

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA**

**MOISÉS TENÓRIO FÉRRER**

**APLICAÇÃO DAS ESTATÍSTICAS ESPACIAIS, *KRIGAGEM E GI\* DE GETIS-ORD*,  
NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE *CLUSTERS* EM DADOS DE  
QUALIDADE DE LEITE E RAIVA BOVINA**

Recife  
22 de fevereiro de 2021

**MOISÉS TENÓRIO FÉRRER**

**APLICAÇÃO DAS ESTATÍSTICAS ESPACIAIS, *KRIGAGEM E GI\* DE GETIS-ORD*,  
NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE *CLUSTERS* EM DADOS DE  
QUALIDADE DE LEITE E RAIVA BOVINA**

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Biometria e Estatística Aplicada, defendida e aprovada por unanimidade em 22/02/2021 pela comissão examinadora

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Rocha  
Moreira

Recife  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F385a Férrer, Moisés Tenório Férrer  
APLICAÇÃO DAS ESTATÍSTICAS ESPACIAIS, KRIGAGEM E GI\* DE GETIS-ORD, NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE CLUSTERS EM DADOS DE QUALIDADE DE LEITE E RAIVA BOVINA / Moisés Tenório Férrer Férrer. - 2021.  
85 f. : il.
- Orientador: Guilherme Rocha Moreira.  
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Recife, 2021.
1. Cluster. 2. dependência espacial. 3. fatores climáticos. 4. regressão geograficamente ponderada. I. Moreira, Guilherme Rocha, orient. II. Título

CDD 519.5

---

**MOISÉS TENÓRIO FÉRRER**

**APLICAÇÃO DAS ESTATÍSTICAS ESPACIAIS, *KRIGAGEM E GI\* DE GETIS-ORD*,  
NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE *CLUSTERS* EM DADOS DE  
QUALIDADE DE LEITE E RAIVA BOVINA**

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Biometria e Estatística Aplicada, defendida e aprovada por unanimidade em 22/02/2021 pela comissão examinadora

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Guilherme Rocha Moreira**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Moacyr Cunha Filho**  
UFRPE-DEINFO

---

**Prof. Dr. Antonio Samuel Alves da Silva**  
UFRPE-DEINFO

---

**Prof. Dr. Antônio Ricardo Santos de Andrade**  
UFAPE

---

**Prof. Dr. Júnior Mário Baltazar de Oliveira**  
UNIFAVIP

**APROVADO EM 22/02/2021**

*À Jesus Cristo, a Ele toda honra, glória e  
louvor*

## AGRADECIMENTOS

Nunca me imaginei chegando tão longe na vida acadêmica. Sou grato por tudo e a todos que me ajudaram a chegar aqui.

Deus, pela obra redentora realizada em Jesus Cristo e por todas as bênçãos que recebo diariamente, entre elas a capacidade de finalizar este doutorado.

Juliana, minha esposa querida, não sei como consegue me aguentar, mas graças a Deus que consegue. Eu não conseguiria sozinho.

Moisés, meu filho. Nunca pensei que poderia fazer algo tão bom. Deus é realmente generoso comigo.

Minha família mãe (Cida e Maria), pai (Baltazar), irmãos (Guiga, Mano, Fellipe e Neto), Tia Marisa, Vó Mariza, Rute e a sogra (Maria). Vocês são o alicerce onde posso construir minha vida.

Meus amigos, Lucas, Douglas, Robério, Davi, Binho, Zeca, Gabi. Cada um de vocês são importantes em minha vida e me ajudam a me moldar com seu exemplo.

Meu orientador Guilherme, você aceitou um desafio, obrigado por me ajudar a finalizar o doutorado com tranquilidade sempre querendo me ajudar. Obrigado.

Professor Moacyr, entre tantas coisas, posso citar dois momentos que foram especialmente importantes para minha manutenção no programa: quando quase perco a bolsa e quando precisei trocar meu orientador de última hora. Nas duas ocasiões você não poupou esforços para me ajudar. Sem essa ajuda, jamais teria terminado.

Toda equipe da Biometria, professores, técnicos (especialmente Marco) e terceirizados. Convivi pouco mas aprendi bastante, graças a vocês e o trabalho incansável e muitas vezes “invisível”, torna-se possível tudo acontecer.

Todos os demais alunos. Apesar do pouco convivência, muitos de vocês me marcaram com brincadeiras, estudos, resoluções de questões, debates, etc. Cresci muito nesse período com vocês.

Banca examinadora. Obrigado disponibilizar seu tempo e conhecimento para conseguir fazer meu trabalho valer a pena.

*Combati o bom combate, completei a carreira,  
gardei a fé.  
(Apóstolo Paulo Tm 4:7)*

## RESUMO

Os objetivos da realização deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal de doenças nervosas em bovinos, identificando a presença de hot spot e cold spot de concentração de casos, buscar associações que expliquem a ocorrência e estimar a dinâmica da doença no tempo, no período de 2005-2018 e a variabilidade espacial da composição do leite cru refrigerado e elaborar mapas com interpolação de dados das especificações físico-químicas do leite, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015 e Foram analisados registros de 30.929 notificações de doenças nervosas em todo Brasil constantes no Sistema Continental de Vigilância Epidemiológica (SivCont), do período de 2005 a 2018 e 3.863 laudos oficiais de amostras de leite cru refrigerado, coletados de 432 tanques de expansão direta da região estudada. Com relação às espécies acometidas entre os casos confirmados de raiva, a principal foi bovina com 8.977 (85,43%) casos, seguida da espécie equina com 1.143 casos (10,87%). Todas as demais espécies tiveram frequência relativa abaixo de 1% Por fim, conclui-se que há variabilidade espacial para gordura, lactose, proteína, sólidos totais e extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano e que a raiva em bovinos é persistente no país, com variações ao longo do tempo e que, caso as medidas de vigilância não mudem, a tendência é o número de casos permanecerem constantes em pouco tempo. Além disso, as variáveis que são tidas como explicativas para a ocorrência de casos de raiva pela literatura e pelo PNCRH têm baixa ou nenhuma influência, sendo necessário estudos futuros que tenham como objetivo identificar variáveis que melhor expliquem a ocorrência de casos de raiva no Brasil. O grau de dependência espacial e a regressão geograficamente ponderada e o método  $G_i^*$  de Getis-Ord das variáveis foram analisados pelo software ArcGIS 10.3, as demais análises estatísticas e da matriz de transição foram realizadas do software e R Studio 3.5.1, com o pacote markovchain. A análise espacial mostrou predominância de áreas com teor de gordura de 3,1 a 3,6g/100g e áreas com teor de gordura de 3,6 a 4,2g/100g. Para o teor de lactose, foi observada área predominante com 4,32 a 4,45g/100g e algumas áreas com 4,46 a 4,54g/100g. Foi observada baixa influência da altitude, precipitação pluviométrica e interação precipitação x altitude sobre o teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado na área estudada.

**Palavras-chave:** Cluster, dependência espacial, fatores climáticos, regressão geograficamente ponderada



## ABSTRACT

The objectives of this work were to analyze the spatio-temporal distribution of nervous diseases in cattle, identifying the presence of hot spot and cold spot of concentration of cases, to search for associations that explain the occurrence and to estimate the dynamics of the disease over time, in the period 2005-2018 and the spatial variability of the composition of chilled raw milk and to elaborate maps with interpolation of data of the physical-chemical specifications of the milk, in the state of Alagoas and in the mesoregion of Agreste Pernambucano, in 2014 and 2015 and Records of 30,929 were analyzed notifications of nervous diseases throughout Brazil included in the Continental Epidemiological Surveillance System (SivCont), from 2005 to 2018 and 3,863 official reports of refrigerated raw milk samples, collected from 432 tanks of direct expansion in the studied region. Regarding the species affected among the confirmed cases of rabies, the main one was bovine with 8,977 (85.43%) cases, followed by the equine species with 1,143 cases (10.87%). All other species had a relative frequency below 1%. Finally, it is concluded that there is spatial variability for fat, lactose, protein, total solids and defatted dry extract of chilled raw milk produced in the state of Alagoas and in the mesoregion of Agreste Pernambucano and that rabies in cattle is persistent in the country, with variations over time and that, if the surveillance measures do not change, the tendency is for the number of cases to remain constant in a short time. In addition, the variables that are considered to explain the occurrence of rabies cases in the literature and by the PNCRH have little or no influence, requiring future studies that aim to identify variables that better explain the occurrence of rabies cases in Brazil. The degree of spatial dependence and geographically weighted regression and the  $G_i^*$  method of Getis-Ord of the variables were analyzed by the ArcGIS 10.3 software, the other statistical and transition matrix analyzes were performed using the software and R Studio 3.5.1, with the markovchain package. The spatial analysis showed a predominance of areas with fat content from 3.1 to 3.6g / 100g and areas with fat content from 3.6 to 4.2g / 100g. For the lactose content, a predominant area was observed with 4.32 to 4.45g / 100g and some areas with 4.46 to 4.54g / 100g. There was a low influence of altitude, rainfall and precipitation x altitude interaction on the fat, protein, lactose, total solids and defatted dry matter content in the studied area.

**Keyword:** Cluster, spatial dependence, climatic factors, geographically weighted regression

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Número de casos de raiva humana no Brasil, no período de 2001 a 2017. Fonte: Datasus, elaborado pelo autor.....	26
Figura 2. Modelo de semivariograma.....	39
Figura 3. Distribuição espacial dos tanques de expansão direta utilizados para amostragem de leite cru, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano. ....	48
Figura 4. Mapa da predição dos valores médios do teor gordura do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.....	52
Figura 5. Mapa da predição dos valores médios do teor de lactose do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e no Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015. ....	53
Figura 6. Mapa da predição dos valores médios do teor de proteína do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.....	53
Figura 7. Mapa da predição dos valores médios do teor de sólidos não gordurosos do leite cru refrigerado no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.....	54
Figura 8. Mapa da predição dos valores médios do teor de sólidos totais do leite cru refrigerado no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.....	55
Figura 9. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2005.....	69
Figura 10. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2009.....	69
Figura 11. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2013.....	70
Figura 12. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2018.....	70
Figura 13. Mapa do Brasil com análise $G_i^*$ de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2005.	71
Figura 14. Mapa do Brasil com análise $G_i^*$ de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2009.	72
Figura 15. Mapa do Brasil com análise $G_i^*$ de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2013.	72
Figura 16. Mapa do Brasil com análise $G_i^*$ de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2018.	73
Figura 17. Tipos de <i>cluster</i> de casos de raiva bovina, de acordo com o nível de significância observado (2005-2018) e estimado (2019-2063) até o estado estacionário, no Brasil. ....	74
Figura 18. Diagrama de transição para a matriz a partir dos valores observados (A) e o estado estacionário (B) de probabilidade para a classificação dos tipos de cluster (estágio atingido com 45 anos). .....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do Lyssavirus .....	17
Tabela 2. Principais normas do Programa Nacional de Controle da Raiva em herbívoros.....	27
Tabela 3. Composição do leite cru refrigerado produzido em Alagoas e na mesorregião Agreste Pernambucano, com base em laudos oficiais de 2014 e 2015.....	50
Tabela 4. Análise geoestatística da composição do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, com base em laudos oficiais de 2014 e 2015 .....	51
Tabela 5. Resultado da regressão geograficamente ponderada das variáveis de composição do leite, explicadas pela altitude e pluviosidade, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015 .....	55
Tabela 6. Classificação dos tipos de cluster pelo $G_i^*$ Getis-Ord e mudanças anuais possíveis..	65
Tabela 7. Matriz de ocorrência observado das mudanças anuais dos municípios, segundo a classificação do cluster.....	65
Tabela 8. Diferença do AIC entre cada modelo e todos os outros dentro do mesmo ano e $R^2$ ajustado (diagonal da matriz), para os anos de 2005, 2009, 2013 e 2017, no Brasil.....	75
Tabela 9. Estimativa da probabilidade de ocorrência de cada tipo de cluster para o estado estacionário, em porcentagem e uma estimativa considerando 638 casos (média de casos do período estudado) .....	77

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2. CAPÍTULO – REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1. Raiva .....	15
2.2. Breve histórico da raiva.....	15
2.2.1. Herbívoros .....	16
2.2.2. Etiologia .....	16
2.2.2.1. Caracterização das variantes .....	17
2.2.3. Patogenia e Sinais Clínicos .....	18
2.2.3.1. Período de incubação .....	18
2.2.3.2. Eliminação do Vírus.....	19
2.2.3.3. Sinais clínicos.....	19
2.2.4. Epidemiologia .....	20
2.2.4.1. Transmissão.....	21
2.2.5. Diagnóstico .....	21
2.2.6. Prevenção e controle .....	22
2.2.6.1. Vacinação.....	23
2.2.6.2. Controle de morcegos.....	24
2.2.7. Situação da raiva no Brasil.....	25
2.2.8. Legislação .....	26
2.3. Qualidade de Leite .....	28
2.3.1. Importância socioeconômica da atividade leiteira .....	28
2.3.2. Características da produção de leite no Brasil.....	28
2.3.3. Fatores que influenciam a qualidade do leite .....	29
2.3.3.1. Manejo e higiene da ordenha.....	29
2.3.3.2. Fatores geográficos e climáticos .....	30
2.4. Análise estatística.....	32
2.4.1. Auto correlação espacial .....	34
2.4.2. Regressão geograficamente ponderada .....	35
2.4.3. Semivariograma e krigagem.....	37
REFERÊNCIAS .....	40
3. CAPÍTULO - VARIABILIDADE ESPACIAL DA COMPOSIÇÃO DO LEITE CRU REFRIGERADO NO ESTADO DE ALAGOAS E NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO .....	45
RESUMO .....	45
ABSTRACT.....	45
3.1. Introdução .....	46
3.2. Material e métodos .....	47
3.3. Resultados e discussões.....	50
3.4. Conclusão.....	56
REFERÊNCIAS .....	57
4. CAPÍTULO - USO DA ESTATÍSTICA GI* DE GETIS-ORD NA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS DOENÇAS NERVOSAS EM BOVINOS NO BRASIL, DE 2005 A 2018 60	
Resumo.....	60
Abstract .....	61
4.1. Introdução .....	62
4.2. Material e métodos .....	64
4.3. Resultados e discussão .....	67
4.4. Conclusão.....	77
Agradecimentos.....	78
REFERÊNCIAS .....	79

5. CAPÍTULO - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
--	----

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de bovinos no Brasil é importante do ponto de vista econômico e social. Gera emprego, renda e evita o êxodo rural. Dois aspectos são importantes para o sucesso produtivo a produção de leite e das enfermidades.

A atividade leiteira é uma das mais importantes da agropecuária. Do ponto de vista econômico é capaz de agregar muito valor, pois R\$1,00 investido nessa atividade, gera até R\$5,00 de aumento do PIB, devido a grande extensão da cadeia produtiva (EMBRAPA, 2019).

Dentro dessa atividade, a qualidade do produto é considerada um dos pontos críticos, sendo a composição química diretamente relacionada ao rendimento industrial e, portanto, é onde é possível melhorar a renda do produtor.

As enfermidades são outro fator limitante à produção. Tendo as doenças nervosas e, especialmente a raiva bovina, como uma doença persistente e que causa grandes prejuízos econômicos e problemas de saúde pública, visto que, mesmo os bovinos não tendo importância epidemiológica na transmissão para humanos, eles ajudam a manter o vírus em circulação (DOGNANI et al., 2016).

Com isso, este trabalho teve dois objetivos o primeiro foi analisar a variabilidade espacial e elaborar mapas com a interpolação dos dados das variáveis da composição do leite cru refrigerado, captado por indústrias do setor de laticínios submetidas ao serviço de inspeção federal (SIF) no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano e o segundo foi analisar a distribuição espaço-temporal de doenças nervosas em bovinos, identificando a presença de hot spot e cold spot de concentração de casos, buscar associações que expliquem a ocorrência e estimar a dinâmica da doença no tempo, no período de 2005-2018.

Esta tese foi realizada com dois tipos de metodologias estatísticas aplicadas em dois bancos de dados, dividido em 4 capítulos. No primeiro está o referencial teórico; o segundo e terceiro são 2 artigos e, por fim, as considerações finais são o 4º capítulo.

O referencial teórico inicia falando da raiva em bovinos. Histórico, etiologia, epidemiologia, legislação e a situação da enfermidade no Brasil. Depois fala sobre a qualidade de leite, sua importância econômica, as características na região e quais fatores

influenciam esta qualidade. Por fim, tem revisão dos métodos de análise utilizados nos artigos.

O primeiro artigo trabalha sobre qualidade de leite do ponto de vista de análises espaciais. A composição química do leite foi analisada com semivariograma para determinar a dependência espacial e foi feito a *krigagem* para estimar os valores em locais não observados.

O segundo artigo é sobre o uso das metodologias  $G_i^*$  de Getis-Ord na análise espaço-temporal das doenças nervosas em bovinos no Brasil. Foi analisado a presença de *cluster* espaciais, quais variáveis influenciam o número de casos e quando ocorrerá o estado estacionário.

Por fim, tem as considerações finais a partir dos resultados dos trabalhos e direcionamento para trabalhos futuros.

## 2. CAPÍTULO – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Raiva

A raiva é uma doença aguda que acomete o sistema nervoso central (SNC) de mamíferos. Tem grande importância na Saúde Pública, pois é uma doença com letalidade próxima de 100% (SILVA et al., 2017). Atualmente cerca de 59.000 mil pessoas vão à óbito pela raiva anualmente no mundo (OIE, 2018). Também traz grandes prejuízos econômicos e sociais. Os prejuízos ocasionados pela raiva vão desde morte de animais, até gastos com tratamentos, prevenções, etc. Apenas com raiva canina o custo estimado anual é de U\$ 8,6 bilhões (IC de 95%: U\$2,9 a 21,5 bilhões), considerando os custos profilaxia, investigação de casos e mortes (HAMPSON et al., 2015)

### 2.2. Breve histórico da raiva

A raiva é uma doença conhecida desde a antiguidade (BRASIL, 2010). Até a idade média, havia raros relatos de surtos de raiva. Havia casos isolados pelos ataques de cães e, mais raramente animais silvestres como lobos e raposas (KOTAIT, 2007).

O primeiro diagnóstico da raiva paralítica foi realizado por Carini (1911), em Santa Catarina. Até então, não se tinha conhecimento sobre ocorrência transmitida por morcegos hematófagos. Na ocasião Carini (1911) identificou os corpúsculos de Negri no cérebro de bovinos mortos por uma doença desconhecida. No artigo, publicado no *L'Institut Pasteur e Paris*, o autor mencionou o fato de os nativos acreditarem que a doença era transmitida por morcegos hematófagos. Contudo a comunidade científica classificou a doença como “fantasia tropical”. O governo de Santa Catarina contratou, em 1916, Haupt e Rehaag, dois veterinários alemães que conseguiram identificar o vírus da raiva em morcegos hematófagos. Ainda assim ainda havia dificuldade, por parte de pesquisadores de aceitar o fato, pois Louis Pasteur afirmara que “para ser raiva, havia necessidade do envolvimento de um cão raivoso” e, nesse caso, não havia relatos de cães com a doença (BRASIL, 2009).



Entre 1925 e 1929, no Caribe ocorreu um surto do que se achava ser botulismo em humanos e poliomielite em bovinos. Após a investigação dos médicos Hurst e Pawam, foi confirmado que se tratava de raiva em ambas as espécies, e que fora transmitida por morcegos hematófagos. Vários trabalhos foram publicados posteriormente (Hurst e Pawam (1931-1932); Queiróz Lima (1934); Queiróz Lima (1935)), após os quais a comunidade científica aceitou que morcegos hematófagos são transmissores da doença

Nas décadas de 1910 a 1940, devido a ocupação do solo e desmatamento da Mata Atlântica associado ao aumento do rebanho bovino, a raiva esteve localizada principalmente no litoral brasileiro. Em seguida, houve grandes surtos no interior do país (Brasil, 2009).

A primeira ocorrência relatada de raiva transmitida ao ser humano por morcegos não-hematófagos foi na Flórida (EUA), em 1953. Na ocasião uma criança de 7 anos foi atacada por um morcego insetívoro (KOTAIT et al., 2007).

Em 2004, foi relatado o primeiro caso de cura da raiva humana em paciente que não tinha recebido vacina ou soro antirrábico. Em 2008, no Brasil, também houve um caso de cura da raiva de um paciente que foi mordido por um morcego hematófago. Utilizou-se o protocolo de Milwaukee adaptado à realidade brasileira (BRASIL, 2010)

### **2.2.1. Herbívoros**

Nos herbívoros, o principal transmissor da raiva são os morcegos hematófagos, da espécie *Desmodus rotundus*, contudo os herbívoros são considerados hospedeiros acidentais, pois, eles não contribuem para a disseminação do vírus, atuam apenas como sentinelas, pois, em raras ocasiões é que o bovino é fonte de infecção (KOTAIT, 1998).

Entre as espécies de herbívoros acometidas, os bovinos são as que mais adoecem de raiva, seguido da espécie equina (SANTOS et al., 2016).

### **2.2.2. Etiologia**

A vírus da Raiva é da família Rhabdoviridae, do gênero *Lyssavirus*. É neurotrópico e penetra no hospedeiro por mordeduras ou, mais raramente, por arranhaduras e lambeduras de mucosas (BRASIL, 2010).

Os morcegos dos gêneros *Molossus*, *Eumops*, *Nyctinomops*, *Tadarida*, *Cynomops*, *Eptesicus*, *Lasiurus*, *Histiotus*, *Myotis*, *Desmodus*, *Diaemus*, *Diphylla*, *Anoura*, *Glossophaga*, *Chrotopterus*, *Lanchorhina*, *Micronycteris*, *Phyllostomus*, *Tonatia*, *Trachops*, *Carollia*, *Artibeus*, *Platyrrhinus* e *Uroderma* já foram identificados com o vírus da raiva no Brasil. Estes possuem os mais diversos hábitos alimentares, tendo espécies insetívoras, hematófagas, nectarívoras, carnívoras, onívoras e frugívoras (KOTAIT et al., 2007)

### 2.2.2.1. Caracterização das variantes

Desde 1996 Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) iniciou um projeto para o estudo da epidemiologia molecular do vírus da raiva nas américas e no Caribe (tabela 1). Com esse trabalho, conseguiu-se associar 4 variantes antigênicas do vírus aos reservatórios. As variantes 1 e 2 são relacionadas à raiva em cães, a variante 3 associada ao morcego hematófago e a variante 4 em morcegos insetívoros (Brasil, 2009). Na tabela 1, observa-se a classificação do *Lyssavirus*.

Tabela 1. Classificação do *Lyssavirus*

Espécies	Abrev	Sorotip	Genótipo	Vetor/reservatório	Distribuição
Lyssavirus (vírus da raiva)	RAB V	I	I	Carnívoros Morcegos (Américas)	(mundo) Mundial (exceto algumas ilhas)
Lagos_Bat_Vírus	LBV	II	II	Morcegos frugívoros (Megachiroptera)	África
Mokola-Vírus	MOK V	III	III	?	África Subsaariana

Duvenhage Vírus	DUV	IV	IV	Morcegos insetívoros	Sudeste africano
	V				
European Lyssavirus 1	Bat	EBLV 1	V	Morcego insetívoro (Eptesicus serotimus)	Europa
European Lyssavirus 2	Bat	EBLV 2	VI	Morcego insetívoro (Myotis sp.)	Europa
Australian Lyssarivirus	Bat	ABL V	VII	Morcegos frugívoros/insetívoros (Megachiroptera/Microchiroptera)	Austrália
Aravan vírus	ARA	V		Morcegos insetívoros	Ásia Central
Khujand vírus	KHU	V		Morcegos insetívoros	Ásia Central
Irkut vírus	IRKV			Morcegos insetívoros	Leste da Sibéria
West Caucasian bat vírus	WCB	V		Morcegos insetívoros	Região Caucásiana

Fonte: OMS

No Brasil, o vírus da raiva é dividido em dois grupos filogenéticos, que são os vírus relacionados aos cães e o vírus relacionado aos *D. rotundus*, este último sendo responsável por 99,2% dos isolamentos de vírus em bovinos (KOBAYAHY et al., 2008).

### 2.2.3. Patogenia e Sinais Clínicos

O vírus da raiva, após penetrar o hospedeiro, se multiplica no local da lesão, atinge o sistema nervoso periférico depois o sistema nervo central. Em seguida se espalha para vários órgãos, inclusive as glândulas salivares, onde se replica e é eliminado pela saliva de pessoas ou animais doentes. Há casos de transmissão entre humanos, pelo transplante de órgãos (BRASIL, 2010)

#### 2.2.3.1. Período de incubação

O período de incubação varia muito, de dias até anos. Essa variação depende da gravidade da lesão, da proximidade da lesão com troncos nervosos e da quantidade de vírus inoculado, contudo, nos seres humanos a média é de 45 dias, nos cães de 10 a 60 dias (BRASIL, 2010) Em bovinos, o período de incubação varia de 25 a 90 dias.

#### **2.2.3.2. Eliminação do Vírus**

A eliminação do vírus da raiva ocorre pela saliva de animais infectados, após a inoculação e desenvolvimento do vírus no hospedeiro. Os cães e gatos, liberam o vírus entre 2 e 5 dias antes do aparecimento dos sinais clínicos e continua durante toda evolução da doença, que dura entre 5 e 7 dias após os sinais iniciais. Em animais silvestre, há poucos estudos que o período de transmissão, contudo sabe-se que o período de incubação do vírus nos morcegos pode durar um longo período (BRASIL, 2010), motivo que levou ao senso comum, incorreto, que os morcegos não adoecem de Raiva, seriam apenas reservatórios.

#### **2.2.3.3. Sinais clínicos**

A forma clínica predominante nos bovinos é a parálitica, sendo raros os casos da forma furiosa (KOTAIT, 1998). Na forma parálitica, os sinais clínicos são incoordenação dos membros pélvicos, seguido de paresia e paralisia flácida. Os sinais nervosos incluem paralisia da cauda e do esfíncter anal, hipoestesia na região pélvica, sialorreia, cegueira, bruxismo, tremores musculares na região da cabeça e opistótono. O curso clínico pode variar de 2 a 10 dias, com média de 5 dias. O animal fica em decúbito e faz movimentos de pedalagem antes de vir a óbito. Há casos de animais que apresentam agressividade e mugidos frequentes, que são sinais clínicos da forma furiosa da raiva (LANGOHR, et al., 2003).

#### 2.2.4. Epidemiologia

A raiva é uma doença endêmica no país, com distribuição heterogênea, de ocorrência não sazonal (DOGNANI et al., 2016), isso significa que há variação da incidência e prevalência da raiva dependendo do local e, também, que não há época do ano preferencial para o surgimento de casos.

A raiva tem uma cadeia epidemiológica grande e complexa e o conhecimento da epidemiologia dessa enfermidade faz-se necessário para implementação de medidas de controle (SILVA et al., 2017). Pode afetar todos os mamíferos. Possui quatro ciclos epidemiológicos, a saber, rural, urbano, silvestre e aéreo. O ciclo silvestre abrange os casos de raiva, principalmente em canídeos selvagens e saguis; o ciclo urbano em felinos e caninos; o ciclo aéreo abrange os quirópteros, e o ciclo rural, por sua vez, os animais de produção (WADA et al., 2011). Cada um destes ciclos tem suas particularidades com relação a hospedeiros, modos de transmissão e demais características, contudo, na prática, os ciclos se cruzam e há transmissão do agente entre eles. No Nordeste há ocorrência da raiva em canídeos silvestre e em humanos transmitidos por esses animais, sugerindo a ocorrência de cruzamento entre os ciclos silvestre e urbano, tendo grande importância epidemiológica, pois há possibilidade de introdução de vírus no espaço urbano que estava sob controle, efeito conhecido como “spillover” (KOTAIT et al., 2007)

O ciclo urbano da raiva é mantido principalmente em população de cães e gatos (BRASIL, 2010). Os cães e gatos são responsáveis pela grande maioria dos casos de raiva no mundo (OIE, 2018). No ciclo urbano o controle é eficaz com a vacinação (KOTAIT et al., 2007).

O ciclo aéreo da raiva ocorre pela manutenção do vírus pelos morcegos hematófagos nas áreas rurais e não-hematófagos na urbana (FAVORETTO et al., 2002), contudo, Wada et al., (2011) identificaram que 97% da raiva humana transmitida por morcegos foram na zona rural. Os morcegos hematófagos são encontrados apenas na América Latina, do norte do México até a Argentina, em locais onde a temperatura mínima não seja inferior a 10°C (SILVA & LANGONI, 2011)

Diferente do que foi disseminado no passado, os morcegos não são apenas reservatórios, não havendo evidência de portadores do vírus da raiva sadios (KOTAIT et al., 2007).

Os principais reservatórios da raiva no ciclo silvestre no Brasil são o morcego hematófago (*D. rotundus*), a raposa (*cerdocyon thous*), sagui (*callithrix jacchus*) (KOTAIT et al., 2007). Contudo, outras espécies como o gato de mato, jaguatirica, guaxinim e alguns macacos também são reservatórios silvestres (BRASIL, 2010).

#### **2.2.4.1. Transmissão**

Os morcegos estão entre os reservatórios mais importantes do vírus da raiva no meio rural. Há 167 espécies de morcegos no Brasil, sendo que o vírus da Raiva foi isolado em 41, mas apenas 3 tem hábitos hematófagos, o *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata* e *Diamemus youngi* (CASTILHO et al., 2010). Esse tipo de morcego é encontrado do norte do México até o norte da Argentina. Destas, apenas o *D. rotundus* se alimenta do sangue de mamíferos, as outras duas espécies se alimentam do sangue de aves (REIS et al., 2007).

A principal fonte de alimentação dos *D. rotundus* são os bovinos, eles necessitam de alimentação diária. Contudo, locais de extrema pobreza, onde as moradias são vulneráveis e o rebanho animal é pouco, esses morcegos podem se alimentar de humanos, principalmente crianças (KOTAIT et al, 2007) É possível que os bovinos sejam infectados por cães, gatos ou animais silvestres, porém com pouca ocorrência.

#### **2.2.5. Diagnóstico**

Aspectos clínico-epidemiológico são utilizados apenas para suspeição da doença em animais. Não é possível confirmar o diagnóstico dessa maneira, pois os sinais clínicos e as características epidemiológicas são inespecíficas, podendo ser confundidas com várias outras doenças e distúrbios nervosos, genéticos, nutricionais e tóxicos (BRASIL, 2009).

O vírus da raiva provoca meningoencefalite e meningoencefalite não-supurativa, principalmente no tronco encefálico, no cerebelo e na medula espinhal, portanto o exame

histopatológico dessas regiões é essencial para o diagnóstico da raiva; O corpúsculo de Negri é característico da raiva, contudo, em animais com curso clínico pequeno é possível que ele não esteja presente, provavelmente devido aos animais morrerem antes de acumular quantidade suficiente de antígeno viral para ser detectado (LANGOHR, et al., 2003).

Não existe teste laboratorial conclusivo antes da morte do animal doente. A legislação brasileira preconiza que a confirmação do diagnóstico da raiva seja realizada com tecidos removidos do sistema nervoso central, com partes do hipocampo, tronco cerebral, tálamo, córtex, cerebelo e medula oblonga. Dois tipos de técnicas diagnósticas são recomendados: O teste de imunofluorescência direta (IFD), que consiste em confirmar a presença do antígeno viral em cultura celular, esse teste tem confiabilidade entre 95 e 99%, quando realizado com amostras frescas. A outra técnica preconizada na legislação brasileira é o isolamento viral. Neste teste, é realizada a inoculação da suspensão de tecidos extraídos da amostra suspeita em sistemas biológicos, que podem ser camundongo ou cultura celular (BRASIL, 2009)

#### **2.2.6. Prevenção e controle**

As formas de prevenção da raiva pode ser controlando as espécies transmissoras e fazendo a profilaxia nos hospedeiros susceptíveis. Os principais transmissores na área rural são os morcegos, contudo é possível que a transmissão ocorra por outros animais silvestre. Nesse caso a equipe que acompanha o caso deverá realizar inquérito para determinar quais outras espécies estão transmitindo o vírus da raiva (BRASIL, 2009)

O conhecimento da epidemiologia da raiva nas diversas espécies que participam dos ciclos epidemiológicos deve ser prioridade nos órgãos e instituições governamentais, visando definir e implantar estratégias para o controle dessas espécies transmissoras com o intuito de limitar ou, se possível, eliminar a presença do vírus em cada uma dessas espécies. Para isso, estudos que integrem genética e ecologia, aliados a procedimentos diagnósticos laboratoriais são fundamentais para a eficácia do controle da raiva (KOTAIT et al., 2007)

Diferente do controle da raiva em canídeos, feita por vacinação, não há uma forma bem-sucedida de controle da raiva em morcegos (KOTAIT et al., 2007). Nesse sentido, é

recomendado a vacinação dos hospedeiros susceptíveis em áreas de maior risco (DOGNANI et al., 2016).

Em 2015 ocorreu, em Genebra na Suíça, a *Conferência Global de Eliminação da Raiva Humana transmitida por Cães: O tempo é agora* organizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) em parceria com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentos (FAO) e com o suporte da Aliança Global de Controle da Raiva (GARC). Nesta conferência, foi posto como meta eliminar a raiva em humanos transmitida por cães até 2030 (OIE, 2015).

O plano para eliminar os casos de raiva humana transmitida por cães até 2030 tem como objetivos: 1- Usar efetivamente vacinação, medicina, ferramentas e tecnologias disponíveis para educar as pessoas, aumentar o acesso à saúde e vacinação das pessoas e vacinar os animais. 2- Produzir dados, inovar e avaliar o impacto das ações através de melhorias na fiscalização, orientação e na governança, garantindo dados de qualidade para uma tomada de decisão eficaz. 3- Manter os compromissos e recursos se unindo contra a raiva (OIE, 2018).

#### **2.2.6.1. Vacinação**

A raiva no ciclo urbano é relativamente fácil de controlar, pois é possível realizar a vacinação dos hospedeiros susceptíveis, sejam animais ou humanos com risco ocupacional (KOTAIT et al., 2007)

Por ser um vírus de natureza proteica complexa, o vírus da raiva tem boa capacidade de induzir a imunidade em animais vacinados, quando comparado com outros vírus, assim, mesmo em condições de campo os animais vacinados apresentam bom nível de anticorpos por um bom período de tempo. Existem dois tipos de vacina contra o vírus da raiva, a viva atenuada e a inativada. A primeira produz uma rápida e persistente resposta imunológica, contudo, devido ao vírus estar vivo, é necessários cuidados rigorosos com relação à temperatura de armazenamento, sob pena da vacina não produzir o efeito esperado. Além disso, a atenuação de uma cepa viral é espécie-específico, podendo causar a doença se aplicado em espécies diferentes, não sendo incomum o acidente em humanos provocados por vacinadores. Por isso este tipo de vacina já foi abolido em vários países. Com relação a vacina inativada, embora não produza a resposta



imune na mesma velocidade que a atenuada, estas possuem a vantagem de serem inócuas e termoestáveis (KOTAIT, 1998).

#### **2.2.6.2. Controle de morcegos**

A legislação ambiental brasileira proíbe o controle populacional de morcegos não hematófagos. Assim, deverá ser realizado o controle apenas de morcegos hematófagos, especialmente o *D. rotundus*, que coloquem em risco pessoas ou animais. Esse controle deverá ser feito com warfarina, uma substância anticoagulante. Há duas formas para realizar esse controle. No método direto, realiza-se a captura de morcegos hematófagos em abrigos artificiais, fontes de alimentação ou, com autorização do Ibama, em abrigos naturais, aplica-se a pasta vampiricida no dorso e libera o animal. No método indireto aplica-se a pasta vampiricida ao redor das mordeduras recentes nos bovinos, esse método baseia-se no fato dos morcegos voltarem para se alimentar no mesmo local. O primeiro método deverá ser realizado pelos serviços oficiais, o indireto poderá ser realizado pelo produtor, com orientação de um médico veterinário. Para que o controle do *Desmodus rotundus* seja eficaz, a legislação preconiza o cadastro e monitoramento anual dos abrigos, através do georreferenciamento. Caso haja ocorrência de caso de raiva transmitida outros animais silvestres, o Serviço de Defesa deverá fazer um levantamento epidemiológico minucioso (Brasil, 2009).

Estudos mostram que há correlação entre a distribuição geográfica dos abrigos de morcegos e a ocorrência da raiva em herbívoros. Ainda que, cerca de 30% dos abrigos monitorados eram abrigos artificiais (DOGNANI et al., 2016), indicando que o monitoramento de abrigos de morcegos é fator importante no conhecimento e controle da raiva em herbívoros e, ainda, que o abandono de obras, minas, pontes e outras intervenções do homem são importantes na epidemiologia da doença.

Na prevenção no hospedeiro susceptível existe a profilaxia pré e pós exposição ao vírus da Raiva. A pós-exposição é através de sorologia. A profilaxia pré-exposição é feito com vacinação de animais susceptíveis. Essa vacinação é obrigatória em locais com ocorrência de focos e deve ser realizada com bovídeos e equídeos a partir dos 3 meses. Antes dessa idade, será avaliado caso a caso, por um Médico Veterinário. Animais primovacinados devem receber uma dose de reforço após 30 dias da primeira. É possível

que os estados legislem sobre a obrigatoriedade da vacinação em locais sem foco, contudo deve ser apenas de caráter compulsório (Brasil, 2009).

Em estudo realizado no Paraná, Dognani et al. (2016) observaram que as regiões que possuíam o maior rebanho não era, necessariamente os locais que apresentam maior número de casos de raiva. Estes estavam concentrados em locais onde havia maior número de abrigos monitorados de morcegos, indicando que a presença de abrigos é um fator mais importante que o tamanho do rebanho do local.

Em estudo realizado no estado de São Paulo, Gomes *et al.* (2007) não encontraram relação entre a quantidade de abrigos e a proximidade com rios, afirmando que áreas próximas a rios não devem ser, necessariamente, consideradas de risco para ataques de morcegos, conforme afirmava a estratégia de controle da raiva utilizada e que, não se sabe quais os motivos que levam os morcegos a escolherem os abrigos para formação de colônias.

#### **2.2.7. Situação da raiva no Brasil**

Embora haja uma diminuição do número de casos de raiva humana ao longo do tempo a raiva é considerada uma doença endêmica no Brasil (WADA et al., 2011). Ela aparece em todas as regiões, com incidências diferentes entre elas. O número de casos em humanos caiu ao longo do tempo, mas, desde 2007, a quantidade permanece relativamente constante (Figura 1).

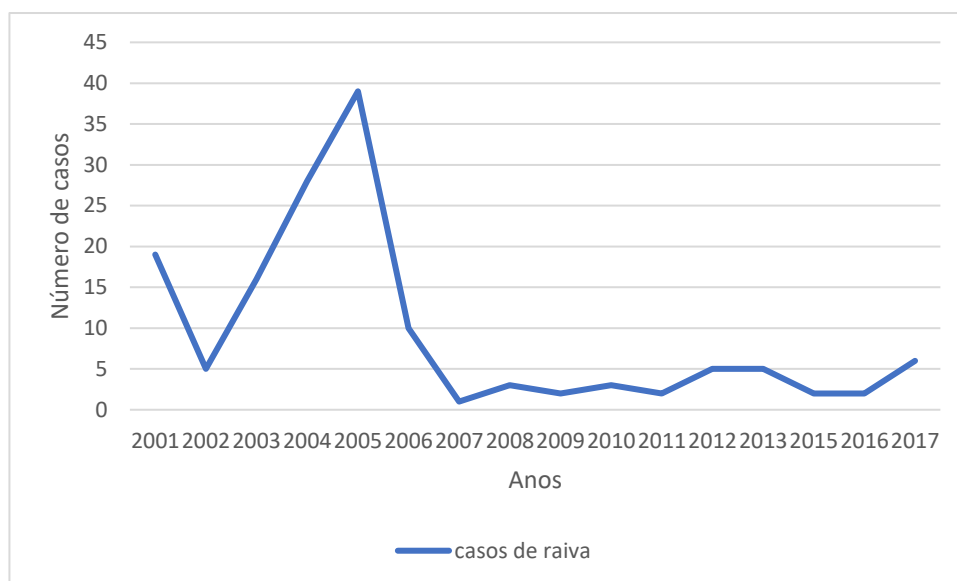


Figura 1. Número de casos de raiva humana no Brasil, no período de 2001 a 2017. Fonte: Datasus, elaborado pelo autor.

Em estudo realizado no Brasil no período de 2000-2009, Wada et al., (2011) observaram que 69% dos casos ocorreram na zona rural. Os principais transmissores da raiva para humanos foram os cães (47%) e os morcegos (45%)

O número de casos de raiva bovina também tem diminuído ao longo do tempo (SILVA et al., 2017; RIBEIRO, 2017)

O problema da subnotificação é uma realidade em todo o país. Os produtores rurais tendem a notificar casos suspeitos de raiva, apenas quando 3 ou mais animais são acometidos. Outrossim, casos com sintomatologia semelhante ocorridos na mesma época e local tendem a serem admitidos previamente como raiva, por isso não são notificados (DOGNANI et al., 2016). Devido a essa falta de conscientização dos produtores e falhas na vigilância epidemiológica, estima-se que para cada caso de raiva notificado existam 10 que não o foram (KOTAIT, 1998).

### 2.2.8. Legislação

Em 1966 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), instituiu o Plano de Combate à Raiva dos Herbívoros, cujo objetivo será alcançado através de

vacinação de hospedeiros susceptíveis e do controle populacional do *Desmodus rotundus*, e também de ações de vigilância preventiva.

Atualmente, está em vigor, o Plano Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH). O programa está fundamentado em: vigilância epidemiológica, vacinação estratégica de herbívoros domésticos, no controle da população de transmissores, principalmente o *Desmodus rotundus*, sempre que houver risco de transmissão da raiva aos herbívoros e na educação em saúde e outros procedimentos de defesa sanitária animal. Há várias legislações que dão suporte ao funcionamento do programa, tabela 2.

Tabela 2. Principais normas do Programa Nacional de Controle da Raiva em herbívoros

Norma	Resumo
<p><b>Instrução Normativa SDA nº 8, de 12 de abril de 2012</b></p>	<p>Define os critérios para o diagnóstico de raiva, por meio do Teste de Imunofluorescência Direta (TIFD) e da Prova Biológica em camundongos (PB), nos laboratórios pertencentes à Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária.</p>
<p><b>Instrução Normativa Ibama nº 141, de 19 de dezembro de 2006</b></p>	<p>Regulamenta o controle e o manejo ambiental da fauna sinantrópica nociva.</p> <p>Permite aos órgãos federais (Saúde e Agricultura) o controle de morcegos hematófagos <i>Desmodus rotundus</i>, sem a necessidade de autorização do Ibama.</p>
<p><b>Portaria SDA nº 168, de 27 de setembro de 2005</b></p>	<p>Aprova o Manual Técnico para o Controle da Raiva dos Herbívoros, para uso dos agentes públicos nas ações do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros – PNCRH.</p>
<p><b>Instrução Normativa Mapa nº 5, de 1º de abril de 2002</b></p>	<p>Aprova as normas técnicas para controle da raiva dos herbívoros e atualiza a inclusão da Encefalopatia Espongiforme Bovina - EEB, da <i>scrapie</i> e de outras doenças de caráter progressivo no sistema de vigilância da raiva dos herbívoros</p>
<p><b>Instrução Normativa SDA nº 69, de 13 de dezembro de 2002</b></p>	<p>Determina o uso de um selo de garantia (holográfico) nos frascos de vacinas contra a raiva dos herbívoros das partidas aprovadas e liberadas para comercialização pelo Mapa.</p>

---

<b>Portaria 126 do MAPA de 18 de março de 1976 (REVOGADA)</b>	Aprova as normas a serem adotadas na profilaxia da raiva
<b>Portaria SVS nº 5, de 21 de fevereiro de 2006</b>	Inclui doenças na relação nacional de notificação compulsória, define doenças de notificação imediata, relação dos resultados laboratoriais que devem ser notificados pelos Laboratórios de Referência Nacional ou Regional e normas para notificação de casos

---

## **2.3. Qualidade de Leite**

### **2.3.1. Importância socioeconômica da atividade leiteira**

O leite está entre os seis mais importantes produtos da agropecuária brasileira. Os produtos lácteos foram os que tiveram maior crescimento em relação ao PIB de todos os produtos do gênero alimentício, visto que tem importância também na geração de emprego e renda. Para cada real produzido no agronegócio do leite, há um acréscimo de R\$5,00 no PIB brasileiro (EMBRAPA, 2019).

Neto (2005) afirma que a implantação de políticas públicas voltadas para setor rural, particularmente a cadeia produtiva de leite, é uma importante forma de desenvolver, não apenas o meio rural, mas também o urbano, pois diminui o êxodo rural. Para tanto, questões técnicas e organizacionais são menos importantes que favorecer uma conjuntura política envolvendo atores públicos e a indústria na redefinição de prioridades econômicas para o desenvolvimento rural.

### **2.3.2. Características da produção de leite no Brasil**

Com um rebanho de vacas ordenhadas na ordem de 22.924.914 animais ou 10,0% do total do rebanho bovino (IBGE, 2020) o Brasil é o 5º maior produtor de leite do mundo

com uma produção de 31.667.600 toneladas de leite, que corresponde a 5,3% da produção mundial ou 18,0% da produção das Américas, onde é o 2º maior produtor, perdendo apenas para os Estados Unidos da América (EUA). Embora no período de 1980 a 2010, o Brasil tenha aumentado sua produtividade em 198%, esta está aquém da produtividade mundial, já que é menos de 10,0% do observado na Arábia Saudita, que detém a maior produtividade no mundo. (EMBRAPA, 2012).

Há uma disparidade muito grande entre as regiões brasileiras de acordo com a produtividade. Observa-se também que a região Sul, local que detém a maior produtividade, foi também a que mais aumentou nesse período. A figura 1, mostra a produtividade de cada região do Brasil e o aumento dessa produtividade ao longo do período de 2005-2010 (IBGE, 2010). 19

Houve um aumento discreto no percentual de leite inspecionado no Brasil de 2000 a 2010 de 61,3 para 68,3% do total de leite produzido no período, porém 31,7% do total de leite produzido no Brasil que não é submetido a nenhum tipo de inspeção, sejam federal, estadual ou municipal (EMBRAPA, 2012).

### **2.3.3. Fatores que influenciam a qualidade do leite**

#### **2.3.3.1. Manejo e higiene da ordenha**

O leite possui grande disponibilidade de nutrientes, pH próximo da neutralidade e alta atividade de água, o que o torna um meio de proliferação favorável ao crescimento microbiano (ARCURI et al., 2008). Desta forma, para a obtenção de um leite de qualidade, é necessário que vários fatores sejam levados em consideração, como a saúde da glândula mamária, a higiene da ordenha, o nível de contaminação encontrado no ambiente em que a vaca é alojada pós-ordenha e a limpeza adequada dos equipamentos e utensílios utilizados na ordenha. Além desses fatores, a temperatura e o período de armazenamento do leite (GUERREIRO et al., 2005), a qualidade da água utilizada para lavagem dos utensílios, equipamentos de ordenha e tetos dos animais também são fundamentais para evitar a contaminação do leite (COSTA, 2005).

Para obter um produto que atinja os padrões de qualidade estabelecidos na legislação vigente, os produtores terão que concentrar seus esforços para a melhoria das condições de saúde da glândula mamária, de higiene da ordenha e do armazenamento do leite, e na refrigeração à 4 °C o mais rápido possível (ARCURI et al., 2008). Princípios básicos de higiene são, por vezes, desconhecidos dos produtores de leite, que ignoram também o conceito de contagem bacteriana total (CBT) e suas implicações na saúde do animal e na qualidade do leite e seus derivados, problemas que podem ser amenizados com a adoção de técnicas de manejo adequadas, prática que melhora sensivelmente a qualidade do leite (GUERREIRO et al., 2005).

Outro fator importante que determina a qualidade do leite é a água utilizada na limpeza e higienização dos utensílios, instalações e na higiene pessoal do ordenhador (MARCÍLIO, 2008). A água utilizada na higienização da sala de ordenha e das máquinas e utensílios são provenientes, em sua maioria, de açudes localizados na própria propriedade, sendo que em 88% das propriedades a água usada na limpeza de instalações e equipamentos não passa por qualquer tipo de tratamento (MONTEIRO et al., 2007).

Silva et al. (2011a) observaram, em estudo realizado no agreste pernambucano, que após a lavagem dos latões, o volume de água residual foi, em média, de 96 mL/latão, isto torna essa a principal fonte de contaminação por microrganismos psicotróficos, coliformes totais e *Escherichia coli*. Em estudo realizado no agreste meridional, Santos (2011) observou que, de 32 amostras de água coletadas em propriedades de diversos tamanhos na região 78,1% foram positivas para coliformes termotolerantes, destas 56,2% para coliformes fecais. Quando se observa as propriedades com produção acima de 500 litros/dia, a situação é ainda pior, pois 87,5% das amostras de água desta categoria foram positivas para coliformes termotolerantes indicando contaminação ambiental, enquanto os coliformes fecais indicam contaminação de origem fecal (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

#### **2.3.3.2. Fatores geográficos e climáticos**

Devido às variadas possibilidades de uso, a análise espacial é cada vez mais utilizada para avaliar o setor leiteiro. De fato, é importante que esse tipo de análise seja

considerado ao se estudar a produção de leite, devido à influência que fatores geográficos têm nesse setor (CARSJEANS e KNAAP, 2002).

O clima tem efeito pronunciado na produção e produtividade, podendo ser um fator regulador ou mesmo limitante à exploração animal. A temperatura, humidade relativa do ar e radiação solar na região intertropical, geralmente, não são compatíveis com a amplitude ideal de conforto térmico de animais especializados, é quando os animais entram em estresse térmico. Altas temperaturas, principalmente associadas a alta umidade relativa do ar afeta a produção de leite, a reprodução, aumenta a mortalidade e o risco de contrair doenças. Além disso, a umidade relativa do ar alta diminui a capacidade de perda de calor corporal para o ambiente, potencializando o estresse térmico (PEREIRA, 2005).

Os fatores climáticos influenciam a qualidade do leite. Nakamura et al. (2012) encontraram correlação negativa entre as variáveis climáticas e a qualidade do leite assim, quanto maior a temperatura menor o teor de gordura, proteína e sólidos totais e que a temperatura é diretamente proporcional ao teor de lactose. A CCS e a CBT são influenciadas positivamente pela precipitação e umidade relativa.

Os animais que possuem a capacidade de regular a temperatura corporal, denominados homeotérmicos, utilizam esse mecanismo para manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos. Contudo, ao se utilizarem desses mecanismos a energia disponível para o animal é desviada para funções vitais, ao custo de diminuir o desempenho animal como a produção e reprodução (BERTIPAGLIA et al., 2007).

O estresse térmico tem influência negativa na produção de leite, diminui sua concentração de proteína e lactose, aumenta a contagem de células somáticas no leite e provoca acidose metabólica (GARCIA et al., 2015).

A radiação solar é um fator climático que influencia diretamente a temperatura corporal dos animais, podendo provocar estresse térmico em bovinos leiteiros, que diminui a produção de leite. Silva et al. (2012) em estudo realizado no município de Bom Jesus-PI, que possui clima tropical, com 12 vacas mestiças (Holandês x Gir) observaram que o grupo de animais submetidos a duas horas diárias (entre 10h00min e 12h00min) de radiação solar utilizaram os mecanismos compensatórios de manutenção da homeotermia corporal além da capacidade, observados através do aumento da frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal, que refletiu na redução de 18,37% na produção diária de leite quando comparados ao grupo de animais com acesso livre à sombra natural (6m<sup>2</sup>/animal).



As estações do ano têm influência sobre a composição do leite, bem como sobre a produção. As vacas leiteiras possuem uma zona de conforto térmico que otimiza a produção leiteira, o aumento da temperatura pode ocasionar estresse térmico, influenciando negativamente a produção e a composição do leite. Fagan et al. (2010), em estudo realizado no Paraná com animais da raça Holandesa, afirmam que durante o outono e inverno o consumo de matéria seca (CMS) dos animais foi maior que nas demais estações, o verão foi a estação com menor ingestão de MS, A média de produção no verão foi significativamente menor que nas demais estações, com maior produção justamente nos nas estações outono e inverno. Como os animais foram alimentados com forragem conservada (silagem de milho) e concentrado, a variação ao longo das estações, nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), estrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foi pequena dessa forma, os autores atribuem a diferença no CMS ao estresse térmico, causado pelas condições climáticas, especificamente a temperatura média, que foi de 23,2 °C, 18,5 °C e 19,9 °C respectivamente para o verão, outono e inverno.

Noro et al. (2006), ao analisarem 259 rebanhos leiteiros no Rio Grande do Sul com média de produção de 19,36 L/vaca/dia afirmam que as estações do ano possuem efeito significativo sobre a produção e composição do leite, com a produção tendo resultado em quantidade e qualidade maior no inverno. Houve efeitos significativos também da CCS com a produção e composição química do leite.

A umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica possuem relação com a qualidade microbiológica do leite. O aumento da umidade relativa e da precipitação pluviométrica produz condições ambientais favoráveis ao crescimento microbiano. Bueno et al. (2008) observaram que o logaritmo da CBT foi influenciado significativamente ( $P < 0,05$ ) pela umidade ambiente e pela precipitação pluviométrica, com essas variáveis sendo responsáveis por 57,76% e 86,49% (coeficiente de determinação), da variação da CBT.

#### **2.4. Análise estatística**

As decisões relativas ao controle e erradicação das enfermidades muitas vezes são tomadas diante de várias incertezas. O desenvolvimento de modelos epidemiológicos

auxilia nessas tomadas de decisão diminuindo essas incertezas (GARNER e HAMILTON, 2011). Nesse contexto, o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais (chamado de sistema de informação geográfica ou SIG) realizam análises complexas ao integrar dados de diversas fontes (CÂMARA e MEDEIROS, 1998) ajudando na tomada de decisão, fornecendo respostas a problemas utilizando dados espaciais (COWEN, 1988; CLARKE, 1986)

Modelos elaborados espacialmente são um avanço em relação ao estudo de disseminação de doenças, quando comparados com modelos que não espaciais, pois fornecem informações mais precisas (CARPENTER, 2011) tendo como objetivo identificar a natureza dos relacionamentos existentes entre as variáveis espaciais (BRUNSDON et al., 1996). Os modelos espaciais são importantes para definir a importância de fatores geográficos na disseminação de doenças e estratégias de controle espacialmente direcionadas com abate e vacinação (GARNER e HAMILTON, 2011).

Grego e Vieira (2005) afirmam que ao se analisar variáveis regionalizadas pela estatística clássica, isto é, sem levar em consideração a dependência espacial, pode levar a interpretações incorretas e falhas, pois esconderia a variabilidade encontrada na área amostrada, assim quando experimentos são realizados com a coleta de dados aleatória em parcelas experimentais, que geralmente são consideradas uniformes, é possível que haja erro de interpretação das respostas obtidas no experimento, pois a hipótese de ocorrência de dependência espacial estará sendo ignorada. A análise espacial facilita a análise das correlações entre as amostras de uma mesma variável ou de variáveis diferentes (WORBOYS, 1995).

O SIG, se distingue dos demais sistemas, pois estes realizam análise espacial, utilizando atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas na base de dados espaciais e buscam fazer modelos sobre aspectos ou parâmetros dos dados em estudo (BARBOSA et al., 2001; CÂMARA e MEDEIROS, 1998), o SIG permite ainda realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA, 2001). Tais sistemas são capazes de capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e dados georreferenciados (WORBOYS, 1995). Outras definições do SIG, são as seguintes:

"Um banco de dados indexados espacialmente sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais" (Smith et al., 1987).

“sistemas assistidos por computador para captura, armazenamento, recuperação, análise e exibição de dados espaciais.” (Clarke, 1986)

“poderosos sistemas de computador projetados para capturar, manipular e analisar informações espaciais” (Burrough, 1986);

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (Cowen, 1988);

Conceitualmente, os dados geográficos são divididos em duas classes: geo-campo e geo-objeto (Goodchild, 1992). Neste trabalho será estudado os geo-campos, ou campos geográficos, que representam a distribuição espacial de uma variável geográfica sobre uma região da superfície terrestre e é caracterizado por (CORDEIRO, et al., 1996):

Seu domínio, a descrição de uma dada região geográfica R;

Seu contra-domínio, que reflete o conjunto V de valores que podem ser assumidos pela variável geográfica;

Um mapeamento  $\lambda: A \rightarrow V$ , entre pontos A e valores V

#### **2.4.1. Auto correlação espacial**

Vários métodos de autocorrelação espacial local são largamente utilizados. Esses testes podem identificar correlações espaciais que não foram identificados nos testes globais. Getis e Ord (1992) mostraram que a Síndrome da Morte Súbita Infantil na Carolina do Norte no período 1979-84 não tinha padrões espaciais globais, mas alguns municípios apresentaram padrões de agrupamentos. Assim, os efeitos espaciais, são relativos às comparações causadas pela autocorrelação espacial (PAULA et al., 2013).

O método escolhido para análise de autorrelação espacial foi o  $G_i^*$  de Getis-ord, método introduzido por Getis & Ord, (1992) e aprimorado por Ord & Getis (1995). É um método que analisa os efeitos locais medindo o grau de associação espacial resultante da concentração de pontos ponderados com relação a todos os outros pontos da área de estudo, objetivando identificar clusters estatisticamente significativos de valores altos (hot spot) e valores baixos (cold spot) de concentração. Para que seja estatisticamente significativo, ou seja, para que o ponto seja diferente da média da área de estudo, o ponto com valor alto, deve ser rodeado por valores também altos (Getis & Ord, 1992; Getis & Ord, 1995). Os cálculos são os seguintes:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

Onde  $x_j$  é o valor atributo do elemento  $j$ ,  $w_{i,j}$  é a ponderação espacial entre os elementos  $i$  e  $j$ ,  $n$  é o número total de elementos e:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Os resultados desses cálculos podem variar entre positivos e negativos. Valores de z-score positivos, maior é a aglomeração de valores hot spot. Quando os valores de z-score são negativos maior é aglomeração de valores cold spot. Tanto maior é a aglomeração de hot spot e cold spot quanto maior ou menor, respectivamente, os valores de z-score forem.

#### 2.4.2. Regressão geograficamente ponderada

A análise espacial, geralmente, é realizada estimando parâmetros ou calculando estatísticas com observações tiradas de diferentes localizações espaciais dentro da área de estudo. As estatísticas ou parâmetros estimados decorrentes são considerados constantes no espaço, mas esta suposição é questionável em algumas situações. É possível supor que possa haver diferenças nas relações espaciais a depender da localização dos dados, sendo necessária uma ferramenta para descrever e mapear essas variações espaciais (BRUNSDON et al., 1996).

É comum utilizar regressão linear na análise geográfica, onde uma variável dependente é modelada como uma função linear de uma ou mais variáveis independentes, pela equação (DOBSON, 1990):

$$y_i = a_0 + \sum_{k=1, m} a_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

Onde  $y_i$  é a  $i$ -ésima observação da variável dependente,  $x_{ik}$  é a  $i$ -ésima observação da  $k$ -ésima variável independente, os  $\varepsilon_i$ s são os erros independentes e normalmente distribuídos com média zero e cada  $a_k$  deve ser determinado a partir da amostra de  $n$  observações. O intercepto e os coeficientes angulares, geralmente, são estimados através do método de mínimos quadrados, pela equação em notação matricial (DOBSON, 1990):

$$\hat{a} = (x^t x)^{-1} x^t y$$

onde  $\hat{a}$  é o vetor de coeficientes (intercepto e coeficientes angulares),  $x$  matriz de observações das variáveis explicativas e  $y$  é o vetor de observações da variável dependente.

Contudo, este tipo de análise desconsidera as variações regionais, pois a homogeneidade espacial raramente ocorre, sendo necessária a verificação da distribuição e variabilidade espaciais (YAMAMOTO E LANDIM, 2013; BRUNSDON et al., 1996). Além disso, pode induzir a presença de associações espúrias e superestimação da significância dos seus parâmetros (CÂMARA, et al., 2002).

Não obstante a regressão ser o tipo mais comum de análise para identificar relação entre variáveis na análise espacial (CARVALHO et al., 2006), uma única equação é estimada, que produz estimativas de parâmetros médios ou globais, que são aplicados a toda região, ou seja assume-se que as relações são estacionárias no espaço, relacionamentos não estacionários tem problemas de interpretação das estimativas de parâmetros nesse tipo de modelo (FAVORETTO et al., 1998), conforme demonstrado por Fotheringham et al., 1996.

A regressão geograficamente ponderada ou *geographically weighted regression* (GWR, na sigla em inglês), parte do pressuposto que pontos mais próximos ao ponto em estudo tenham maior influência nos parâmetros estimados da regressão do que observações obtidas em pontos mais distantes (CARVALHO et al., 2006; YAMAMOTO E LANDIM, 2013) e assim, estima os parâmetros de um modelo de regressão ponderando os valores do banco de dados com a localização geográfica das demais observações (ALBUQUERQUE, et al., 2017).

A GWR nada mais é, senão a extensão da estrutura da regressão tradicional ponderando-a com variações locais, de forma que o coeficiente do modelo, no lugar de serem estimativas globais, são específicos para o local  $i$ , dessa maneira, a equação fica assim (BRUNSDON et al., 1996):

$$y_i = a_{i0} + \sum_{k=1,m} a_{ik} x_{ik} + \varepsilon_i$$

Onde  $a_{ik}$  é o valor do  $k$ -ésimo parâmetro na localização  $i$ . O ponto  $i$  é generalizável e não precisa se referir apenas aos pontos onde são coletados os dados, sendo assim, é possível calcular estimativas de parâmetros entre pontos de dados, produzindo mapas detalhados de variações espaciais nos relacionamentos (BRUNSDON et al., 1996) e

obtendo um conjunto de parâmetros ajustados para cada ponto analisado (CARVALHO et al., 2006)

Dessa forma, o modelo é ajustado pelo método de mínimos quadrados ponderados que usa pesos diferentes em cada observação na estimativa. Um fator de ponderação  $w$  é a cada diferença ao quadrado antes de minimizar de forma que a imprecisão de algumas previsões acarreta mais penalidade do que outras. Assim os coeficientes estimados são escritos de acordo com a equação (BRUNSDON et al., 1996):

$$\tilde{a} = (x^t w x)^{-1} x^t w y$$

onde  $w$  é uma matriz quadrada cujos elementos da diagonal principal correspondem aos pesos de cada observação e os outros elementos são nulos.

$$w = \begin{bmatrix} w_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_n \end{bmatrix}$$

No modelo de regressão não espacial os pesos atribuídos a  $w_i$  são constantes, apenas um ajuste é realizado para se obter uma estimativa global para todo o espaço - estacionariedade. No caso da GWR  $w$  varia com  $i$ , de modo que exista um ajuste diferente para cada ponto no espaço estudado, assim a fórmula pode ser generalizada para (BRUNSDON et al., 1996):

$$\tilde{a} = (x^t w_i x)^{-1} x^t w_i y$$

e a matriz fica assim:

$$w = \begin{bmatrix} w_{i,1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i,2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{i,n} \end{bmatrix}$$

### 2.4.3. Semivariograma e krigagem

A dependência entre as variáveis pode ser analisada através de semivariogramas, coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e grau de dependência espacial (GDE). No caso de haver a dependência, é possível estimar os valores do indicador em estudo para locais não

amostrados dentro do espaço, sem tendenciosidade e com variância mínima, pelo método de Krigagem (SOUZA et al., 2013b).

O semivariograma é usado para determinar o grau de dependência espacial entre amostras, assumindo uma estacionaridade nos incrementos, além de expressar o comportamento espacial da variável regionalizada, definir o tamanho da zona de influência em torno de uma amostra e a anisotropia (LANDIN, 2006).

Para o cálculo do semivariograma, é utilizada a equação (1):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n [Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (1)$$

Em que  $\gamma(h)$  é a semivariância em função da distância (h) de separação entre os pares de pontos; h= distância de separação entre os pares de pontos; n= número de pares de pontos experimentais.

O semivariograma é elaborado em função de h, portanto depende da magnitude e direção desta distância. O gráfico de um semivariograma próximo do ideal (Figura 2) apresentam a características patamar(C), efeito pepita(C0) e alcance (a) bem definidos. É esperado que medições mais próximas sejam mais parecidas que medições mais distantes entre si, até uma distância máxima, na qual o efeito é completamente aleatório. Portanto, é esperado que quando  $\gamma(h)$  aumente ou diminua na medida que a distância h aumente ou diminua, respectivamente. Contudo, observa-se que quando h tende a zero  $\gamma(h)$ , aproxima-se de um valor positivo, o efeito pepita. Esse valor representa a variação aleatória dos dados em uma escala menor que a amostrada, isto é, quando o efeito pepita é zero há máxima dependência espacial, por outro lado, quando ocorre de o semivariograma ser constante e igual ao patamar para qualquer valor de h, tem-se o efeito pepita puro que significa ausência total de dependência espacial. O patamar no semivariograma é valor máximo da variância, a partir de certa distância. A distância em que o semivariograma apresenta máxima variância é chamada de alcance, que é o valor máximo em que há dependência espacial entre as amostras (VIEIRA, 2000).

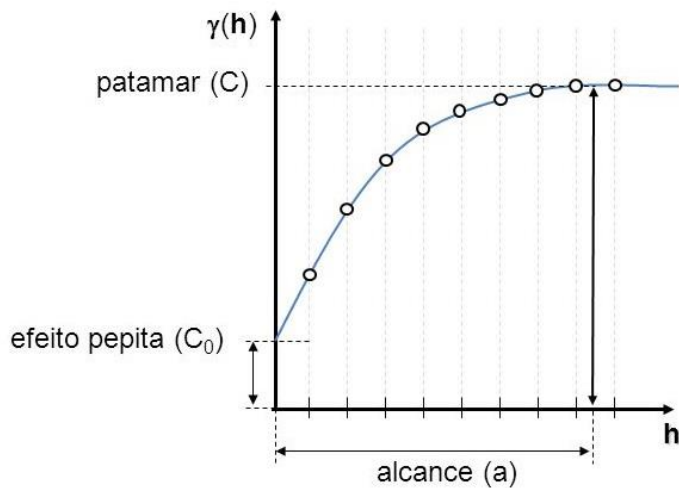


Figura 2. Modelo de semivariograma.

Quando o gráfico do semivariograma é idêntico para qualquer direção, significa que a variável é isotrópica, quando há variação no semivariograma, a depender da direção que o mesmo é calculado há o fenômeno chamado de anisotropia, que deve ser levada em consideração na hora de ajustar o modelo teórico. Para observar se há presença destes efeitos, é recomendado fazer o semivariograma nas direções  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $135^\circ$  (YAMAMOTO E LANDIM, 2013).

Para a elaboração de mapas com isolinhas ou de superfície tridimensional, depende-se muito da densidade dos pontos na área, ou seja, da distância entre os pontos. O método de interpolação linear ou polinomial, comumente utilizado, mostra-se insuficiente, pois a variação dos dados no campo não necessariamente segue esses tipos de equações. Nesse sentido, com a krigagem, é possível estimar os valores de não tendenciosidade, com variância mínima, em qualquer ponto dentro da área de estudo e assim, elaborar mapas mais precisos (VIEIRA, 2000). A krigagem é necessária para a determinação dos ponderadores associados a cada amostra, pois quanto maior a covariância entre a amostra e o valor estimado, mais essa amostra influenciará a estimativa (YAMAMOTO E LANDIM, 2013).

Grego e Vieira (2005) afirmam que a construção de mapas temáticos com os valores obtidos pela krigagem é importante para auxiliar na interpretação da variabilidade espacial. As informações mostradas nos mapas complementam a análise geoestatística auxiliando na tomada de decisões.



## REFERÊNCIAS

ARCURI, E, F. et al. **Contagem, isolamento e caracterização de bactérias psicrotróficas contaminantes de leite cru refrigerado**. *Ciência Rural*. v. 38, n.8, p. 2250-2255, 2008.

ALBUQUERQUE, P. H. M., MEDINA, F. A. S., SILVA, A. R. da. (2017). **Geographically Weighted Logistic Regression Applied to Credit Scoring Models**. *Revista Contabilidade & Finanças*, 28(73), 93–112. doi:10.1590/1808-057x201703760

BUENO, V.F.F.; MESQUITA, A.J.; OLIVEIRA, A.N. et al. **Contagem bacteriana total do leite: relação com a composição centesimal e período do ano no estado de Goiás**. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v.15, p.40-44, 2008.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios básicos em geoprocessamento**. In: *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. ASSAD, E.D. e SANO, E.E. (Orgs.).Brasília: EMPRAPA, 1998.

COSTA, P.A.K.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. et al. **Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.6, p.187-193, 2005.

BARBOSA, C. C. F.; CÂMARA, G.; CORDEIRO, J. P. **Álgebra de Campos e Objetos**. In: CÂMARA, G. et al. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, INPE, 2001. <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2020 Cap. 8

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle da Raiva dos herbívoros: Manual Técnico 2009**. 2ª ed.124p. Brasília-2009.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Doenças infecciosas e parasitárias: Guia de Bolso**. 8ed. 448p. Brasília, 2010.

BRUNSDON, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. E. (1996). **Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity**. *Geographical Analysis*, 28(4), 281-298.

BURROUGH, P.A. **Principies of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 1986.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução**. In: CÂMARA, G. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2013. Cap. 1

CARPENTER, T. E. **Stochastic, spatially-explicit epidemic models**. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz, v. 30, n. 2, p. 417-424, 2011.

CARVALHO, L.E.X.; SILVA, H.N.; LOUREIRO, C.F.G.; MENESES, H.B. **Regressão linear geograficamente ponderada em ambiente SIG**. Transportes, v. XIV, n. 2, p. 18-26, dezembro 2006.

CASTILHO J. G., CARNIELI JÚNIOR, P., OLIVEIRA, R.N., FAHL, O.W., CAVALCANTE, R., SANTANA, A.A., ROSA, W.L.A., CARRIERI, M.L., KOTAIT, I. **Journal of Wildlife Diseases**, 46(4), 2010, pp. 1335–1339 # Wildlife Disease Association 2010.

CLARKE, K. C. **Advances in Geographic Information Systems**, Computers, Environment and Urban Systems, Vol.10, pp.175-184, 1986.

CORDEIRO, J.P.; AMARAL, S.; FREITAS, U.M.; CÂMARA, G. **Álgebra de Geo-Campos e suas Aplicações**. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Abril de 1996. (15) (PDF) Integração de objetos e campos geográficos em uma álgebra de mapas. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/47446064\\_Integracao\\_de\\_objetos\\_e\\_campos\\_geograficos\\_em\\_uma\\_algebra\\_de\\_mapas](https://www.researchgate.net/publication/47446064_Integracao_de_objetos_e_campos_geograficos_em_uma_algebra_de_mapas)>, acesso 13 jan 2020

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: **what are the differences?** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v.54, p.1551-1554, 1988.

DOBSON, A.J. (1990). **An introduction to generalised linear models**. London: Chapman and Hall, 2 e d cap. 6.

DOGNANI, R, PIERRE, E. J.; SILVA, M. C. P.; PATRÍCIO, M. A.C.; COSTA, S.C.; PRADO, J.R. e LISBÔA, J.A.N. **Epidemiologia descritiva da raiva dos herbívoros notificados no estado do Paraná entre 1977 e 2012**. Pesq. Vet. Bras. 36(12):1145-1154, dezembro 2016.

EMBRAPA. **Importância Econômica 2002**. Disponível em: 29 <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/importancia.html>>. Acessado em: 23 mar. 2019

FAGAN, E.P.; JOBIM, C.C.; CALIXTO JÚNIOR, M.C. et al. **Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do estado do Paraná**, Brasil. Acta Sci. Anim. Sci., v.32, p.309-316, 2010.

FAVORETTO, S.R.; CARRIERI, M.L.; CUNHA, E.M.S.; AGUIAR, E.A.C.; SILVA, L.H.Q.; SODRÉ, M.M.; SOUZA, M.C.A.M. & KOTAIT, I. - **Antigenic typing of Brazilian rabies virus samples isolated from animals and humans, 1989-2000**. Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo, 44(2):91-95, 2002.

FOTHERINGHAM, A. S.; CHARLTON, M. e BRUNSDON, C. F. (1996). **The geography of parameter space: an investigation of spatial non-stationarity.** *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 605–627. doi:10.1080/02693799608902100

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** 3ª. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 196p.

GARCIA, A.B.; ANGELI, N.; MACHADO, L. et al. **Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil.** *Trop. Anim. Health Prod.*, v.47, p.889-894, 2015.

GARNER, M. G.; HAMILTON, S. A. **Principles of epidemiological modelling.** *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, v. 30, n. 2, p. 407-416, 2011.

GETIS, A., ORD, J.K. **The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics.** *Geographical Analysis*. V. 24, N. 3, Jul, 1992.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em 4 uma parcela experimental.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 2, p. 169-177, 5 2005.

GOMES, M.N., Monteiro, A.M.V., Nogueira Filho, V.S. e Gonçalves, C.A. **Áreas propícias para o ataque de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* em bovinos na região de São João da Boa Vista, Estado de São Paulo.** *Pesq. Vet. Bras.* 27(7):307-313, julho 2007.

GOODCHILD, M. (1992) “Geographical data modeling”, *Computers & Geosciences*, 18 (4): 401-408.

GUERREIRO, P., K. et al. **Qualidade microbiológica de leite em função de técnicas profiláticas no manejo de produção.** *Ciênc. agrotec.*v. 29, n. 1, p. 216-222, 2005.

HAMPSON K, Coudeville L, Lembo T, Sambo M, Kieffer A, Attlan M, et al. (2015) **Estimating the Global Burden of Endemic Canine Rabies.** *PLoS Negl Trop Dis* 9(4): e0003709. doi:10.1371/journal.pntd.0003709. 2015.

IBGE-. **Produção da Pecuária Municipal.** Disponível: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=21](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=21)> acesso em: 04/12/2020

KOBAYASHI Y, Sato G, Mochizuki M, Hirano S, Itou T, et al. (2008) **Molecular and geographic analyses of vampire bat–transmitted cattle rabies in central Brazil.** *BMC Vet. Res.* doi: 10.1186/1746–6148–4–44.

KOTAIT, I.; CARRIERI, M. L.; CARNIELI JÚNIOR, P.; CASTILHO, J. G.; OLIVEIRA, R. N.; MACEDO, C. I.; FERREIRA, K.C.S.; ACHKAR, S.M. **Reservatórios Silvestres do vírus da raiva: um desafio para a saúde pública. Boletim epidemiológico paulista.** V.4, n.40, São Paulo, abril, 2007.

KOTAIT I., Gonçalves C.A., Peres N.F., Souza M.C.A.M. & Tarqueta M.C. 1998. **Controle da Raiva dos Herbívoros.** Instituto Pasteur, São Paulo. 15p.

LANGOHR, I. M.; IRIGOYE, L.F.; LEMOS, R.A.A.; BARROS, C.S.L. **Aspectos epidemiológicos, clínicos e distribuição das lesões histológicas no encéfalo de bovinos com raiva.** Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.125-131, 2003.

MARCILIO, T. **Qualidade do leite.** 2008. 73F. Monografia. Curso de Especialização em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Universidade Castelo Branco. Florianópolis - SC. 2008.

MONTEIRO, A. A. et al. **Características da produção leiteira da região do agreste do estado de Pernambuco, Brasil.** Semina: Ciências Agrárias. v. 28, n.4, p.665-674, 2007.

NAKAMURA, A.Y.; ALBERTON, L.R.; OTUTUMI, L.K. et al. **Correlação entre as variáveis climáticas e a qualidade do leite de amostras obtidas em três regiões do estado do Paraná.** Arq. Ciênc. Vet. Zoot. v.15, p103-108, 2012.

NETO, B. S.; BASSO, D. **A produção de leite como estratégia de desenvolvimento para o Rio Grande do Sul.** Desenvolvimento em Questão. n.5, p.53-72, 2005.

OIE. **Global Elimination of dog-mediated human rabies.** Disponível em [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204621/WHO\\_HTM\\_NTD\\_NZD\\_2016\\_02\\_eng.pdf?jsessionid=868968341F86DCDB81EBB7DA760C585D?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204621/WHO_HTM_NTD_NZD_2016_02_eng.pdf?jsessionid=868968341F86DCDB81EBB7DA760C585D?sequence=1), acesso em 17 jan 2019. Genebra-SWI, 2015.

OIE. **ZERO BY 30 The Global Strategic Plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030.** Disponível em: [http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media\\_Center/docs/pdf/Rabies\\_portal/Zero\\_by\\_30\\_Final\\_130618.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media_Center/docs/pdf/Rabies_portal/Zero_by_30_Final_130618.pdf), acesso em 17 jan 2019. Genebra-SWI, 2018.

PAULA, J.S; DALBERTO, C.R; BOHN, L. **Determinantes da pobreza rural no Brasil: um enfoque espacial.** 6ª Conferência Internacional sobre Estatísticas Agropecuárias. Rio de Janeiro, 2013.

REIS, N. R., A. L. PERACCHI, W. A. PEDRO, and I. P. LIMA (eds.). 2007. **Morcegos do Brasil.** Ne'lio R. dos Reis, Londrina, Brasil, 253 pp. 2007.

RIBEIRO, T.M.P. **Casos e Focos de Raiva e Brucelose em Bovinos (*Bos taurus*) registrados em Roraima no Período 2008-2016**. Bol. Mus. Int. de Roraima. v 11(2): 49-54 2017.

SANTOS, J. F. **Avaliação da qualidade do leite cru produzido na microrregião de Garanhuns-PE e da água utilizada no manejo de ordenha**. Monografia (Medicina Veterinária). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, p.30-41, 2011

SANTOS, A.V.P., CALDAS, M.L.C, KLEIN JUNIOR, M.H., Silva, A.L.D., CARDOSO FILHO, F.C.C. **RAIVA EM HERBÍVOROS NO ESTADO DO PIAUÍ NO PERÍODO DE 2007 A 2011**. Acta Veterinaria Brasilica, v.10, n.3, p.224-228, 2016

SILVA R.C., LANGONI H. **Epidemiologia da raiva em quirópteros e os avanços em biologia molecular**. Vet e Zootec. 2011 mar.; 18(1) 19-37. 2011

SILVA, L. C. C. et al. **Rastreamento de fontes da contaminação microbiológica do leite cru durante a ordenha em propriedades leiteiras do Agreste Pernambucano**. Semina: Ciências Agrárias. v.32, n.1, p.267-276, 2011a.

SILVA, G. C. P., SANTOS, R.F., ROCHA, S. M., REIS, V.G.L., SANTOS, G.R., GODOY, H.P., MATHIAS, L.A., NOCITI, D.L.P. **Perfil da ocorrência de raiva animal em diferentes espécies no Estado de Mato Grosso, Brasil, de 2002 a 2011**. R. bras. Ci. Vet., v. 24, n. 3, p. 151-156, jul./set. 2017.

SMITH, T.R.; PEUQUET, D.J.; MENON, S. AGARWAL, P. **KBGIS-II: A knowl-edge-based geographical information system**. International Journal of Geographical Information Systems, v.1, n.2, p.149-172, 1987.

TOMLIN, C. D. (1994). **Map algebra: one perspective**. Landscape and Urban Planning, 30(1-2), 3–12. doi:10.1016/0169-2046(94)90063-9

WADA, M.Y.; ROCHA, S.M.; MAIA-ELKHOURY, A.N.S. **Situação da Raiva no Brasil, 2000 a 2009**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v.20, n.4, p. 509-518, 2011. Perfil da ocorrência de raiva animal em diferentes espécies no Estado de Mato Grosso, Brasil, de 2002 a 2011. R. bras. Ci. Vet., v. 24, n. 3, p. 151-156, jul./set. 2017.

WORBOYS, M. **Gis: A computing perspective**. London, Taylor e Francis, 1995.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

### **3. CAPÍTULO - VARIABILIDADE ESPACIAL DA COMPOSIÇÃO DO LEITE CRU REFRIGERADO NO ESTADO DE ALAGOAS E NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

#### **RESUMO**

O objetivo da realização deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial da composição do leite cru refrigerado e elaborar mapas com interpolação de dados sobre os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015. Foram analisados 3.863 laudos oficiais de amostras de leite cru refrigerado, coletados de 432 tanques de expansão direta da região estudada. O grau de dependência espacial e a regressão geograficamente ponderada das variáveis foram analisados pelo *software ArcGIS 10.3*. A análise espacial mostrou predominância de áreas com teor de gordura de 3,1 a 3,6g/100g e áreas com teor de gordura de 3,6 a 4,2g/100g. Para o teor de lactose, foi observada área predominante com 4,32 a 4,45g/100g e algumas áreas com 4,46 a 4,54g/100g. Foi observada baixa influência da altitude, precipitação pluviométrica e interação precipitação x altitude sobre o teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado na área estudada. Por fim, conclui-se que há variabilidade espacial para gordura, lactose, proteína, sólidos totais e extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano.

Palavras-chave: altitude, dependência espacial, fatores climáticos, regressão geograficamente ponderada

#### **ABSTRACT**

*The aim of this work was to analyze the spatial variability and draw maps with data interpolation on the fat, protein, lactose, total solids, and nonfat dry extract of refrigerated raw milk in the state of Alagoas and Mesoregion the Pernambuco Agreste in 2014 and 2015. A total of 3,863 official reports of samples of raw milk collected from 432*

*refrigerated tanks direct expansion of the studied region were analyzed. The degree of spatial dependence and geographically weighted regression of variables was analyzed using ArcGIS 10.3 software. The spatial analysis showed predominance of areas with a fat content of 3.1 to 3.6g/100g and areas with a fat content of 3.6 to 4.2g/100g. For lactose content predominant area of 4.32 to 4,45g/100g and some areas with 4.46 to 4,54g/100g were observed. Altitude, rainfall, and precipitation interaction x altitude of the fat, protein, lactose, total solids and nonfat dry extract in the study area showed little influence. Finally, there is spatial variability in fat, lactose, protein, total solids, and nonfat dry extract of refrigerated raw milk produced in the state of Alagoas and Pernambuco Mesoregion of Agreste.*

*Keywords: altitude, spatial dependence, climatic factors, geographically weighted regression*

### **3.1. Introdução**

A produção de leite anual no Brasil, em 2014, alcançou 35,1 milhões de toneladas de leite, que correspondem a 5,4% da produção mundial, sendo 3,9 milhões produzidas no Nordeste, com Pernambuco tendo produzido 656.673 e Alagoas 304.674 mil toneladas de leite por ano (Indicadores..., 2016). A indústria de leite e derivados ocupa a 12ª posição no *ranking* de geração de empregos no país, à frente de setores como construção civil, têxtil e siderurgia (Martins, 2006).

A análise espacial é uma ferramenta que tem sido utilizada para avaliar e monitorar a variação da qualidade do leite em diversas partes do mundo. Essa avaliação auxilia a tomada de decisão da iniciativa privada, bem como de políticas públicas concernentes às estratégias necessárias ao aumento da quantidade e da qualidade do leite em cada região (Carvalho, 2011). Segundo Hott e Carvalho (2007), é necessária a geração de um banco de dados geográfico sobre os parâmetros de composição e qualidade do leite, que possibilite a realização de melhorias na área logística e na tomada de decisão de grandes investimentos pelo setor produtivo. Zoccal *et al.* (2006) também reportam outras utilidades da determinação da distribuição espacial da pecuária leiteira no Brasil, tais

---

como na estratégia de vigilância sanitária, na rastreabilidade, na avaliação de risco geográfico de doenças e em estudos de dinâmica do setor agropecuário.

No Brasil, foram realizados estudos, nos estados de Rondônia e Espírito Santo, que identificaram dependência espacial para o teor de gordura, lactose, extrato seco e sólidos totais (Souza *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2013). Assim, a realização deste trabalho teve o objetivo de analisar a variabilidade espacial e elaborar mapas com a interpolação dos dados das variáveis da composição do leite cru refrigerado, captado por indústrias do setor de laticínios submetidas ao serviço de inspeção federal (SIF) no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano. Para tanto, consideraram-se a importância econômico-social e nutricional do leite, a existência de um cluster do setor no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, a análise espacial e a geoestatística como ferramenta que pode auxiliar na melhoria da qualidade do leite, bem como o fato de não haver qualquer estudo desse tipo no estado de Alagoas e na mesorregião Agreste Pernambucano.

### **3.2. Material e métodos**

O presente estudo avaliou a contagem de células somáticas (CCS) e a contagem bacteriana total (CBT) do leite cru refrigerado, captado por indústrias de laticínios submetidas ao serviço de inspeção federal (SIF) no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano.

No estado de Alagoas, a precipitação pluviométrica anual varia de 400 a 2200mm, e a temperatura média entre 20 e 27°C, com máximas de 24 a 32°C e mínimas entre 17 e 22°C (Climatologia..., 2016).

O Agreste Pernambucano tem altitude média acima dos 600m, temperatura média anual entre 19 e 23°C, mínimas e máximas entre 15 e 19°C e 26 e 35°C, respectivamente, e precipitação pluviométrica entre 600 e 800mm (Levantamento..., 2016).

Foram obtidos, junto a três empresas submetidas ao serviço de inspeção federal da região, 3.863 laudos oficiais de amostras de leite cru refrigerado de 432 tanques de expansão direta devidamente georreferenciados (Fig. 3), referentes aos anos 2014 e 2015.



As variáveis de composição química do leite analisadas foram: teores de gordura (g/100g), proteína (g/100g), lactose (g/100g), sólidos totais (ST) (g/100g) e extrato seco desengordurado (ESD) (g/100g). Posteriormente, foram calculadas: média, desvio-padrão, mínimo e máximo do período para cada tanque de expansão direta. As médias foram utilizadas nas análises geoestatísticas e na geração de mapas, com o uso do *software* ArcGIS 10.3. A análise da dependência espacial das variáveis, a interpolação dos dados e a elaboração dos mapas foram realizadas segundo Yamamoto e Landim (2013). Ainda, foram realizados ajustes de semivariogramas para avaliação da dependência espacial, pressupondo a estacionariedade da hipótese intrínseca (Yamamoto e Landim, 2013):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n [Z(x) - Z(x+h)]^2,$$

em que:  $\gamma(h)$ = semivariância em função da distância (h) de separação entre os pares de pontos  $Z(x)$ ; h= distância de separação entre os pares de pontos; n= número de pares de pontos experimentais.

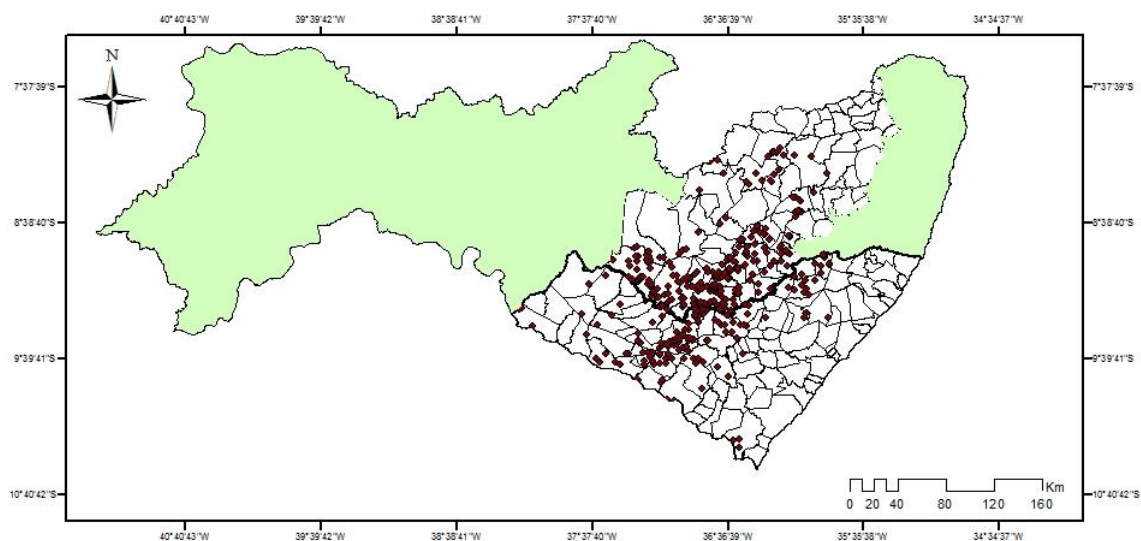


Figura 3. Distribuição espacial dos tanques de expansão direta utilizados para amostragem de leite cru, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano.

A interpolação dos dados foi realizada pela *krigagem* simples, que, de acordo com Vieira (2000), estima os valores de não tendenciosidade, com variância mínima. Foram também testados semivariogramas teóricos para determinação do melhor modelo para

cada variável. Para ajustar o semivariograma, foram observados: a menor média do erro, o quadrado médio e o erro padronizado. Posteriormente, foram determinados os efeitos pepita ( $C_0$ ) e patamar ( $C_0 + C$ ), para se calcular o grau de dependência espacial (GDE). Os modelos de semivariograma utilizados foram: K-Bessel e J-Bessel (Pasini *et al.*, 2014):

$$\text{K-Bessel: } \gamma(h) = C + C_0 \left[ 1 - \frac{\left(\frac{\Omega_{\theta_k}}{a}\right)^{\theta_k}}{2^{\theta_k-1} \Gamma(\theta_k)} K_{\theta_k} \left(\frac{\Omega_{\theta_k} h}{a}\right) \right],$$

para qualquer  $h$ , em que o valor  $\Omega_{\theta_k}$  é o valor encontrado numericamente, de modo que  $\gamma(a) = 0,95 (C + C_0)$  para qualquer  $\theta_k$ ,  $\Gamma(\theta_k)$  é a gama função:  $\Gamma(y) = \int_0^{\infty} xy^{-1} \exp(-x) dx$ , e  $K_{\theta_k}$  é a função Bessel modificada de segundo tipo de  $\theta_k$ .

$$\text{J-Bessel: } \gamma(h) = C + C_0 \left[ 1 - \frac{2^{\theta_d} \Gamma(\theta_d+1)}{\left(\frac{\Omega_{\theta_d} h}{a}\right)^{\theta_d}} J_{\theta_d} \left(\frac{\Omega_{\theta_d} h}{a}\right) \right],$$

para qualquer  $h$ , em que  $C + C_0 \geq 0$ ,  $a \geq 0$ ,  $\theta \geq 0$ ,  $\Omega_{\theta_d}$  deve satisfazer  $B = a$ ,  $B > 0$ ,  $\gamma(B) = C + C_0$ ,  $\gamma'(B) < 0$ , e  $J_{\theta_d}$  é a função J-Bessel.

Para se analisar o grau de dependência espacial (GDE), foi utilizada a classificação de Guimarães (2004), que considera alta dependência espacial o semivariograma que apresentar o efeito pepita  $< 25\%$  que o patamar, moderada entre 25 e 75%, e baixa  $> 75\%$ . Porém, no presente estudo, considerou-se moderado de 25 a 75%, calculado pela equação:  $GDE = \frac{C_0}{C_0 + C} \times 100$ . A presença de anisotropia foi analisada para ajustar, quando necessário, o modelo teórico do semivariograma (Yamamoto e Landim, 2013).

Para regressão geograficamente ponderada, foram utilizadas as variáveis independentes: altitude, precipitação pluviométrica e a interação altitude x precipitação. Como variáveis dependentes, foram utilizados: os teores de gordura, proteína, lactose, ST e ESD.

### 3.3. Resultados e discussões

A média dos teores de gordura, lactose, proteína, sólidos totais (ST) e sólidos não gordurosos (SNG) do leite cru refrigerado produzido na região estudada foi de 3,56 ( $\pm 0,32$ ), 4,45 ( $\pm 0,10$ ), 3,12 ( $\pm 0,41$ ), 12,13 ( $\pm 0,41$ ) e 8,47 ( $\pm 0,19$ ), respectivamente (Tab. 3). As médias dos teores da composição química do leite foram semelhantes às reportadas por Ribas *et al.* (2004) no estado do Paraná, Bueno *et al.* (2008) no estado de Goiás, Paiva *et al.* (2012) em Minas Gerais e Ribeiro Neto *et al.* (2012) no Nordeste brasileiro.

Com relação à adequação ao padrão de identidade e qualidade do leite cru refrigerado estabelecido na legislação vigente (Brasil, 2011), foram observados 95,5% para gordura; 96,1% para proteína; e 84,0% para SNG. Na legislação vigente (Brasil, 2011), não estão estabelecidos padrões de identidade e qualidade para lactose e sólidos totais do leite cru refrigerado.

Tabela 3. Composição do leite cru refrigerado produzido em Alagoas e na mesorregião Agreste Pernambucano, com base em laudos oficiais de 2014 e 2015

Parâmetros	Gordura	Lactose	Proteína	ST <sup>1</sup>	SNG <sup>2</sup>
Média	3,56	4,45	3,12	12,13	8,57
Desvio-padrão	0,32	0,10	0,13	0,41	0,19
Mínimo	2,55	3,73	2,56	10,57	7,56
Máximo	6,87	4,69	3,67	15,05	9,11
Padrão <sup>3</sup>	Mín. 3	*	Mín. 2,9	*	Mín. 8,4
Amostras dentro do padrão	96,5%	-	96,1%	-	84,0%

<sup>1</sup>Sólidos totais. <sup>2</sup>Extrato seco desengordurado. <sup>3</sup>Padrão de acordo com a Instrução Normativa 62, de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. \*Não possui padrão estabelecidos na legislação.

Com relação ao comportamento das variáveis, apenas os ST e o SNG apresentaram anisotropia. Quanto à dependência espacial, a lactose e o SNG tiveram dependência espacial alta, enquanto a proteína teve dependência moderada, e a gordura e os ST baixa dependência espacial (Tab. 4).

Tabela 4. Análise geoestatística da composição do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, com base em laudos oficiais de 2014 e 2015

Parâmetros	Gordura	Lactose	Proteína	ST <sup>1</sup>	SNG <sup>2</sup>
Anisotropia	Não	Não	Não	Sim	Sim
Modelos	J Bessel	K Bessel	J Bessel	J Bessel	K Bessel
Pepita (C0)	0,089048	0,000000	0,006267	0,155635	0,008035
Patamar (C)	0,011445	0,010500	0,007899	0,023462	0,030946
Média erros	0,000059	0,002026	-0,001612	-0,003323	-0,001574
Quadrado médio	0,303075	0,099217	0,128139	0,397482	0,184173
Média padronizada	0,000513	0,017851	-0,012600	-0,007514	-0,008825
GDE <sup>3</sup>	88,61115	0,0	44,23897	86,8999	20,61314
Dependência	Baixa	Alta	Moderada	Baixa	Alta

<sup>1</sup>Sólidos totais. <sup>2</sup>Extrato seco desengordurado. <sup>3</sup>Grau de dependência espacial.

Não foram obtidos laudos oficiais suficientes do litoral alagoano e da região Nordeste do Agreste Pernambucano para se detectar o comportamento espacial das variáveis estudadas, por isso, nos mapas elaborados, essas regiões tiveram resultado uniforme.

Foi identificada predominância de áreas (Fig. 4) com teor de gordura do leite cru refrigerado de 3,1 a 3,6g/100g, algumas áreas com 3,7 a 4,2g/100g. Segundo Fagan *et al.* (2010), o percentual de gordura no leite é influenciado positivamente pelo nível de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta. Dessa forma, é possível que as regiões que apresentaram maior teor de gordura tenham maior disponibilidade de fibra de qualidade na alimentação do rebanho, fato que deve ser confirmado em estudos posteriores. Nakamura *et al.* (2012) encontraram correlação negativa da gordura no leite com as temperaturas máximas e mínimas. Ainda, Costa *et al.* (2005) relataram que temperaturas mais altas diminuem a qualidade bromatológica das forrageiras, diminuindo a oferta de fibras de qualidade para o rebanho e, conseqüentemente, o teor de gordura.

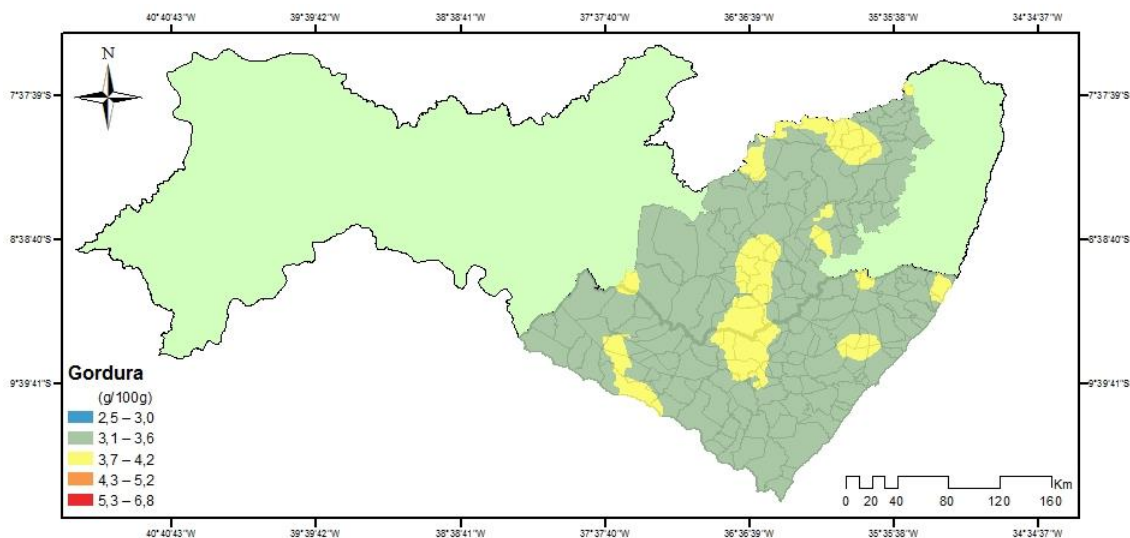


Figura 4. Mapa da predição dos valores médios do teor gordura do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.

Foi verificada predominância espacial de teores de lactose de 4,32 a 4,45g/100g no leite cru refrigerado produzido na região estudada (Fig. 5) e algumas áreas com valores que variaram de 4,46 a 4,54g/100g. Foi observado que as áreas com maiores teores de lactose estão em regiões de clima mais ameno, localizadas na região central-leste do mapa, com exceção de uma área no município de Itaíba. Tal observação corrobora o fato de que o estresse térmico pode levar à diminuição do teor de lactose no leite (Garcia *et al.*, 2015).

Embora tenha sido identificada dependência espacial em relação ao teor de proteína do leite cru refrigerado na região de estudo, o mapa gerado com a interpolação dos dados (Fig. 6) não forneceu informações adicionais que ajudem a interpretar os resultados. Na área estudada, foi verificada uniformidade, com valores de proteína que variaram de 3,0 a 3,2g/100g. De fato, entre todos os indicadores de composição química do leite, o teor de proteína é o mais difícil de ser alterado. Para isso, é necessário melhoramento genético, já que o manejo nutricional tem pouca influência sobre ele (Madalena, 2000). Como a variação do teor de proteína foi pequena (0,20%), seria necessária uma escala menor que essa para observação de diferenças no mapa. Esses resultados são semelhantes aos descritos por Roma Júnior *et al.* (2009), que analisaram 2.970 amostras de leite dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro e encontram 0,21% de variação da proteína do leite estudado.

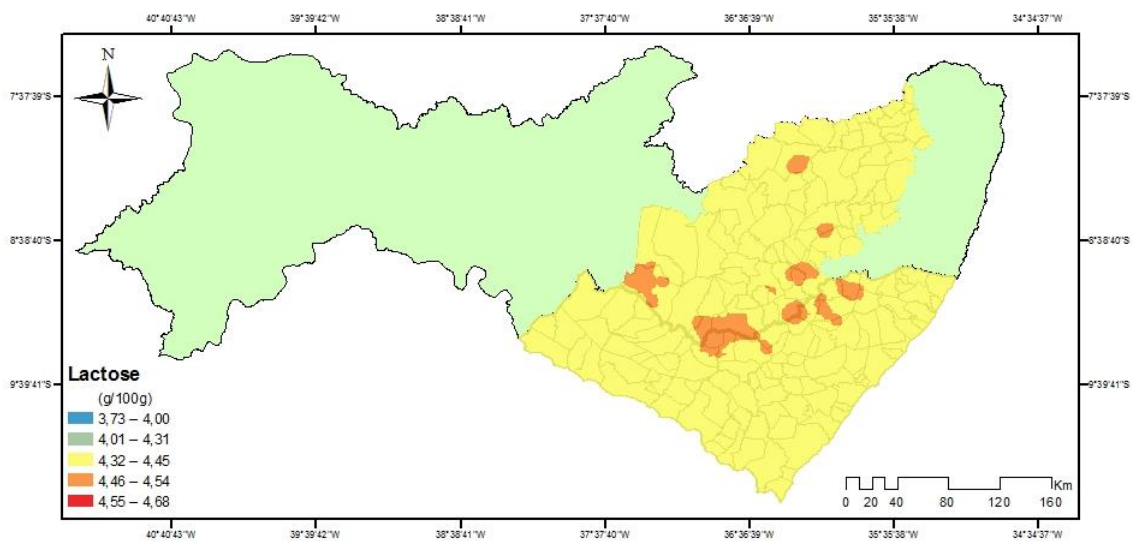


Figura 5. Mapa da predição dos valores médios do teor de lactose do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e no Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.

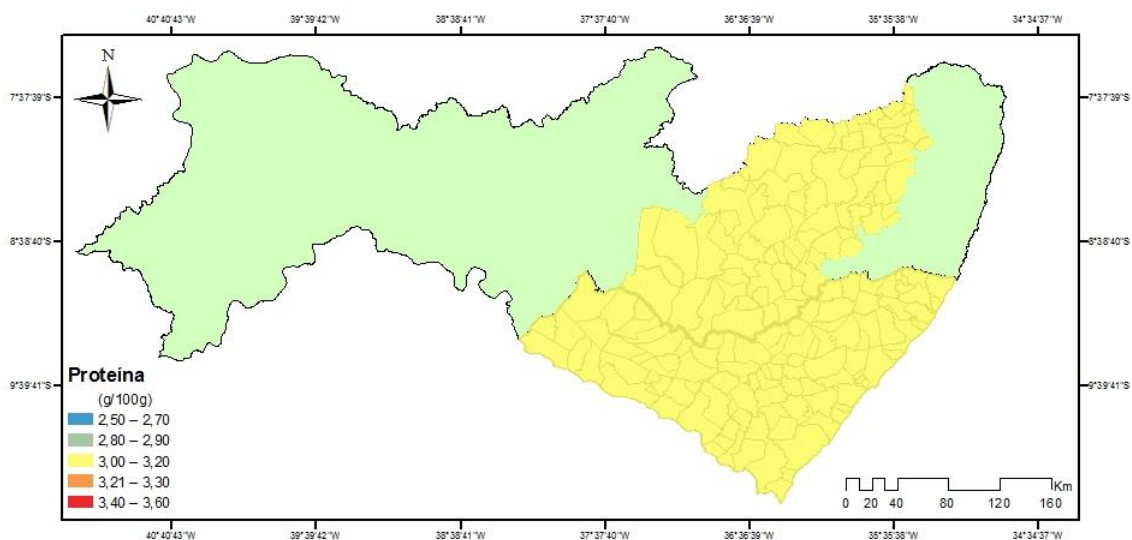


Figura 6. Mapa da predição dos valores médios do teor de proteína do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.

Foi identificada predominância de áreas com teor de SNG do leite cru refrigerado (Fig. 7) de 8,09 a 8,57g/100g. Também foram observadas regiões com valores que variaram de 8,58 a 9,11g/100g. Esses valores foram semelhantes aos relatados por Ribeiro Neto *et al.* (2012) na região Nordeste.

Foi observada maior área com teor de ST do leite cru refrigerado de 12,12 a 12,52g/100g na região estudada (Fig. 8) e áreas com resultados que variaram de 11,71 a 12,11g/100g. Embora a legislação não defina teores mínimos para ST do leite cru refrigerado, valores abaixo de 12,1% proporcionam menor rendimento na produção de derivados lácteos (Ribas *et al.*, 2004). Nesse sentido, a cada 0,5% de queda no teor de ST, diminuem-se cinco toneladas de leite em pó para cada milhão de litros de leite industrializado (Fonseca e Santos, 2000). Ribas *et al.* (2004), mediante a utilização da análise de variância, encontraram efeito significativo ( $P < 0,01$ ) da região como uma importante fonte de variação para o teor de ST nos estados do Paraná, de Santa Catarina e de São Paulo. Esses autores atribuíram tal variação a diferenças no clima, no relevo, nas condições do solo, na composição racial do rebanho e na alimentação. Contudo, no presente estudo, foi observada baixa influência da altitude, da precipitação e da interação entre altitude x precipitação sobre o teor de ST do leite cru refrigerado (Tab. 5). Ainda, Nakamura *et al.* (2012) não encontraram correlação entre a precipitação e o teor de ST, no entanto demonstraram que essa variável é inversamente proporcional à temperatura máxima e mínima. Dessa forma, é possível que as regiões com menor valor para os ST no leite (Fig. 6) tenham temperaturas máximas e mínimas maiores que as demais.

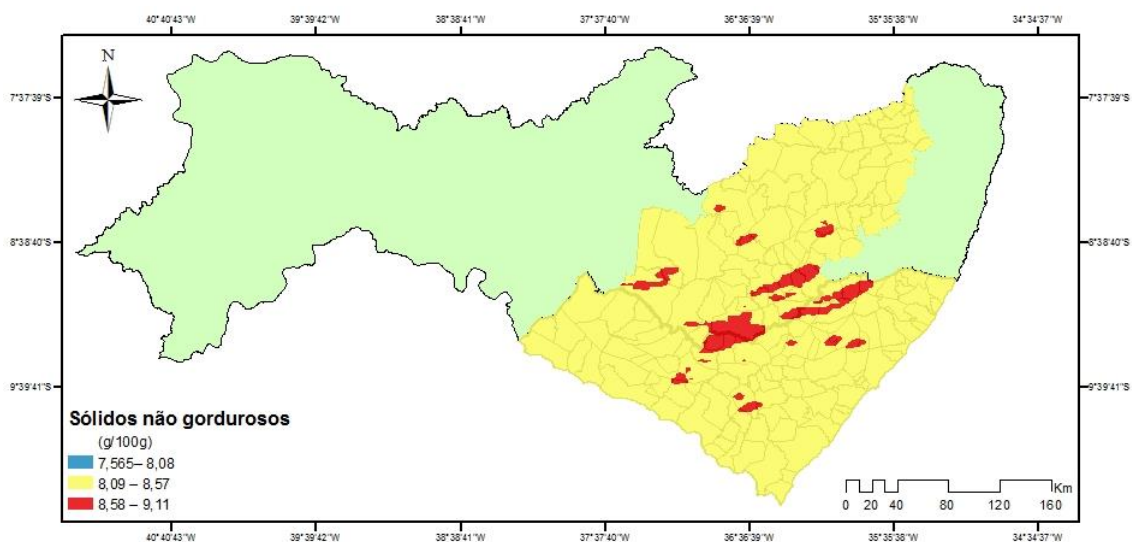


Figura 7. Mapa da predição dos valores médios do teor de sólidos não gordurosos do leite cru refrigerado no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.

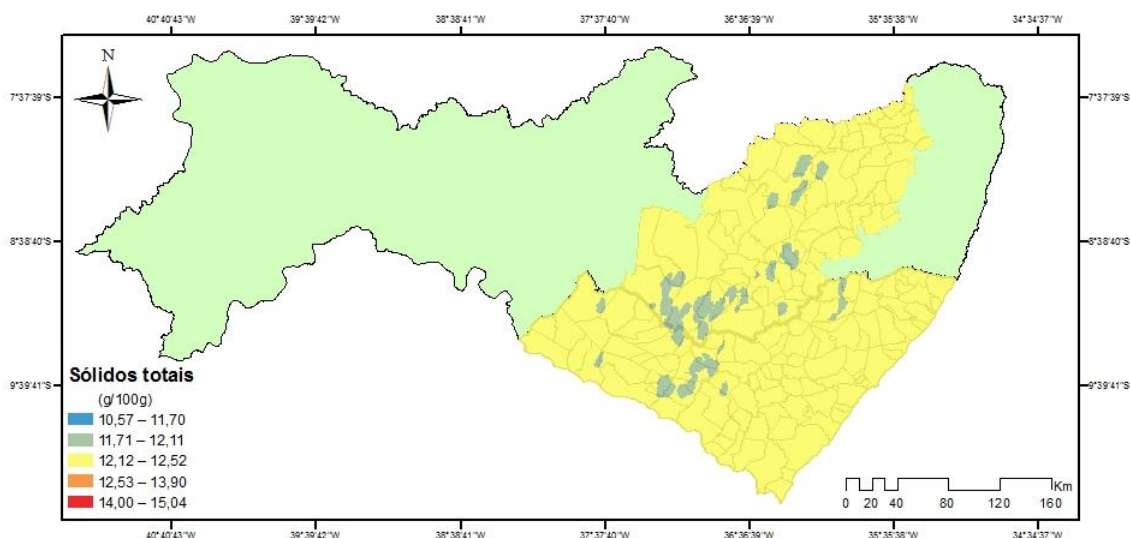


Figura 8. Mapa da predição dos valores médios do teor de sólidos totais do leite cru refrigerado no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015.

Por meio da análise da regressão geograficamente ponderada (Tab. 5), foi observada baixa influência da altitude em toda a região estudada, bem como baixa influência da precipitação pluviométrica e da interação precipitação x altitude na mesorregião do Agreste Pernambucano sobre os teores de gordura, proteína, lactose, ST e SNG. Resultados semelhantes foram reportados por Nakamura *et al.* (2012), que não encontraram correlação entre precipitação pluviométrica e ST, gordura, proteína e lactose do leite no estado do Paraná. Isso demonstra que a composição do leite é mais dependente do manejo adotado pelo produtor do que da precipitação e da altitude. Assim, o produtor tem mais controle sobre sua produção do que o senso comum acredita.

Tabela 5. Resultado da regressão geograficamente ponderada das variáveis de composição do leite, explicadas pela altitude e pluviosidade, no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, em 2014 e 2015

Região	Variável independente	Variável dependente	Sigma	AICc <sup>1</sup>	R <sup>2</sup> ajustado
Área total	Altitude	Gordura	0,304274	213,710081	0,0765
		Proteína	0,127744	-538,40264	0,0456
		Lactose	0,102975	-722,76974	0,0324
		ST <sup>2</sup>	0,399279	449,460169	0,0753
		ESD <sup>3</sup>	0,186317	-209,84729	0,0449
Alagoas	Altitude	Gordura	0,434093	1555,84152	0,0540
		Proteína	0,13865	-1445,7923	0,1211



		Lactose	0,110107	-2052,0057	0,1536
		ST	0,495413	1903,34843	0,0870
		ESD	0,21923	-240,81702	0,1072
		Gordura	0,335581	1677,69595	0,1192
		Proteína	0,162778	-2001,9037	0,0560
Agreste	Altitude	Lactose	0,124081	-3382,5047	0,0836
		ST	0,466342	3351,2816	0,0948
		ESD	0,253585	252,778184	0,0609
		Gordura	0,337332	1704,14089	0,1100
		Proteína	0,161915	-2028,9792	0,0660
Agreste	Pluviosidade	Lactose	0,124485	-3365,9947	0,0776
		ST	0,46572	3344,45656	0,0972
		ESD	0,252691	234,795032	0,0675
		Gordura	0,334577	1668,52098	0,1245
		Proteína	0,161413	-2038,6862	0,0718
Agreste	Altitude x pluviosidade	Lactose	0,123836	-3386,4902	0,0872
		ST	0,462976	3320,49041	0,1078
		ESD	0,251961	226,17485	0,0729

<sup>1</sup>Critério de Akaike corrigido. <sup>2</sup>Sólidos totais. <sup>3</sup>Extrato seco desengordurado.

É comum o entendimento de que o regime de chuvas do semiárido nordestino é fator limitante da produção leiteira. Contudo, isto não é de todo verdade, visto que a qualidade microbiológica e celular do leite cru refrigerado, produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano, foi pouco influenciada pela pluviosidade.

Com os resultados do presente estudo, sugere-se a necessidade da criação de um banco de dados geográfico permanentemente atualizado, com o objetivo de, por meio da identificação de eventuais problemas localizados e da possibilidade de realização de intervenções específicas, promover a melhoria das características físico-químicas do leite produzido na região estudada, conforme relatado por Hott e Carvalho (2007).

### 3.4. Conclusão

A altitude, a precipitação pluviométrica e a interação altitude x precipitação têm baixa influência sobre a gordura, a lactose, a proteína, os sólidos totais e o extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião

do Agreste Pernambucano. Por fim, há variabilidade espacial para gordura, lactose, proteína, sólidos totais e extrato seco desengordurado no leite cru refrigerado produzido no estado de Alagoas e na mesorregião do Agreste Pernambucano.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. **Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite tipo A. O regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado, o regulamento técnico de identidade e qualidade de leite pasteurizado e o regulamento técnico da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 dez. 2011.

BUENO, V.F.F.; MESQUITA, A.J.; OLIVEIRA, A.N. *et al.* **Contagem bacteriana total do leite: relação com a composição centesimal e período do ano no estado de Goiás.** *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v.15, p.40-44, 2008.

CARVALHO, G.L.O. **Uso da análise espacial para avaliação de indicadores de qualidade do leite na microrregião de Ji-paraná, Rondônia.** 2011. 121f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.

**CLIMATOLOGIA do estado de Alagoas.** Recife: Embrapa, 2016. Disponível em: <<http://www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>>. Acessado em: 15 jul. 2016.

COSTA, P.A.K.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. *et al.* **Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** *Ciênc. Anim. Bras.*, v.6, p.187-193, 2005.

FAGAN, E.P.; JOBIM, C.C.; CALIXTO JÚNIOR, M.C. *et al.* **Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do estado do Paraná, Brasil.** *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.32, p.309-316, 2010.

FONSECA, L.F.L.; SANTOS, M.V. **Qualidade do leite e controle da mastite.** São Paulo: Lemos Editorial, 2000. 175p.

GARCIA, A.B.; ANGELI, N.; MACHADO, L. *et al.* **Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil.** *Trop. Anim. Health Prod.*, v.47, p.889-894, 2015.

HOTT, M.C.; CARVALHO, G.R. **Análise espacial da concentração da produção de leite no Brasil e potencialidades geotecnológicas para o setor.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: [s.n.], 2007. p.2729-2736.

**INDICADORES: leite e derivados.** Juiz de Fora: Embrapa, 2016. Disponível em: <[http://www.cileite.com.br/sites/default/files/2016\\_05\\_Indicadores\\_leite.pdf](http://www.cileite.com.br/sites/default/files/2016_05_Indicadores_leite.pdf)>. Acessado em: 15 mai. 2016.

**LEVANTAMENTO de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco.** Recife: Embrapa, 2016. Disponível em: <<http://www.Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco>>. Acessado em: 15 jul. 2016.

MADALENA, F.E. **Consequências econômicas da seleção para gordura e proteína do leite.** *Rev. Bras. Zootec.*, v.3, p.685-691, 2000.

MARTINS, P.C. **O leite como instrumento de desenvolvimento regional.** In: Congresso panamericano do leite, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FEPALÉ, 2006.

NAKAMURA, A.Y.; ALBERTON, L.R.; OTUTUMI, L.K. *et al.* **Correlação entre as variáveis climáticas e a qualidade do leite de amostras obtidas em três regiões do estado do Paraná.** *Arq. Ciênc. Vet. Zool.* v.15, p103-108, 2012.

PAIVA, C.A.V.; CERQUEIRA, M.M.O.P.; SOUZA, M.R.S. *et al.* **Evolução anual da qualidade do leite cru refrigerado processado em uma indústria de Minas Gerais.** *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.64, p.471-479, 2012.

PASINI, M.P.B.; LÚCIO, A.D.C.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Semivariogram models for estimating fig fly population.** *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.49, p.493-505, 2014.

RIBAS, N.P.; HARTMANN, W.; MONARDES, G. et al. **Sólidos totais do leite em amostras de tanque nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo.** Rev. Bras. Zootec., v.33, p.2343-2350, 2004.

RIBEIRO NETO, A.C.; BARBOSAS, S.B.P.; JATOBÁ, R.B. et al. **Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.64, p.1343-1351, 2012.

ROMA JÚNIOR, L.C.; MONTOYA, J.F.G.; MARTINS, T.T. et al. **Sazonalidade do teor de proteína e outros componentes do leite e sua relação com programa de pagamento por qualidade.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.61, p.1411-1418, 2009.

SOUZA, G.N.; CARVALHO, G.L.O. et al. **Uso da análise espacial para avaliação de indicadores de qualidade do leite.** Acta Sci. Vet., v.40, Supl.2, p.78, 2012.

SOUZA, G.N.; GREGO, C.R.; HOTT, M.C. et al. **Avaliação espacial de indicadores de qualidade do leite no estado do Espírito Santo, 2011-2012.** Rev. Educ. Contin. Med. Vet. Zootec., v.11, 2013.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade do solo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, G.R. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: UFV, 2000. v.1, 54p.

YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215p.

ZOCCAL, R.; CARNEIRO, A.V.; CARVALHO, G. et al. **Distribuição espacial da pecuária leiteira no Brasil. 2006.** Disponível em: <[http://www.cileite.com.br/sites/default/files/distribuicao\\_espacial\\_da\\_pecuaria\\_leiteira\\_no\\_brasil.pdf](http://www.cileite.com.br/sites/default/files/distribuicao_espacial_da_pecuaria_leiteira_no_brasil.pdf)>. Acessado em: 5 mai. 2016.

#### 4. CAPÍTULO - USO DA ESTATÍSTICA GI\* DE GETIS-ORD NA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS DOENÇAS NERVOSAS EM BOVINOS NO BRASIL, DE 2005 A 2018

##### Resumo

A raiva é uma doença aguda que acomete o sistema nervoso central (SNC) de mamíferos. É uma doença que tem grande importância na saúde pública, pois possui letalidade próxima de 100%. O objetivo deste trabalho é analisar a distribuição espaço-temporal de doenças nervosas em bovinos, identificando a presença de *hot spot e cold spot* de concentração de casos, buscar associações que expliquem a ocorrência e estimar a dinâmica da doença no tempo, no período de 2005-2018. Foram coletados registros de 30.929 notificações de doenças nervosas em todo Brasil, do período de 2005 a 2018. Do total de 30.929 notificações, 10.545 (34,09%) deram positivas para alguma doença nervosa. Com relação às espécies acometidas entre os casos confirmados de raiva, a principal foi bovina com 8.977 (85,43%) casos, seguida da espécie equina com 1.143 casos (10,87%). Foi encontrado uma variação nos tipos de *cluster* no tempo e no espaço. Apesar da região centro-oeste ter apresentado o maior *hot spot* de casos de raiva bovina no início do período estudado, ela também foi a região que melhor controlou a raiva, com a concentração alta de casos diminuindo consistentemente ao longo de todo período estudado. Assim, observa-se que a raiva em bovinos é persistente no país, com variações ao longo do tempo e que, caso as medidas de vigilância não mudem, a tendência é o número de casos permanecerem constantes em pouco tempo. Além disso, as variáveis que são tidas como explicativas para a ocorrência de casos de raiva pela literatura e pelo PNCRH têm baixa ou nenhuma influência, sendo necessário estudos futuros que tenham como objetivo identificar variáveis que melhor expliquem a ocorrência de casos de raiva no Brasil.

Palavras-chave: *Cluster*, Epidemiologia, Raiva bovina

## Abstract

Rabies is an acute disease that affects the central nervous system (CNS) of mammals. It is a disease that has great importance in public health, as it has a lethality close to 100%. The objective of this work is to analyze the spatio-temporal distribution of nervous diseases in cattle, identifying the presence of hot spot and cold spot of concentration of cases, to search for associations that explain the occurrence and to estimate the dynamics of the disease over time, in the period of 2005 -2018. Records were collected of 30,929 notifications of nervous diseases throughout Brazil, from 2005 to 2018. Of the total of 30,929 notifications, 10,545 (34.09%) were positive for some nervous disease. Regarding the species affected among confirmed rabies cases, the main one was bovine with 8,977 (85.43%) cases, followed by the equine species with 1,143 cases (10.87%). A variation in the types of clusters was found in time and space. Although the Midwest region had the highest hot spot of cases of bovine rabies at the beginning of the study period, it was also the region that best controlled rabies, with the high concentration of cases decreasing consistently throughout the study period. Thus, it is observed that rabies in cattle is persistent in the country, with variations over time and that, if the surveillance measures do not change, the tendency is for the number of cases to remain constant in a short time. In addition, the variables that are considered to explain the occurrence of rabies cases in the literature and by the PNCRH have little or no influence, requiring future studies that aim to identify variables that better explain the occurrence of rabies cases in Brazil.

Keyword: Cluster, Epidemiology, Bovine rabies

#### 4.1. Introdução

A raiva é doença aguda que acomete o sistema nervoso central (SNC) de mamíferos. É vírus da família Rhabdoviridae, do gênero *Lyssavirus* que penetra no hospedeiro por mordeduras ou, mais raramente, por arranhaduras e lambeduras de mucosas (BRASIL, 2010). Embora haja diminuição do número de casos de raiva humana ao longo do tempo, ela é considerada doença endêmica no Brasil (WADA *et al.*, 2011), com distribuição heterogênea e de ocorrência não sazonal (DOGNANI *et al.*, 2016). Estudos mostram que os casos de raiva bovina têm se mantido relativamente constantes, desde o início da década de 1990 (SILVA *et al.*, 2017; DOGNANI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2016;)

É doença que tem grande importância na saúde pública, pois possui letalidade próxima de 100% (SILVA *et al.*, 2017). São estimados que cerca de 59.000 mil pessoas vão à óbito pela raiva anualmente no mundo (OIE, 2018). Também traz grandes prejuízos econômicos e sociais, sendo considerada importante limitação ao desenvolvimento da pecuária na América Latina (PÓVOAS *et al.*, 2012). Os prejuízos ocasionados pela raiva vão desde morte de animais, até gastos com tratamentos, prevenções, etc. Apenas com raiva canina o custo estimado anual é de U\$ 8,6 bilhões (IC de 95%: U\$2,9 a 21,5 bilhões), considerando os custos com profilaxia, investigação de casos e mortes (HAMPSON *et al.*, 2015). No Brasil estima-se que esta enfermidade mate cerca de 45 mil bovinos, gerando um prejuízo em torno de 15 milhões de dólares (ALVES *et al.*, 2020)

A Instrução Normativa 50 (MAPA, 2013), estabelece normas para a comunicação obrigatória de diversas enfermidades transmissíveis, entre elas a raiva bovina, passíveis da aplicação de medidas de defesa sanitária animal pelos serviços de vigilância sanitária em seus vários estágios administrativos, seguindo instruções internacionais da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2018).

Entre os objetivos do plano da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) para o controle da raiva no mundo está o de produzir dados, inovar e avaliar o impacto das ações através de melhorias na fiscalização, orientação e na governança, garantindo dados de qualidade para uma tomada de decisão eficaz (OIE, 2018). Assim, será possível definir quais as regiões prioritárias, bem como implementar medidas de controle mais eficazes.

A raiva tem cadeia epidemiológica grande e complexa e o conhecimento da epidemiologia dessa enfermidade faz-se necessário para implementação de medidas de controle (SILVA et al., 2017). Possui quatro ciclos epidemiológicos, rural, urbano, silvestre e aéreo. Cada ciclo tem sua particularidade com relação a hospedeiros e transmissão, contudo, na prática, os ciclos se cruzam e há transmissão do agente entre eles. (WADA et al., 2011).

Atualmente, está em vigor, o Plano Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), fundamentado em: vigilância epidemiológica, vacinação estratégica de herbívoros domésticos, controle da população de transmissores, principalmente morcegos, sendo o *Desmodus rotundus* (Geoffroy, 1810) a principal espécie, sempre que houver risco de transmissão da raiva aos herbívoros e na educação em saúde e outros procedimentos de defesa sanitária animal (BRASIL, 2009).

A raiva em herbívoros é considerada endêmica no Brasil, com diferentes prevalências, de acordo com a região do país (BRASIL, 2005). Há diferença também quando observado a ocorrência da raiva entre o espaço urbano e rural, em estudo realizado no Brasil, Wada et al., (2011) observaram que 69% dos casos ocorreram na zona rural, demonstrando a maior circulação viral nesta área. Isto é particularmente importante porque, diferente do controle da raiva em canídeos, feita por vacinação, não há forma bem-sucedida de controle da raiva em morcegos, os principais transmissores da raiva para herbívoros (RODRIGUEZ et al., 2012). Nesse sentido, é recomendado a vacinação dos hospedeiros susceptíveis em áreas de maior risco (DOGNANI et al., 2016), contudo espera-se que ocorra primeiro caso de raiva para poder vacinar os demais animais, pois a vacinação de todo o rebanho em todos os locais torna-se inviável devido ao alto custo financeiro (LEE et al., 2012) sendo necessária a identificação de áreas de risco de raiva, de maneira que a vacinação seja feita em locais de risco que ainda não tiveram casos.

Nesse sentido, a análise espacial é fundamental para se conhecer a situação da raiva no país, observando a ocorrência em cada região. O objetivo deste trabalho é analisar a distribuição espaço-temporal de doenças nervosas em bovinos, identificando a presença de *hot spot* e *cold spot* de concentração de casos, buscar associações que expliquem a ocorrência e estimar a dinâmica da doença no tempo, no período de 2005-2018.



## 4.2. Material e métodos

Foram coletados registros de 30.929 notificações de doenças nervosas em todo Brasil constantes no Sistema Continental de Vigilância Epidemiológica (SivCont), do período de 2005 a 2018. Com relação ao tamanho do rebanho bovino e equino, os dados foram coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em base municipal, no período de 2005 a 2017 (IBGE, 2019). Os dados referentes a cobertura do solo foram obtidos no Projeto MapBiomas (2019), no período de 2005-2017.

Elaborou-se banco de dados com o nome do município, data da notificação da primeira visita e da coleta de amostras, o resultado laboratorial e o diagnóstico com data, qual a espécie acometida e o código do município no IBGE.

Foi realizada estatística descritiva para observar o comportamento geral dos dados, saber a importância epidemiológica da espécie bovina em relação as demais e quais as doenças nervosas preponderantes nessa espécie. Posteriormente foram elaborados mapas de distribuição espacial dos casos de raiva em bovinos dos anos 2005, 2008, 2013 e 2018.

Para a identificação de zonas prioritárias na vigilância foram realizadas análises de cluster espaciais utilizando o método  $G_i^*$  de *Getis-Ord* (Getis; Ord, 1992), objetivando identificar clusters estatisticamente significativos de valores altos (*hot spot*) e valores baixos (*cold spot*) de concentração, para níveis de significância de 99%, 95% e 90%. Assim, esse método compara o valor da feição somado a seus vizinhos e compara com a soma de todas as outras feições da área estudada. Um *hot spot* significa que esta região é um *cluster* com valores significativamente mais altos que os vizinhos, enquanto o *cold spot* a região tem valores significativamente mais baixos que os vizinhos. Os cálculos são os seguintes:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

Onde  $x_j$  é o valor atributo do elemento  $j$ ,  $w_{i,j}$  é a ponderação espacial entre os elementos  $i$  e  $j$ ,  $\bar{X}$  é a média e  $S$  é o desvio padrão de todas as observações,  $n$  é o número total de elementos e:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Os resultados podem variar de positivos a negativos. Valores de *z-score* positivos, maior é a aglomeração de valores *hot spot*. Quando os valores de *z-score* são negativos maior é aglomeração de valores *cold spot*. Tanto maior é a aglomeração de *hot spot* e *cold spot* quanto maior ou menor, respectivamente, os valores de *z-score* forem.

Após a análise  $G_i^*$  de *Getis-Ord*, foi realizado a contagem dos tipos de *cluster* cada município pertencida e sua alteração anual (Tabela 1).

Tabela 6. Classificação dos tipos de cluster pelo  $G_i^*$  *Getis-Ord* e mudanças anuais possíveis.

Origem\Destino	<i>Cold spot</i>			NS	<i>Hot spot</i>		
	99%	95%	90%		99%	95%	90%
<i>Cold spot</i>	99%	<b>P</b>	M	M	M	M	M
	95%	M	<b>P</b>	M	M	M	M
	90%	M	M	<b>P</b>	M	M	M
NS	M	M	M	<b>P</b>	M	M	M
<i>Hot spot</i>	99%	M	M	M	M	<b>P</b>	M
	95%	M	M	M	M	M	<b>P</b>
	90%	M	M	M	M	M	<b>P</b>

P- Não há mudança no tipo de *cluster* de um ano para o outro. M- Há mudança anual no tipo de *cluster*. NS- Não significativo

Por exemplo, se um município foi um *cold spot* a 90% de significância e no ano seguinte foi não significativo (NS), foi classificado como mudança de categoria, da mesma forma, se o município foi NS significativo em um ano e no seguinte continuou NS, foi classificado como permanente (tabela 2).

Tabela 7. Matriz de ocorrência observado das mudanças anuais dos municípios, segundo a classificação do cluster.

Origem\Destino	<i>Cold spot</i>			NS	<i>Hot spot</i>			Total	
	99%	95%	90%		99%	95%	90%		
<i>Cold spot</i>	99%	5773	2676	1000	2594	232	144	34	12453
	95%	1971	2442	851	2609	180	81	58	8192

	90%	793	830	568	1742	93	84	51	4161
	NS	1681	1804	1900	20514	2077	1445	865	30286
<i>Hot spot</i>	99%	0	4	1	2142	8025	1452	610	1725
	95%	0	2	6	1622	1102	425	228	3385
	90%	0	2	3	1080	336	207	97	12234
Total		10218	7760	4329	32303	12045	3838	1943	72436

NS- Não significativo

Após realizar a contagem dessas mudanças para todos os municípios, ano a ano, no período estudado foi calculado as probabilidades de mudança ou não de município em relação ao tipo de *cluster* em cada uma das categorias, foi elaborado gráfico com a matriz de transição. Com essa matriz foi calculado o estado estacionário, que é o ponto a partir do qual as probabilidades de ocorrência dos *clusters* são constantes. Após descobrir o estado estacionário, foi realizada a estimativa da probabilidade de cada *cluster* ocorrer, a cada ano, até o estado estacionário. Posteriormente, foi elaborado gráfico de linha com as probabilidades de ocorrência dos *clusters* observado (2005-2018) e estimados (2019-estado estacionário).

Para regressão geograficamente ponderada, foram testados 8 modelos em cada ano, utilizando o número de casos de raiva como variável dependente e como variáveis independentes, em base municipal: densidade do rebanho bovino (BOV) e equino (EQU) (cabeças/km<sup>2</sup>), cobertura florestal (VEG), área utilizada para agropecuária (AGRO), corpos d'água (AGUA), as interações entre VEG-AGRO, BOV-AGRO, BOV-EQU, BOV-VEG entre 2005-2018. Os tamanhos dos rebanhos foram transformados em cabeças/km<sup>2</sup> e as demais variáveis foram transformadas em hectare/km<sup>2</sup>, para viabilizar as comparações. Foi realizada a comparação de cada modelo com todos os outros totalizando 56 comparações por ano ou 728 no período estudado. A avaliação dos melhores modelos foi feita através do R<sup>2</sup> ajustado global e o critério de informação Akaike (AIC) (HIROTUGU AKAIKE, 1974), foi utilizado para saber quais modelos diferem entre si, sendo considerados diferentes, modelos com diferença no valor de AIC a partir de 2 e o modelo que tiver menor AIC é considerado o melhor (SILVA, 2014). Os valores do R<sup>2</sup> ajustado e AIC foram colocados em uma tabela para comparação. Os cálculos são os seguintes:

$$AIC_C = 2n \log_e(\sigma) + n \log_e(2\pi) + n \left( \frac{n + tr(S)}{n - 2 - tr(S)} \right)$$

onde  $n$  é o número de observações no conjunto de dados,  $\hat{\sigma}$  é a estimativa do desvio padrão dos resíduos e  $\text{tr}(S)$  é a soma da diagonal da matriz.

Com o objetivo de comparar cada modelo testado com todos os outros dentro do mesmo ano, foram elaboradas matrizes (para os anos 2005, 2009, 2013 e 2017) com a diferença entre os valores do AIC de cada modelo testado por todos os outros dentro do mesmo ano. Na diagonal da matriz, foi colocado o  $R^2$  ajustado do respectivo modelo, por não ter como comparar o modelo com ele próprio.

Os dados foram organizados no programa Microsoft Excel 2016, análises espaciais feitas no *software* ArcGis 10.4. As demais análises estatísticas e da matriz de transição foram realizadas do *software* e R Project, com o pacote *markovchain*.

### 4.3. Resultados e discussão

Do total de 30.929 notificações, 10.545 (34,09%) deram positivas para alguma doença nervosa. Dessas, 10.508 (99,64%) foram casos de raiva, que corresponde a 33,97% do total notificações. Valores semelhantes foram encontrados por outros autores como Andrade et al. (2020) que encontraram taxa de positividade de 32,8% para raiva entre nas notificações de síndrome neurológica no estado do Pará, Casseb *et al.* (2006) observaram, nos estados do Norte, uma taxa de 30,5%, Dognani *et al.* (2016) 28,1% no Paraná, no Maranhão foi 33,5% (SILVA *et al.*, 2019) e Teixeira *et al.* (2008) encontraram uma taxa de positividade de 33,9% no Rio Grande do Sul. Esses valores evidenciam a maior importância quantitativa desta enfermidade dentre as que acometem o sistema nervoso central (SNC) de herbívoros.

Com relação às espécies acometidas entre os casos confirmados de raiva, a principal foi bovina com 8.977 (85,43%) casos, seguida da espécie equina com 1.143 casos (10,87%). Todas as demais espécies tiveram frequência relativa abaixo de 1%. Valores semelhantes foram encontrados por Dognani *et al.* (2016), que também observaram que as espécies bovina e equina foram as mais afetadas pela raiva, com incidência de 86,9% e 11,3%, respectivamente. No mesmo sentido, Silva *et al.* (2017) observaram, no Mato Grosso que entre os herbívoros 80% dos casos foram na espécie bovina e 5,57% na equina e no Piauí, Santos *et al.*, (2016) também observaram que as espécies bovinas e equinas foram as mais atingidas pela raiva, com prevalência de 50% e

6,1%, respectivamente. Nesse sentido, observa-se que a espécie bovina é a que apresenta maior prevalência da raiva sendo, portanto, de maior interesse epidemiológico.

Observa-se uma variação espaço-temporal da raiva no Brasil. No ano 2005 (Figura 9), é possível ver uma maior concentração de casos na região centro-oeste, com pico de 12 casos no ano. Ao longo do tempo, a distribuição dos casos fica mais homogênea no país, embora com picos de casos mais altos nos anos intermediários com máximo de 19 e 21 casos em um município, em 2009 (Figura 10) e 2013 (Figura 11), respectivamente. No ano 2018 (figura 12), os casos estão distribuídos mais homoganeamente pelo país, com o menor pico de casos do período estudado, com o máximo de 9 casos.

De maneira geral observou-se que os casos de raiva são menores nas regiões Norte e Nordeste, provavelmente devido à subnotificação (Leite *et al.*, 2018), pois os produtores rurais notificam casos suspeitos de raiva, apenas quando 3 ou mais animais são acometidos, casos com sintomatologia semelhante ocorridos na mesma época e local tendem a serem admitidos previamente como raiva, por isso não são notificados, comprometendo o controle e erradicação desta doença (DOGNANI *et al.*, 2016; BRASIL, 2005).

Devido a essa falta de conscientização dos produtores e falhas na vigilância epidemiológica pois em muitos casos essa vigilância é passiva (ANDRADE *et al.*, 2020), estima-se que para cada caso de raiva notificado existam 10 que não o foram (SOUZA, 2012). Essa subnotificação observada no país dificulta o controle da enfermidade na medida em que não é possível ter certeza da real dimensão da raiva em todo o país, dificultando que medidas de controle eficazes sejam tomadas (OIE, 2018). Esses problemas se agravam com o tamanho e a heterogeneidade típicos de um país com dimensões continentais como o Brasil.

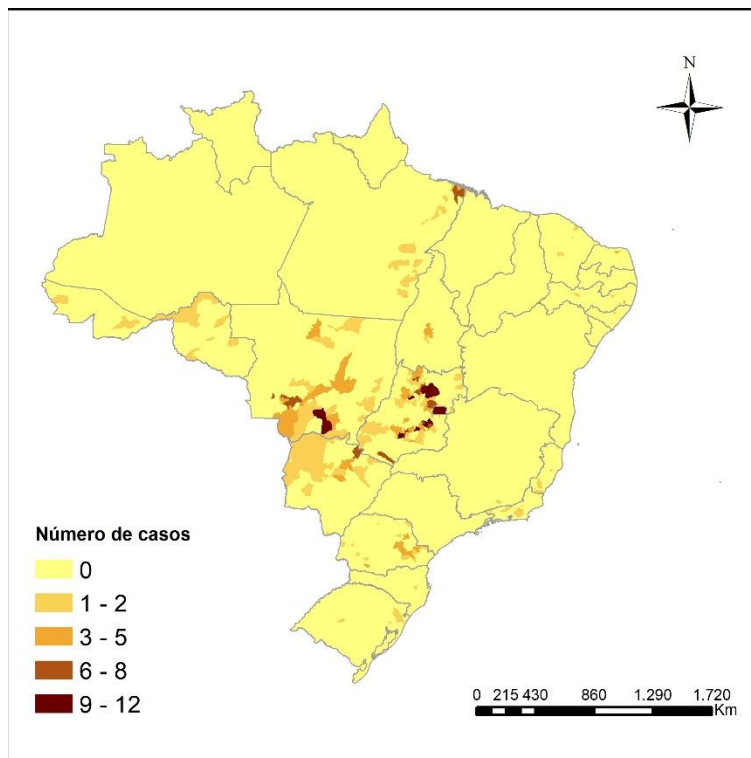


Figura 9. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2005.

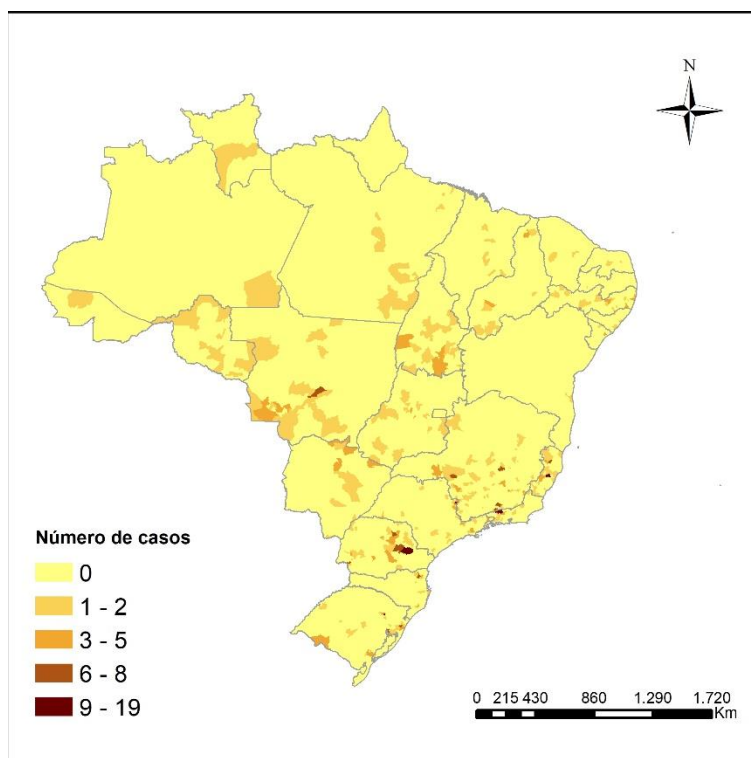


Figura 10. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2009.

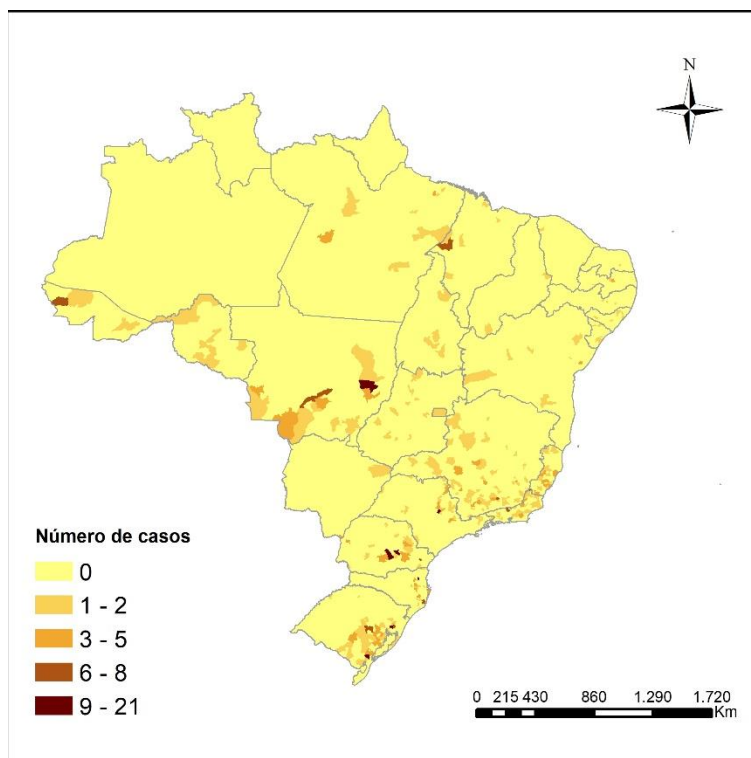


Figura 11. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2013.

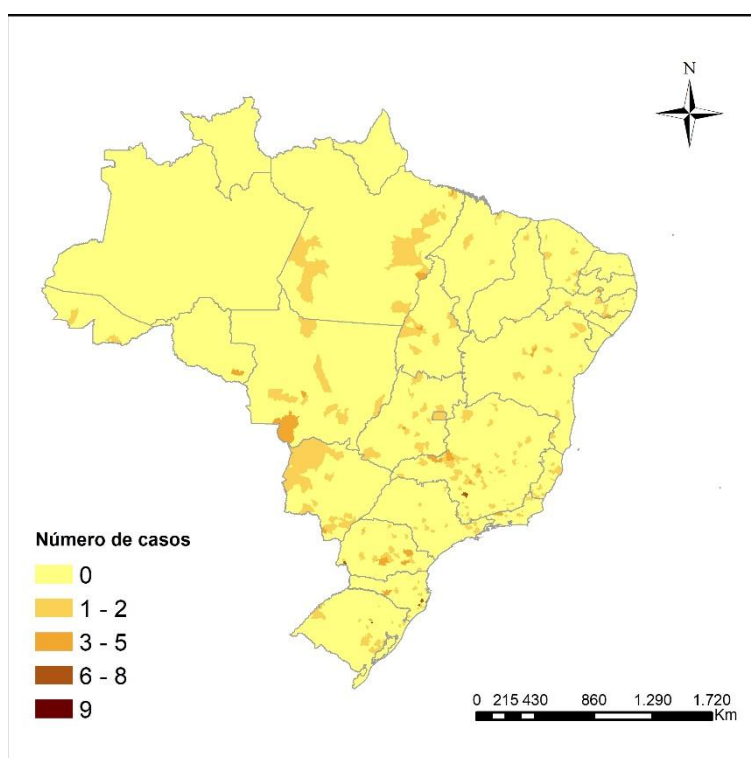


Figura 12. Distribuição espacial do número de casos de raiva bovina no Brasil nos anos de 2018.

Foi encontrada variação nos tipos de *cluster* no tempo e no espaço. Apesar da região centro-oeste ter apresentado o maior *hot spot* de casos de raiva bovina no ano 2005 (Figura 13), ela também foi a região que melhor controlou a raiva, com a concentração alta de casos diminuindo consistentemente ao longo de todo período estudado. Por outro lado, no mesmo ano (Figura 13) havia um *cold spot* em praticamente toda a região nordeste, sudeste e parte do sul que foi diminuindo consideravelmente ao longo do tempo. No último ano (Figura 16), observa-se apenas um *cold spot* no norte do nordeste, sul da Bahia e leste de São Paulo. Essa mudança do tipo de *cluster* ocorrida no nordeste, sudeste e parte do sul, que deixou de ser uma concentração de poucos casos e passou estar na média, é possível que seja devido a melhora do sistema de vigilância ao longo do tempo.

A questão mais emblemática foi na região sudeste e parte do sul, que passou de um *cold spot* em 2005 (Figura 13) para um *hot spot* em 2009 (Figura 14), que aumentou ainda mais em 2013 (figura 15).

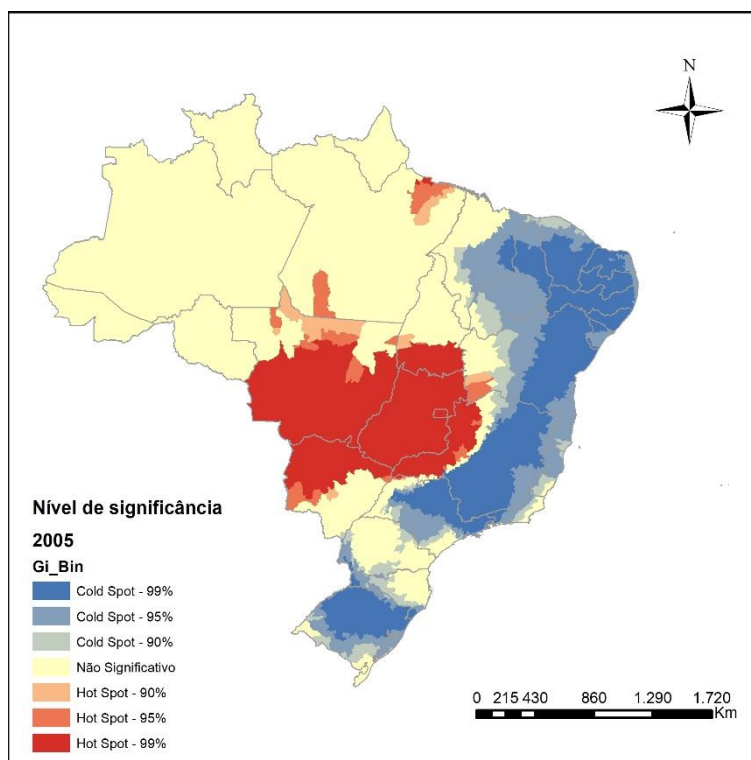


Figura 13. Mapa do Brasil com análise  $G_i^*$  de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2005.



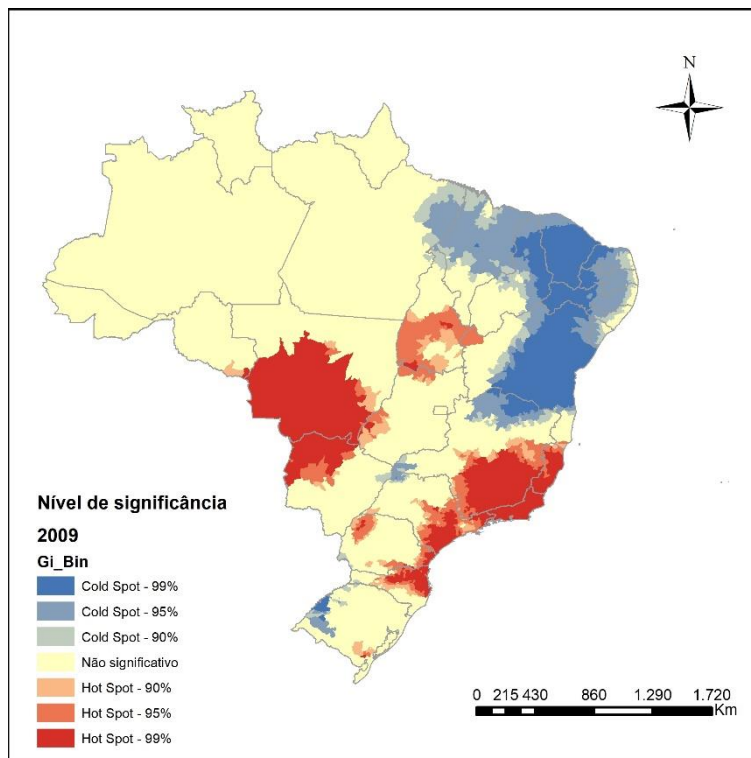


Figura 14. Mapa do Brasil com análise  $G_i^*$  de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2009.

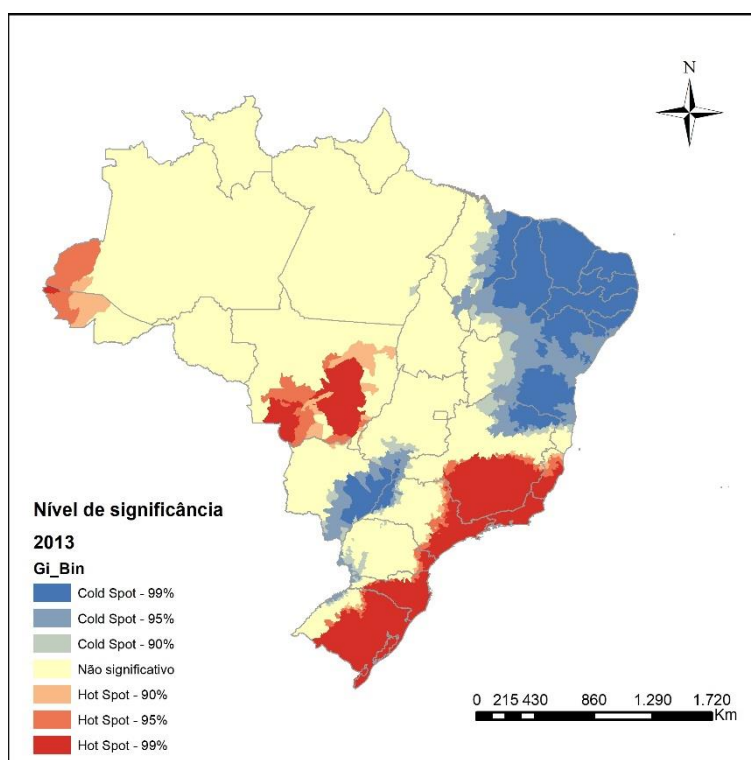


Figura 15. Mapa do Brasil com análise  $G_i^*$  de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2013.

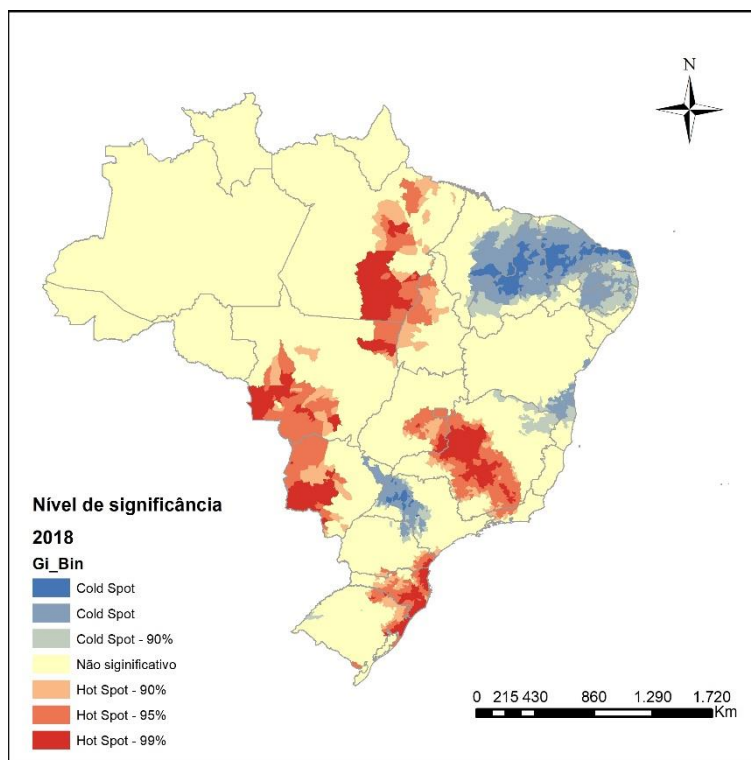


Figura 16. Mapa do Brasil com análise  $G_i^*$  de Getis Ord de casos de raiva em bovinos no ano 2018.

No último ano, é possível confirmar que os casos de raiva estão mais homogêneos, com menos áreas diferindo da média (Figura 16). É importante salientar que a diminuição do pico de casos raiva (Figura 12), aliado a uma maior homogeneidade dos casos no país (figura 16) é um importante indicador de que as medidas de controle da raiva estão sendo realizadas de maneira mais homogênea nas diferentes regiões do país.

Com a identificação desses *hot spots* mostrando que houve casos de raiva acima da média do país, essas áreas são, portanto, prioritárias de vigilância. Nesse sentido, é recomendado pela legislação a vacinação do rebanho nessa área, bem como a investigação para definir quais os meios de transmissão e as fontes de infecção (BRASIL, 2009). Assim, os produtores que tiverem rebanho dentro dessas áreas, não precisam esperar a ocorrência de casos de raiva aconteça em sua propriedade, ele sabe que está em zona de risco e deverá vacinar previamente seu rebanho. Povóas et al. (2012) observaram que a vacinação é um dos fatores que ajudam a controlar a raiva.

Observa-se uma variação maior na probabilidade de ocorrência dos tipos de *cluster* no período observado em relação ao estimado (Figura 17). O estado estacionário foi alcançado no ano 2063, contudo a partir do ano 2024 já é possível observar uma

relativa estabilidade em todos os tipos de *cluster*. Esse resulta indica que em pouco tempo, não haverá melhorias no controle da raiva bovina.

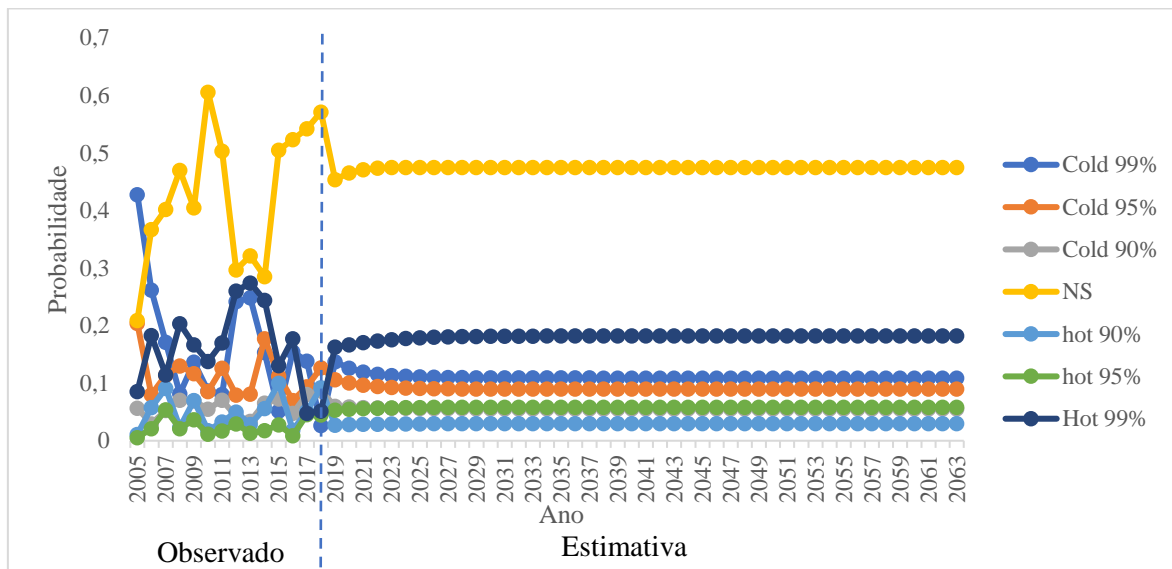


Figura 17. Tipos de *cluster* de casos de raiva bovina, de acordo com o nível de significância observado (2005-2018) e estimado (2019-2063) até o estado estacionário, no Brasil.

Na regressão geograficamente ponderada (GWR) (Tabela 8), foram testadas 8 modelos diferentes em cada ano no período estudado. Foi observada baixa influência em todos os modelos testados. De fato, o modelo que teve como variável independente a densidade de corpos d'água em 2005 foi o que explicou melhor, mesmo assim o  $R^2$  ajustado é considerado baixo, apenas 14,06%. O que explicou pior foi também a densidade de corpos d'água, só que no ano 2009.

A influência do tamanho do rebanho bovino e da interação entre os rebanhos bovinos e equinos ficou sempre abaixo de 15%, sendo considerada muito baixa. Isso demonstra que o rebanho não foi fator relevante para a ocorrência de casos de raiva. O Manual Técnico de Controle da Raiva em Herbívoros do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), considera que 4 fatores principais contribuem para alta disseminação da raiva no país, são eles: o crescimento dos rebanhos, a migração dos morcegos devido a ocupação desordenada que os fazem sair de seu habitat natural, a oferta de abrigos artificiais e a atuação insatisfatória pelos órgãos de defesa em alguns estados (BRASIL, 2009). Os resultados do presente trabalho (Tabela 8), corroborados por outros estudos (Voigt e Kelm 2006; Braga et al. 2014; Dognani *et al.* 2016; Mialhe e Moschini, 2018), demonstram que o rebanho tem pouca relação com o surgimento de

casos de raiva, além disso Dognani *et al.* (2016), encontrou correlação baixa entre dos casos de raiva com o número de abrigos de *Desmodus rotundus* ( $r=0,469$ ;  $p<0,0001$ ). Mialhe e Moschini (2018) observaram que a população de morcegos em abrigos é fator mais importante que a quantidade de abrigos. Esses resultados demonstram que 2 dos 4 fatores considerados como os principais pelo MAPA, na disseminação da raiva, na realidade não são. Isso implica que a estratégia oficial para o controle da raiva no país pode não ser a mais adequada, necessitando de adequações baseado em pesquisas recentes. Esta pode ser um dos motivos que a ocorrência da raiva tenderá a se estabilizar nas simulações realizadas a partir de 2024 (Figura 17).

Tabela 8. Diferença do AIC entre cada modelo e todos os outros dentro do mesmo ano e  $R^2$  ajustado (diagonal da matriz), para os anos de 2005, 2009, 2013 e 2017, no Brasil.

Variável	VEG	BOV	AGRO	AGUA	VEG-AGRO	BOV-AGRO	BOV-EQU	BOV-VEG
<b>Independente</b>	<b>2005</b>							
VEG	<b>0,10522</b>	-27,971	-31,687	-224,63	-12,876	-64,069	-147,98	-15,946
BOV	27,971	<b>0,10956</b>	-3,716	-196,66	15,094	-36,099	-120,01	12,025
AGRO	31,687	3,716	<b>0,11028</b>	-192,94	18,810	-32,383	-116,29	15,741
AGUA	224,630	196,660	192,944	<b>0,14059</b>	211,754	160,561	76,650	208,684
VEG-AGRO	12,876	-15,094	-18,810	-211,75	<b>0,10910</b>	-51,193	-135,10	-3,069
BOV-AGRO	64,069	36,099	32,383	-160,56	51,193	<b>0,11725</b>	-83,910	48,124
BOV-EQU	147,980	120,009	116,293	-76,650	135,103	83,910	<b>0,13054</b>	132,034
BOV-VEG	15,946	-12,025	-15,741	-208,68	3,069	-48,124	-132,03	<b>0,10945</b>
	<b>2009</b>							
VEG	<b>0,02899</b>	-48,028	-80,832	59,322	-82,695	-72,651	-76,181	-74,190
BOV	48,028	<b>0,03718</b>	-32,805	107,350	-34,667	-24,623	-28,153	-26,162
AGRO	80,832	32,805	<b>0,04295</b>	140,155	-1,862	8,181	4,651	6,643
AGUA	-59,322	-107,35	-140,15	<b>0,01862</b>	-142,02	-131,97	-135,50	-133,51
VEG-AGRO	82,695	34,667	1,862	142,017	<b>0,04525</b>	10,044	6,514	8,505
BOV-AGRO	72,651	24,623	-8,181	131,973	-10,044	<b>0,04350</b>	-3,530	-1,538
BOV-EQU	76,181	28,153	-4,651	135,503	-6,514	3,530	<b>0,04416</b>	1,991
BOV-VEG	74,190	26,162	-6,643	133,512	-8,505	1,538	-1,991	<b>0,04364</b>
	<b>2013</b>							
VEG	<b>0,03581</b>	-22,810	-86,730	56,846	-91,710	-90,737	-260,33	-39,946
BOV	22,810	<b>0,03963</b>	-63,920	79,656	-68,900	-67,927	-237,52	-17,136
AGRO	86,730	63,920	<b>0,05068</b>	143,576	-4,980	-4,007	-173,6	46,784
AGUA	-56,846	-79,656	-143,58	<b>0,02595</b>	-148,56	-147,58	-317,18	-96,792
VEG-AGRO	91,710	68,900	4,980	148,556	<b>0,05349</b>	0,973	-168,62	51,764
BOV-AGRO	90,737	67,927	4,007	147,583	-0,973	<b>0,05330</b>	-169,59	50,791
BOV-EQU	260,330	237,520	173,599	317,176	168,620	169,592	<b>0,08176</b>	220,384
BOV-VEG	39,946	17,136	-46,784	96,792	-51,764	-50,791	-220,38	<b>0,04455</b>
	<b>2017</b>							
VEG	<b>0,03640</b>	-37,926	-69,463	54,147	-93,430	-108,12	-84,395	-51,966

BOV	37,926	<b>0,04281</b>	-31,537	92,073	-55,504	-70,195	-46,469	-14,040
AGRO	69,463	31,537	<b>0,04832</b>	123,610	-23,967	-38,658	-14,932	17,497
AGUA	-54,147	-92,073	-123,61	<b>0,02701</b>	-147,58	-162,27	-138,54	-106,11
VEG-AGRO	93,430	55,504	23,967	147,577	<b>0,05439</b>	-14,691	9,035	41,464
BOV-AGRO	108,121	70,195	38,658	162,268	14,691	<b>0,05684</b>	23,726	56,155
BOV-EQU	84,395	46,469	14,932	138,542	-9,035	-23,726	<b>0,05287</b>	32,429
BOV-VEG	51,966	14,040	-17,497	106,113	-41,464	-56,155	-32,429	<b>0,04719</b>

VEG- cobertura florestal; BOV- rebanho bovino; AGRO- área utilizada para agropecuária; AGUA- corpos d'água, a demais são interações entre as respectivas variáveis independente.

No presente estudo, a influência das florestas em relação a ocorrência de casos de raiva no Brasil foi baixa (Tabela 8), no período estudado. De fato, a maior influência desta variável na ocorrência da raiva foi no ano 2005, em interação com o rebanho bovino, com 10,94% (Tabela 8) e seguiu diminuindo até o ano 2015, depois a tendência foi de alta, terminando o período estudado com  $R^2$  ajustado de 3,64%. Em estudo realizado no Equador Orlando *et al.* (2019), identificaram que as áreas de maior ocorrência de ataques de morcego nos rebanhos, eram também as áreas com maior densidade de árvores, sugerindo que esse é um fator de risco. O presente estudo diferiu deste, pois a influência das florestas foi considerada baixa. A densidade do rebanho bovino é tida com ou um fator de risco, porém o presente estudo encontrou que esta variável tem pouca relação com casos de raiva (tabela 8).

Com o objetivo de prever o comportamento dos tipos de *cluster*, foi realizada a estimativa do estado estacionário e feita uma estimativa de ocorrência dos tipos de *cluster* nesse ano (Tabela 9). O estado estacionário foi alcançado com 45 anos. Nesse ano há chance de 18,22% de ocorrer *cluster* com alta concentração de casos, a 90% de significância. Isso significa que, caso o programa nacional de controle da raiva em herbívoro continue como está, não será possível erradicar a raiva em bovinos no país. Com a probabilidade de ocorrência dos *clusters* no estado estacionário, foi realizada uma estimativa de ocorrência de *cluster* baseado na média anual de casos de raiva do período estudado, de 638 casos (Tabela 9). Nesse cenário, observa-se que a quantidade de *cluster* se estabilizará com a ocorrência anual de 116 *hot spots* (com 90% de significância). Contribuem para isso, possivelmente, a identificação equivocada pelo programa, dos principais fatores de risco da ocorrência da raiva, como visto anteriormente.

Tabela 9. Estimativa da probabilidade de ocorrência de cada tipo de cluster para o estado estacionário, em porcentagem e uma estimativa considerando 638 casos (média de casos do período estudado)

	<i>Cold spot</i>			NS	<i>Hot spot</i>		
	99%	95%	90%		90%	95%	99%
%	0,1091	0,08972	0,05565	0,47493	0,1822	0,05848	0,02988
N*	70	57	35	303	116	37	19

\*Estimativa dos tipos de *cluster*, para 638 casos (média do período estudado)

Também foi avaliada a probabilidade de mudança entre os tipos de *cluster* na matriz observada (Figura 4A) e no estado estacionário (Figura 4B).

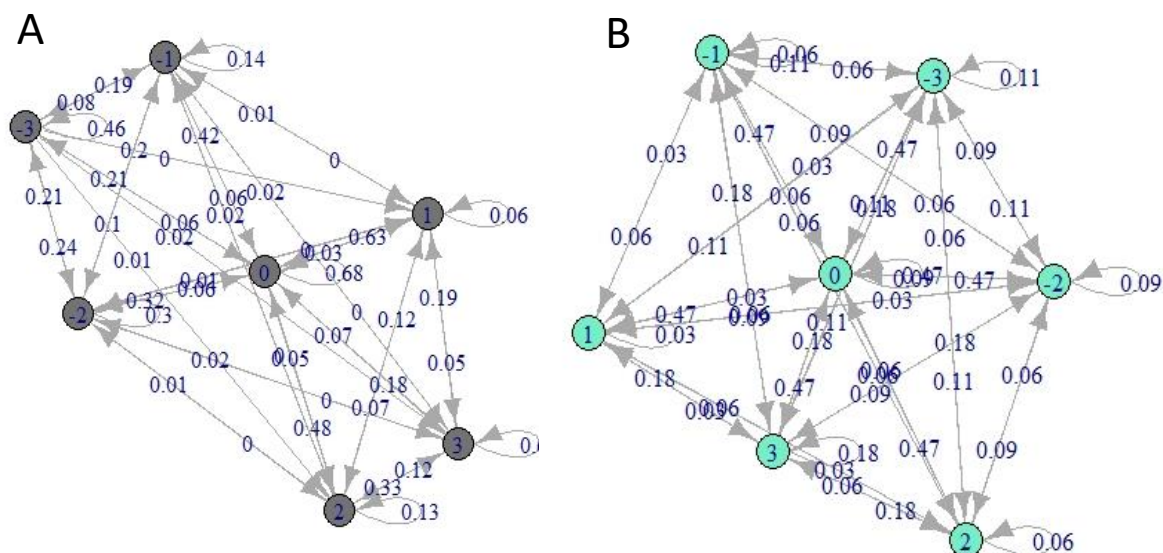


Figura 18. Diagrama de transição para a matriz a partir dos valores observados (A) e o estado estacionário (B) de probabilidade para a classificação dos tipos de cluster (estágio atingido com 45 anos).

#### 4.4. Conclusão

Assim, observa-se que a raiva em bovinos é persistente no país, com variações ao longo do tempo e que, caso as medidas de vigilância não mudem, a tendência é o número de casos permanecerem constantes em pouco tempo. Além disso, as variáveis que são tidas como explicativas para a ocorrência de casos de raiva pelo PNCRH têm baixa ou

nenhuma influência, sendo necessário estudos futuros que tenham como objetivo identificar variáveis que melhor expliquem a ocorrência de casos de raiva no Brasil.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste doutorado e a Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (ADAGRO) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) pela disponibilização dos dados.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A.L., BORGES, A.V.F., REIS, K.B. et al. **Raiva bovina: Uma revisão**. Pubvet. v.14, n.7, a602, p.1-3, Jul., 2020
- ANDRADE, Elane A. et al. **Raiva em herbívoros no estado do Pará, Brasil: estudo descritivo (2004 a 2013)**. Pesq. Vet. Bras. [online]. 2020, vol.40, n.4, pp.234-241. Epub June 17, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6307>
- BRAGA, G. B., Grisi-Filho, J. H. H., Leite, B. M., de Sena, E. F., & Dias, R. A. (2014). **Predictive qualitative risk model of bovine rabies occurrence in Brazil**. Preventive Veterinary Medicine, 113(4), 536–546. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.12.011.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle da Raiva dos herbívoros: Manual Técnico**, 2009. 2ª ed.124p. Brasília-2009.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Doenças infecciosas e parasitárias: Guia de Bolso**. 8ed. 448p. Brasília, 2010.
- BRASIL. **Controle da raiva dos herbívoros**. Departamento de Saúde Animal, Secretaria de Defesa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF. 2005, 104 p.
- CASSEB L.M.N., Barbosa T.F.S., Pereira A.S., Vieira C.A., Medeiros D.B.A., Vasconcelos P.F.C., Travassos da Rosa E.S. & Casseb A.R. 2006. **Prevalência de raiva animal em amostras procedentes da região norte do Brasil, diagnosticadas no instituto Evandro Chagas no período de 2000 a 2004**. Rev. Ciênc. Agrárias 46:261-274.
- DOGNANI, R, Elzira J. Pierre, Maria do Carmo P. Silva, Maria A.C. Patrício, Silvano C. da Costa, Jair R. do Prado<sup>4</sup> e Júlio A.N. Lisboa. **Epidemiologia descritiva da raiva dos herbívoros notificados no estado do Paraná entre 1977 e 2012**. Pesq. Vet. Bras. 36(12):1145-1154, dezembro 2016.
- GETIS, A., ORD, J.K. **The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. Geographical Analysis**. V. 24, N. 3, Jul, 1992.
- HAMPSON K, Coudeville L, Lembo T, Sambo M, Kieffer A, Atlan M, et al. (2015) **Estimating the Global Burden of Endemic Canine Rabies**. PLoS Negl Trop Dis 9(4): e0003709. doi:10.1371/journal.pntd.0003709. 2015.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>, acesso em 09 fev 2019.



LEE DN, Papeş M, Van Den Bussche RA. 2012. **Present and potential future distribution of common vampire bats in the Americas and the associated risk to cattle.** PLoS ONE v.7 (8), 2012.

OIE. ZERO BY 30 **The Global Strategic Plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030.** Disponível em: [http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media\\_Center/docs/pdf/Rabies\\_portal/Zero\\_by\\_30\\_Final\\_130618.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media_Center/docs/pdf/Rabies_portal/Zero_by_30_Final_130618.pdf), acesso em 17 jan 2019. Genebra-SWI, 2018.

ORLANDO, S. A., Panchana, V. F., Calderón, J. L., Muñoz, O. S., Campos, D. N., Torres-Lasso, P. R., ... Quentin, E. (2019). **Risk Factors Associated with Attacks of Hematophagous Bats (*Desmodus rotundus*) on Cattle in Ecuador.** Vector-Borne and Zoonotic. Volume 19, jan - 2019 Diseases.doi:10.1089/vbz.2017.2247

PÓVOAS, D.R.; Chaves, N.P.; Bezerra, D.C.; Almeida, V.M.; Saraiva, L.Q. **Raiva em herbívoros no estado do Maranhão: um estudo retrospectivo.** R. bras. Ci. Vet., v. 19, n. 2, p. 86-89, maio/ago. 2012.

PROJETO MAPBIOMAS – **Coleção versão 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, acessado em 04 abr 2019 através do link: <http://mapbiomas.org/>

SANTOS, A.V.P., Caldas, M.L.C, Klein Junior, M.H., Silva, A.L.D., Cardoso Filho, F.C.C. **Raiva em herbívoros no estado do piauí no período de 2007 a 2011.** Acta Veterinaria Brasilica, v.10, n.3, p.224-228, 2016

SILVA, A. F. A. V. **Modelação do Risco de Crédito numa Carteira de Crédito ao Consumo.** Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 2014.

SILVA, E. M. C., PINTO, C. S., ROSA, T. D. S. et al. **Estudo retrospectivo da raiva em herbívoros e animais silvestres no estado do maranhão.** ARS VETERINARIA, Jaboticabal, SP, v.35, n.2, 056-062, 2019. <http://dx.doi.org/10.15361/2175-0106.2019v35n2p56-62>

SILVA, G. C. P., SANTOS, R.F., ROCHA, S. M., REIS, V.G.L., SANTOS, G.R., GODOY, H.P., MATHIAS, L.A., NOCITI, D.L.P. **Perfil da ocorrência de raiva animal em diferentes espécies no Estado de Mato Grosso, Brasil, de 2002 a 2011.** R. bras. Ci. Vet., v. 24, n. 3, p. 151-156, jul./set. 2017.

SOUZA, M.C.A.M. **Aspectos Epidemiológicos da Raiva na Região do Vale do Paraíba durante o período de 1992 A 2011.** Pesquisa & Tecnologia, v. 9, n. 2, p.1-7, 2012.

TEIXEIRA T.F., Holz C.L., Caixeta S.P.M.B., Dezen D., Cibulski S.P., Silva J.R., Rosa J.C.A., Schmidt E., Ferreira J.C., Batista H.B.C.R., Caldas E., Franco A.C. & Roehe P.M.

2008. **Diagnóstico de raiva no Rio Grande do Sul, Brasil, de 1985 a 2007.** Pesq. Vet. Bras. 28(10):515-520.

VOIGT, C.C.; KELM, D. **Host preference of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*, Chiroptera) assessed by stable isotopes.** Journal of Mammalogy. v. 87, p. 241–254.2006.

WADA, M.Y.; ROCHA, S.M.; MAIA-ELKHOURY, A.N.S. **Situação da Raiva no Brasil, 2000 a 2009.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v.20, n.4, p. 509-518, 2011. Perfil da ocorrência de raiva animal em diferentes espécies no Estado de Mato Grosso, Brasil, de 2002 a 2011. R. bras. Ci. Vet., v. 24, n. 3, p. 151-156, jul./set. 2017.

## 5. CAPÍTULO - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados neste trabalho indicam que fatores considerados limitantes à produção como altitude e, principalmente, precipitação pluviométrica, tem pouca influência sobre a composição química do leite. Isso é importante, pois a indústria leiteira paga o produtor bônus pela composição e, assim, sabe-se que propriedades localizadas no semiárido, ao contrário do senso comum, não tem desvantagens em relação a locais com maiores índices de precipitação pluviométrica. Outrossim, são necessários mais estudos com o objetivo de analisar se essas variáveis têm influência sobre a produtividade.

O presente trabalho também indica que há muitas divergências na literatura sobre a ocorrência da raiva em bovinos, a despeito de tantos estudos realizados com esta enfermidade. Observou-se que o PNCRH precisa ser adaptado sob pena de não conseguir atingir seus objetivos. É possível que isto ocorra devido a muitos trabalhos desconsiderarem a influência espacial nas causas desta enfermidade. Sendo assim, é necessários mais estudos nesta área sob o ponto de vista espacial.

Por fim, este trabalho demonstra que é necessário considerar a influência regional em muitas variáveis e, mesmo em temas já bastante estudados é preciso analisar sob a ótica espacial para consolidar ainda mais os resultados e aperfeiçoar as políticas públicas.