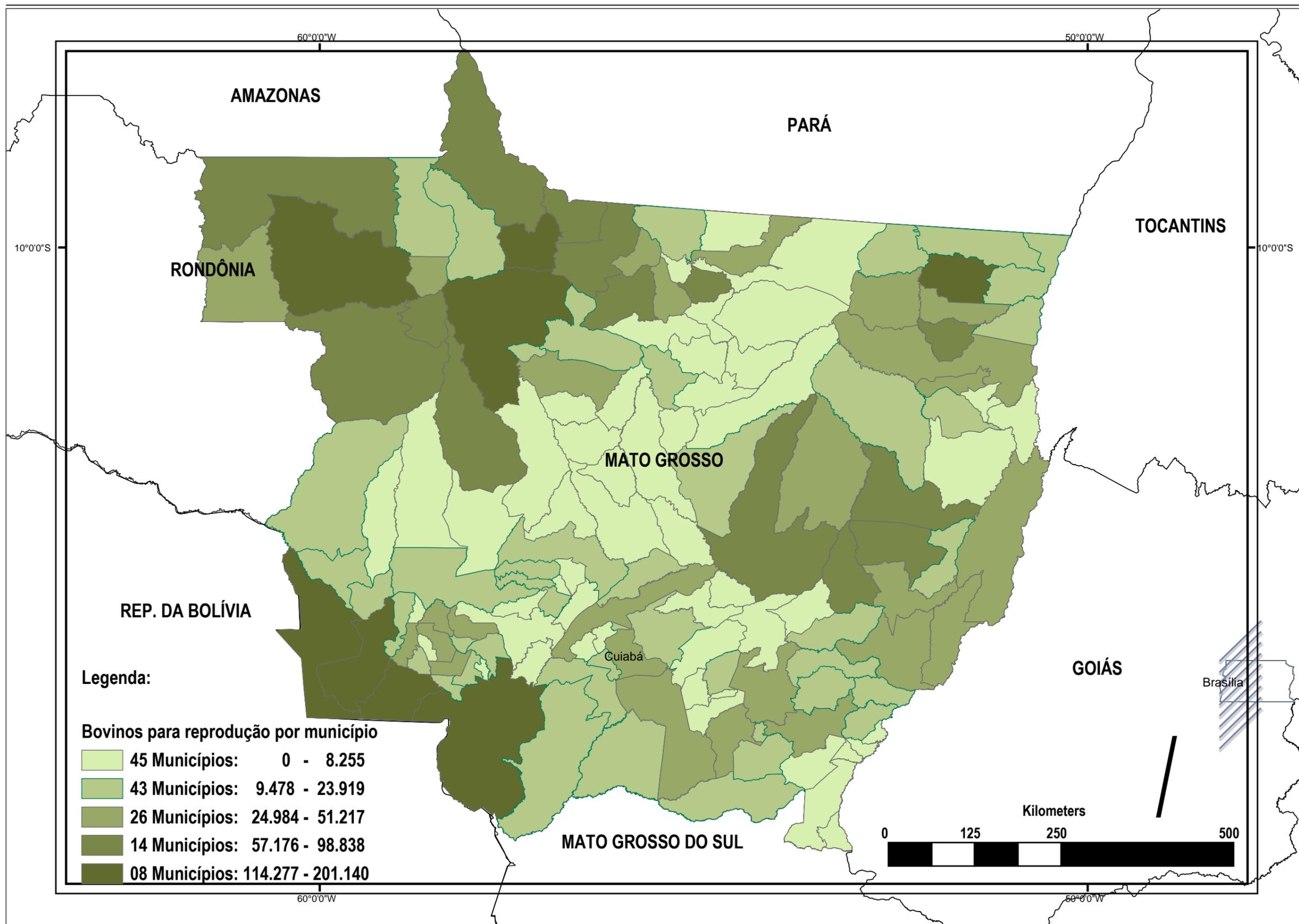


Figura 9 - Distribuição dos rebanhos movimentados por município de origem segundo finalidade reprodução no período de janeiro a dezembro de 2007.



Observando os mapas das figuras 7 e 8, nota-se que alguns municípios (localizados principalmente a Oeste do Estado nos limites com os Estados do Amazonas, Rondônia e República da Bolívia) apresentam elevada movimentação de animais tanto para abate, quanto para engorda e reprodução. Foram observadas poucas movimentações de animais provenientes de municípios com áreas de preservação ambiental.

O gráfico da figura 10 descreve a oscilação da movimentação dos bovinos ao longo dos meses do ano indicando redução do movimento nos meses de maio e novembro que coincide com as etapas oficiais de vacinação contra febre aftosa, nos meses de janeiro e fevereiro (férias dos frigoríficos e estação chuvosa respectivamente) e finalmente o mês de setembro com início da estação de “estação de natalidade”. A oscilação em termos percentuais varia pouco nos demais meses do ano, no entanto é importante salientar que embora seja uma variação pequena, a cada 1% de variação estamos falando de 167.300 animais.

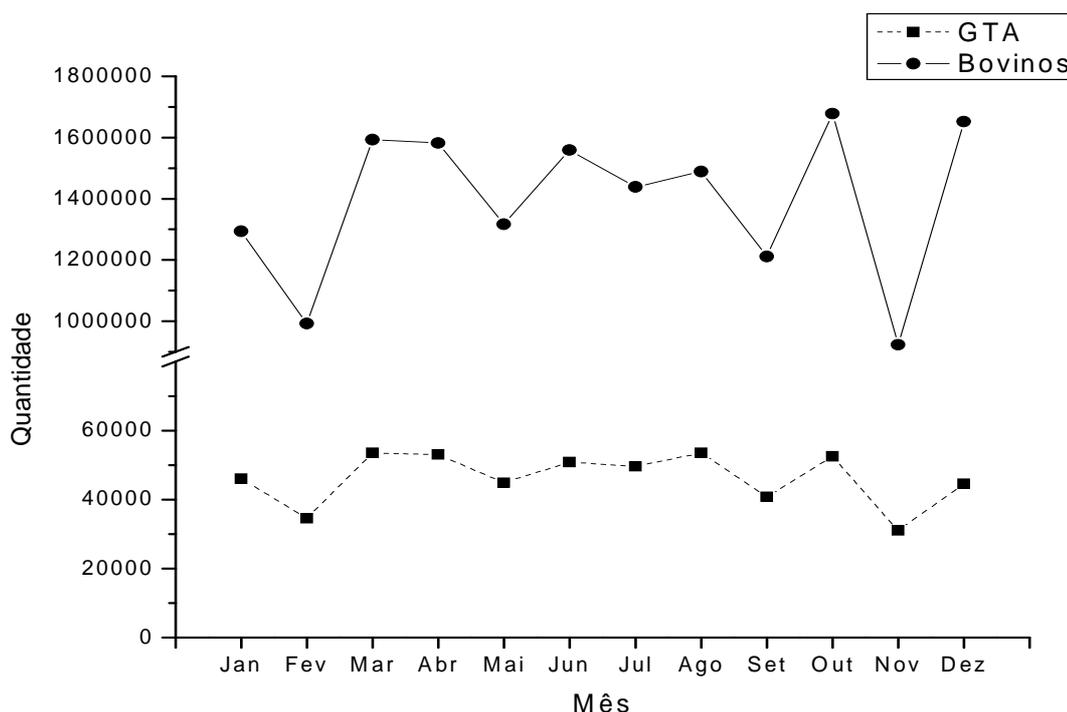


Figura 10 - Quantidade de documentos emitidos e bovinos movimentados no período de janeiro a dezembro de 2007 no estado de Mato Grosso

A análise da tabela 5 aponta para uma movimentação intensa entre os municípios mato-grossenses sem, no entanto, enviar animais para fora do Estado, quando detectamos que 479.148

bovinos (2,65%) do total são movimentados para fora do Estado contra 17.630.065 (97,35%) movimentados dentro do Estado para todas as finalidades.

Tabela 5 - Distribuição de movimentação dos rebanhos bovino-bubalinos, inter e intraestadual em Mato Grosso segundo finalidades em 2007

Finalidade	Intraestadual	% relativa ao total movimentado no Estado	Interestadual	% relativa ao total movimentado no Estado	Total
Abate	5.795.288	32,00%	270.669	1,49%	6.065.957
Cria/Engorda	7.482.904	41,32%	186.066	1,03%	7.668.970
Cria/ Reprodução	3.950.783	21,82%	21.841	0,12%	3.972.624
Exposição	19.271	0,11%	406	0,00%	19.677
Leilão	381.608	2,11%	157	0,00%	381.765
Esporte	211	0,00%	9	0,00%	220
<b>Total</b>	<b>17.630.065</b>	<b>97,35%</b>	<b>479.148</b>	<b>2,65%</b>	<b>18.109.213</b>

Foi observada uma razão aproximada 80/20, com 80% do rebanho concentrado em 20% das propriedades. Deste modo, há um grande número de unidades epidemiológicas com um pequeno rebanho e uma pequena quantidade de propriedades com grandes rebanhos, que formariam poucos nós em uma rede com intensa comercialização. A identificação destes nós oferece ao sistema de defesa uma ferramenta poderosa para vigilância epidemiológica dos rebanhos de corte.

Na análise segundo o ecossistema de origem e de destino, a maioria das movimentações ocorreu internamente em cada ecossistema. O ecossistema com menor intensidade de bovinos recebidos foi o Pantanal (4,98% do total de animais recebidos, incluindo movimentação interna) e o Cerrado foi o ecossistema que mais recebeu (318.253 bovinos, 25,79% do total de animais enviados para outro ecossistema) e o que menos enviou bovinos entre ecossistemas

Foi observada concentração de animais enviados ao abate por poucos municípios, com igual observação na engorda e reprodução. Esses dados reforçam a necessidade de análise da distribuição dos rebanhos por propriedade e fortalece a idéia de que a GTA é importante ferramenta de classificação das propriedades quanto à receptividade e vulnerabilidade quando se constrói a rede de movimentação orientada pelas finalidades de produção.

Os municípios que produziram bovinos para engorda, pressupostas fazendas de cria ou ciclo completo, estão distribuídas em todo o Estado, com menor importância no centro e região Noroeste do Estado; os municípios que enviaram para abate, pressupostos centros de engorda, localizam-se a Oeste do Estado; e os municípios que enviaram para reprodução, pressupostas

propriedades de cria ou ciclo completo, localizam-se a Noroeste, Sudoeste, e alguns municípios do Sudeste e Nordeste do Estado.

O percentual de movimentação interestadual foi de 2,65% do total de animais movimentados. O predomínio é, portanto, de movimentações dentro do Estado.

A série histórica da movimentação em eventos agropecuários (2002 a 2007) indicou aumento da quantidade de eventos em 2007 sem, no entanto, aumentar a quantidade de bovinos comercializados que teve a máxima registrada em 2003. A oportunidade de espalhamento de doenças oferecida pela comercialização em eventos mantém a importância do estudo de redes entre eventos e fazendas.

A dificuldade em manter um cadastro atualizado em um espaço pecuário da dimensão do Estado de Mato Grosso motiva a caracterização da rede pecuária para disponibilizar ao serviço de defesa e vigilância epidemiológica uma ferramenta que viabilize tanto retrospectiva quanto prospectivamente a aplicação de medidas adequadas ao controle, prevenção e intervenção em enfermidades endêmicas e aquelas já erradicadas que porventura venham acometer os rebanhos.

A complexa conectividade dos três pilares da cadeia do agronegócio (fazendas, frigoríficos e a rede de comercialização) necessita de medidas que respondam rapidamente a qualquer ameaça à sanidade dos rebanhos, mantendo a informação atualizada nos extremos da cadeia (criador e consumidor) e auxiliando nas atividades de vigilância epidemiológica.

#### 4.2 ANÁLISES DAS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS DE BOVINOS

Os bovinos movimentados para frigoríficos, propriedades e leilão que tiveram origem ou destino em qualquer unidade federativa e aqueles que movimentaram dentro do Estado, percorreram em média 127,6; 73,85 e 69,70 quilômetros, respectivamente, demonstrando que as movimentações são realizadas em distâncias curtas dentro do Estado. Levando-se em conta as origens e destino, as distâncias mais longas tiveram como origem Mato Grosso e destinos Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais. Os ingressos de bovinos em Mato Grosso com as distâncias mais longas tiveram como origem o estado de Minas Gerais destinados a propriedades rurais e evento agropecuário. A figura 11 aponta as origens e destinos relacionados ao ingresso e egresso de bovinos no Estado de Mato Grosso.

As distâncias percorridas pelos bovinos, quando consideradas as origens em qualquer Unidade da Federação, as finalidades do movimento orientadas para frigoríficos, propriedades e leilão destinados aos municípios do Estado de Mato Grosso foram em média 116,70; 66,85 e 67,07

quilômetros. Em relação às origens em outras Unidades Federativas, registrou-se a entrada de animais provenientes do Estado de Minas Gerais em propriedades e leilão respectivamente.

Em estudo análogo para o movimento intraestadual com destino a frigoríficos, propriedades e leilão, desconsiderando as entradas e saídas para outras Unidades da Federação, observou-se que as distâncias médias foram de 116,70; 66,76 e 66,74 quilômetros. A análise descritiva indica que 75% do movimento para frigoríficos não ultrapassa 166 quilômetros e metade do movimento percorre menos de 92 quilômetros; 75% do movimento com destino a propriedades não ultrapassa 86,07 quilômetros e metade do movimento percorre menos de 42,38 quilômetros; e 75% do movimento para leilões não ultrapassa 89,63 quilômetros sendo que a metade do movimento percorre menos de 52,96 quilômetros. A distância máxima registrada foi 1.084 km para o movimento entre propriedades.

A análise descritiva do cálculo das distâncias praticadas para o movimento de lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino qualquer Unidade da Federação; origem qualquer Unidade da Federação com destino a Mato Grosso e para o movimento interno são apresentadas na tabela 6, tendo sido analisados 254.100 GTA's para frigoríficos, 249.065 para propriedades e 11.097 para eventos agropecuários.

As entradas provenientes de outros Estados com maiores distâncias registradas foram do Estado de Minas Gerais com destino a propriedades e leilão (1.448,00 e 952,20 quilômetros, respectivamente).

Tabela 6 - Distâncias percorridas (km) pelos lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino qualquer Unidade da Federação; origem em qualquer Unidade da Federação e destino Mato Grosso; origem e destino Mato Grosso, comercializados para frigoríficos, fazendas e eventos agropecuários em 2007– Mato Grosso – 2010

		Estabelecimento com coordenadas	Distância Mínima	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Distância Máxima
Origem MT, destino qualquer UF	Frigorífico	254.100	0,04	47,97	94,98	127,60	175,10	1.509,00
	Propriedade	249.065	0,00	20,02	43,16	73,85	89,27	2.733,00
	Evento agropecuário	11.097	1,03	26,48	53,38	69,70	90,86	1.321,00
Origem qualquer UF, destino MT	Frigorífico	241.963	0,04	45,79	90,84	116,70	166,30	794,30
	Propriedade	243.451	0,00	19,56	42,41	66,90	86,49	1448,00
	Evento agropecuário	11.700	1,03	26,74	53,33	67,29	90,76	952,20
Movimento intraestadual	Frigorífico	241.963	0,04	45,79	90,84	116,70	166,30	794,30
	Propriedade	243.414	0,00	19,55	42,40	66,76	86,45	1.084,00
	Evento agropecuário	11.049	1,03	26,73	53,31	66,74	90,26	703,40

Observou-se que embora não ocorra movimento interestadual em quantidade significativa, alguns lotes alcançaram distâncias longas (Tabela 6). Do ponto de vista de espalhamento de enfermidades, principalmente aquelas de alto poder disseminação nos rebanhos ou para as doenças reprodutivas esse conhecimento pode ser importante para as medidas de rastreabilidade. A figura 11 apresenta os locais de origem e destino para os lotes que apresentaram a distância máxima de movimentação.



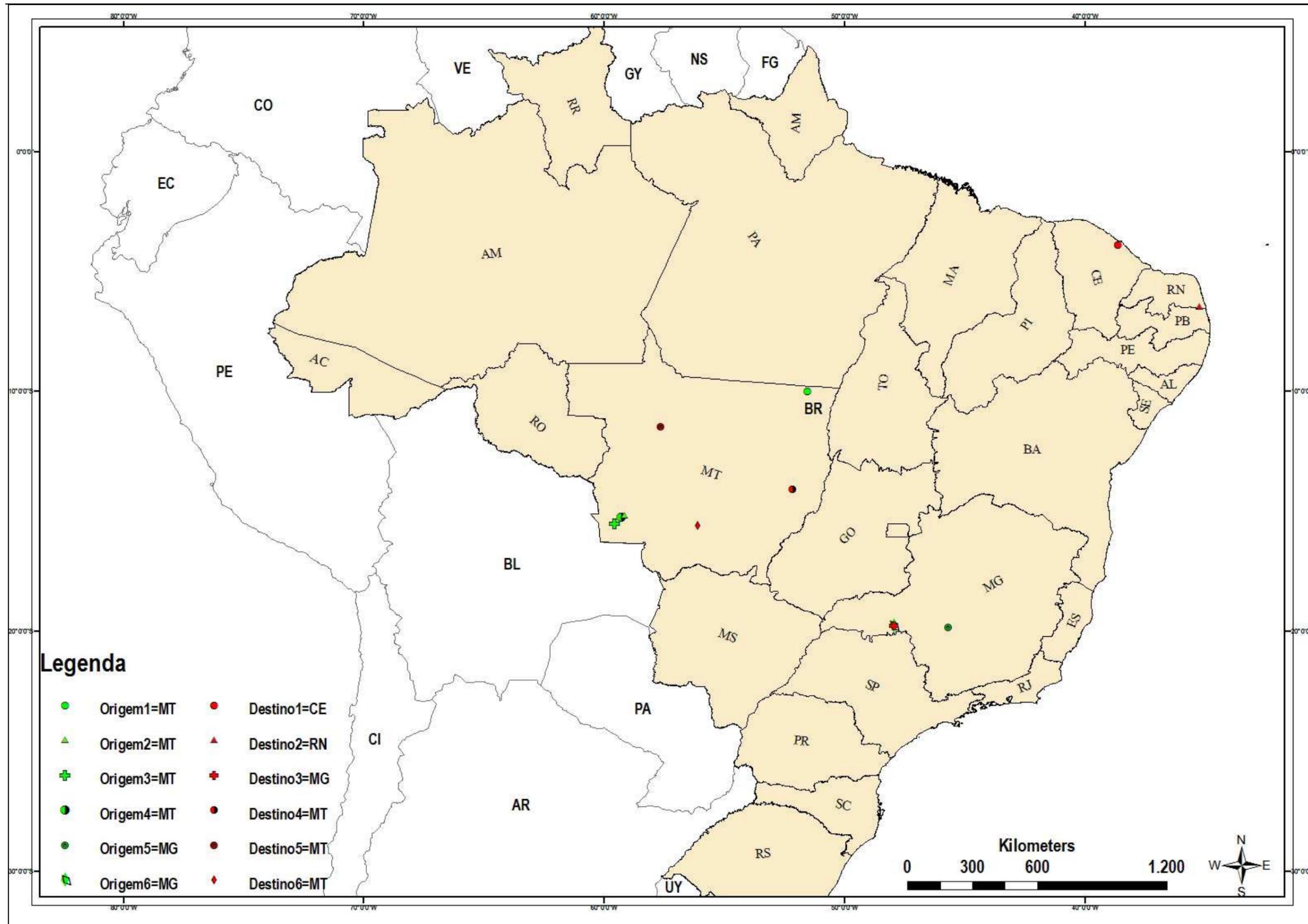


Figura 11 - Localização dos lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino qualquer Unidade da Federação; origem em qualquer Unidade da Federação e destino Mato Grosso, comercializados para frigoríficos, fazendas e eventos agropecuários em 2007 – Mato Grosso – 2010



Os resultados dos cálculos das distâncias percorridas pelos lotes de bovinos com origem em Mato Grosso e destino a qualquer Unidade da Federação; com origem em qualquer Unidade da Federação e destino Mato Grosso e com origem e destino Mato Grosso, destinados à frigoríficos, fazendas e eventos agropecuários estão representadas nas figuras 12 à 14.

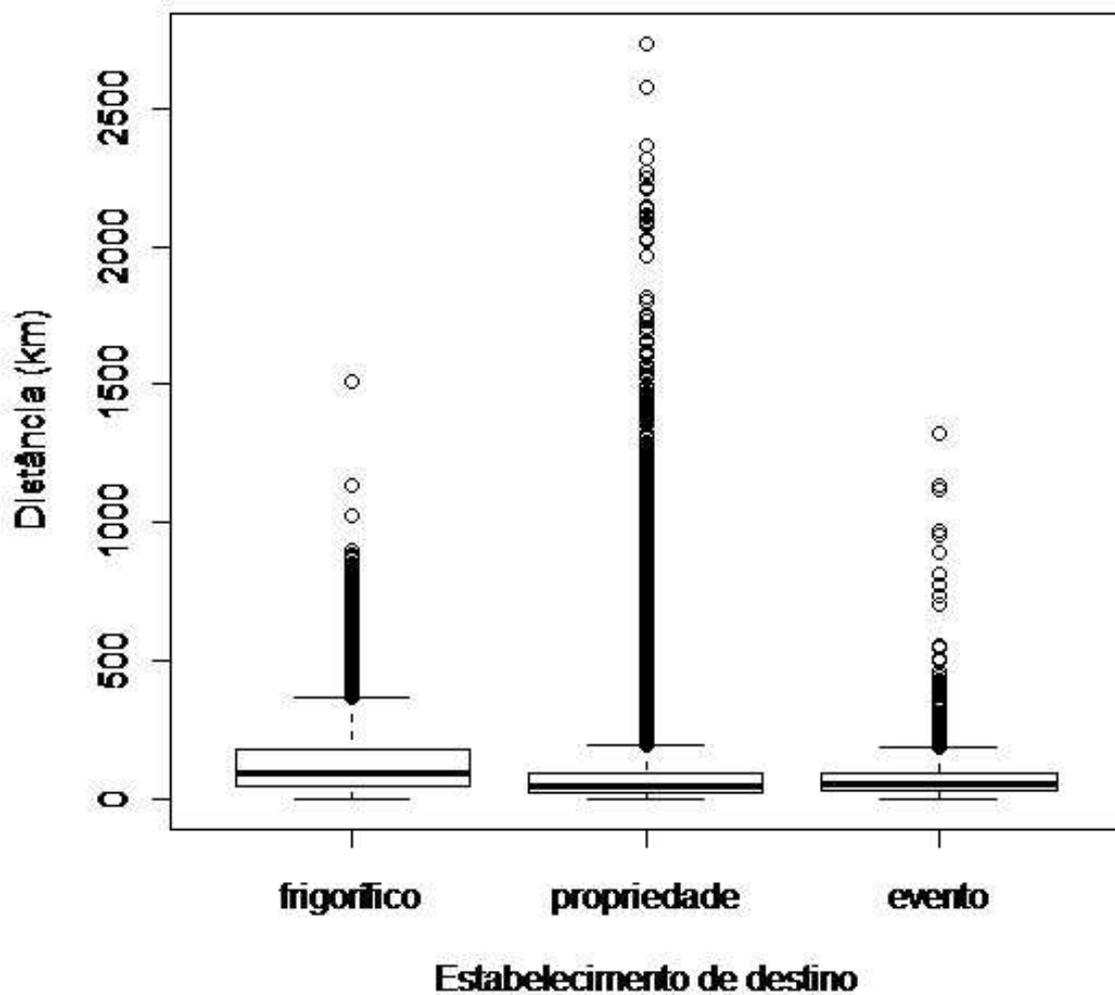


Figura 12 - Representação das distâncias percorridas (Km) pelos lotes de bovinos no movimento inter e intraestadual para frigoríficos, propriedades e eventos agropecuários, em 2007 – Mato Grosso - 2010

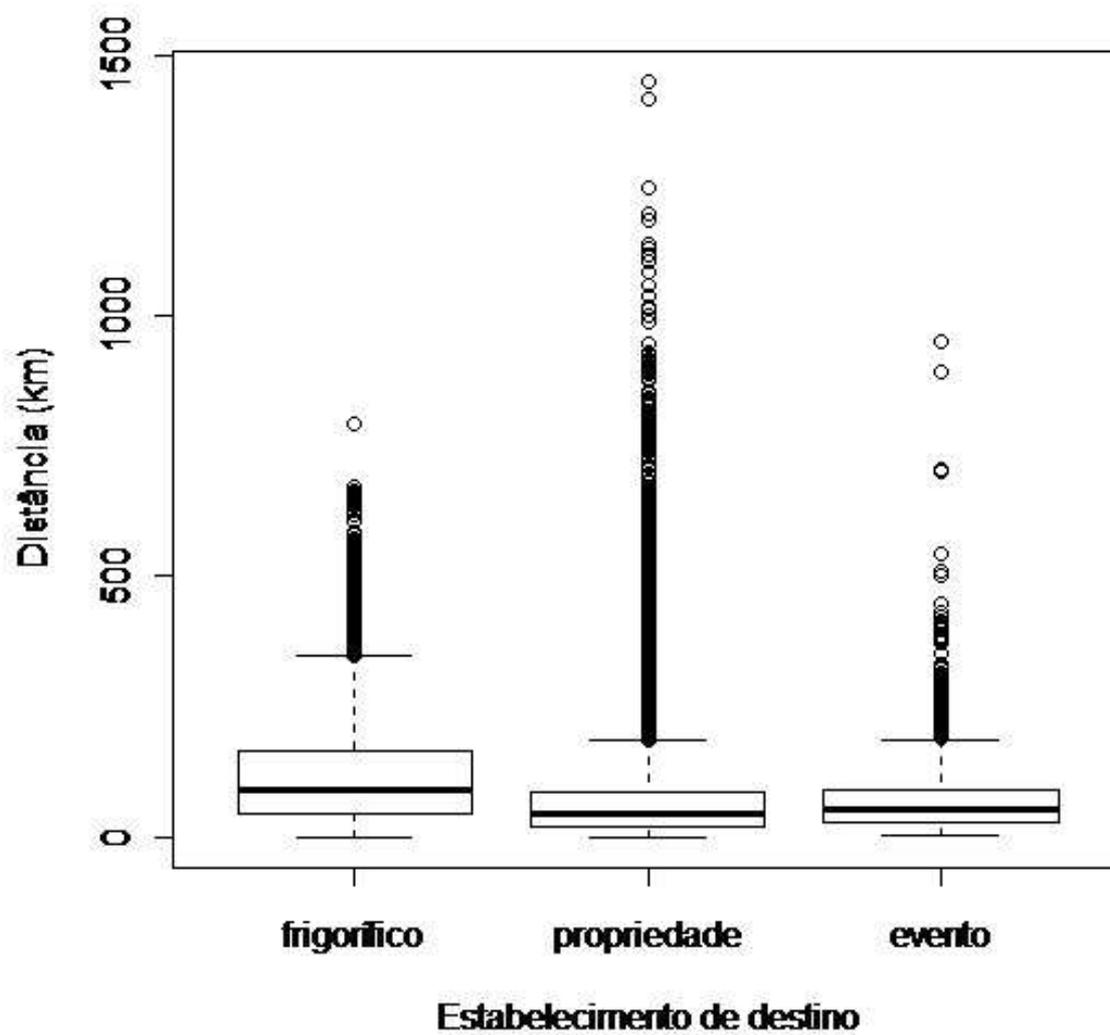


Figura 13 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos provenientes de qualquer unidade da Federação com destino a frigoríficos, leilões e fazendas de Mato Grosso em 2007 – Mato Grosso - 2010

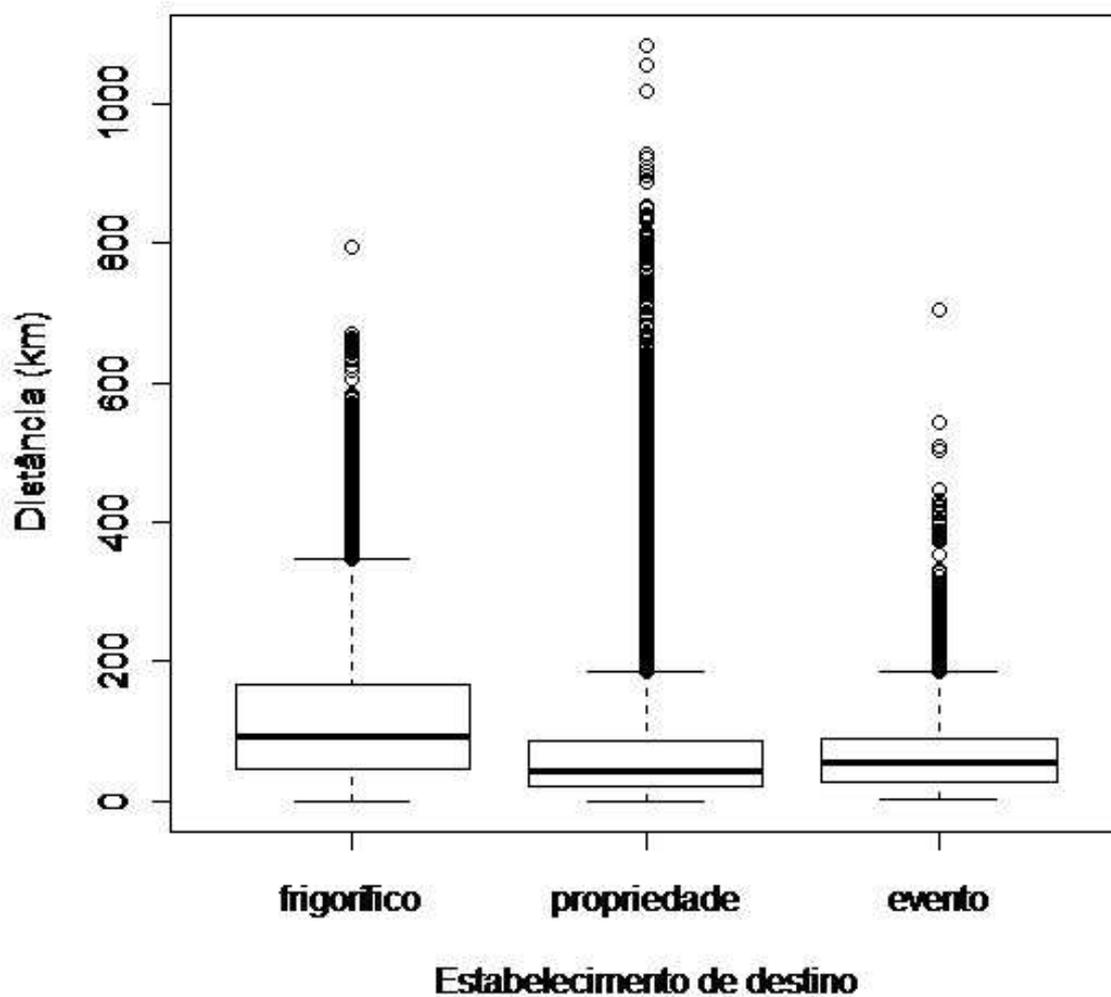


Figura 14 - Identificação da origem e destino dos lotes de bovinos provenientes de qualquer unidade da federação com destino a frigoríficos, leilões e fazendas de Mato Grosso em 2007 – Mato Grosso - 2010

O resultado das análises para distâncias entre os centros de engorda e as plantas frigoríficas indica uma proximidade entre estes estabelecimentos pecuários com interesses afins, como também indicam que os bovinos movimentados com finalidade para engorda e reprodução não são comercializados a distâncias muito longas. Estudos anteriores realizados em populações menores indicaram distâncias curtas entre o frigorífico e a fazenda (JOAQUIM, 2002; RIBEIRO, 2009) confirmadas pelos resultados obtidos na análise de toda a movimentação do Estado durante um ano.

A constatação de que as distâncias médias para movimentos destinados a frigoríficos, propriedades e eventos agropecuários foram inferiores a 116,70 km confirmam que a maioria da movimentação é proveniente do próprio Estado de Mato Grosso.

#### 4.3 APLICAÇÕES PRÁTICA DO ESTUDO DAS DISTÂNCIAS

Entre as propriedades sabidamente positivas no inquérito para brucelose realizado em 2006 foi identificado o envio de um lote de bovinos com finalidade reprodutiva a uma distância máxima de 938,80 km, tendo como destino o estado de Goiás. No entanto, foi calculada as distâncias médias percorridas pelos animais provenientes destas propriedades comercializado para todas as finalidades e os resultados revelaram que os bovinos percorreram em média 73,75 km para qualquer finalidade, e para propriedades com a finalidade reprodução a distância média foi 81,90 km. Análise similar para bovinos movimentados para qualquer finalidade com origem em propriedades localizadas na fronteira internacional indicou uma distância média de 60,43 quilômetros.

A análise descritiva (Tabela 7) indica que 75% do movimento com origem em propriedade positiva para brucelose e comercializados para qualquer finalidade atinge distâncias máximas de 82,72 quilômetros e metade do movimento percorre menos de 43,95 quilômetros. Análise similar para finalidade reprodução revela que 75% do movimento percorre distância inferior a 77,72 quilômetros e metade do movimento percorre menos 41,73 quilômetros.

No estudo para lotes de bovinos provenientes da fronteira, observa-se que 75% do movimento é realizado em distâncias menores que 74,10 quilômetros sendo que a metade do movimento não ultrapassa 39,35 quilômetros. Em relação aos locais de origem, a distância máxima registrada foi 938 km entre propriedades cuja origem dos bovinos foi uma propriedade com brucelose e 2.316 quilômetros quando a origem foi uma propriedade de fronteira (Figura 15).

Os resultados encontrados indicam que o controle da movimentação orientada pela finalidade do comércio, o conhecimento do saneamento da propriedade de origem e avaliação das propriedades localizadas em áreas consideradas como de risco para reintrodução de enfermidades constitui-se em medida de prevenção de grande valia para reduzir o espalhamento de enfermidades tanto de importância reprodutiva quanto de importância comercial.

Considerando os resultados para os bovinos provenientes da fronteira (faixa de 15 km estabelecida para vigilância ativa), movimentam nos arredores das propriedades onde foram criados sendo que 75% das movimentações não ultrapassam 74,10 quilômetros.

Tabela 7 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos, em 2007 que tiveram origem propriedades com resultado positivo para brucelose no inquérito de 2006 ou em propriedades de fronteira – Mato Grosso - 2010

	<i>Estabelecimentos com coordenadas</i>		<i>Análise estatística das distâncias em Km</i>				
	N	Distância Mínima	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Distância Máxima
Resultados para as distâncias percorridas pelos lotes de bovinos com origem em propriedades com resultado positivo para brucelose							
Para qualquer finalidade	1.343	0,00	22,48	46,12	73,75	82,72	938,80
Com finalidade reprodução	445	0,00	22,18	42,45	81,90	79,01	938,80
Resultados para as distâncias percorridas pelos lotes de bovinos com origem em propriedades localizadas na fronteira internacional							
Origem na faixa de 15 km da fronteira	6.999	0,00	17,18	38,85	60,43	72,98	2.316,00



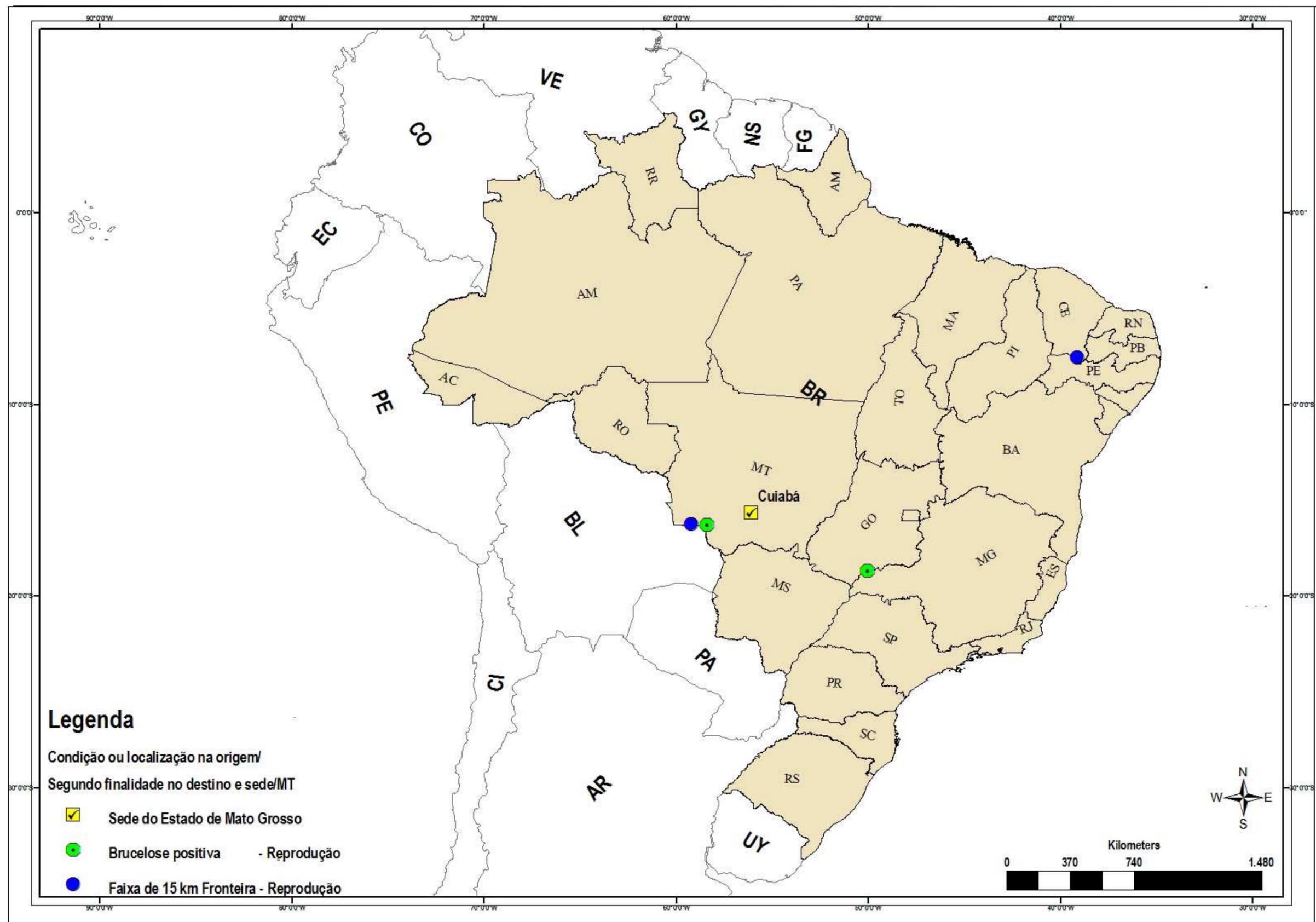


Figura 15 - Localização dos lotes de bovinos comercializados em 2007, com origem em fazendas com resultado positivo para brucelose; fazendas localizadas na faixa de 15 km da fronteira internacional, destinados a qualquer finalidade e para reprodução – Mato Grosso - 2010



As distâncias percorridas pelos lotes de bovinos comercializados para qualquer finalidade e para finalidade reprodução, cuja origem foi uma propriedade positiva para brucelose comercializando para qualquer finalidade, bem como as distâncias percorridas pelos bovinos com origem em propriedades localizadas na faixa de 15 km da fronteira internacional são apresentadas na figura 16.

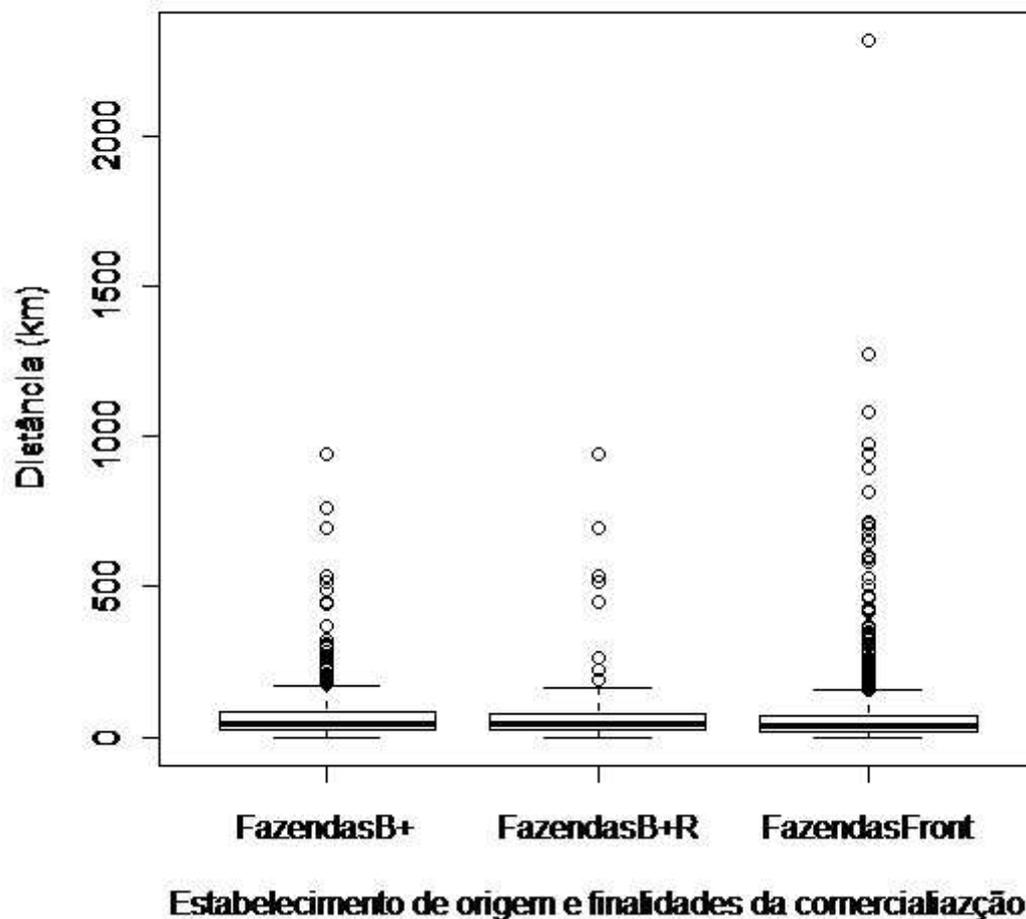


Figura 16 - Distâncias percorridas (km) por lotes de bovinos que tiveram origem em uma propriedade com resultado positivo para brucelose no inquérito 2006 para qualquer finalidade, para finalidade reprodução e distâncias percorridas pelos lotes que tiveram como origem uma propriedade localizada na faixa de 15 km da fronteira internacional – Mato Grosso - 2010

As distâncias curtas reveladas na análise da movimentação de bovinos provenientes de propriedades da fronteira internacional indicam comercialização local, o que favorece a tomada de decisão para medidas de prevenção naquela localidade.

#### 4.4 ANÁLISE DA REDE DE MOVIMENTAÇÃO

A rede comercial de movimentação de bovinos em 2007 formou-se por 76.277 nós conectados distribuídos em todo o Estado, na qual se observa a presença de propriedades com semigrau interior ou exterior zero, indicando a existência de nós na rede que não compraram ( $k_{in}=0$ ) ou não venderam ( $k_{out}=0$ ), sendo que esses estabelecimentos realizaram pelo menos uma movimentação durante o ano, com no mínimo, uma conexão ou de entrada ou de saída.

Considerando-se as propriedades como centro de entrada e saída de bovinos observa-se em termos quantitativos, para 75% dos lotes de entrada ( $k_{in}$  lote), o máximo de lotes entrando em uma propriedade é igual ou inferior a dois e para 75% dos lotes de saída ( $k_{out}$  lote), o máximo de lotes partindo de uma propriedade são iguais ou inferiores a seis. As máximas registradas foram  $k_{in}=21.690$  lotes e  $k_{out}=1.582$  lotes.

Em analogia estudou-se as entradas e saídas de animais que quantitativamente registrou-se para 75% das propriedades a entradas não superiores 62 bovinos e saídas igual ou inferiores a 143 bovinos. As máximas registradas foram de  $k_{in}=380.500$  bovinos e  $k_{out}=53.950$  bovinos (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise descritiva da rede de comercialização de lotes (GTA's) e da quantidade de bovinos comprados e vendidos segundo entradas ( $k_{in}$ ) e saída ( $k_{out}$ ) de pelo menos um lote de bovinos ou de um bovino em 2007 - Mato Grosso - 2010

Semigrau interior e semigrau exterior para nº de lotes e nº de bovinos	Minima	1º Quartil	Mediana	Media	3º Quartil	Máxima
K	0	19	64	416,80	234	382.300
( $k_{in}$ ) lote	0	0	1	7,02	2	21.690
( $k_{out}$ ) lote	0	1	2	7,02	6	1.582
( $k_{in}$ ) bovinos	0	0	5	208,4	62	380.500
( $k_{out}$ ) bovinos	0	8	37	208.4	143	53.950

N=76.277 nós na rede

Para ilustrar a rede de movimentação de bovinos foram construídos gráficos estatísticos em histogramas, boxplots e gráficos de dispersão contemplando as entradas e saídas nas propriedades ora de lotes de bovinos ora de bovinos, analisando também a relação entre bovinos comprados e vendidos segundo o tipo de estabelecimento (fazendas ou frigoríficos) de origem e destino.

Os gráficos das figuras 17 à 19 indicam para o último quartil uma concentração da movimentação quando se leva em conta tanto a entrada quanto a saída de bovinos na rede de comercialização, tendo nos histogramas uma tanto para  $k_{in}$  (bovinos comprados) quanto para  $k_{out}$  (bovinos vendidos) uma queda brusca da curva indicando a relação encontrada na regra 80/20 quando calculado que para um número de nós igual a 76.277 aproximadamente 62 mil (81,3%) compraram de zero a 100 bovinos e 14.277 mil (18,7%) compraram de 100 a 2000 mil bovinos

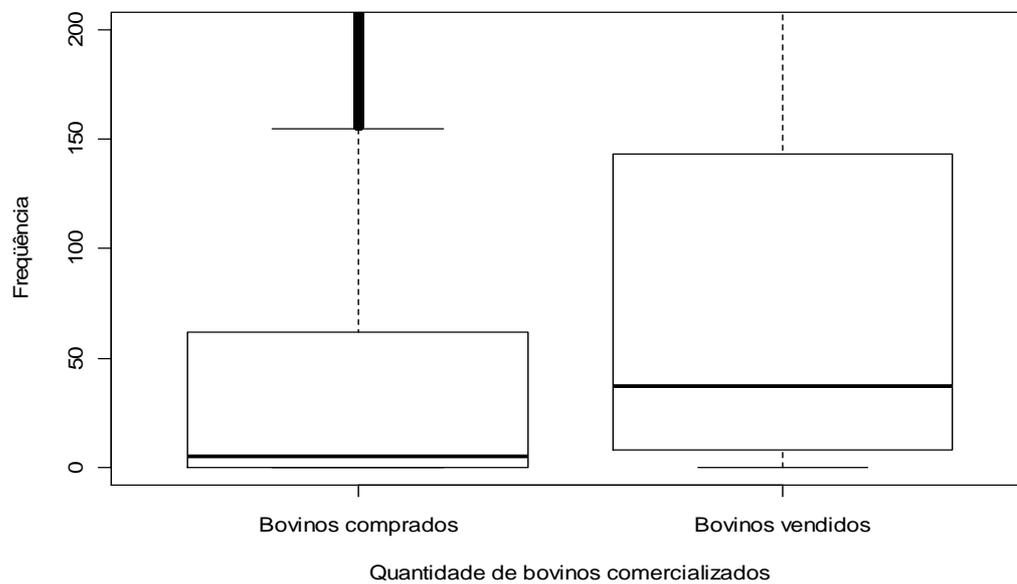


Figura 17 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram pelo menos um bovino em 2007 – Mato Grosso - 2010

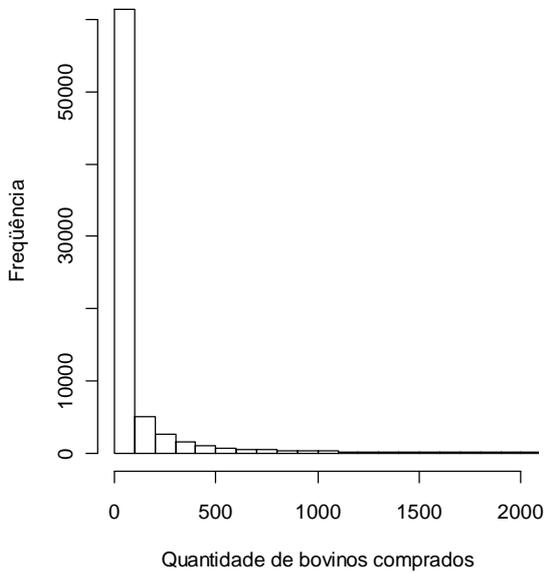


Figura 18 - Frequência da quantidade de bovinos comprados pelos estabelecimentos que movimentaram bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010

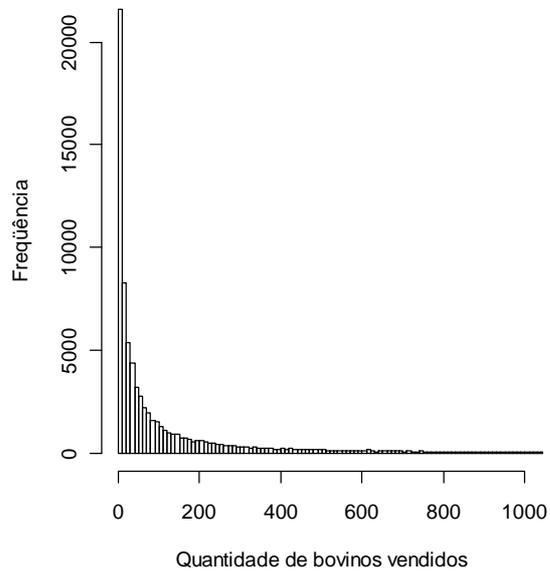


Figura 19 - Frequência da quantidade de bovinos vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010

A análise dos gráficos das figuras 20 à 24, construídos para representar as entradas e saídas de lotes (GTA's) na rede, indica uma maior quantidade de movimentação no último quartil. Nos três primeiros quartis os estabelecimentos compram ou vendem no máximo dois (2) e seis (6) lotes respectivamente, indicando que poucos compram de muitos e muitos vendem para poucos.

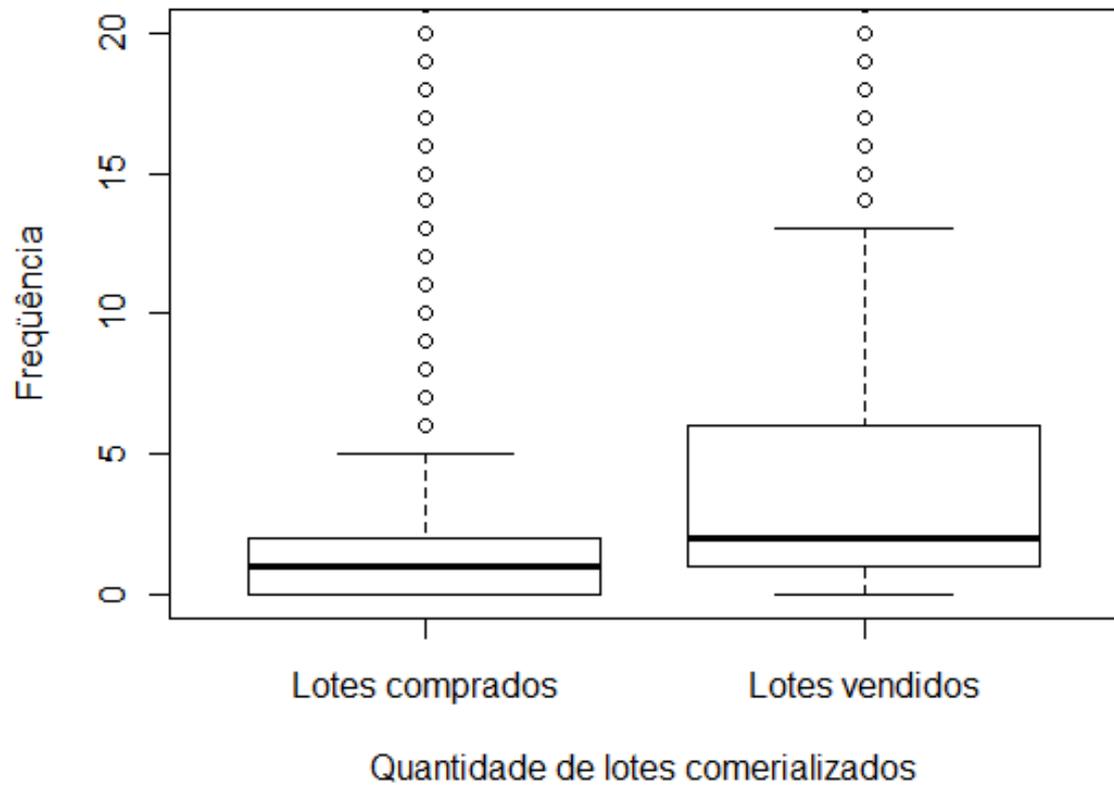


Figura 20 - Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que movimentaram pelo menos um lote de bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010

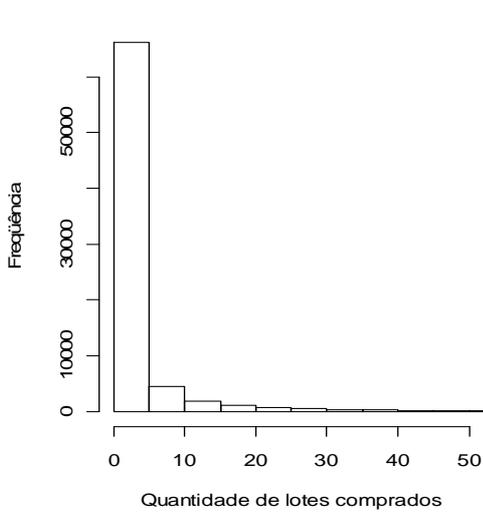


Figura 21 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010

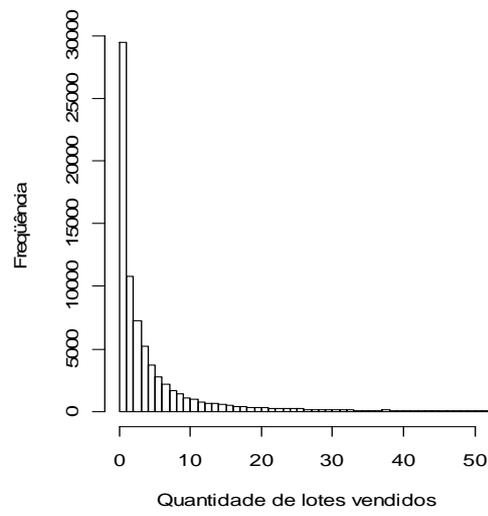


Figura 22 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos comprados segundo estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010

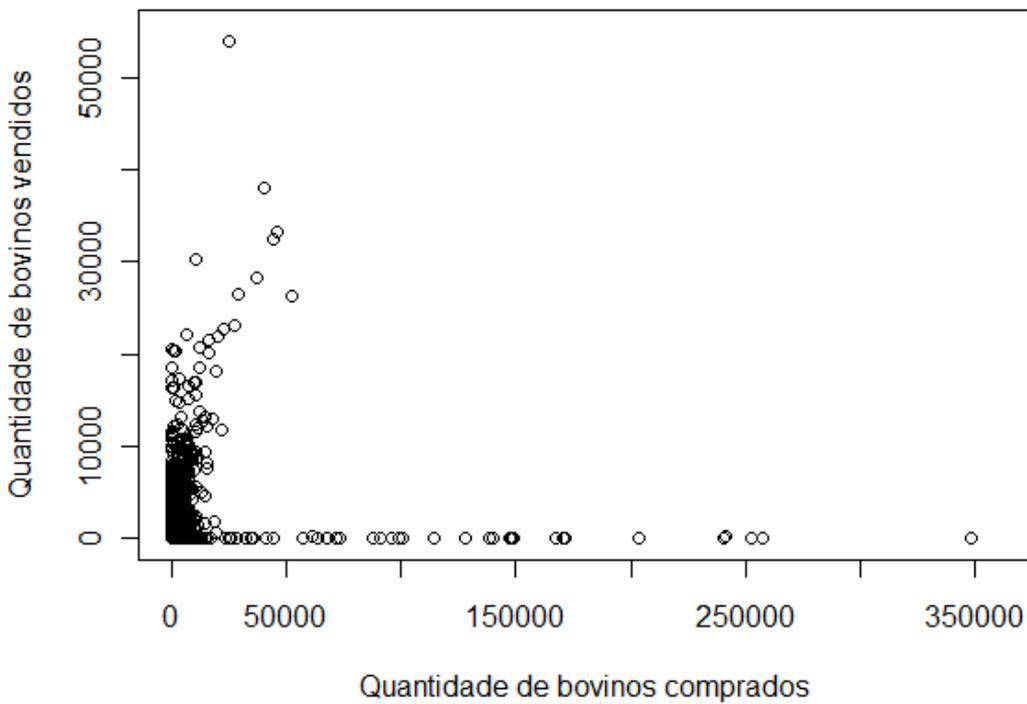


Figura 23 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007– Mato Grosso - 2010

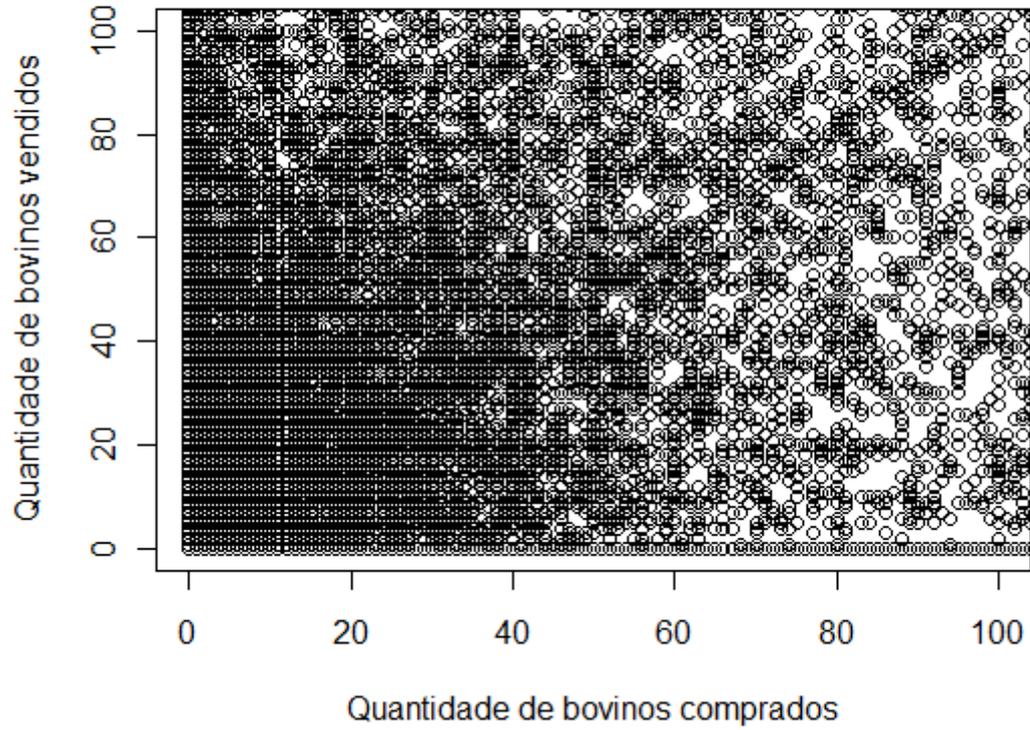


Figura 24 - Frequência da quantidade de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007, em escala máxima de 100 animais – Mato Grosso - 2010

Os gráficos relacionados à quantidade de lotes comprados ou vendidos estão representados pelas figuras 25 à 27.

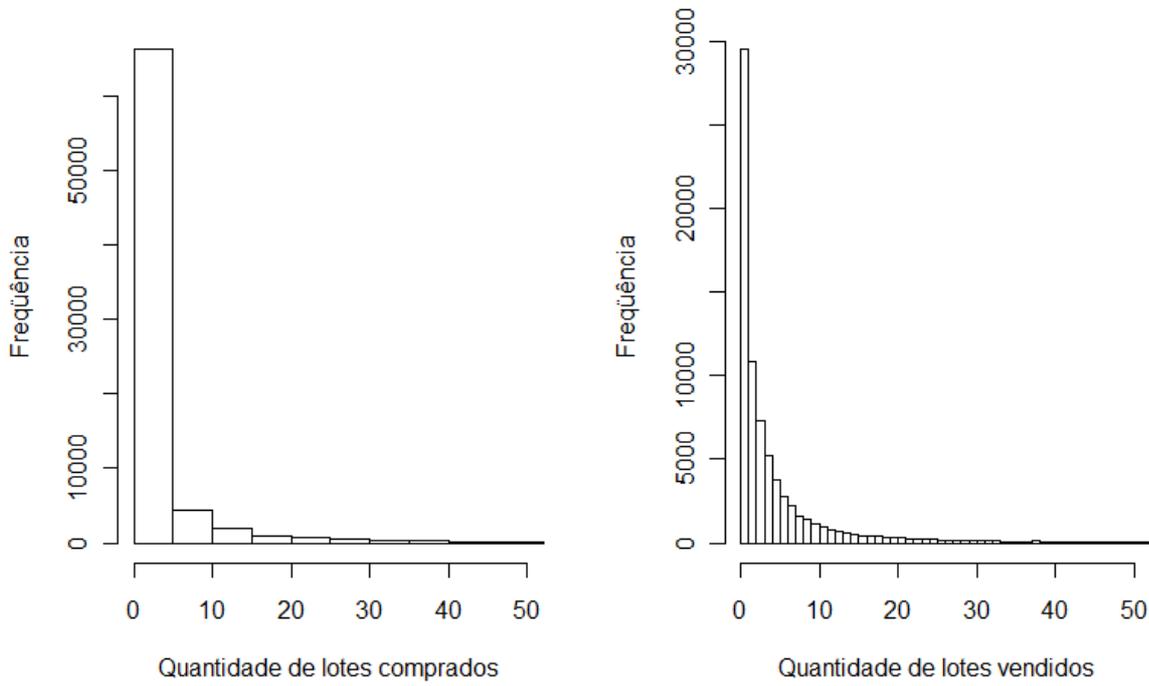


Figura 25 - Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007- Mato Grosso - 2010

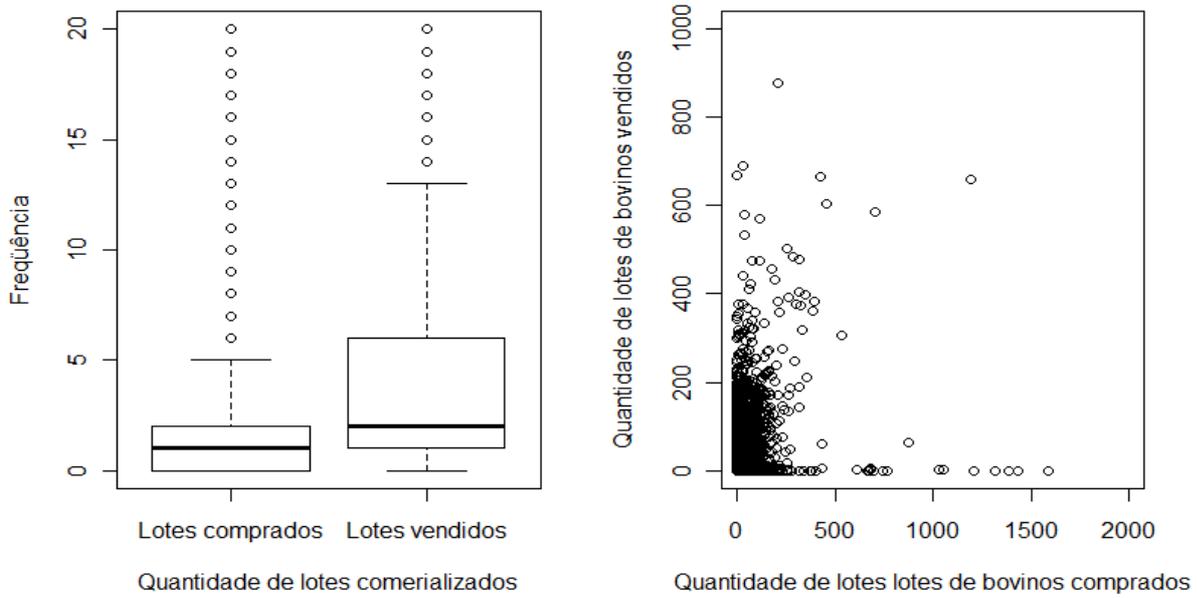


Figura 26 - Frequência da quantidade de lotes comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010

Figura 27 - Frequência da quantidade de lotes de bovinos comprados e vendidos pelos estabelecimentos que comercializaram em 2007 – Mato Grosso - 2010

A análise descritiva para o semigrau interior e exterior em cada fazenda permitiu identificar o número de propriedades das quais um estabelecimento comprou ( $k_{in}$ ) e o número de estabelecimentos para os quais uma propriedade vendeu ( $k_{out}$ ).

A tabela 9 apresenta os resultados da análise descritiva do grau, semigrau interior e semigrau exterior da rede de comercialização de mato grosso.

Tabela 9 - Análise descritiva do grau de comercialização da rede ( $k$ ), do semigrau interior ( $k_{in}$ ) e semigrau exterior ( $k_{out}$ ) em cada fazenda em 2007. Mato Grosso - 2010

	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
( $k$ ) = grau	0,0	1	3	5,3	5	1.522
( $k_{in}$ )= Semigrau interior	0,0	0	1	2,7	2	1.521
( $k_{out}$ )= semigrau exterior	0,0	1	2	2,7	3	178

N= 76.277

Observou-se que em 75% da rede um estabelecimento comprou e/ou vendeu animais no máximo de cinco diferentes estabelecimentos. Analisando em separado o semigrau interior observa-se que em 75% da rede um estabelecimento recebe bovinos de no máximo duas diferentes fazendas enquanto que para o semigrau exterior uma propriedade envia bovinos para no máximo três outros estabelecimentos, sendo o semigrau interior máximo encontrado foi de 1521 (provavelmente um frigorífico) e o semigrau exterior máximo encontrado foi de 178 (provavelmente um evento agropecuário ou um confinamento). Os gráficos em boxplot da rede de comercialização são apresentados na figura 28.

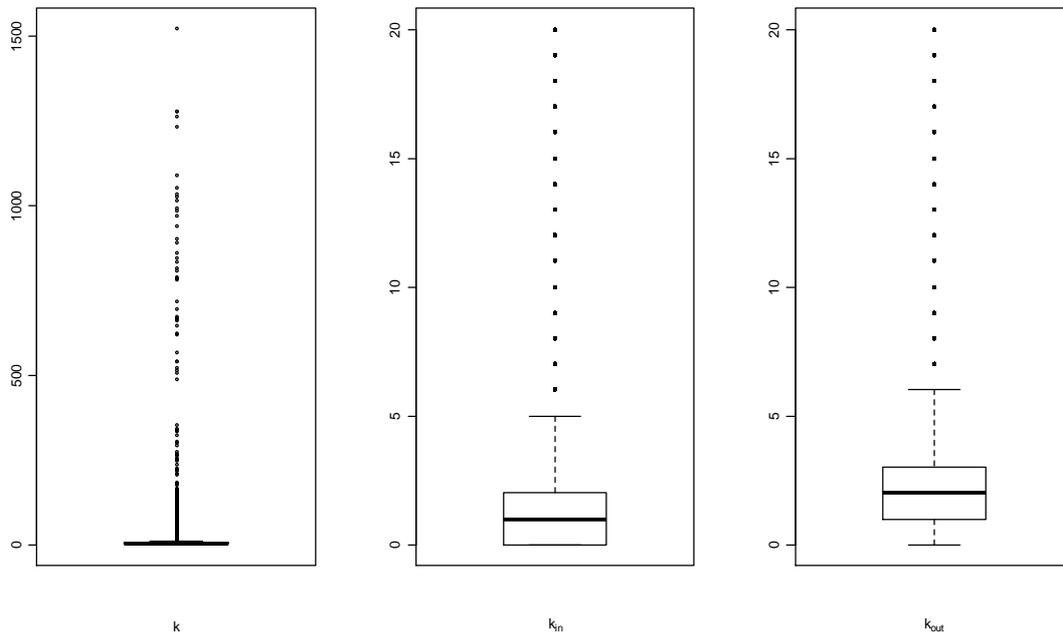


Figura 28 - Quantidade de estabelecimentos com os quais uma propriedade comercializou bovinos ( $k$ ) em 2007 – Mato Grosso - 2010

Os limites de  $y$  (1522; 20 e 20) para os gráficos ( $k$ ;  $k_{in}$  e  $k_{out}$ ) (0 possibilitam visualizar em  $k$  a maior quantidade de estabelecimentos, com os quais uma propriedade comercializou).

Os gráficos para representar o semigrau interior ( $k_{in}$ ) e semigrau exterior ( $k_{out}$ ) na rede considerando a movimentação em geral (entradas e saídas), a movimentação exclusivamente de entrada ou de saída estão representados nas figuras 29 e 32.

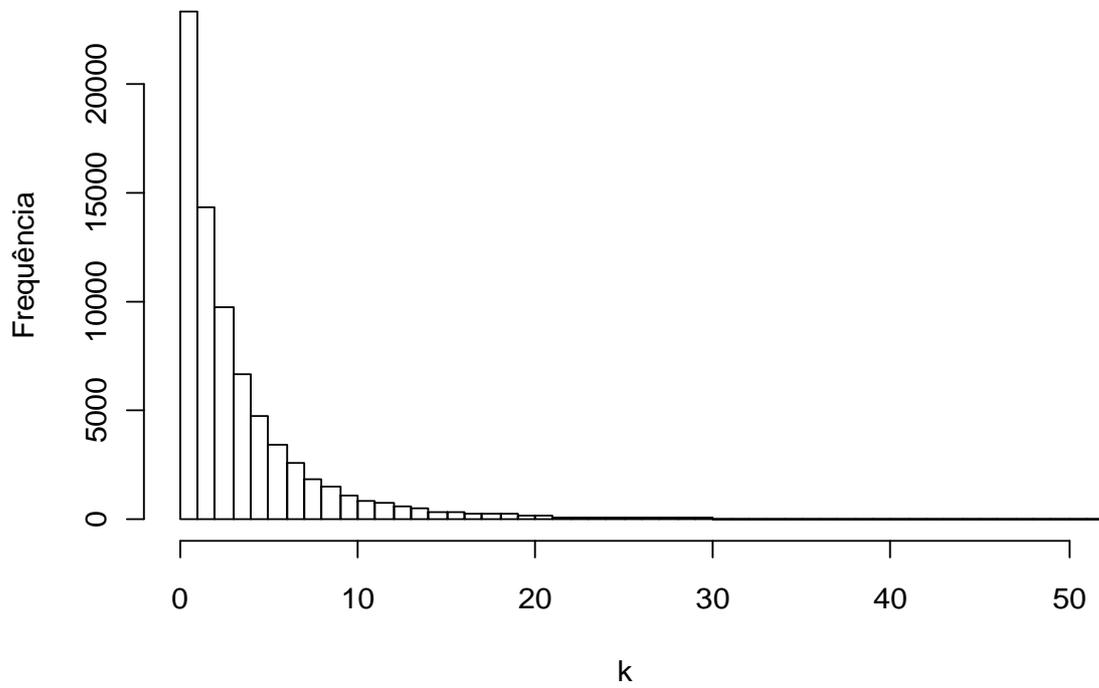


Figura 29 - Quantidade de estabelecimentos com os quais uma propriedade comercializou bovinos ( $k$ ) em 2007 – Mato Grosso - 2010

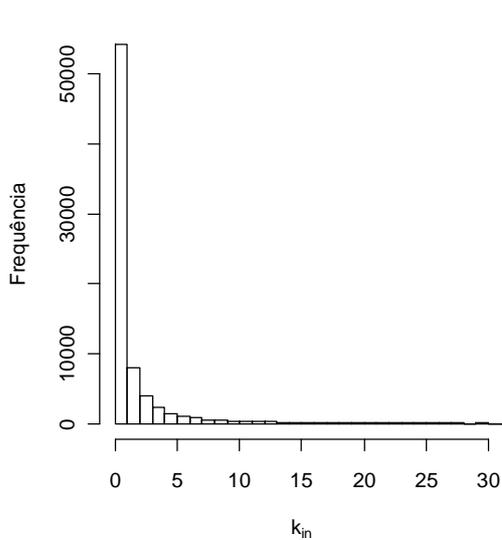


Figura 30 – Quantidade de estabelecimentos que compraram de  $k_{in}$  propriedades em 2007 – Mato Grosso - 2010

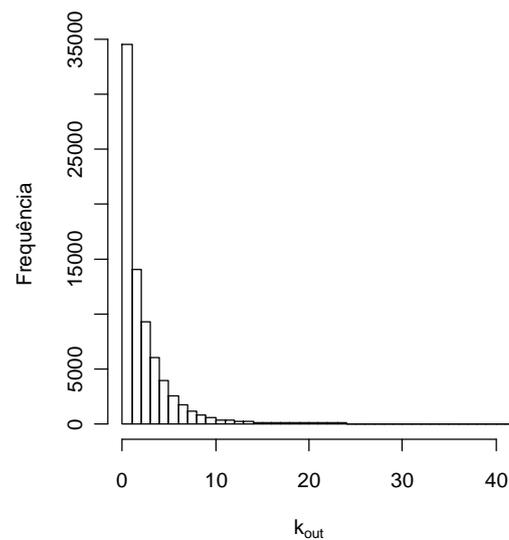


Figura 31 - Quantidade de estabelecimentos que venderam bovinos para  $k_{out}$  propriedades em 2007 – Mato Grosso - 2010

A figura 32 foi obtida utilizando como limites de x e y os valores máximos do semigrau interior ( $k_{in}=1.522$ ) e semigrau exterior ( $k_{out}=178$ ).

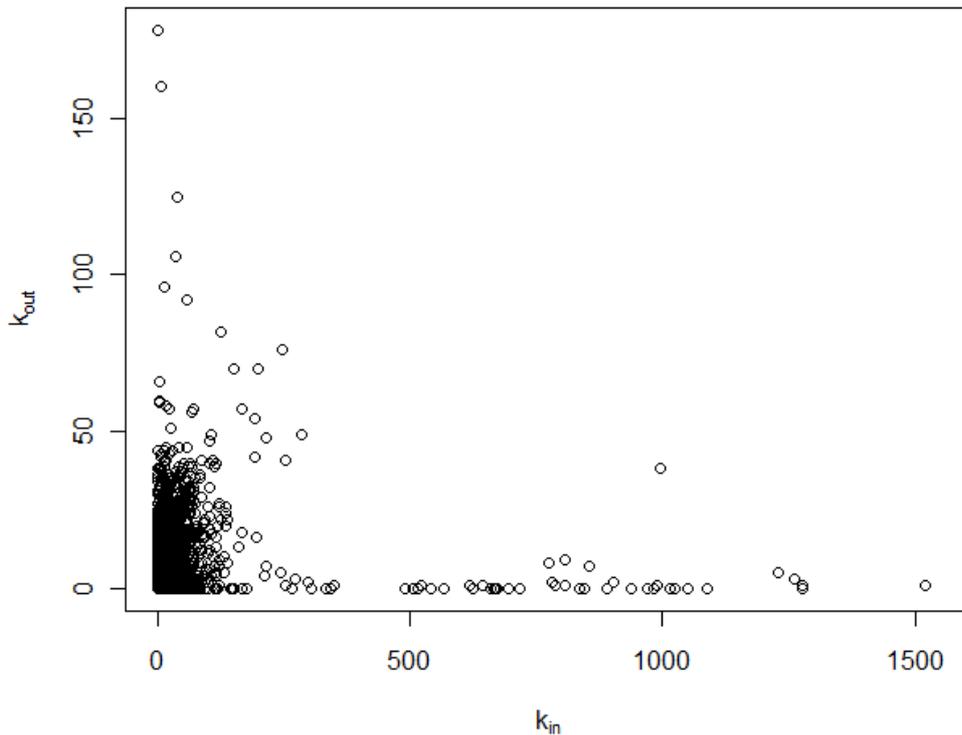


Figura 32 - Estabelecimentos que venderam e compraram pelo menos um lote de bovinos em 2007 – Mato Grosso - 2010 (modificar  $k_{in}$  x  $k_{out}$ )

A figura 33 é um gráfico de  $\langle k_{nn} \rangle$  em função de  $k$ . Pode-se notar que há uma correlação negativa (coeficiente de correlação de Pearson  $r = -0,54$ ) entre  $\langle k_{nn} \rangle$  e  $k$ , mostrando que, na rede de movimentação de animais do Mato Grosso, os nós estão misturados de modo “disassortativo”, ou seja, estabelecimentos com grau elevado (volume elevado de compra e/ou venda) comercializam com estabelecimentos cujo grau é, em média, baixo (volume baixo de compra e/ou venda) e vice-versa. Este resultado deve ser reflexo da razão aproximada de 80/20 observada para a concentração de 80% das movimentações de animais realizadas por 20% das propriedades. Essa característica “disassortativa” da rede de movimentação de bovinos pode ter implicações no espalhamento de doenças infecciosas nos rebanhos, em função do contato entre grandes e pequenos estabelecimentos.

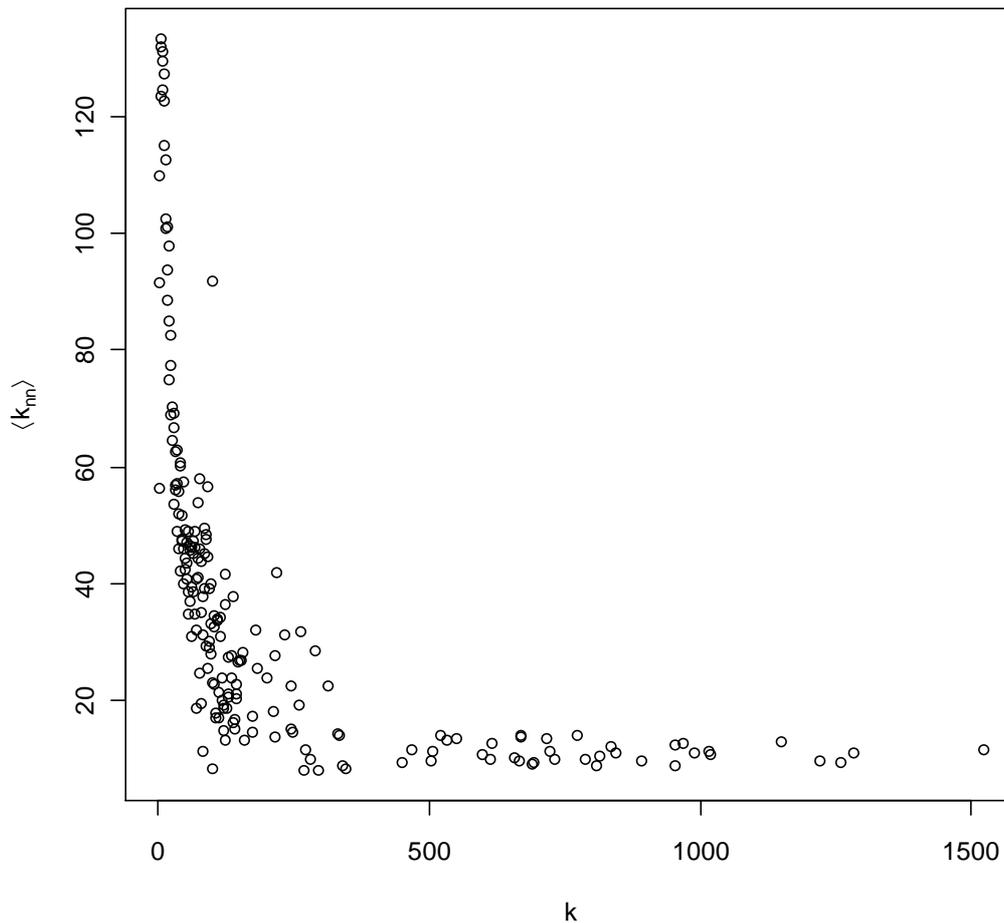


Figura 33 - Grau médio dos primeiros vizinhos em função do grau do estabelecimento – Mato Grosso, 2010

#### 4.4.1 Classificação das propriedades por finalidade da comercialização

Para Rosemberg (1986) a relação novilho – vaca foi uma metodologia importante para identificar os espaços pecuários aplicando os conceitos de receptividade para as fazendas de cria e vulnerabilidade para as fazendas de engorda (OBIAGA et al., 1979; ASTUDILLO, 1984). No presente estudo esses conceitos podem ser explicados pelo semigrau interior ( $k_{in}$ ) e semigrau exterior ( $k_{out}$ ) das fazendas onde os nós com maior conectividade para  $k_{in}$  foram classificados na categoria de vulnerabilidade e aqueles nós com maior conectividade para  $k_{out}$  categorizados como de receptividade.

Os gráficos em três dimensões (3d) ilustram as entradas e saídas das fazendas que receberam bovinos para engorda e enviaram para abate (supostamente de engorda); enviaram bovinos para engorda e não enviaram ou enviaram pouco para abate (supostamente de cria); enviaram para abate e não receberam ou receberam menos do que enviaram (supostamente de ciclo completo);

fazendas que comercializaram menos de 150 bovinos (subsistência, sitiantes ou produtores de leite) e compraram para engorda e venderam para engorda (supostamente atravessadores).

A figura 34 representa o esperado para os casos em que as fazendas estejam tipicamente especializadas nas finalidades de criação (gabarito), a figura 35 representa todas as fazendas sem limites dos eixos e as figuras de 36 a 40 são diferentes ângulos para observar a distribuição das fazendas nos diferentes eixos e de diferentes ângulos.

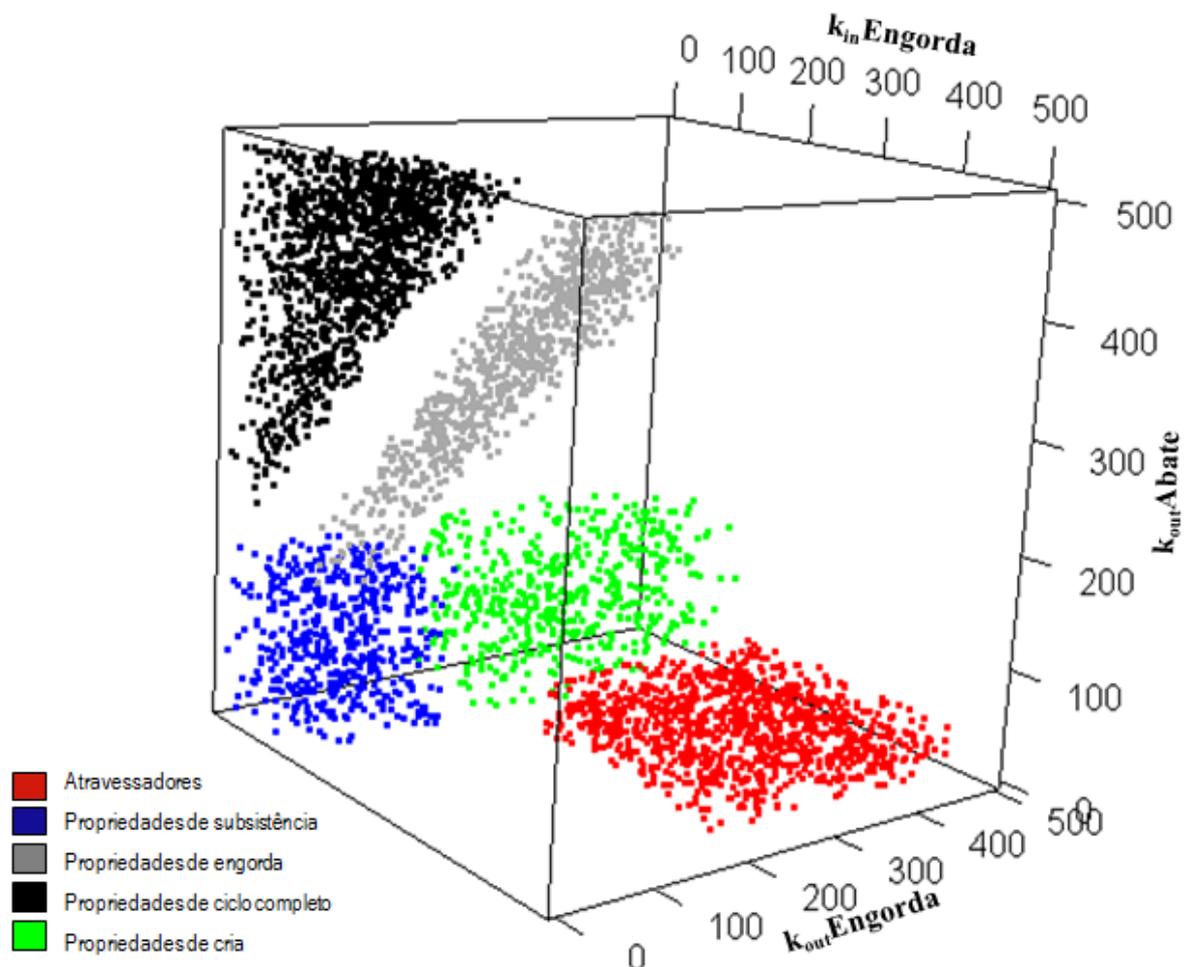


Figura 34 - Representação gráfica esperada para a classificação das propriedades segundo as finalidades da comercialização – Mato Grosso - 2010

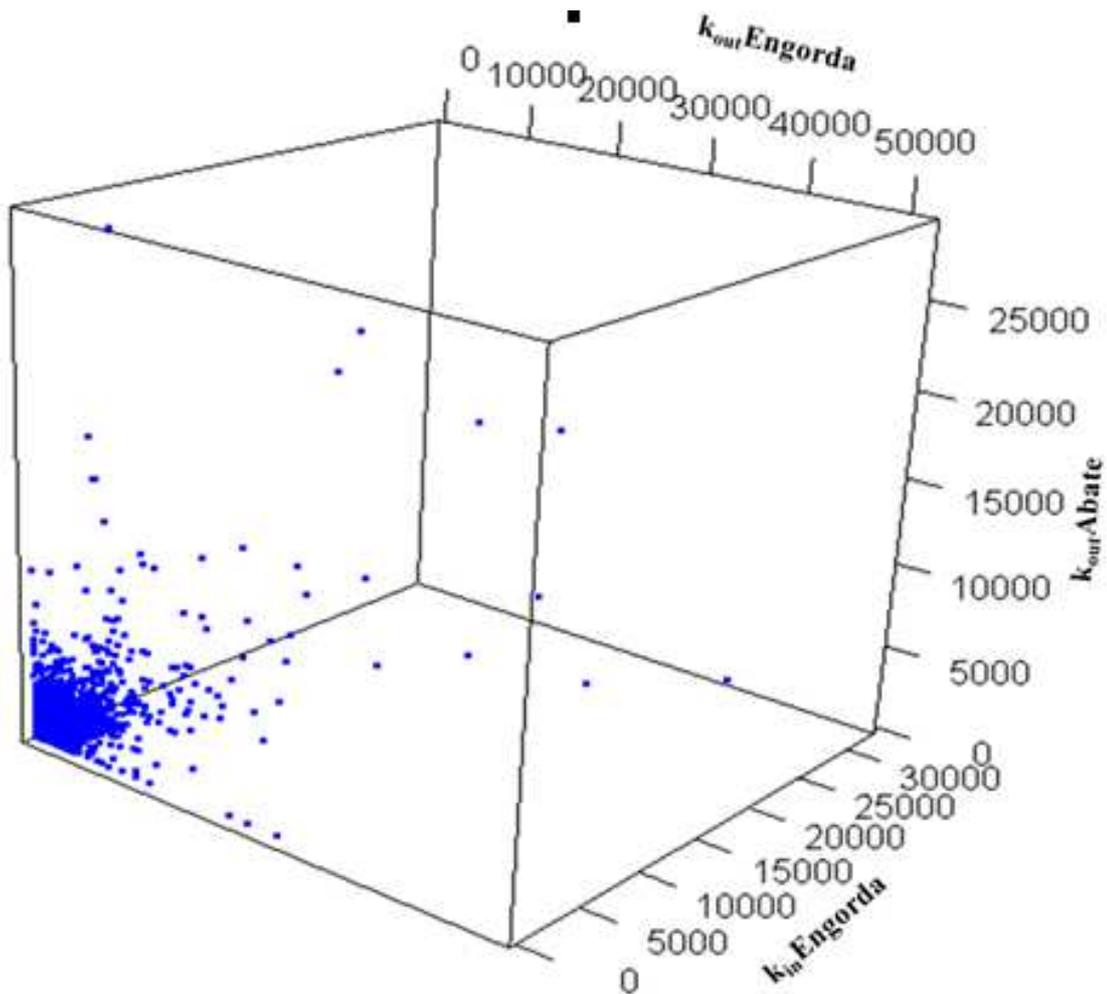


Figura 35 – Gráfico da comercialização praticada pelas fazendas em 2007 sem limite dos eixos - Mato Grosso – 2010

A figura 35 é a representação de todas as fazendas sem limites do eixo, onde se observam a concentração das propriedades próxima à zero (0) nos três eixos, onde se espera as propriedades de subsistência. O não posicionamento de agrupamentos de finalidade segundo a comercialização conforme a figura 34 pode-se observar que as propriedades obedeceram ao comportamento da regra 80/20, no qual 80 % das propriedades se posicionariam nos três eixos nos limites de 0 a 100 bovinos para  $K_{\text{in}}$  e  $k_{\text{out}}$  de engorda e abate.

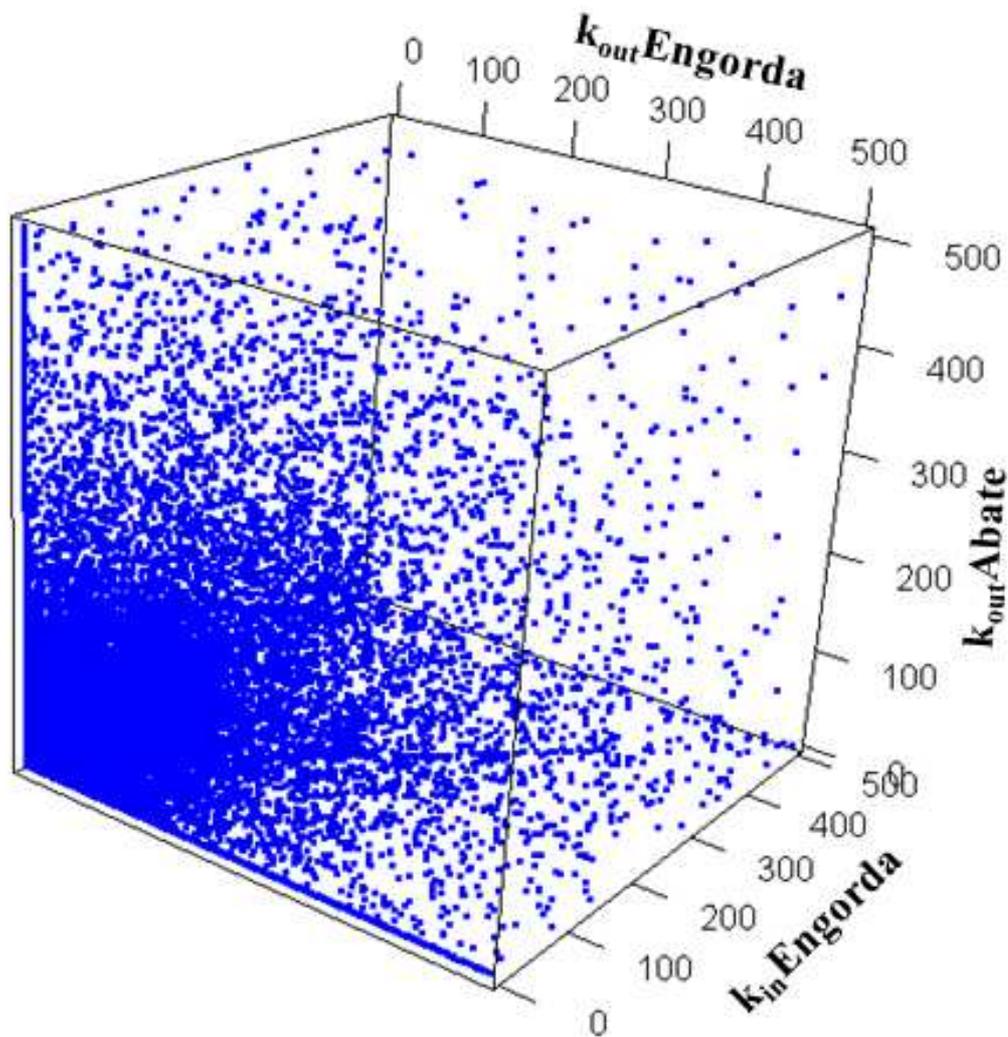


Figura 36 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças - Mato Grosso – 2010

A figura 36 é resultado da análise com limites dos três eixos para comercialização de no máximo 500 bovinos. Deste ângulo é possível observar três linhas bem definidas sendo que duas estão nos eixos  $k_{out} Abate$  (supostamente fazendas de engorda) e  $k_{out} Engorda$  (supostamente fazendas de cria). A terceira linha aparece na diagonal que representa os “atravessadores”, o grupamento de subsistência permanece uma vez que com esse limite, os 80% que comercializaram de 0 a 100 cabeças foram mantidos na análise.

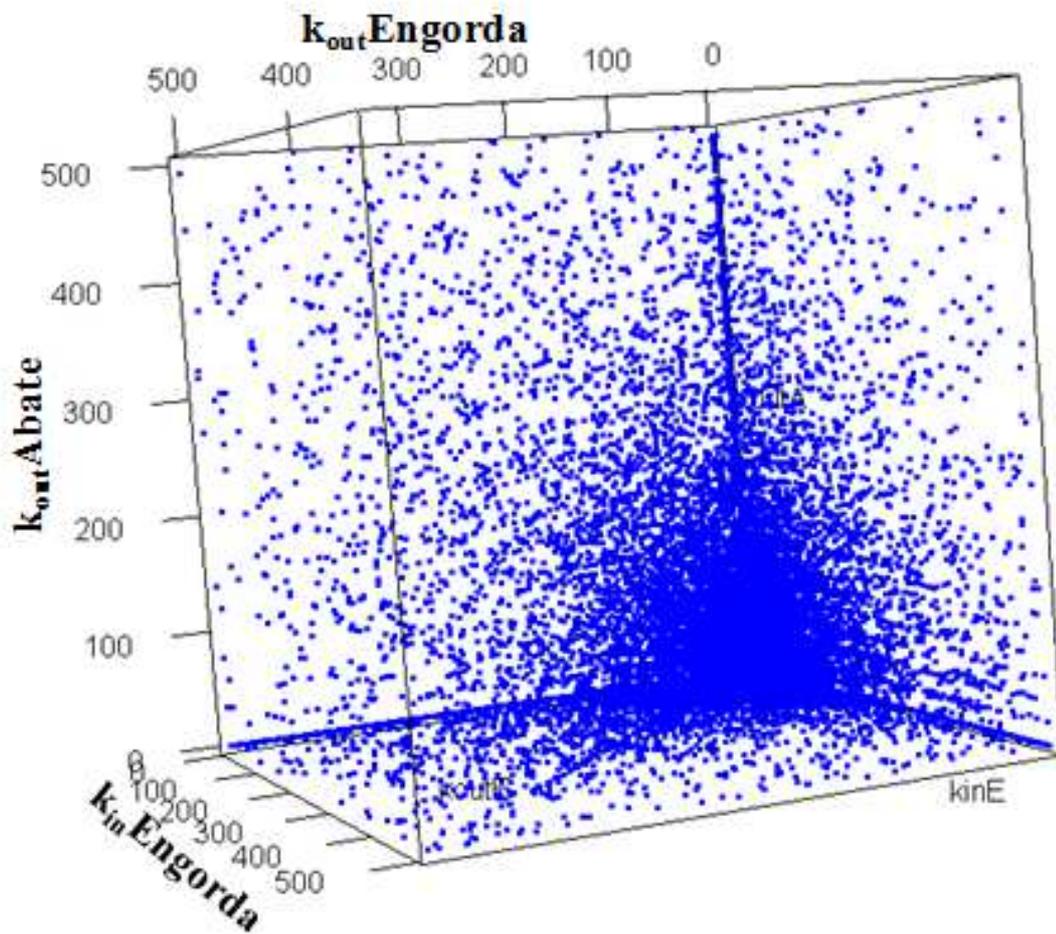


Figura 37 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, limitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão completa dos três eixos - Mato Grosso – 2010

A figura 37 mostra a definição das linhas formadas nos eixos e na diagonal e a concentração de um grande número de fazendas próximo ao ponto zero dos três eixos as linhas definidas nas paredes do cubo são resultantes da quantidade de animais por caminhão, média 18 a 20 bovinos. As figuras de 38 a 40 são representações da comercialização de ângulos diferentes.

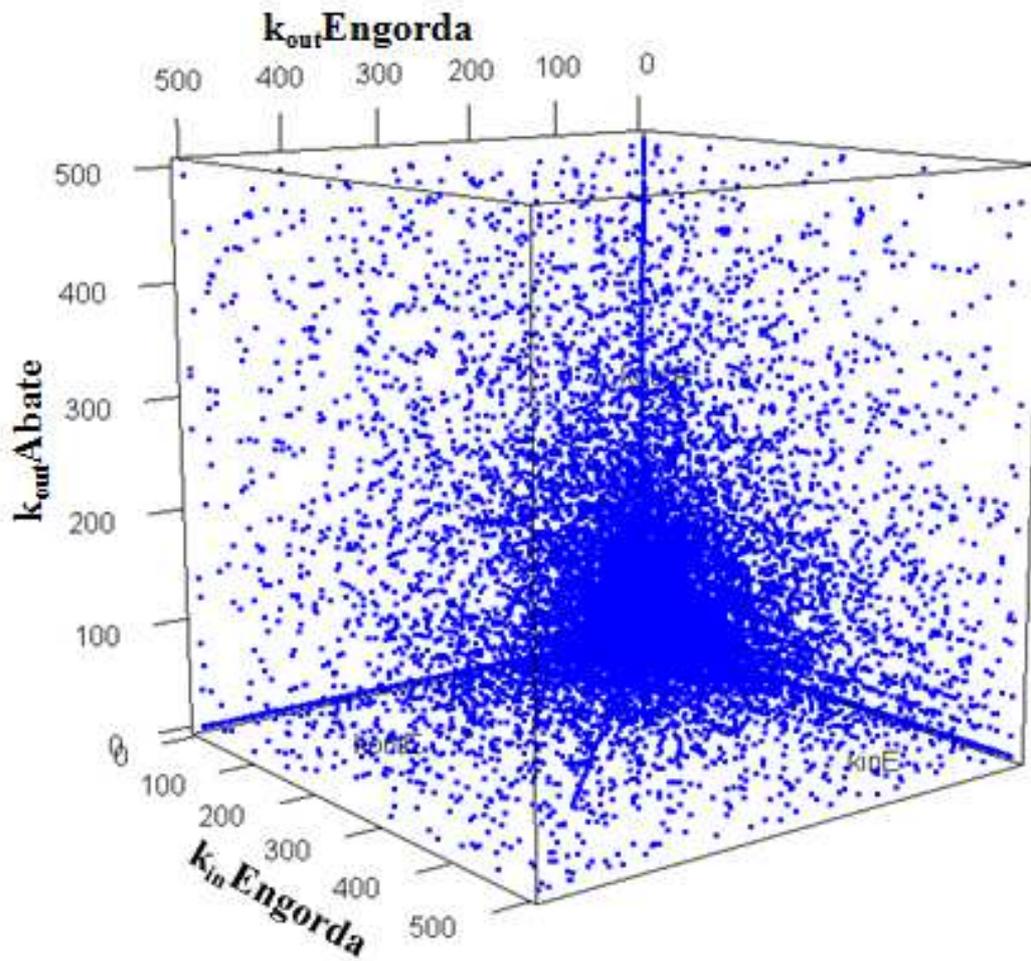


Figura 38 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão dos três eixos, partindo do limite máximo do  $k_{in,Engorda}$  para o interior do cubo - Mato Grosso – 2010

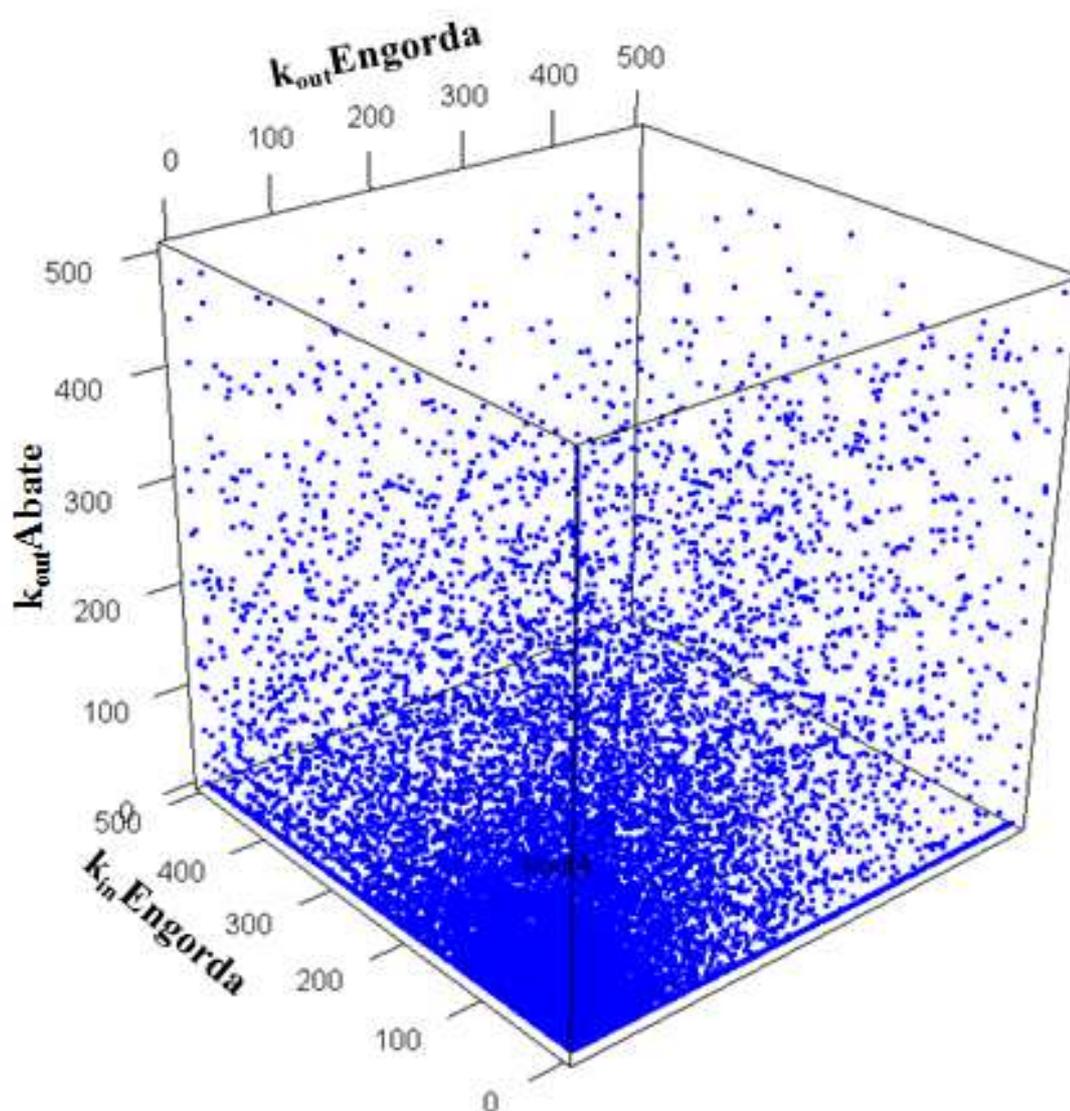


Figura 39 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão dos três eixos, partindo do limite máximo do  $k_{in}/Engorda$  para o interior do cubo - Mato Grosso - 2010

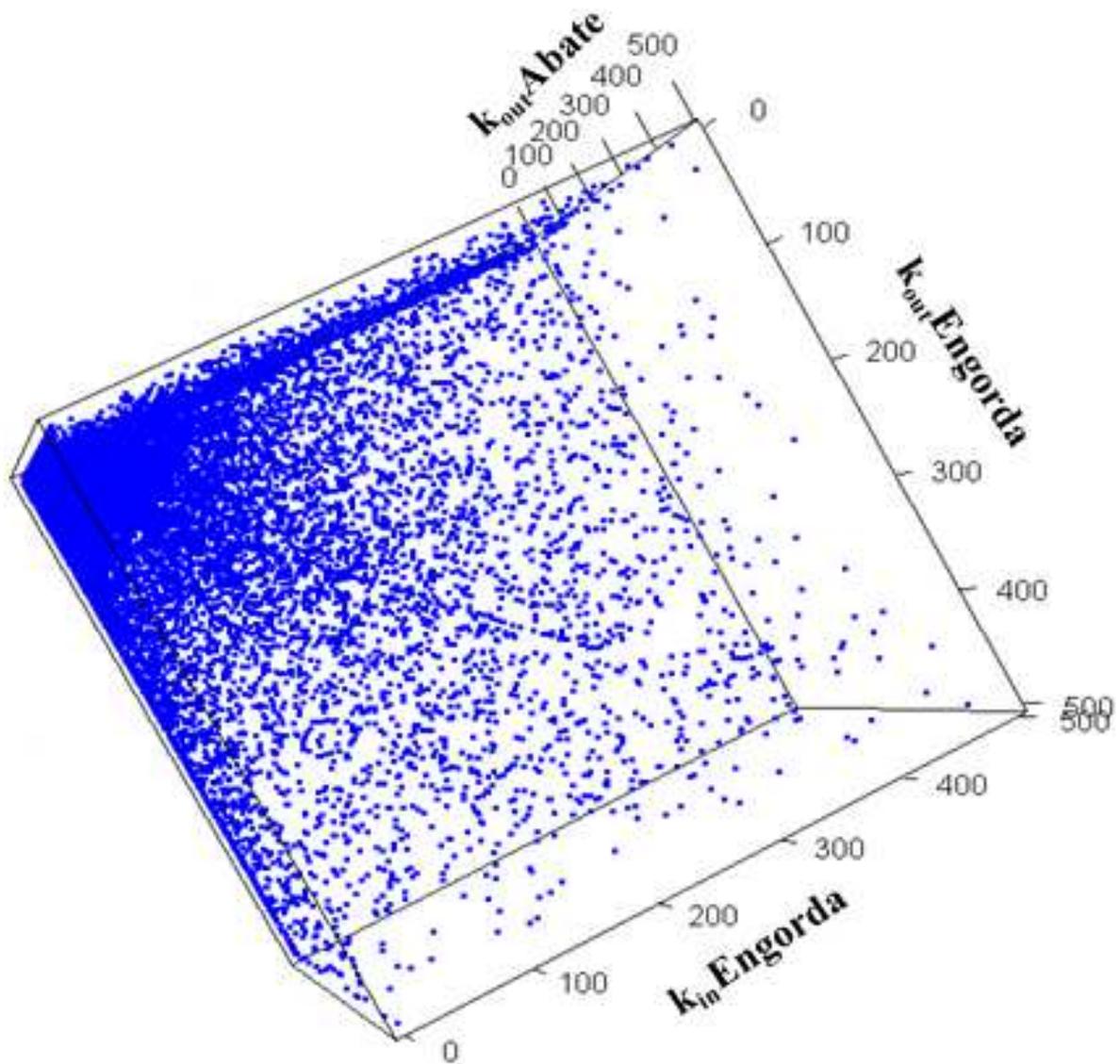


Figura 40 - Gráfico da rede de comercialização praticada pelas fazendas em 2007, imitando o eixo para comercializações de no máximo até 500 cabeças, com visão lateral dos três eixos. Mato Grosso – 2010

#### 4.4.2 Resultado do ajuste da distribuição de grau

Os parâmetros do ajuste da lei de potência para  $k_{in}$  e  $k_{out}$  estão mostrados nas tabela 10 e 11.

Tabela 10 - Análise descritiva do P (k), estabelecimentos agropecuários que compraram bovinos em 2007– Mato Grosso - 2010

<i>Parâmetros de ajuste</i>	$\alpha_{in}$	$k_{in,min.}$
Parâmetros ajustados para $k_{in n}$ '	$2,43 \pm 0,12$	$15,0 \pm 4,5$
<b>Ajuste para x mínimo fixo</b>	1,84	1,0

Tabela 11 - Análise descritiva do P (k), estabelecimentos agropecuários que venderam bovinos em 2007– Mato Grosso - 2010

<i>Parâmetros de ajuste</i>	$\alpha_{out}$	$k_{out,min.}$
Parâmetros ajustados para $k_{out n}$ '	$3,500 \pm 0,007$	$8,00 \pm 0,93$
<b>Ajuste para x mínimo fixo</b>	1,79	1,00

Os gráficos dos ajustes, em escala log-log, estão nas figuras 37 e 38.

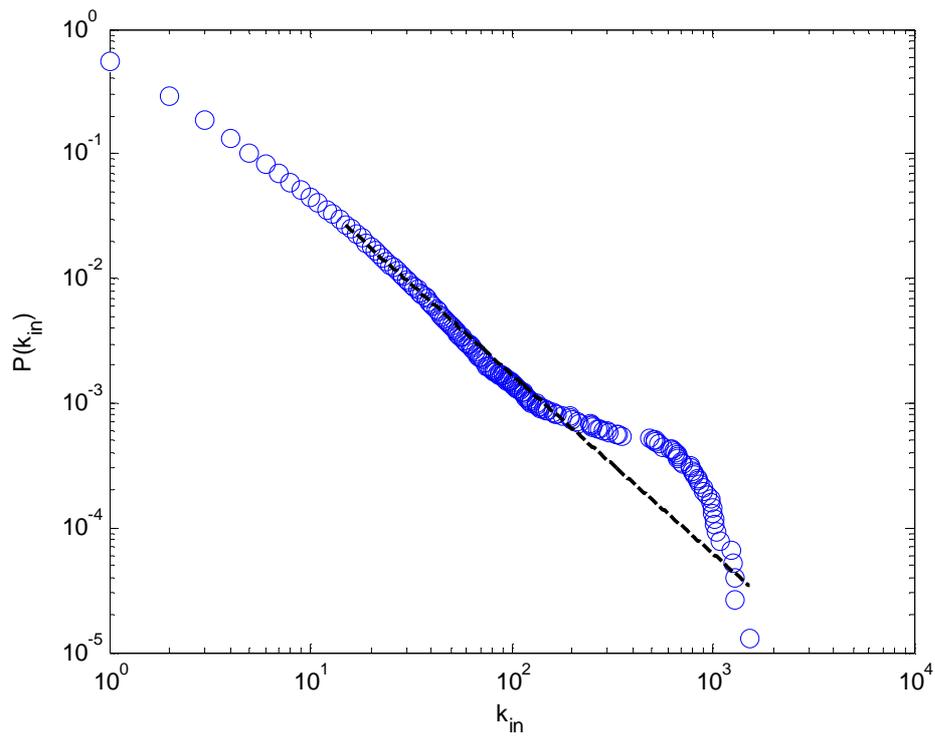


Figura 41 - Análise descritiva do  $P(k)$  para entradas de bovinos nos estabelecimentos agropecuários em 2007– Mato Grosso - 2010

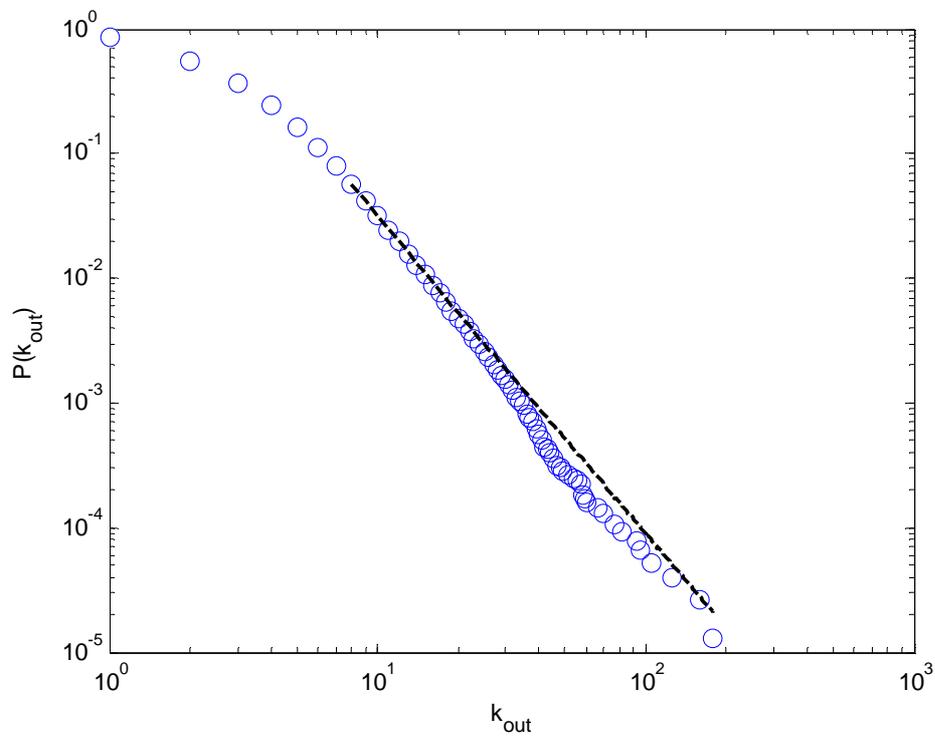


Figura 42 - Análise descritiva do  $P(k)$  para saídas de bovinos nos estabelecimentos agropecuários em 2007– Mato Grosso - 2010

É razoável supor que algumas redes de movimentação de animais sigam o padrão das redes livres de escala e que, portanto, a distribuição de grau  $P(k)$  possa ser ajustada pela lei de potência pelos seguintes motivos: a regra aproximada de 20/80, em que 20% dos proprietários controlam 80% do rebanho bovino, aplica-se em muitos casos, e parece ser uma hipótese plausível a ser testada no caso dos dados de movimentação animal no Mato Grosso; outro fator que pode estar relacionado ao anterior é que muitos estabelecimentos podem realizar poucas movimentações, enquanto poucas realizam muitas movimentações. Estas suposições nos motivaram a testar a hipótese de que a distribuição dos dados seguisse a lei de potência.

Como se pode observar nas (Figuras 41 e 42) alguns estabelecimentos não seguem o padrão previsto para uma rede livre de escala. No caso do ajuste de  $P(k_{in})$ , pode-se notar que estabelecimentos que compram um volume mais elevado de bovinos estão acima do esperado pela lei de potência, o que pode estar relacionado ao comportamento de compra de frigoríficos e confinamentos. No caso do ajuste de  $P(k_{out})$ , nota-se que a proporção de propriedades que vendem para um número elevado de estabelecimentos (por exemplo, em torno de 100 estabelecimentos) está abaixo do previsto pela lei de potência, o que também se observa no caso de propriedades que vendem para menos de 10 outros estabelecimentos. O comportamento das propriedades de subsistência, que movimentam poucos animais, influencia os valores de  $P(k_{in})$  e de  $P(k_{out})$  para valores baixos de  $k_{in}$  e  $k_{out}$ , respectivamente.



# CONCLUSÕES

---



## 5 CONCLUSÕES

A observação da razão aproximada 80/20, com 80% do rebanho concentrado em 20% das fazendas reflete a estrutura das fazendas de gado comercial em Mato Grosso e não necessariamente representará a rede de movimento para outras espécies animais nem tampouco para outras produções bovinas dos demais Estados brasileiros. A rede de contatos dentro do Estado para o ano analisado identificou baixa comercialização entre ecossistemas (Pantanal, Amazônico e Cerrado) como também baixa comercialização interestadual (2,65%) mostrando um baixo padrão de contatos entre o estado de Mato Grosso e demais Estados brasileiros e entre ecossistemas produtivos no Estado.

As distâncias curtas praticadas pelos lotes de bovinos comercializados a partir de uma fazenda para outra ou de uma fazenda para um frigorífico e a constatação de que existem poucos nós com alta conectividade de entrada (aproximadamente 20%) e os demais se conectam fracamente na rede, reforça a suposição de que a criação comercial de gado de corte no Estado apresenta várias implicações para reduzir o potencial de espalhamento de doenças infecciosas por movimentos de bovinos, uma vez que há uma considerável heterogeneidade na quantidade de contatos que certa propriedade tem com outra.

A relação 80/20 onde 20% de propriedades que controlam 80% dos rebanhos contribuem em muito para dar significado à utilização de algumas categorias de propriedade que apresentam semigrau interior alto ( $k_{in}$  elevado) e semigrau exterior alto ( $k_{out}$  elevado) para vigilância epidemiológica. Essa pode ser uma estratégia de intervenção eficaz para algumas doenças infecciosas.



# REFERÊNCIAS

---



## REFERÊNCIAS

AMADOR, M. B. M, CORRÊA, A. C. B.; BARBOZA, A. D. Contribuição da visão sistêmica ao estudo do espaço pecuário de Venturosa e Pedra no Agreste de Pernambuco. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12., 2009. Montevidéu. **Anais...** Montevidéu, 2009. p. 31.

AMAKU, M.; COUTINHO, F. A. B.; AZEVEDO, R. S.; BURATTINI, M. N.; LOPEZ, L. F.; MASSAD, E. Vaccination against rubella: Analysis of the temporal evolution of the age-dependent force of infection and the effects of different contact patterns. **Physical Review E**, v. 67, n. 5, p. 1– 11, 2003.

ASTUDILLO, V. M., Formas de organização da produção como determinantes de risco de febre aftosa. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v. 17, n. 17, p. 11-19, 1984.

BARABÁSI, A. L. **Linked**. New York: Plume, 2003.

BARABÁSI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. **Science**, v. 286, n. 5439, p. 509 -512, 1999.

BIGRAS-POULIN, M.; THOMPSON, R. A.; CHRIEL, M.; MORTENSEN, S.; GREINER, M. Network analysis of Danish cattle industry trade patterns as an evaluation of risk potential for disease spread. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 76, n. 1, p. 11-39, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Gabinete do Ministro. Departamento de Defesa Animal. Instrução Normativa nº 18, de 18 de julho de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jul. 2006, Seção 1, p. 12, Brasília.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Saúde Animal. **Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa**. Brasília. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 20 set. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Saúde Animal - DSA. **Guia para execução de atividades de vigilância para febre aftosa nas regiões de fronteira internacional Projeto piloto de ação conjunta entre os serviços veterinários dos países do Cone Sul**. Brasília, DF: DSA, 2008. 22 p.

CALDARELLI, G. **Scale-free networks**. Oxford, Oxford University Press: 2007. 336 p. ISBN: 978-0-19-921151-7

CHONGSUVIVATWONG, V. **Epicalc: Epidemiological Calculator**. R package version 2.11.1.0, 2010. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=epicalc>>. Acesso em: 18 out. 2010.

CLAUSET, A.; SHALIZI, C. R.; NEWMAN, M. E. J. Power-law distributions in empirical data, **SIAM Review**, v. 51, n. 4, p. 661-703, 2009.

CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. **InterJournal, Complex Systems**. Igraph version 2.11.1, 1695 p., 2006. Disponível em: <<http://igraph.sf.net>>. Acesso em 18 out. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/>>. Acesso em: 24 out. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malha municipal digital do Brasil: Situação em 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2007b. 1 CD ROM.

IMEA. Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola. **Relatório estatístico da bovinocultura**. Cuiabá: IMEA, 2008. 38. f.

JEONG, H. Complex scale-free networks. **Physica A**, v.321, n. 1, p. 226-237, 2003.

JOAQUIM, C. F. **Efeitos da distância de transporte em parâmetros post-mortem de carcaças bovinas**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2002.

LLOYD, A.; MAY, R. M. How viruses spread among computers and people. **Science**, v. 292, n. 5520, p.1316-1317, 2001.

MARK, S. H.; DAVID, R. H.; CARTER, T. B.; STEVEN, M. G. O; M MORRIS, M. **Statnet: Statistical modeling of network data**. Version 2.1-1, 2003. Project home page at Disponível em: <<http://statnet.org>>. Acesso em: 18 out. 2010.

MATO GROSSO. Secretaria de Assuntos Fundiários do Estado de Mato Grosso – Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA. Lei N° 7.138, de 13 de julho de 1999. **Diário Oficial**, Cuiabá, 28 set. 1999, p. 1.

MATO GROSSO. Secretaria de Assuntos Fundiários do Estado de Mato Grosso – Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA. Coordenadoria de Controle das Doenças dos Animais – CCDA. **Anuário 2007**. Cuiabá: INDE, 2009.

MATO GROSSO. Secretaria de Assuntos Fundiários do Estado de Mato Grosso – Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA. Coordenadoria de Controle das Doenças dos Animais - CCDA. **Banco digitalizado de informação da vacinação**. Cuiabá: INDEA, 2008.

MATO GROSSO. Secretaria de Assuntos Fundiários do Estado de Mato Grosso – Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA. Coordenadoria de Controle das Doenças dos Animais - CCDA. Sistema informatizado de Animais. **Situação em 2007**. Cuiabá: INDEA, 2007.

MAY R. M., LLOYD, A. L. Infection dynamics on scale-free networks. **Physical Review E**, v. 64, n. 16, p. 66-112, 2001.

MORAES, G. M. **Definição e delimitação dos circuitos de comercialização bovina como elemento metodológico de intervenção sanitária**: O caso da febre aftosa no Estado de Mato Grosso do Sul. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.

NATALE, F.; GIOVANNINI, A.; SAVINI, L.; PALMA, D.; POSSENTI, L.; FIORE, G.; CALISTRI, P. Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 92, n. 4, p.341–350, 2009.

NEGREIROS, R. L.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.;CAVALLÉRO, J. C. M.; NETO, J. S. F. Análise de aglomeração espacial de focos de febre aftosa no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2609-2613, 2009b.

NEGREIROS, R. L.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P.; SILVA, M. C. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; FREITAS, J.; AMAKU, M. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Mato Grosso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 56-65, 2009a. Supl. 1

OBIAGA, J. A.; ROSEMBERG, F. J.; ASTUDILLO, V.; GOIC, R. Las características de la producción pecuaria como determinantes de los ecosistemas de fiebre aftosa. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 52, n.33-34, p. 33-42, 1979.

OIE. (World Organisation for Animal Health). **FMD free zone where vaccination is practised** - Members having an FMD free zone where vaccination is practiced, according to the provisions of Chapter 8.5. of the Terrestrial Code May 2008. Disponível em: <[http://www.oie.int/eng/Status/FMD/en\\_fmd\\_free.htm#4](http://www.oie.int/eng/Status/FMD/en_fmd_free.htm#4)>. Acesso em 26 set. 2010.

PASTOR-SATORRAS, R.; VESPIGNANI, A. Epidemic spreading in scale-free networks. **Physical Review Letters**, v. 86, n.14, p. 3200-3203, 2001.

R Development Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Version 2.11.1, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>> acesso em: 10 set. 2010.

RIBEIRO, K. P. P. **Diagnóstico dos bovinos abatidos no frigorífico da região Centro-Sul do Mato Grosso e Influência da cobertura de sombrite e aspersão nos currais de espera do frigorífico, nas características de qualidade da carne bovina.** 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

ROSEMBERG, F. J. Estrutura social y epidemiologia veterinária en América Latina. **Boletín Del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 52, p. 3-23, 1986.

# **ANEXOS**

---





ANEXO II - FUNDO ULTRAVIOLETA

ANEXO II

# FUNDO ULTRAVIOLETA



## ANEXO III - MODELOS DE IDENTIFICAÇÃO A SEREM UTILIZADOS NAS GUIAS DE TRÂNSITO ANIMAL

### ANEXO III MODELOS DE IDENTIFICAÇÃO A SEREM UTILIZADOS NAS GUIAS DE TRÂNSITO ANIMAL

1. A identificação dos responsáveis pela expedição da GTA obedecerá às seguintes características, segundo condição do emitente, devendo os dados ser apostos nos documentos com 6 centímetros de largura e 2,5 centímetros de altura, empregando-se a cor preta quando se utilizar o preenchimento por sistema informatizado ou a cor azul quando for utilizado o carimbo:

#### 1.1. Identificação do Fiscal Federal Agropecuário:

Nome do Fiscal Federal Agropecuário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 12, em negrito;  
Formação profissional: Médico Veterinário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número da Carteira de Identificação Fiscal: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número de registro no CRMV: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11.

<p>Nome Completo Médico Veterinário Nº Carteira de Identificação Fiscal Nº CRMV</p>
---

#### 1.2. Identificação do Médico Veterinário do Órgão executor de Defesa Sanitária Animal nas Unidades Federativas:

Nome do Médico Veterinário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 12, em negrito;  
Formação profissional: Médico Veterinário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número de controle junto ao órgão oficial de defesa sanitária animal: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número de registro no CRMV: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11.

<p>Nome Completo Médico Veterinário Nº Controle Nº CRMV</p>
---

#### 1.3. Identificação do Médico Veterinário Habilitado:

Nome do Médico Veterinário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 12, em negrito;  
Formação profissional: Médico Veterinário: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número do ato legal de habilitação junto ao órgão oficial de defesa sanitária animal: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11;  
Número de registro no CRMV: fonte tipo Arial Narrow tamanho 11.

<p>Nome Completo Médico Veterinário Nº Controle Nº CRMV</p>
---