



Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE OVINOS NATURALIZADOS NO BRASIL

Potira Meirelles Hermuche

Tese de Doutorado

Brasília, 05/12/2013



Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE OVINOS NATURALIZADOS NO BRASIL

Potira Meirelles Hermuche

Orientador: Renato Fontes Guimarães

Co-Orientadora: Concepta Margaret McManus Pimentel

Tese de Doutorado

Brasília, 05/12/2013



Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE OVINOS NATURALIZADOS NO BRASIL

Potira Meirelles Hermuche

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

Aprovado por:

Renato Fontes Guimarães, Doutor (Universidade de Brasília - UnB)
(Orientador)

Concepta Margaret McManus Pimentel, Doutora (Universidade de Brasília - UnB)
(Co-Orientadora)

Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Doutor (Universidade de Brasília - UnB)
(Examinador Interno)

Carla Bernadete Madureira Cruz, Doutora (Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)
(Examinador Externo)

Vivian Fischer, Doutora (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS)
(Examinador Externo)

Olivardo Facó, Doutor (Embrapa Caprinos e Ovinos - CNPC)
(Examinador Externo)

Brasília, 05/12/2013



Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

FICHA CATALOGRÁFICA

HERMUCHE, POTIRA MEIRELLES

Dinâmica da produção de ovinos naturalizados no Brasil, 138 p., (UnB/IH/GEA, Doutor, Gestão Ambiental e Territorial, 2013).

Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Instituto de Humanas, Departamento de Geografia.

1. Modelagem da paisagem 2. SIG 3. Sensoriamento Remoto 4. Microsatélites

I. UnB/IH/GEA

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Potira Meirelles Hermuche

Brasília, 05/12/2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Renato Fontes Guimarães, e ao professor Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior pelo grande incentivo e apoio para enfrentar essa jornada novamente. Obrigada por todo o conhecimento dividido.

Obrigada à professora Dra. Concepta McManus Pimentel, que foi essencial e contribuiu sempre para que o trabalho fosse desenvolvido com todo o critério necessário, demonstrando muito carinho e paciência nos ensinamentos diários.

Agradeço aos pesquisadores Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes e Dr. Samuel Rezende Paiva por toda a ajuda e conhecimento, visando sempre um trabalho melhor e mais completo.

Agradeço aos professores e pesquisadores Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz, Dra. Vivian Fischer e Dr. Olivardo Facó pela disponibilidade em participar da banca de defesa de doutorado.

Obrigada ao meu marido Fred, por toda a paciência em mais este desafio. Obrigada à minha mãe e irmãos pelo apoio de sempre. Obrigada ao meu Samuel por me acompanhar todo o tempo nos últimos meses, sentindo os anseios mesmo sem saber ainda o que isso significa.

Agradeço a Capes e ao CNPq/INCT-Pecuária pelo apoio financeiro e institucional a esta pesquisa.

RESUMO

As espécies de ovinos encontradas no Brasil foram trazidas há aproximadamente 500 anos e estão distribuídas por todo o território apesar das diferentes condições ambientais encontradas no país, fazendo com que, atualmente, estas apresentem adaptações às paisagens locais. A genética de paisagens associa conhecimentos de genética de populações, ecologia de paisagem e estatística espacial com o objetivo de descrever como a paisagem afeta a variação genética de populações. Atualmente há poucos bancos de coleções de germoplasma/genes animais no Brasil e estudos básicos são necessários para atender as futuras demandas internas e externas relacionadas à gestão dessa produção. O objetivo do trabalho foi (1) avaliar a dinâmica multitemporal da produção de ovinos no Brasil, considerando dados oficiais do Governo Federal desde 1976 até 2010; (2) correlacionar variáveis ambientais com a produção de ovinos no Brasil, identificando áreas com as mesmas características ambientais dos maiores produtores, fornecendo subsídio para definição de áreas prioritárias para a expansão da produção e; (3) integrar dados espaciais (georreferenciados) e genéticos sobre o local de origem de amostras de DNA de grupos genéticos diferentes ou raças de ovinos no Banco de Germoplasma do Brasil, realizando uma análise crítica. Dessa forma, para alcançar o primeiro objetivo foram aplicados os métodos de Componentes Principais (PCA) e mapas de características auto organizáveis (SOFM – Self Organizing Features Map). Além disso, foram elaborados mapas da taxa de crescimento e aceleração do crescimento da produção nos municípios brasileiros ao longo do período de 30 anos analisado. Em relação ao segundo objetivo proposto, foram utilizadas as variáveis ambientais relativas à cobertura vegetal (NDVI), precipitação, temperatura, altitude, umidade relativa, radiação solar e o índice de temperatura e umidade (ITU). Foram feitas análises estatísticas entre as variáveis ambientais e a produção em nível nacional e regional. Foi elaborado no software ArcGis 9.3 um mapa de áreas prioritárias para a expansão da produção de ovinos no Brasil baseado nos intervalos de cada variável onde hoje existem altas produções de ovinos no país. Para o terceiro objetivo proposto, a distribuição das raças foi espacializada e, posteriormente foi realizada análise de autocorrelação entre distância geográfica e distância genética. Os resultados mostraram que as regiões sul e nordeste mantiveram a tradição da produção de ovinos ao longo do período analisado e municípios da região centro-oeste tiveram crescimento da produção, mesmo que de forma inicial. As técnicas empregadas mostraram-se eficientes na análise multitemporal da produção de ovinos, proporcionando maior entendimento da dinâmica da produção no Brasil,

que pode ser utilizada como subsídio às políticas públicas nessa área. A partir dos mapas gerados pode-se notar que os municípios do Sul deixaram de ser o destaque da produção, decorrente da crise da lã. A produção tomou rumo para o Nordeste do país, já tradicional na criação e, após a mudança do foco para produção de carne, outros municípios do Brasil, como os do Centro-Oeste e Norte, passaram também a participar da atividade, mesmo que ainda de forma incipiente. A análise das variáveis ambientais e a produção em nível nacional é influenciada pela grande diversidade de ambientes no Brasil, camuflando possíveis correlações existentes. Quando a correlação é feita por região, observam-se correlações significativas. A análise canônica indicou que as variáveis mais importantes na separação dos clusters foram a precipitação, índice de temperatura e umidade, umidade relativa e temperatura. O mapa de áreas com possibilidade de expansão da produção considerando as mesmas características da paisagem onde hoje estão situados os maiores produtores indicou que, para as raças criadas na região nordeste, existe uma área para expansão de aproximadamente 900 mil km² e para a região sul a área é de aproximadamente 1.100 milhão de km². Em relação à espacialização das raças de ovinos existentes hoje no Brasil, nem todos os grupos genéticos têm amostras no banco de dados e a coleta está concentrada nos núcleos de conservação espalhados por todo o país. Apenas 21% dos estados com uma determinada raça tem amostras no banco de genes. Dos 27 estados do Brasil, 13 possuem amostras no banco genético dos ovinos, exigindo coleção de rebanhos fora do sistema oficial de conservação para se certificar de que os estudos utilizando este germoplasma não sejam tendenciosos. O trabalho mostrou que é importante considerar as características diferenciadas das regiões do Brasil na proposição de políticas públicas relacionadas à produção de ovinos e sugestões são dadas para melhorar a quantidade, qualidade e diversidade de amostras no banco genético proporcionando maior entendimento e subsídios para a gestão da produção e dos recursos genéticos de ovinos no Brasil.

Palavras-Chave: Paisagem Genética, Variáveis Ambientais, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Estatística espacial

ABSTRACT

Sheep were brought to Brazil about 500 years ago and are distributed throughout the country despite the different environmental conditions found, so that, currently, they show specific adaptations to local landscapes. The knowledge of landscapes associated with population genetics, landscape ecology and spatial statistics enable use to describe how the landscape affects genetic variation of populations. Currently there are few germplasm collections / banks in Brazil and basic studies are needed to meet future demands related to internal and external management of this production. The aim of this study was (1) to evaluate the multi-temporal dynamics of sheep production in Brazil, considering the official data of the Federal Government from 1976 to 2010, (2) see how environmental variables correlate with sheep production in Brazil, identifying areas with the same characteristics environmental major production areas, providing a basis for defining priority areas for the expansion of production and (3) integrating spatial (georeferenced) and genetic data about the origin of DNA samples from different genetic groups or breeds of sheep in the Brazilian germplasm bank, performing a critical analysis. To achieve the first goal we applied a Principal Component (PCA) and self-organizing feature maps (SOFM - Self Organizing Features Map) Analysis. In addition, maps were drawn for the growth rate and acceleration of output in all municipalities throughout the 30 year period analyzed. Regarding the second objective, we used the environmental variables related to vegetation cover (NDVI), precipitation, temperature, altitude, humidity, solar radiation and temperature and humidity index (THI). Statistical analyzes were performed to see how environmental variables affected production at national and regional levels. A map was developed in ArcGIS 9.3 to define priority areas for the expansion of sheep production in Brazil based on the intervals of each variable where there are now high production of sheep in the country. For the third proposed objective, the distribution of breeds was spatialized and subsequently were analyzed for autocorrelation between geographic and genetic distances. The results showed that the southern and northeastern regions maintain the tradition of sheep production over the period analyzed and municipalities in the Midwest region had increased production, in an incipient stage. The techniques employed were effective in examining the multitemporal analysis of sheep production, providing greater understanding of the dynamics of production in Brazil, which can be used as input to public policy in this area. From the maps generated it can be noted that the municipalities in the South no longer are the main producers. Production is migrating to

the northeast of the country and, after the change of focus to meat production, other municipalities in Brazil, such as the Midwest and North, also began to participate in the activity. The production at national level is influenced by the diversity of environments in Brazil, camouflaging possible correlations. When the correlation is carried out by region, there are significant correlations. The canonical analysis indicated that the most important variables in the separation of the clusters were precipitation, temperature, relative humidity and temperature. The map of areas with possible expansion of production considering the same characteristics of the landscape of the northeast showed there is an area for expansion of approximately 900,000 km² and similar to the southern region there is an area is approximately 1,100 million km². Not all genetic groups have genetic samples in the genebank and collection is focused on conservation nuclei scattered throughout the country. Only 21 % of states with a certain breed have samples in the gene bank. Of the 27 states of Brazil, 13 samples have the genetic bank of sheep, requiring collection of samples from flocks outside the official conservation system to ensure that studies using this germplasm are not biased. The work showed that it is important to consider the characteristics of different regions of Brazil in proposing public policies related to sheep and suggestions are given to improve the quantity, quality and diversity of samples in the gene bank providing greater understanding and subsidies for the management of production and genetic resources of sheep in Brazil.

Key words: Landscape Genetics, Environmental variables, Remote Sensing, Geoprocessing, Spatial statistics

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da tese.	4
Figura 2 – Metodologia de elaboração dos mapas de taxa de crescimento e aceleração.....	18
Figura 3 – A Camada de Kohonen.....	20
Figura 4 - Interface principal do sistema.....	21
Figura 5. Crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.....	23
Figura 6. Média da taxa de crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.	24
Figura 7. Mapa do ponto médio da produção de ovinos no Brasil de 1976 a 2010.	25
Figura 8. Aceleração do crescimento da produção de ovinos no Brasil	26
Figura 9. Média da aceleração do crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.....	27
Figura 10 – Gráfico de autovalores das CP.....	29
Figura 11 – As três primeiras componentes (a-CP1, b-CP2, c-CP3) da produção de ovinos entre 1976 e 2010.....	29
Figura 12 – Composição colorida (RGB) dos primeiros três componentes principais (CP) para mudanças na produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.....	30
Figura 13 – Classificação dos municípios utilizando SOFMs.	32
Figura 14–Centróides da produção de cada grupo por ano.....	33
Figura 15 - Média da produção dos municípios por ano.....	37
Figura 16 – Produção de ovinos por município em 2010 (IBGE, 2010).	40
Figura 17 – Mapa de Altitude (a), precipitação (b), NDVI (c), solar radiation (d), temperature(e), relativehumidity (f) and THI (g)	46
Figura 18. Primeiros dois fatores para características ligadas à produção de ovinos no Brasil.	47
Figura 19 - Clusters para produção de ovinos por região no Brasil	49
Figura 20 – Primeiras duas componentes canônicas para a separação dos clusters de produção de ovinos	49
Figura 21 – Municípios maiores produtores de ovinos no Brasil com base em 1,5 desvio padrão dos valores da produção do ano de 2010.	51
Figura 22 – Matriz de correlação entre as variáveis ambientais e a produção de ovinos no Brasil.	52
Figura 23 – Histogramas de frequência das variáveis de acordo com os grupos determinados pela análise de cluster.....	54
Figura 24 – Áreas com as mesmas características ambientais dos Grupos 1 e 2.	55
Figura 25. Núcleos de conservação e locais de coleta das amostras de ovinos para banco de germoplasma brasileiro	66
Figura 26. Distribuição de criadores registrados de raças naturalizadas brasileiras (Adaptado do MAPA)	69
Figura 27. Distribuição de criadores registrados de raças naturalizadas brasileiras (Adaptado da ARCO).....	70
Figura 28. Distância genética média de pares do conjunto completo de dados	71

Figura 29. Correlograma do Índice de Moran para o conjunto de dados tomando como ponto inicial a coleta em Sobral-CE.....	72
Figura 30. Superfície 3D das distâncias genéticas espacializadas com a) picos ascendentes e b) descendentes.....	73

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO	1
---------------------	---

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 O conceito de “Paisagem Genética”	7
2.2 Os fundamentos históricos da Ciência Geográfica e sua relação com o conceito de Paisagem Genética	10

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISE DA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PRODUÇÃO DE OVINOS NO BRASIL.....	16
3.1 Introdução.....	16
3.2 Material e Métodos	16
Dados da produção de ovinos.....	16
Dinâmica da taxa de crescimento e aceleração do crescimento da produção de ovinos ..	17
Análise de Principais Componentes (PCA)	19
Classificação usando Self Organizing Features Map – Análise de tendência.....	19
3.3 Resultados	22
Dinâmica da taxa de crescimento e aceleração do crescimento da produção de ovinos ..	22
Análise de Principais Componentes (PCA)	28
Classificação usando <i>Self Organizing Features Map</i> – Análise de tendência	31
3.4 Discussão.....	34

CAPÍTULO 4

4. FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE OVINOS NO BRASIL	39
4.1 Introdução.....	39
4.2 Material e métodos.....	40
4.3 Resultados	44
Espacialização dos controles ambientais	44
Análise de correlação entre as variáveis e a produção.....	47
Definição de intervalos associados aos controles ambientais	50

4.4	Discussão.....	56
CAPÍTULO 5		
5.	INTEGRAÇÃO DE DADOS GEORREFERENCIADOS E GENÉTICOS PARA A GESTÃO DA BIODIVERSIDADE DE RECURSOS GENÉTICOS OVINOS NO BRASIL	58
5.1	Introdução.....	58
5.2	Material e Métodos	59
5.3	Resultados	61
5.4	Discussão.....	73
6.	CONCLUSÃO.....	78
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXO 1 - <u>D</u> ynamics of sheep production in Brazil using principal components and auto-organization features maps.....		
		91
ANEXO 2 - <u>D</u> ynamics of Sheep Production in Brazil		
		104
ANEXO 3 - <u>E</u> nvironmental factors that affect sheep production in Brazil		
		120
ANEXO 4 - <u>T</u> abela dos dados de microssatélites – Número de Alelos.....		
		131

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Há aproximadamente 10.000 anos, os ovinos selvagens encontravam-se em regiões elevadas como na Europa Central, os Himalaias, entorno do Estreito de Bering e nas montanhas rochosas da América do Norte (LEITE, 2004). Seu habitat original eram áreas localizadas em regiões montanhosas com pastagens de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas, mas esses foram levados para as regiões tropicais, em tempos relativamente recentes e, desde então, o processo de adaptação às condições locais tem sido contínuo. A espécie foi uma das primeiras a ser domesticada e sua criação oferecia carne, leite, pele e lã (VIANA, 2008).

Atualmente, o rebanho ovino mundial é de aproximadamente 1,1 bilhão de cabeças (FAO, 2012), ocupando ambientes que normalmente não são utilizados pela agricultura (regiões montanhosas, com relevos movimentados e solos menos férteis), estando presente em quase todos os continentes. A ampla difusão da espécie deve-se principalmente à sua grande capacidade de se adaptar a diferentes condições ambientais, fazendo com que cada local possua raças adaptadas às suas paisagens específicas.

Todavia, observa-se que os fazendeiros tentam eliminar ou controlar empiricamente os fatores externos que afetam negativamente a produção sem embasamento científico (HERRERO *et al.*, 2010), tais como os fatores relacionados ao ambiente físico (como vegetação, solo, clima e geomorfologia), além de fatores tecnológicos (como conhecimento sobre a genética dos animais, reprodução, manuseio etc.) (HERRERO *et al.*, 2010; EMBRAPA/CNPC, 2011).

Pesquisas recentes têm sido realizadas no sentido de demonstrar a relação entre as raças naturalizadas em termos genéticos e os fatores ambientais, como a tolerância ao calor, por exemplo (OLIVEIRA *et al.*, 2008; MCMANUS *et al.*, 2009). Dessa forma, o levantamento de informações sobre os ambientes de produção de raças de animais domésticos facilitará as comparações entre as raças, servirá como indicador de adaptação das raças nos ambientes e poderá ser usado para delinear recomendações em relação ao manejo nos sistemas de produção em cenários de alterações dos fatores biofísicos, como o clima.

Essas pesquisas apresentam-se como um avanço, uma vez que a aplicação de informações corretas e modernas e de pesquisas tecnológicas na produção animal representa 99% do sucesso econômico e quantitativo das fazendas (SIBBALD *et al.*, 2008). Esse fato faz crer que o controle dos fatores físicos juntamente com a experiência dos produtores podem incrementar sobremaneira a produção. Unir variáveis em um modelo espacial para a produção de rebanhos ovinos pode indicar quais fatores são mais significativos para a produção (THORNTON e HERRERO, 2001; ORAVCOVA *et al.* 2005; JOOST *et al.*, 2010; MCMANUS *et al.*, 2010a).

Nesse contexto, insere-se o conceito de Paisagem Genética, que consiste em uma nova área de pesquisa interdisciplinar que combina conhecimentos de genética de populações, ecologia de paisagem e estatística espacial (STORFER *et al.*, 2007). O objetivo desta área de estudo é descrever e explicar como a paisagem e seus componentes podem afetar a variação genética de populações de animais e plantas. Esses métodos têm o potencial de aumentar o conhecimento de como a heterogeneidade da paisagem influencia a estrutura populacional, o fluxo gênico e adaptações.

De forma aplicada, trabalhos de produção animal mundialmente têm mostrado que haverá necessidade de substituir raças e espécies em sistemas de produção nos próximos 30 anos devido às mudanças no ambiente e demandas de mercado (YAHDJIAN e SALA, 2008). O problema é que, atualmente, a seleção de raças considera apenas aspectos econômicos (qual raça provê maior quantidade de leite ou carne), sem considerar as adaptações dos animais ao ambiente. Assim, passa a ser essencial que estudos sejam desenvolvidos no Brasil no sentido de compreender a dinâmica da produção de ovinos, as características ambientais e suas relações, uma vez que a ovinocultura é, hoje, uma das grandes esperanças do agronegócio brasileiro (SEBRAE, 2005).

No Brasil, a ovinocultura é praticada desde a colonização, influenciada pelos espanhóis e hoje encontra-se espalhada pelo país (PRIMO, 2004). Atualmente o Brasil é o 8º maior criador de caprinos e ovinos no mundo e estima-se que o número de animais esteja por volta de 16,05 milhões de cabeças (FAO, 2012). O Nordeste possui tradição na atividade e é detentor, atualmente, de 56,35% do total de rebanhos ovinos. O Sul fica em segundo lugar, com 31,6% e o Sudeste em terceiro com 3,4% (IBGE, 2012).

Nos últimos dez anos, a atividade despertou maior importância aos olhos de governantes, produtores e técnicos e, conseqüentemente, tem recebido maiores investimentos

no país. Dentre as mudanças favoráveis do setor podem-se destacar a intensificação da pesquisa voltada para a produção de animais e beneficiamento dos produtos, maior organização dos produtores, aumento de tecnologias na área, participação significativa de agentes financeiros para facilitar o acesso ao crédito e maior demanda por produtos derivados de ovinos e caprinos (SEBRAE, 2005).

Apesar disso, a cadeia agroindustrial nacional possui grande deficiência e inconsistência na oferta do produto, sendo que sua criação muitas vezes não é suficiente e seu volume comercial não sustenta a industrialização da carne, deixando os frigoríficos ociosos. Os animais abatidos muitas vezes possuem peso desuniforme de abate e idade avançada, o que desvaloriza a carne e a aceitação do consumidor (CIRILLO, 2012).

De acordo com Paganoti e Rodrigues (2010), a produção de ovinos destaca-se no cenário nacional como atividade sustentável e de grande impacto socioeconômico. Contudo, a atividade no país ainda carrega extrema informalidade no que é produzido internamente, dificultando a consolidação de dados sobre o setor (SORIO e RASI, 2010). Dentro do que é consumido formalmente no Brasil, 50% vem de países como Uruguai, Argentina e Nova Zelândia (GARCIA, 2004).

Mesmo com essas dificuldades, os ovinos apresentam características vantajosas para sua criação e possibilidades de uma produção lucrativa, tanto para pequenos, quanto para médios e grandes produtores, especialmente com o aumento da demanda por alimentos saudáveis e a preferência por produtos com maiores valores proteicos e baixo colesterol, gorduras saturadas e calorias, como é o caso da carne de ovinos (NETTO e TORRES, 2008).

Nesse sentido, o objetivo geral do presente trabalho é analisar a dinâmica espacial da produção de ovinos no Brasil e sua relação com as variáveis ambientais da paisagem no contexto da paisagem genética. Esse estudo é o primeiro passo no sentido de identificar padrões da paisagem que se relacionem com as raças de ovinos naturalizados no Brasil.

Como objetivos específicos têm-se:

- Analisar o padrão da distribuição espaço-temporal da produção de ovinos no Brasil (no período de aproximadamente 30 anos) por meio de técnicas de estatística espacial e sistemas de informação geográfica.

- Realizar uma modelagem das características ambientais com o objetivo de investigar a relação entre essas variáveis ambientais e a produção de ovinos no Brasil
- Analisar a distribuição espacial das principais raças de ovinos naturalizados no Brasil e realizar uma análise crítica a respeito do Banco de Germoplasma da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

A presente tese de doutorado segue o fluxo dos objetivos específicos elencados, iniciando com o entendimento da distribuição espacial da produção, passando pela associação entre essa produção e as variáveis ambientais da paisagem, até chegar à distribuição espacial das principais raças de ovinos naturalizados no Brasil e os desafios da existência de um Banco de Germoplasma consolidado, conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

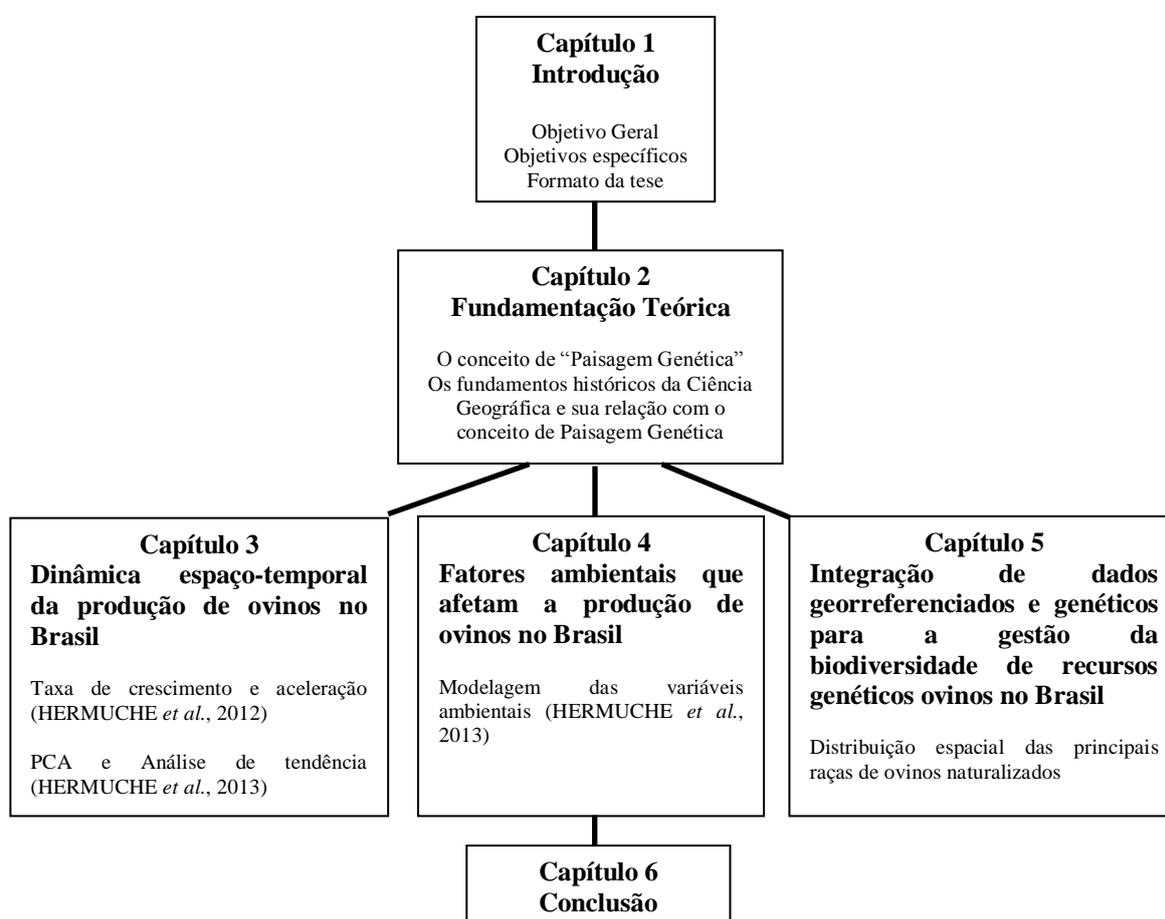


Figura 1 – Fluxograma da tese.

Desse modo, o Capítulo 3 teve como objetivo avaliar a dinâmica espaço-temporal da produção de ovinos no Brasil, considerando dados oficiais do Governo Federal Brasileiro desde a década de 70 até o ano de 2010 por meio de análise espacial do crescimento e

aceleração do crescimento da produção. Além dessa, foi proposto um método para compreensão da dinâmica multitemporal da produção de ovinos no Brasil com base na técnica de principais componentes (PCA) e Mapas de Características Auto Organizáveis (SOFM – *Self Organizing Features Map*) com o objetivo de compreender a tendência de crescimento da produção.

No capítulo 4, o objetivo foi modelar variáveis ambientais para verificação da associação entre essas e os locais de alta produção, definindo os intervalos de cada variável associados aos maiores produtores de ovinos no Brasil como forma de subsidiar a definição das áreas preferencialmente aptas para expansão da produção de ovinos no Brasil.

Por fim, no capítulo 5, o objetivo foi realizar uma análise crítica da consistência do banco de dados genéticos de animais de rebanhos ovinos naturalizados no Brasil por meio da integração entre dados espaciais e genéticos provenientes de 17 grupos genéticos diferentes.

Com base nos capítulos, foram gerados artigos científicos, que seguem em anexo à tese em suas versões finais já publicadas, os quais foram acrescidos com as devidas correções e revisões sugeridas pelos pesquisadores revisores de cada periódico aos quais os mesmos foram submetidos.

O primeiro artigo gerado é intitulado “Dynamics of sheep production in Brazil using principal components and auto-organization features maps” e foi publicado na Revista Brasileira de Cartografia (HERMUCHE *et al*, 2012). O segundo artigo é denominado “Dynamics of Sheep Production in Brazil” e foi publicado no International Journal of Geoinformation (HERMUCHE *et al*, 2013). O terceiro artigo, intitulado “Environmental factors that affect sheep production in Brazil”, foi publicado no periódico Applied Geography (HERMUCHE *et al*, 2013), e o quarto artigo, denominado “Integration of Geo-referenced and genetic data for management of bio-diversity in sheep genetic resources in Brazil”, está em fase de submissão ao International Journal of Animal Science.

Além desses, a pesquisa gerou informações que contribuíram para a elaboração de diversos outros trabalhos, em coautoria, como por exemplo:

- MCMANUS C; HERMUCHE, P. ; PAIVA, S.R. ; MELO, C.B.; MENDES, C. Q. . Geographical Distribution of Sheep Breeds in Brazil and their Relationship with Climatic and Environmental Factors as Risk Classification for Conservation. **Brazilian Journal of Science and Technology**, 2014 (artigo aceito para publicação).

- COSTA, N.S.; HERMUCHE, P.; COBUCCI, J.A.; PAIVA, S.R.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JR, O.A.; GOMES, R.; COSTA, C.N.; MCMANUS, C. Georeferenced Evaluation of Genetic Patterns for Holstein Cattle in Brazil. **Artigo em fase de submissão ao International Journal of Animal Science.**
- BIAZIO, G. R. ; MCMANUS, C ; HERMUCHE, P. ; Guimarães, R.F. ; Carvalho Júnior, O.A. ; SILVA, N. C. ; DALLAGO, BRUNO ; MORAIS, J. C. F. ; SOUZA, C. J. H. ; Facó, O. ; ARAUJO, A. M. ; AZEVEDO, H.C. ; Carneiro, P. L.S. ; SANTOS, S.A. ; MATTOS, P. S. R. ; Lôbo, R.N.B. ; Paiva, S.R. . Integração de dados de georreferenciamento e dados genéticos para o manejo de biodiversidade de recursos genéticos de ovinos no Brasil. In: **II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2012, Belém. Anais**, 2012. v. II. p. 1-4.
- Entre outros

Esta tese foi elaborada com financiamento do CNPq por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Informação Genético-Sanitária da Pecuária Brasileira – INCT Pecuária. O projeto, intitulado “Genética de Paisagem de Raças Naturalizadas no Brasil: uma avaliação georreferenciada de padrões genéticos para estudos de conservação, caracterização e rastreabilidade de rebanhos”, possui equipe multidisciplinar e, entre os principais colaboradores, encontram-se pesquisadores da EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia e Faculdade de Agronomia e Veterinária - UnB, além do Laboratório de Sistemas de Informação Espacial (LSIE) do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília.

É importante ressaltar que este trabalho é o pioneiro nessa temática no Brasil e está na vanguarda do conhecimento, especialmente no que diz respeito à linha de pesquisa intitulada Paisagem Genética, ainda incipiente no país principalmente em estudos de animais/rebanhos naturalizados, norteados a possibilidade de aumento da produção nacional de ovinos.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O conceito de “Paisagem Genética”

A compreensão dos processos e padrões de fluxo gênico e a adaptação local requerem um conhecimento detalhado de como as características da paisagem estruturam as populações. Esse entendimento é crucial não só para melhorar o conhecimento ecológico, mas também para gerir adequadamente a diversidade genética de espécies ameaçadas e em perigo (MANEL *et al.*, 2003).

A relação entre adaptação de espécies e as características da paisagem vem sendo amplamente estudada, especialmente pelas ciências biológicas. O termo “Landscape Genetics” surgiu em trabalhos que associavam as adaptações de plantas e animais selvagens aos controles ambientais da paisagem (MANEL *et al.* 2010). Ao ser traduzido para o português, ainda em trabalhos da ecologia e genética, adotou-se o termo “Genética de Paisagens” sem uma crítica mais profunda a respeito dos conceitos relacionados à expressão, especialmente no contexto da Ciência Geográfica, que é uma área de pesquisa que tem como principais paradigmas a análise da paisagem e suas relações. Assim, a primeira observação a ser feita se relaciona com o termo adotado quando analisado à luz dos conceitos geográficos.

“Paisagem” é um conceito bastante difundido na Geografia e foi trabalhado por diversos autores. Para Santos (1996a), a paisagem “é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”. Ou seja, a paisagem é o que vemos, assim como os autores positivistas afirmavam, mas ela é resultado das relações antrópicas com o meio natural em um determinado momento. Maximiano (2004) corrobora essa ideia, afirmando que a paisagem é uma manifestação do espaço geográfico, sendo o produto das interações entre elementos de origem natural e humana, em um determinado espaço, que se organizam de maneira dinâmica, ao longo do tempo e do espaço.

Os autores que trabalham na área física com a análise da paisagem também assumem a importância da dinâmica da paisagem ao longo do tempo. Martins *et al.* (2004) afirmam que “as estruturas que suportam os aspectos dinâmicos de uma paisagem não são estáticas. Apenas apresentam ciclos mais longos que os aspectos que estão sendo estudados”. Como

observado, a paisagem sempre foi uma categoria de análise que tem como base o meio natural, seja ela por si só (como no positivismo), seja com a influência antrópica e temporal.

Já um dos significados da palavra “genética” é gênese, surgimento (FERREIRA, 1986). Portanto, quando a “genética da paisagem” é avaliada de acordo com os pressupostos da Geografia, especialmente da Geomorfologia, a expressão pode ser entendida como a “gênese da paisagem”. Cassetti (2005) explicita claramente essa visão, ao tratar da “genética” das formas de relevo para explicar aspectos geomorfológicos, chamados pelo autor de “aspectos morfogenéticos”, ou seja, a gênese das formas. Dessa maneira, ao se traduzir o termo como “Genética de Paisagens”, o conceito para os geógrafos se confunde com a “Gênese das Paisagens”, que não é o que essa nova linha de pesquisa busca abordar.

Dado o exposto, propõe-se no presente trabalho a utilização do termo “Paisagem Genética”, que traz um entendimento mais próximo do que a linha de pesquisa estuda quando trabalhada no contexto da Ciência Geográfica, ao fazer o leitor compreender que as análises serão um panorama dos aspectos genéticos dos animais subentendidos nas características da paisagem.

Segundo Lewontin (2000), a evolução de espécies é realizada por meio de um processo ativo, onde ambiente e organismos interagem e transformam-se reciprocamente. Essa temática vem ao encontro das pesquisas relacionadas à Paisagem Genética, que consiste na análise de características geográficas e ambientais que afetam a estrutura genética de populações (PARISET *et al.*, 2012), sendo de fundamental importância para a compreensão de como as características da paisagem pode limitar ou facilitar o desenvolvimento dos indivíduos. Essa linha de pesquisa possui métodos que têm o potencial de aumentar o conhecimento de como a heterogeneidade da paisagem influencia a estrutura populacional, o fluxo gênico e adaptações.

Essa é uma área em rápido crescimento (HOLDEREGGER e WAGNER, 2006), que contribui para uma melhor compreensão dos processos ecológicos espaciais por meio da combinação de conhecimentos de genética de populações, ecologia da paisagem e análise espacial (STORFER *et al.*, 2007) na realização de pesquisas que explicitamente quantificam os efeitos da configuração e composição da paisagem no fluxo de genes e variação genética espacial.

Em contraste com os estudos tradicionais de genética de populações que foram limitados em inferência espacial para testes de isolamento por distância, a paisagem genética fornece subsídios para testar a influência relativa da paisagem e do ambiente nas características de fluxo gênico, descontinuidades genéticas (GUILLOT *et al.*, 2005) e estrutura genética de populações (MANEL *et al.*, 2003; HOLDEREGGER e WAGNER, 2006).

Inovações tecnológicas em análises espaciais associadas com maior disponibilidade de dados espaciais resultaram em grandes avanços na capacidade de estudar a influência de variáveis da paisagem, tais como topografia, altitude e cobertura do solo, em variação genética e estrutura (STORFER *et al.*, 2010).

Embora a paisagem genética exija colaboração interdisciplinar, essa continua sendo um grande desafio para o futuro (BALKENHOL *et al.* 2009). Vários estudos são feitos em relação a espécies de fauna e flora nativa relacionando os aspectos da paisagem com adaptações genéticas, mas são praticamente inexistentes para animais de rebanhos naturalizados. Um exemplo é o estudo da conectividade como uma medida específica de como uma paisagem facilita ou impede o movimento da fauna entre dois locais (TISCHENDORF e FAHRIG, 2000).

Unir variáveis em um modelo espacial para a produção de rebanhos pode indicar quais fatores são mais significativos para a produção (JOOST *et al.*, 2010; MCMANUS *et al.*, 2010b; ORAVCOVA *et al.* 2005; THORNTON e HERRERO, 2001).

Desta forma, variáveis geoambientais servem como variáveis discriminantes de estruturas genéticas distintas de diversas populações e, nesse sentido, estudos têm sido feitos com utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para análise e compreensão espacial da distribuição das espécies, além de análises sistêmicas da paisagem e sua relação com características genéticas das plantas e animais, como por exemplo, Melo *et al.* (2002) e Etherington (2011).

Na espacialização da produção de rebanhos é importante avaliar a tolerância dos animais aos controles ambientais locais (SKONHOFT *et al.*, 2010), como a influência do solo na produção de forrageiras (RUTTING *et al.*, 2010), as características climáticas (temperatura e umidade do ar) (MCMANUS *et al.*, 2010b) e a altitude (CAMPBELL *et al.*,

2010), que são fatores importantes na implementação e estabelecimento da produção (JOOST *et al.*, 2010).

Em relação aos rebanhos naturalizados, a introdução de um recurso genético em um ambiente não conduz necessariamente ao desenvolvimento econômico da produção, uma vez que a decisão sobre se o uso de um recurso genético específico é adequado depende da compreensão da capacidade e função de cada raça. A seleção de raças de rebanhos ovinos naturalizados tem sido baseada em análises parciais, considerando apenas aspectos econômicos de qual raça provê maior quantidade de leite ou carne, sem levar em conta os aspectos correlacionados (especialmente no que diz respeito à paisagem).

De posse dos dados que relacionam genética e controles biofísicos da paisagem, é possível avaliar cenários de interesse para produção de alimentos com o quadro de mudanças climáticas alertados por pesquisadores em todo o mundo (IPCC, 2007) para as próximas décadas, como avalia o trabalho da EMBRAPA em parceria com a Unicamp (DECONTO, 2008) intitulado “Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil”.

Segundo o documento, o relatório do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) prevê que a produção de alimentos em todo o mundo pode sofrer um impacto nas próximas décadas em função das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global. Segundo os cientistas, o aumento da temperatura ameaça o cultivo de várias plantas agrícolas e pode piorar o já grave problema da fome em partes mais vulneráveis do planeta (DECONTO, 2008).

2.2 Os fundamentos históricos da Ciência Geográfica e sua relação com o conceito de Paisagem Genética

Por considerar diversos aspectos discutidos e abordados metodologicamente na Ciência Geográfica, como a relação homem-natureza (que teve início com LA BLACHE, 2005), campo-cidade (HARVEY, 2011) e o papel do capital (QUAINI, 1979; SMITH, 1988; SANTOS, 1996a, 1996b), a Paisagem Genética está associada à diversidade epistemológica da Geografia e, portanto, pode e deve ser discutida no âmbito da Ciência Geográfica. Mas apesar de considerar amplamente as análises espaciais, os controles da paisagem e as relações econômicas e sociais decorrentes, essa linha é ainda muito nova em trabalhos geográficos.

Para uma melhor compreensão de como a Paisagem Genética está inserida no contexto das análises geográficas de forma tão acertada, deve-se discutir quais foram os pressupostos e métodos da Geografia desde sua origem. Aqui serão expostos os paradigmas pelos quais a geografia se baseou ao longo do tempo, discutindo sua relevância atual e, principalmente, de que forma a Paisagem Genética se encaixa nos mesmos.

A Ciência Geográfica teve início nos fundamentos positivistas, que privilegiavam a aparência dos fenômenos e se restringiam aos aspectos visíveis do mundo real. Nos primórdios do século XIX, Alexander von Humboldt e Karl Ritter (MORAES, 1981), deram início à sistematização da Geografia, valorizando o empirismo e a descrição da natureza a partir da contemplação, inserindo a importância do método nas análises. Esses autores buscavam estudar os lugares em busca de sua individualidade, considerando a importância do homem nesse contexto apenas como fator passivo.

Dando seguimento a essa ideia, em sua obra “Antropogeografia”, Ratzel (MORAES, 1990), na Alemanha do fim do século XIX, abordou a influência das condições naturais na humanidade, afirmando que a diversidade das condições ambientais explicaria, em grande parte, a diversidade dos povos, proporcionando desenvolvimento aos locais de acordo com as condições naturais observadas. Da mesma forma, Vidal de La Blache (2005), ao abordar a importância da forma de como vivem os homens em sua obra “Os gêneros de vida na Geografia Humana”, afirmou que as áreas são influenciadas pelos gêneros de vida que ali estão. De acordo com o autor, essas associações (Homem-Natureza) têm interesses recíprocos, uns beneficiando-se da presença dos outros como, por exemplo, as adaptações das plantas e animais ao homem (domesticação) e do homem ao meio (adaptações físicas, culturais, alimentação, comportamento, construção, transporte etc.).

Essa ideia cabe bem apropriadamente na temática da Paisagem Genética, inicialmente porque essa enfatiza os métodos positivista e empírico, essenciais no estudo por meio da observação e entendimento do comportamento dos animais e dos controles da paisagem (clima, relevo, vegetação etc.). Outro fato é que a produção de animais de rebanho tem um lado primordial para sua existência que consiste no fato da necessidade dos animais se adaptarem às condições ambientais, o que influencia diretamente a economia local e regional. Um exemplo é a prosperidade de áreas com criação de grandes rebanhos de gado no centro-oeste, sudeste e sul do Brasil em oposição à região semiárida, onde praticamente não existe

produção em grande escala em função das características climáticas, socioeconômicas, de logística, tecnológicas, entre outras.

Nesse sentido, inovações tecnológicas em análises espaciais associadas com maior disponibilidade de dados espaciais resultaram em grandes avanços na capacidade de estudar a influência de variáveis da paisagem na variação genética e estrutura das populações (STORFER *et al.*, 2007; 2010). O uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de sensoriamento remoto tem a vantagem de contribuir com essas análises de forma sistemática, auxiliando na análise e interpretação dos dados.

É nesse ponto que entra a aplicação dos postulados da Geografia Sistêmica e Quantitativa, absorvidos atualmente de forma bastante conveniente nos ambientes computacionais (SIG), especialmente por meio de um dos principais elementos de análise, que são as “unidades de área” de Hartshorne (1959). Isto ocorre pela capacidade de processamento de grande quantidade de informações disponíveis de determinada(s) área(s), facilitando assim, através do emprego de modelos, a simplificação de uma realidade mais complexa para extrair generalizações a partir da análise geoestatística (CÂMARA *et al.*, 2003).

Em consequência desses métodos, a Paisagem Genética entra em contraste com os estudos tradicionais de genética de populações, uma vez que fornece subsídios para testar a influência relativa da paisagem e do ambiente nas características dos animais (GUILLOT *et al.*, 2005) e estrutura genética de populações (MANEL *et al.*, 2003; 2010; HOLDEREGGER e WAGNER, 2006).

Mas essa linha de pesquisa não é influenciada apenas pelo positivismo e empirismo, além da Geografia Quantitativa, uma vez que pode ser analisada à luz da Geografia Radical, ao se aproximar da dialética marxista no que trata dos movimentos transformadores do espaço geográfico (quando os agentes passam a ser ativos, ao contrário da visão positivista). A noção da Geografia Radical de que o espaço é social é inteiramente ajustada às análises de Paisagem Genética de rebanhos naturalizados no Brasil, uma vez que essa atividade é completamente dependente da atividade humana e com objetivos econômicos e sociais.

Essas análises podem ser extravasadas inclusive com a previsão de cenários futuros para a produção agropecuária. Um exemplo claro disso é a preocupação com a produção de alimentos no contexto de mudanças climáticas (IPCC, 2007). Segundo Deconto (2008), o relatório do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) prevê que a produção

de alimentos em todo o mundo pode sofrer um impacto nas próximas décadas em função das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global.

Dessa forma, com a nova visão que as ideias marxistas proporcionaram à ciência geográfica (com a inclusão da noção espaço-tempo, por exemplo) e, posteriormente, a ideia do tempo histórico trazida por autores como Santos (1996a) e Harvey (2011), a compreensão teórica da Paisagem Genética passa a ser completa, uma vez que, enfatizando a importância das transformações e adaptações dos animais às características da paisagem ao longo do tempo, traz todos esses pressupostos abordados para a sua análise. Essa análise deve ainda considerar as relações entre o homem e essas adaptações, já que segundo Quaini (1979), “enquanto existir a história dos homens, a sociedade e a natureza estarão articulados”.

Assim, a criação e manipulação de rebanhos com o objetivo de aumentar a produção com base em características genéticas e da paisagem por meio da integração de dados empíricos em ambiente SIG é um importante exemplo de como a Paisagem Genética está inserida no contexto da Ciência Geográfica, associando a técnica ao estudo e compreensão do Espaço Totalidade.

A partir daí pode-se entrar mais profundamente nos conceitos de espaço e paisagem utilizados sob a luz da Ciência Geográfica contemporânea. Isso se relaciona muito bem com o tema aqui tratado e corrobora o pensamento de Santos (1996b) quando o autor afirma que “a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”. Nesse conceito é enfatizado o tempo histórico e isso é perfeitamente observável no espaço rural/natural antropizado, palco de ação da Paisagem Genética. Já o espaço, para o autor, é composto por “essas formas mais a vida que as anima”. Ou seja, o espaço é a totalidade, é “a especificação do todo social” (SANTOS, 1996a), é um “sistema de objetos e de ações”. Com isso Santos (1996a) enfatiza a “necessidade de libertar-nos de visões estáticas do espaço”, ao incluir a componente de processos variantes no tempo como parte essencial do espaço, como preconizam Câmara *et al.* (2003) ao trabalharem a importância do conceito de espaço nas análises espaciais.

É esse espaço que é trabalhado dentro da Paisagem Genética, ao englobar todas as relações (homem-natureza, relações sociais, econômicas) num dado momento ou tempo histórico. Além disso, ao analisar o mundo contemporâneo à luz dos conceitos geográficos,

os autores atuais enfatizam a importância e a interferência do capitalismo e as consequências desse fato, como pode ser observado na obra de Harvey (2011) e Carlos (2011).

Trazendo isso para a análise da Paisagem Genética, é necessário questionar o papel dessas pesquisas no desenvolvimento e influência na sociedade. Carlos (2011), em seu livro “A condição espacial” aborda a questão do capitalismo e a cidade, e emenda o pensamento ao afirmar que essas “metamorfoses no espaço” devem ser acompanhadas pelo pensamento geográfico. A partir daí a autora desenvolve seu pensamento até o momento em que afirma que acredita que a Geografia vive um momento de crise na atualidade, uma vez que é necessária a realização de uma renovada postura crítica para acompanhar essas “metamorfoses”.

A autora enfatiza que essa nova postura deve surgir da articulação entre os conceitos geográficos e as práticas sociais. Daí propõe o que chama de Metageografia, que consiste em um caminho teórico-metodológico de superação do estado de crise em que se encontra a disciplina. Para isso, ela retoma diversos conceitos anteriores da ciência geográfica e afirma que o ponto de partida desse novo termo é o entendimento do espaço-tempo da atividade do homem. Com essa abordagem, a Geografia tende a alterar a análise epistemológica da realidade para as condições objetivas do cidadão.

Dessa forma, a autora finaliza a obra afirmando que a crise do mundo moderno demanda estratégias em direção à outra sociedade que seja capaz de questionar o papel do capital. Além disso, é papel da Geografia a crítica à essa crise, debatendo sobre soluções possíveis revelando contradições que expliquem a dinâmica dessa realidade atual.

A Paisagem Genética aplicada a animais de rebanho tem como pressupostos práticos o aumento da eficácia e expansão da produção, ou seja, tem como principal objetivo o aumento da produtividade visando, por um lado, aumento do lucro e por outro, aumento da oferta de bens provenientes dos animais (carne, leite, lã, pele) para a sociedade (claro que não se deve excluir a importância da pesquisa científica com o entendimento de como acontece a adaptação dos animais etc.). Assim, surgem algumas perguntas relacionadas ao que Carlos (2011) abordou: De que forma esses estudos proporcionam qualidade de vida à população? Como esses bens favorecerão a sociedade? Como os conflitos sociais desse aumento da produção podem ser minimizados?

Enfim, essas são questões que permeiam não só essa atividade, mas todas as atividades rurais e devem ser pensadas e discutidas com uma “atitude crítica”, como afirma Carlos (2011), para que sejam resolvidos. No caso específico da Paisagem Genética, é extremamente relevante esse tipo de análise principalmente para otimizar a produção, na mesma área hoje existente. Isso faz com que seja produzida maior quantidade de produtos a ser disponibilizada para a população e maior quantidade de empregos, incrementando a economia local e nacional e melhorando a qualidade de vida da população. Além disso, esse tipo de trabalho tem o potencial de ajudar a melhoria da sustentabilidade dos sistemas, uma vez que trata de diversas variáveis em conjunto, proporcionando inclusive a melhoria da qualidade de vida da população.

Ou seja, o estudo da paisagem genética e espacialização da produção permite verificar as mudanças ocorridas e, com o conhecimento das características da paisagem, explicar as causas.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISE DA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PRODUÇÃO DE OVINOS NO BRASIL

3.1 Introdução

A ovinocultura tem grande potencial de crescimento do agronegócio no Brasil (SEBRAE, 2005), destacando-se como atividade sustentável e de grande impacto socioeconômico (VIANA *et al.*, 2007; 2009).

Essa criação de ovinos pode ser lucrativa, tanto para pequenos, quanto para médios e grandes produtores, especialmente com o aumento da demanda por alimentos saudáveis e a preferência por produtos com maiores valores proteicos e baixo colesterol, gorduras saturadas e calorias, como é o caso da carne de ovinos (COSTA *et al.*, 2008).

Nesse contexto, o presente capítulo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal da produção de ovinos no Brasil considerando dados oficiais do Governo Federal Brasileiro desde a década de 70 até o ano de 2010.

O presente capítulo foi publicado na forma de dois artigos científicos. O primeiro foi intitulado “Dynamics of sheep production in Brazil using principal components and auto-organization features maps” e foi publicado na Revista Brasileira de Cartografia (HERMUCHE *et al.*, 2012) – Anexo 1. O segundo, denominado “Dynamics of Sheep Production in Brazil”, foi publicado no International Journal of Geoinformation (HERMUCHE *et al.*, 2013) – Anexo 2.

3.2 Material e Métodos

Dados da produção de ovinos

No presente trabalho foram considerados todos os municípios do Brasil. Devido à sua grande extensão, o país possui características ambientais distintas, especialmente em função das diferenças de latitude e relevo (IBGE, 2012; INPE, 2012).

Os dados municipais da produção de ovinos no Brasil no período entre 1976 e 2010 foram adquiridos no site do IBGE (<http://www.sidra.ibge.gov.br>, 2012). Esses são resultado da Pesquisa da Pecuária Municipal elaborada pelo IBGE desde a década de 1970, que

destina-se a fornecer informações sobre os efetivos das espécies animais criadas e é feita anualmente abrangendo todo o Território Nacional.

Os efetivos dos rebanhos têm como data de referência o dia 31 de dezembro, e as produções dizem respeito ao ano de referência da pesquisa. Para esse levantamento é utilizado um modelo único de questionário. No método de coleta consideram-se, para cada espécie animal, as peculiaridades regionais, os órgãos envolvidos no setor da pecuária, os aspectos zootécnicos (raças e técnicas de criação) e ainda os recursos existentes em cada município para a realização da coleta.

As variáveis investigadas são levantadas em toda a área geográfica no município, o que significa que, além dos estabelecimentos agropecuários, consideram-se também os estabelecimentos militares, coudelarias particulares ou jôqueis-clubes e quaisquer criações particulares mantidas por pessoa física ou jurídica em imóveis das zonas urbana, suburbana ou rural.

As tabelas, inicialmente em formato csv, foram formatadas no software Excel® para que a produção pudesse ser espacializada no software ArcGis 9.3 por meio da ferramenta *Join*, que consiste em unir os dados contidos em uma tabela com atributos espaciais (no caso, unir os dados de produção por município de cada ano adquiridos no IBGE com os atributos espaciais dos municípios, tendo como resultado a malha de municípios com as respectivas produções).

Estes dados foram organizados em uma tabela e vinculados ao mapa municipal do Brasil (formato *shapefile*) no programa ArcGis 9.3. Os mapas de produção de ovinos para cada ano foram convertidos para o formato matricial (GRID) com pixel de 1km. De posse dos dados em formato matricial, foi confeccionado um cubo multitemporal da produção de ovinos no software ENVI 4.5.

Dinâmica da taxa de crescimento e aceleração do crescimento da produção de ovinos

Para análise da dinâmica de crescimento da produção normalizada pela área, foram elaborados mapas da taxa de crescimento (%) da produção por município. Para isso, o intervalo temporal analisado foi dividido em 7 períodos iguais com intervalos de 5 anos a partir do somatório da produção dos cinco anos considerados em cada período (1976 a 1980;

1981 a 1985; 1986 a 1990; 1991 a 1995; 1996 a 2000; 2001 a 2005; 2006 a 2010). A taxa de crescimento foi obtida a partir da equação (Eq1):

$$\frac{(\text{Produção do período posterior} - \text{Produção do período anterior}) \times 100}{\text{Produção do período anterior}} \quad [\text{Eq1}]$$

A aplicação da fórmula da taxa de crescimento resultou em 6 mapas, utilizados como base para o cálculo da aceleração do crescimento, elaborada a partir da subtração do crescimento posterior pelo crescimento anterior, resultando em 5 mapas. Para facilitar a análise e compreensão da dinâmica da taxa de crescimento e aceleração do crescimento foram elaborados mapas com as médias dessas variáveis. De forma resumida, a metodologia de análise da taxa de crescimento e da aceleração do crescimento está descrita no diagrama a seguir (Figura 2):

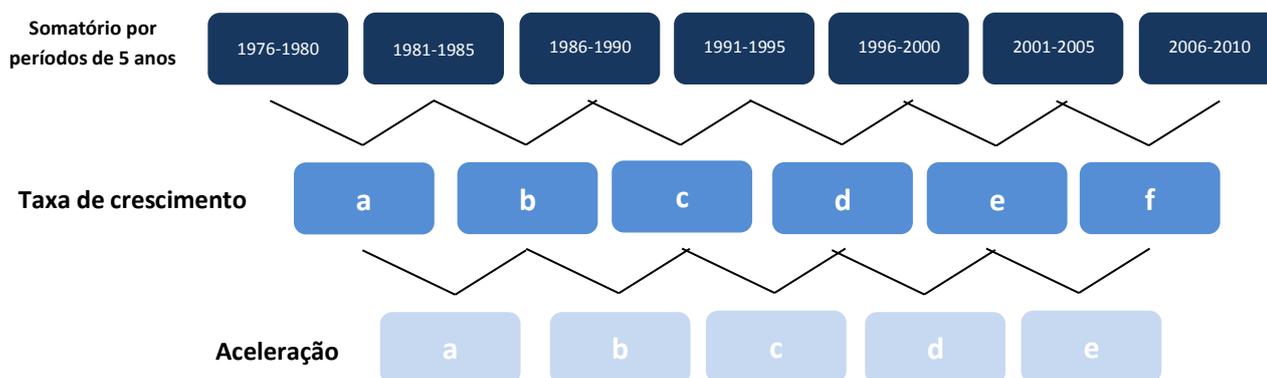


Figura 2 – Metodologia de elaboração dos mapas de taxa de crescimento e aceleração.

A análise da variação do ponto médio da produção do país para cada ano foi feita a partir da espacialização dos dados com o objetivo de avaliar a direção do crescimento da produção no país no período de tempo analisado. O mapa foi elaborado a partir das coordenadas do ponto central da produção no Brasil calculada por meio da multiplicação da latitude do centroide do município pela produção do município e da longitude do centroide do município pela produção do município. De posse das latitudes e longitudes multiplicadas pela produção de todos os municípios, foi gerada uma média de latitude e longitude para todo o Brasil para cada ano, conforme as equações a seguir.

$$\sum (\text{Latitude} \times \text{produção}) / \text{número de municípios} = \text{Latitude média da produção}$$

$$\sum (\text{Longitude} \times \text{produção}) / \text{número de municípios} = \text{Longitude média da produção}$$

Análise de Principais Componentes (PCA)

A análise da dinâmica da produção foi feita por meio da Análise de Principais Componentes (PCA) no software ENVI 4.5. A PCA é uma técnica utilizada comumente para a determinação das dimensões subjacentes de dados multivariados (Fung & LEDREW 1987). Portanto, PCA proporciona uma redução do conjunto de dados complexo para uma dimensão menor e estruturas simplificadas. As componentes são transformadas linearmente a partir dos dados originais não correlacionados, de modo que a primeira componente principal (PC1) descreve a proporção máxima possível da variância do conjunto de dados originais, ou seja, contém as informações comuns a todas as variáveis originais. A CP2 conterá a mudança mais significativa do conjunto e as CPs seguintes conterão feições de mudanças cada vez menos significantes. Assim, a PCA é uma técnica atraente, pois preserva a variância total na transformação e minimiza os erros médios aproximados.

As imagens relativas às três primeiras componentes principais podem ser realçadas a partir do emprego da técnica de composição colorida RGB (Red, Green, Blue). A interpretação desses resultados possibilita identificar padrões espaciais da produção ao longo do tempo.

Classificação usando Self Organizing Features Map – Análise de tendência

Os padrões espaço-temporais da produção de ovinos foram obtidos pela classificação dos dados municipais pelo método *Self Organizing Features Map* (SOFM). O SOFM é um tipo de Rede Neural Artificial (RNA) com treinamento não supervisionado (Kohonen, 1988). A Figura 3 mostra a estrutura das camadas de entrada e de saída dos Mapas de Características Auto Organizáveis.

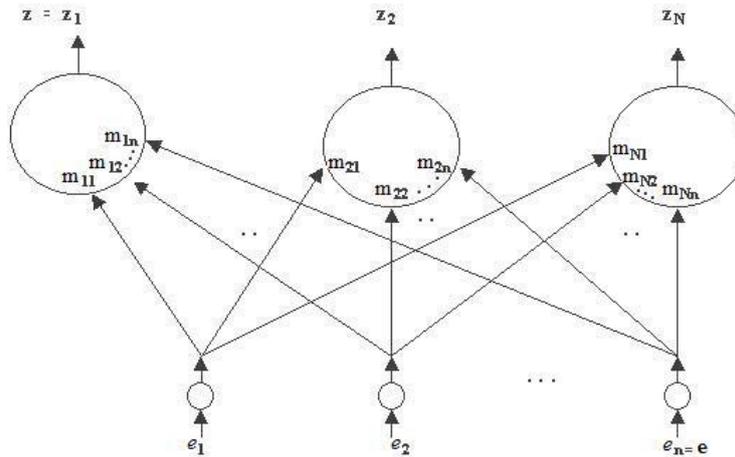


Figura 3 – A Camada de Kohonen. Os N neurônios desta camada recebem, cada um, n entradas e_1, e_2, \dots, e_n . Cada entrada possui um peso associado m_{ij} a ela. Quando cada vetor e é apresentado à camada de Kohonen, os neurônios competem entre si evidenciando qual vetor de pesos m_i ($m_i = (m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{in})$) está mais próximo a e (através da função de medida de distância D). O vencedor emite o sinal $z_i = 1$; os outros emitem o sinal $z_i = 0$.

Uma vez calculada a intensidade de entrada nas unidades, uma competição acontece evidenciando qual unidade possui a menor intensidade de entrada (em outras palavras, encontra-se o neurônio cujos pesos m_i estão mais próximos de e). Os empates são quebrados baseados no neurônio com o indexador mais baixo. Dependendo de como a competição é orientada, uma vez que o neurônio vencedor é determinado, sua saída z_i é fixada em 1. Todos os outros sinais dos neurônios de saída são fixados em 0.

Dessa forma, foi desenvolvido um software em linguagem C++ contendo funcionalidades para a leitura e classificação dos conjuntos de amostras. A interface principal do software possibilita que o usuário configure quais variáveis devem ser consideradas, os parâmetros geométricos (altura e largura do mapa) e os parâmetros iniciais de treinamento do SOFM (taxas iniciais de aprendizado e de vizinhança e taxas de decaimentos) (Figura 4). Nesta interface há ainda as opções de disparar o processo de treinamento do SOFM (botão *Start Training*) e de classificar a tabela de dados (botão *Apply Classification*). Os gráficos são atualizados a cada ciclo de aprendizado com o erro de treinamento e as taxas de aprendizado e de vizinhança. Uma vez terminado o processo de classificação, a cada registro da tabela é atribuído um grupo (classe) dentro o mapa de neurônios da rede.

Após a fase de treinamento, cada neurônio do mapa representa um centroide conforme a dimensionalidade dos dados de entrada que caracteriza um grupo da população de amostras.

Estes centroides podem ser exportados pela opção *Export Clusters*. Cada neurônio pode ser utilizado para um processo de classificação (agrupamento) dos dados de entrada.

Durante o processo de classificação, são gerados os centroides de cada grupo. Como para o método é relevante a questão da distância entre os neurônios (ou seja, quanto mais próximos os neurônios, maior similaridade dos dados e quanto mais distante menos similaridade), optou-se por utilizar a geometria dos dados como vetores e não matrizes, para que ficassem evidenciadas as diferenças extremas entre os grupos da classificação. Dessa forma, foram gerados mapas considerando diferentes números de classes: 3, 6, 9, 12, 15 e 18.

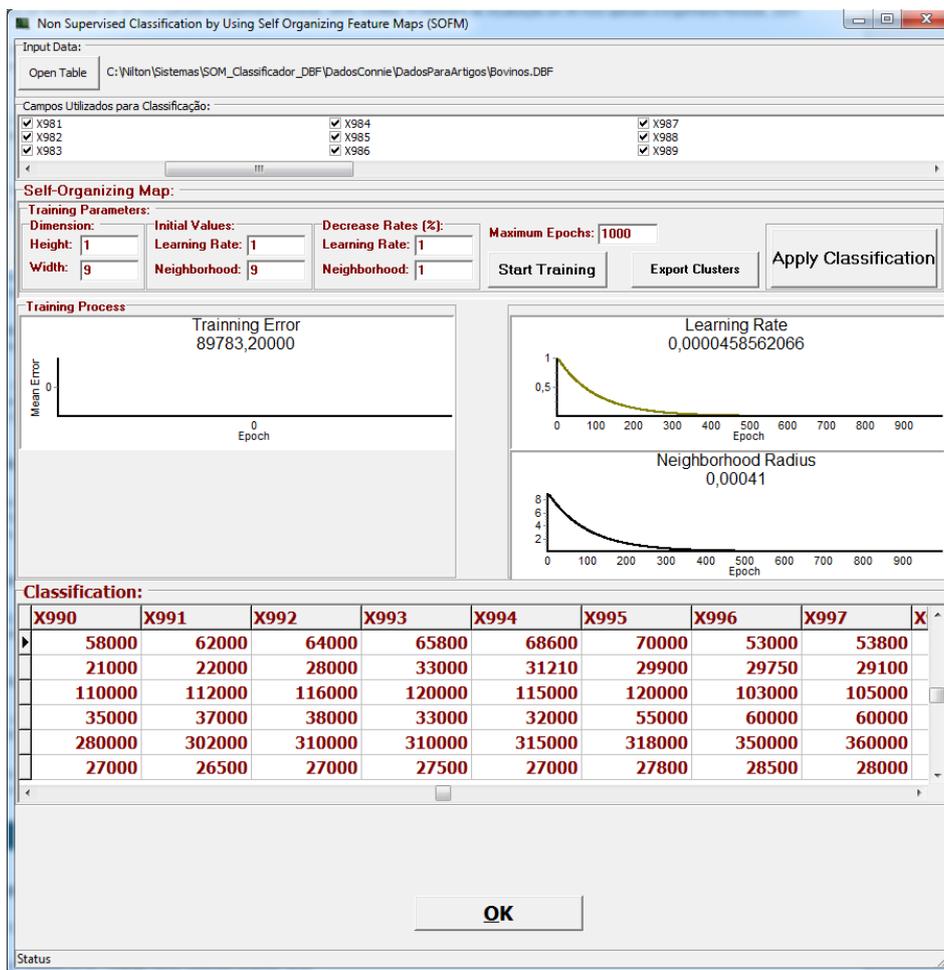


Figura 4 - Interface principal do sistema

3.3 Resultados

Dinâmica da taxa de crescimento e aceleração do crescimento da produção de ovinos

A partir dos anos 1970 e 1980 podem ser observados municípios com alto crescimento da produção de ovinos em todo o Brasil, porém outros com produção estagnada. Entre 1986 e 1995 houve uma redução no crescimento da produção no sul, que até então era a maior produtora (Figura 5c). Os municípios das regiões Norte e Centro-Oeste de 1986 a 1995 apresentaram maior crescimento, enquanto os municípios do sul continuaram em declínio (Figura 5c, d), com uma grande redução no crescimento do país em 1990-1995 (Figura 5d).

De 1996 a 2010 o crescimento dos municípios do Nordeste é destaque, sendo que esta região é atualmente responsável por quase metade do rebanho ovino no Brasil (IICA, 2010; IBGE, 2012) - Figura 5e, f. O último período analisado também aponta para o ressurgimento do crescimento da produção de municípios do sul (Figura 5f). Mudanças ao longo de todo o período (Figura 6) indicam alta de crescimento relativo em verde escuro visto em municípios das regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste. Os municípios em vermelho claro e escuro demonstram a redução do crescimento no sul. A Tabela 1 apresenta estes resultados.

Tabela 1. Número de municípios brasileiros conforme seu crescimento da produção de ovinos

Período	Sem produção	Redução		Estagnação	Crescimento	
		Alta (>50%)	Baixa(<50%)		Baixa(<50%)	Alta(>50%)
1976-1985	1602	378	993	7	1219	1367
1981-1990	1322	219	959	11	1554	1501
1986-1995	863	315	1451	21	1457	1459
1991-2000	218	908	1478	12	992	1958
1996-2005	192	386	1561	26	2182	1219
2001-2010	172	260	1299	16	2102	1717

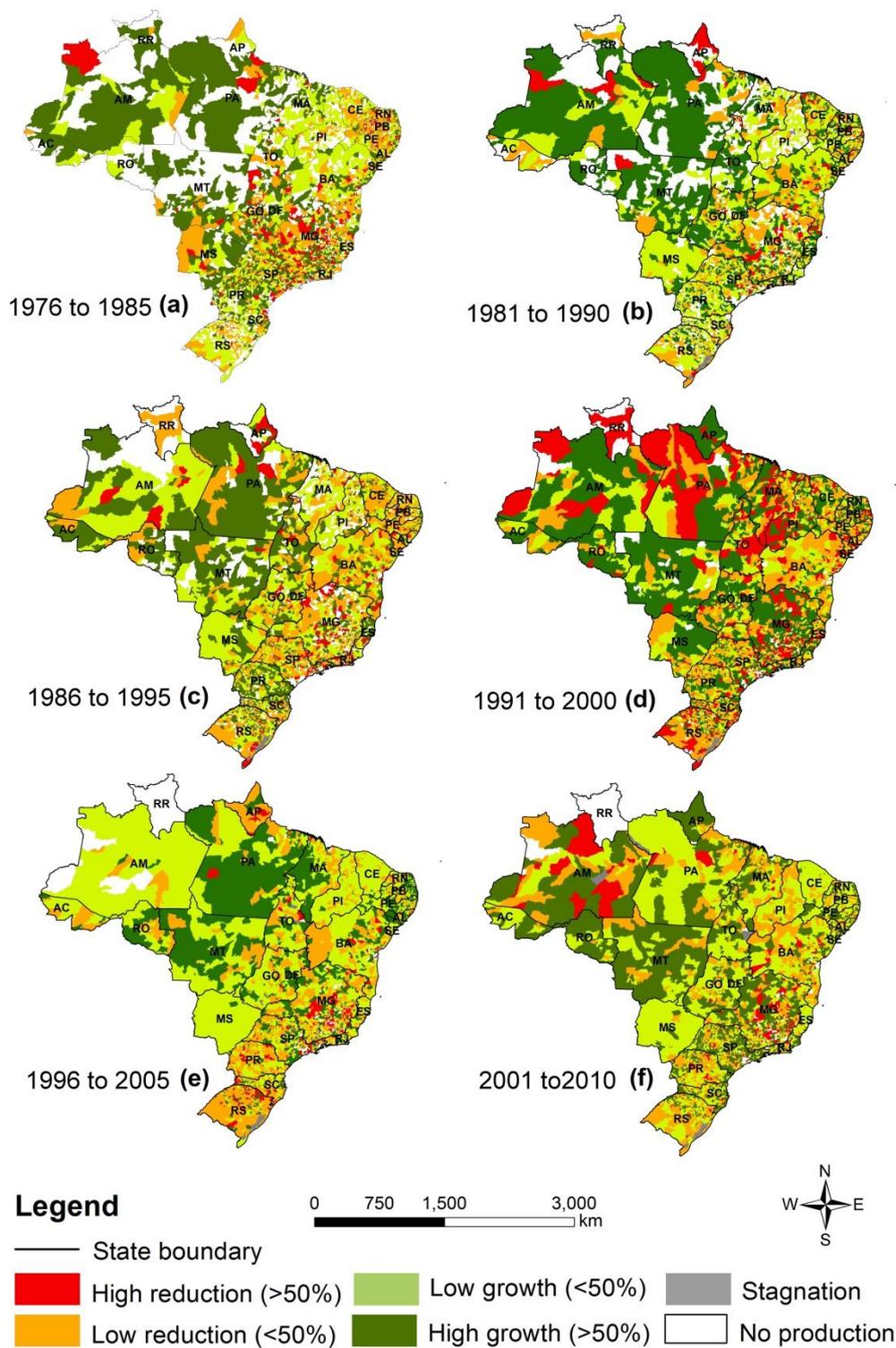


Figura 5. Crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010. (a) 1976 e 1985; (b) 1981 e 1990; (c) 1986 e 1995; (d) 1991 e 2000; (e) 1996 e 2005; (f) 2001 e 2010

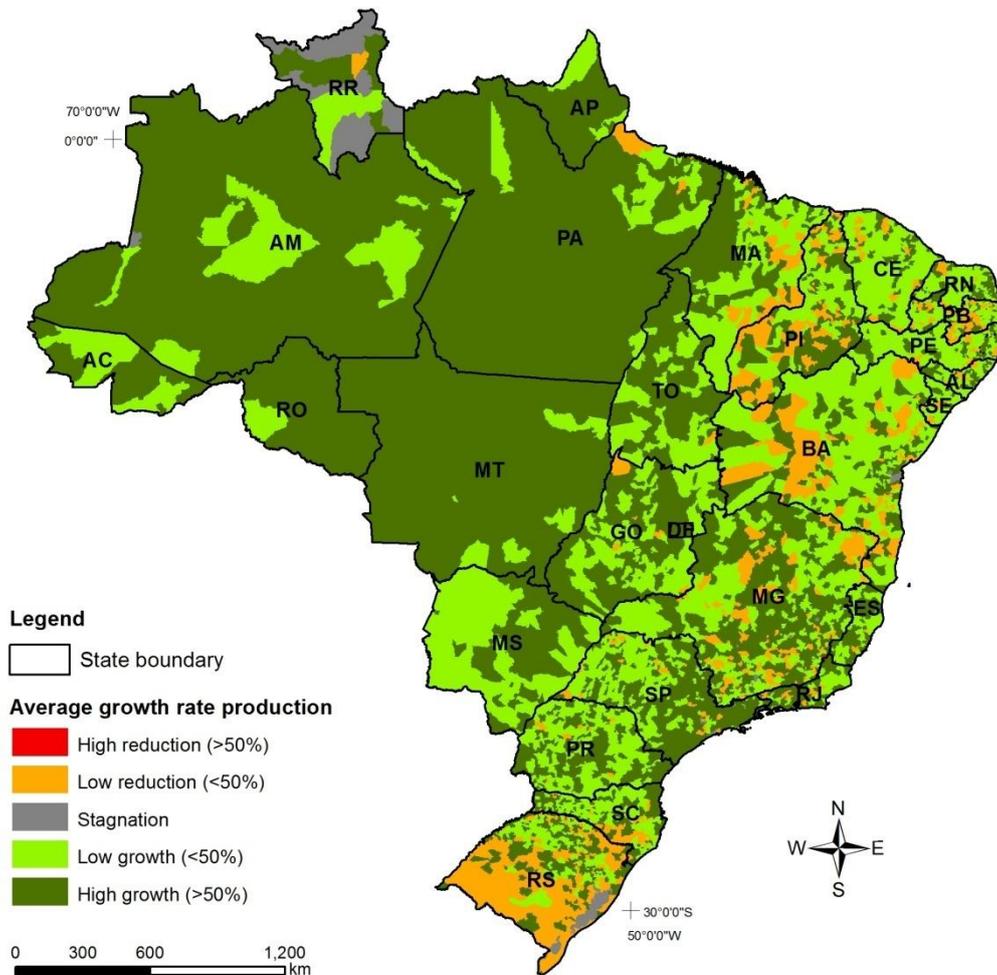


Figura 6. Média da taxa de crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.

Essa mudança na produção de ovinos em direção ao nordeste do Brasil pode ser visto no mapa do ponto médio da produção ao longo do período analisado (Figura 7), confirmando que a dinâmica da produção está movendo esta atividade para os municípios do Nordeste do país. A distância é de aproximadamente 860 km (34 km por ano), em um constante sentido na direção nordeste. É especialmente evidente um grande salto na produção de 1995-1996. Embora até 2003 a mudança para o Nordeste observada seja relativamente rápida, em anos mais recentes esta estagnou (2006-2010).

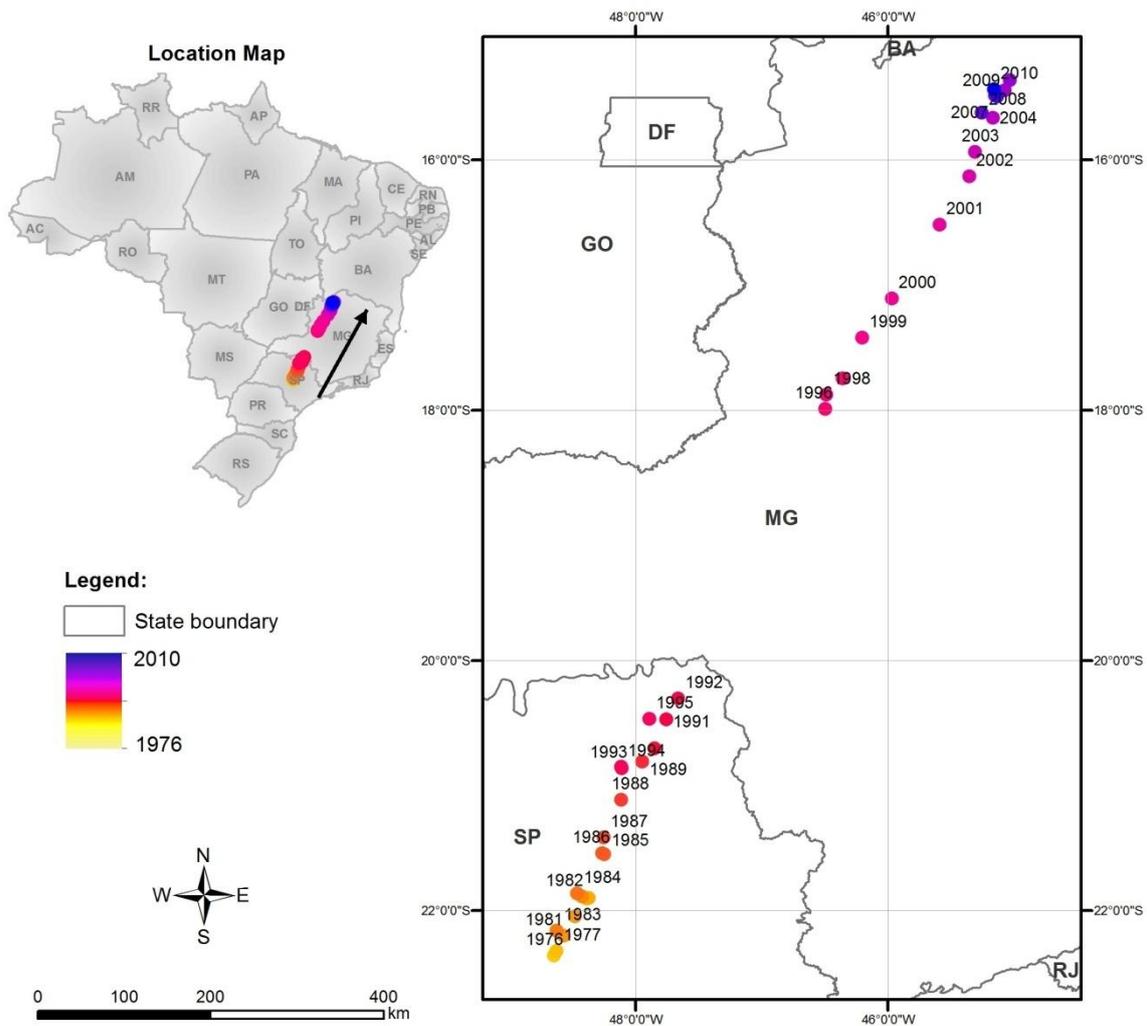


Figura 7. Mapa do ponto médio da produção de ovinos no Brasil de 1976 a 2010.

A análise da aceleração no crescimento da produção confirma as observações descritas anteriormente. Na Figura 8 uma grande desaceleração em marrom escuro é visto em municípios da região sul. Em azul claro a aceleração do crescimento é observada em diversos municípios do Nordeste, bem como no meio norte. Municípios em azul escuro podem ser vistos principalmente no Nordeste (Figura 8b), após a queda de produção no sul, no entanto, existem ainda alguns municípios em azul, indicando uma aceleração da produção. É interessante notar o grande número de municípios estagnados nas Figuras 8a e b. Na Figura 8c uma grande aceleração pode ser vista em municípios do Mato Grosso do Sul e na Figura 8d um ressurgimento da aceleração nos municípios do sul. A Figura 8e expressa uma desaceleração em vários municípios do Nordeste e do Sul, com uma notável desaceleração nos limites entre Bahia e Piauí.

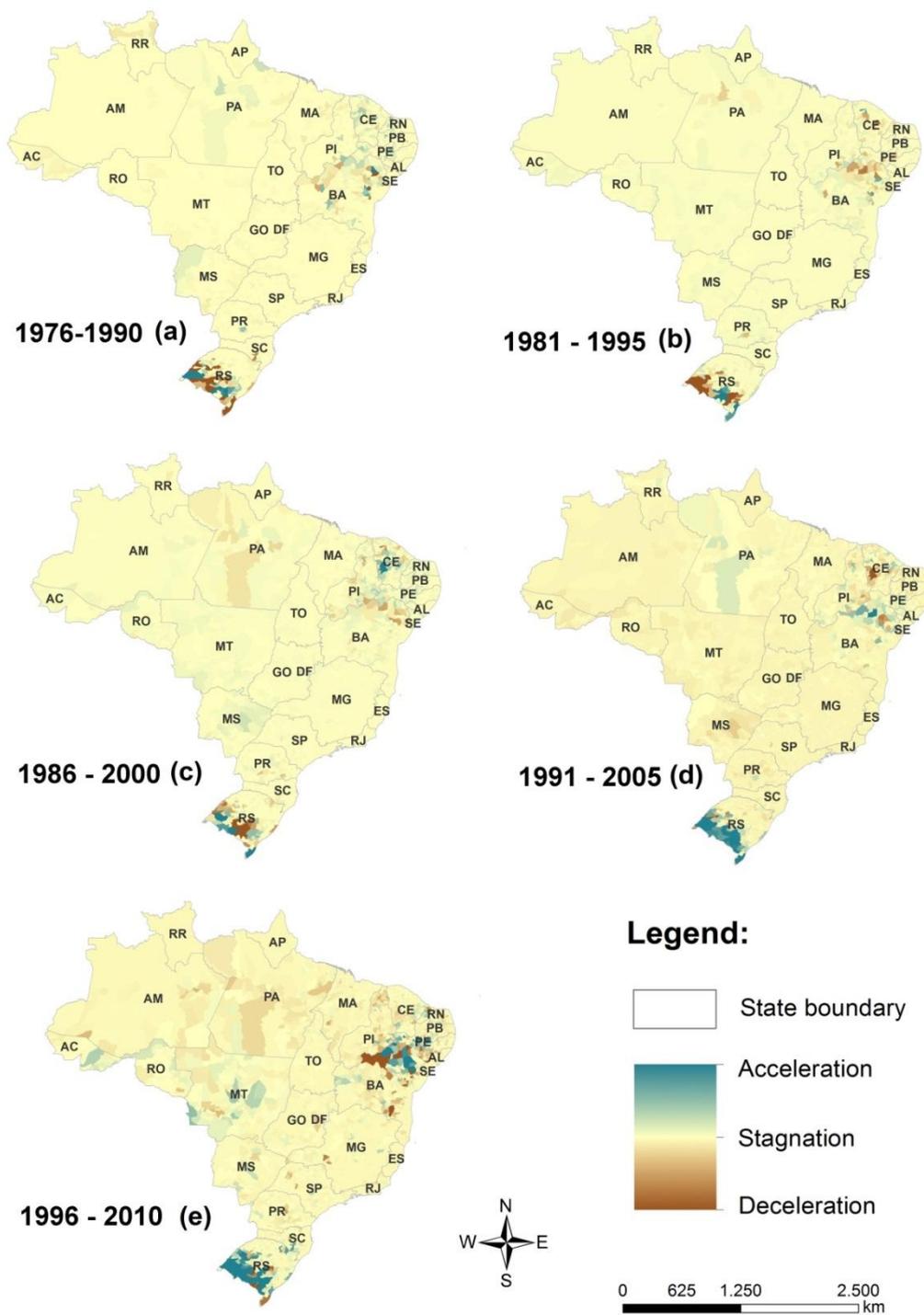


Figura 8. Aceleração do crescimento da produção de ovinos no Brasil. (a) 1976-1990; (b) 1981-1995; (c) 1986-2000; (d) 1991-2005; (e) 1996-2010.

A Figura 9 mostra a aceleração média do crescimento de produção de ovinos durante o período total analisado. Os municípios com maior aceleração no crescimento da produção estão localizados na região Nordeste. Também é possível observar que no Sul há um número menor de municípios com alta aceleração e a aceleração mais intensa ocorreu em grandes áreas do Centro-Oeste (Mato Grosso) e Norte (Pará).

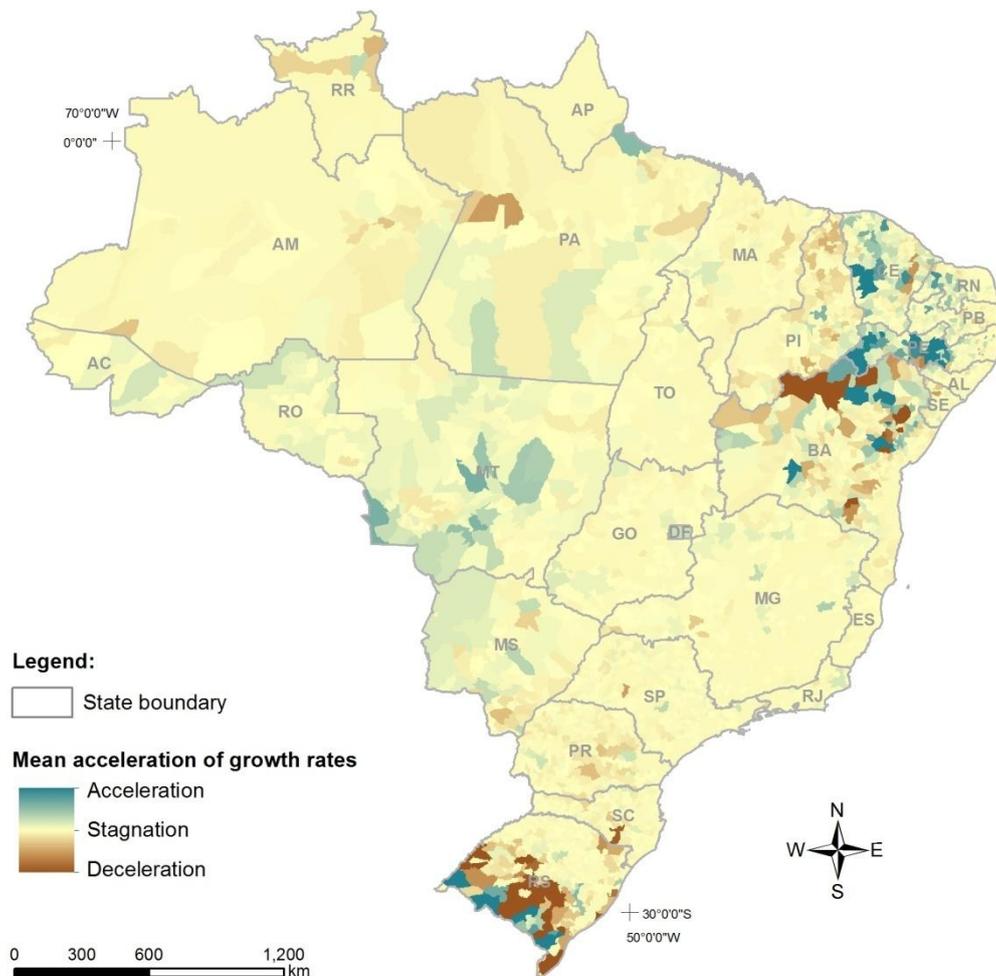


Figura 9. Média da aceleração do crescimento da produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010.

A análise quantitativa dos dados mostrou que 948 municípios estavam dentro do grupo de grandes produtores de ovelhas (produção anual de 5638 a 5609001 cabeças), 947 no grupo dos menores produtores (produção de 1 a 404 animais) e 1.892 no grupo de produtores médios (produção de 406 a 5624 cabeças). Flutuações no crescimento médio são maiores nos

municípios médios produtores (Tabela 2). Os grandes municípios produtores estão reduzindo em tamanho, enquanto, em geral, os menores e os médios produtores estão aumentando o tamanho rebanho. No entanto, os municípios produtores de maior dimensão continuam a produzir muito mais ovelhas do que os outros grupos.

Tabela 2. Valores de crescimento e aceleração da produção dos municípios produtores de ovinos no Brasil

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
		Maiores		Menores			Médios		
Crescimento 1976-1985	6.	-81.4	535.1	189.1	-98.7	4685.7	45.2	-99.8	1892.6
Crescimento 1981-1990	13.6	-88.6	1100.6	559.0	-99.6	295000	135.7	-99.8	83400
Crescimento 1986-1995	-1.4	-99.9	397.4	186.5	-99.9	39600	148.6	-99.9	220000
Crescimento 1991-2000	126.3	-99.9	114140	679.6	-99.7	55920	207.9	-99.8	94320
Crescimento 1996-2005	27.9	-99.9	3000	422.5	-99.4	82600	78.3	-99.9	25600
Crescimento 2001-2010	427.7	-81.4	335060	992.9	-99.8	184000	439.1	-99.6	156300
Aceleração do crescimento 1976-1990	801.7	-1666552	2025560	0.1	-3804	14835	94.4	-19498	43788
Aceleração do crescimento 1981-1995	-14053.4	-4801695	750869	-154.1	-29500	4743	-423.6	-87506	18950
Aceleração do crescimento 1986-2000	-13937.8	-5405812	757247	52.5	-16893	15742	-424.0	-51281	55315
Aceleração do crescimento 1991-2005	23526.9	-339844	3481311	143.7	-14250	39216	725.4	-51718	50467
Aceleração do crescimento 1996-2010	6310.3	-498779	728605	246.2	-55605	19677	654.9	-45100	42826

Análise de Principais Componentes (PCA)

O emprego da PCA evidencia que as três primeiras componentes principais concentram a maior parte da informação, contendo as feições mais significativas dentro do conjunto de dados espaço-temporais. A partir da quinta componente ocorre o predomínio da fração ruído como é evidenciado pelos baixos autovalores (Figura 10).

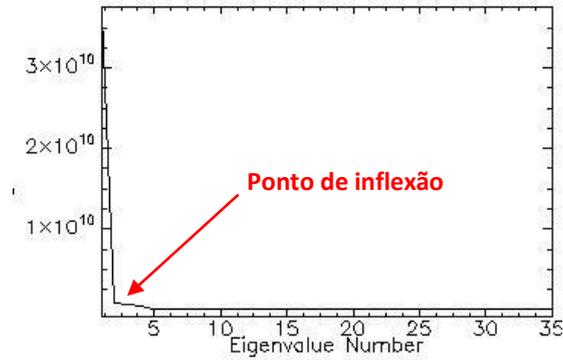


Figura 10 – Gráfico de autovalores das CP.

A imagem da primeira componente (CP 1) mostra a informação comum a todas as bandas originais, ou seja, os municípios com dados de produção constante ao longo do período, com maior regularidade da produção (Figura 11a). Pode-se observar que existem duas regiões distintas de estabilidade: a região Nordeste e a região Sul, devido à tradição da produção nestas duas regiões. A CP2 indica as feições de mudança mais significativas, observando-se os grupos com maior relevância na análise da produção no Brasil: em branco os municípios que mantiveram valores constantes tanto de baixa ou nenhuma quanto de altíssima produtividade ao longo do período; em preto os municípios que mantiveram alta produtividade; e em tons de cinza os municípios que tiveram variação na produção ao longo do período (Figura 11b). A CP 3 enfatiza, com tons de cinza, os municípios nos quais a produção foi variável ao longo do período (Figura 11c).

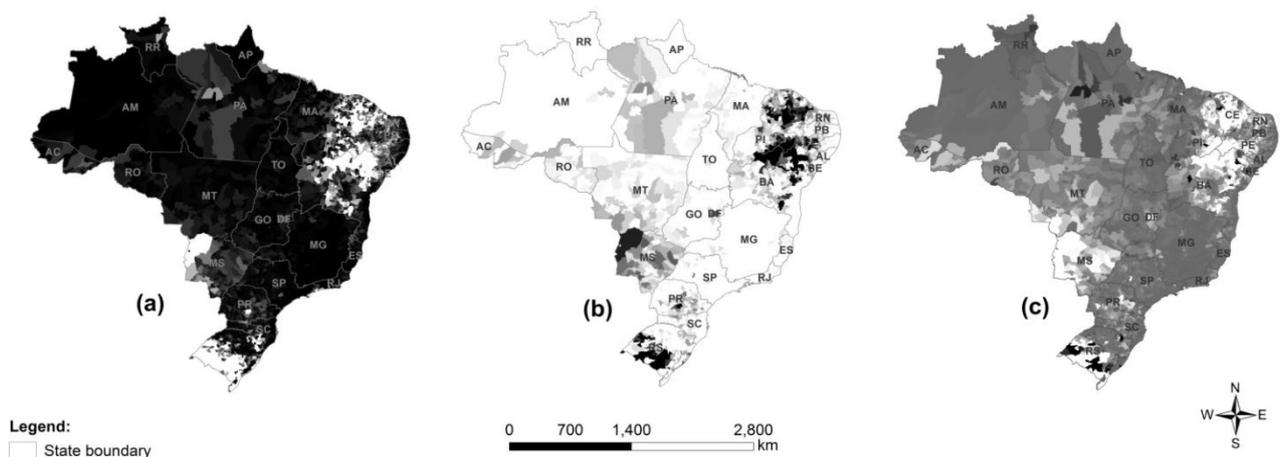


Figura 11 – As três primeiras componentes (a-CP1, b-CP2, c-CP3) da produção de ovinos entre 1976 e 2010

Considerando as três primeiras componentes foi feita uma composição colorida R (CP1) G (CP2) B (CP3) (Figura 12a), que realça o comportamento da produção de ovinos nos municípios brasileiros ao longo do período analisado (1976-2010). A cor vermelha, presente nos municípios da região nordeste e sul, mostra os municípios que estavam estritamente na CP1 (Red), indicando uma produção estável ao longo do período analisado. Os municípios com cor verde mantiveram uma produção baixa ou nenhuma ao longo do período, uma vez que na CP2 (no canal do verde - Green) os mesmos estavam evidenciados (em branco) e se relacionavam com o grupo de municípios com produção bastante estável (que no caso representavam baixa ou nenhuma produção ao longo de todo o período). Os municípios em amarelo, que de acordo com o diagrama de cores é a união do vermelho com o verde, ou seja, da CP1 com a CP2, define os municípios que, além de manterem a produção ao longo do período analisado, nesses os valores foram bastante altos. Os municípios em azul, provenientes da CP3 no canal azul (Blue), representam aqueles nos quais a produção foi instável, ou seja, que tiveram variação na produção ao longo do período. Os municípios na cor magenta, que é a mistura do vermelho (CP1) com o azul (CP2), representam aqueles que mantiveram alta produtividade ao longo do período analisado.

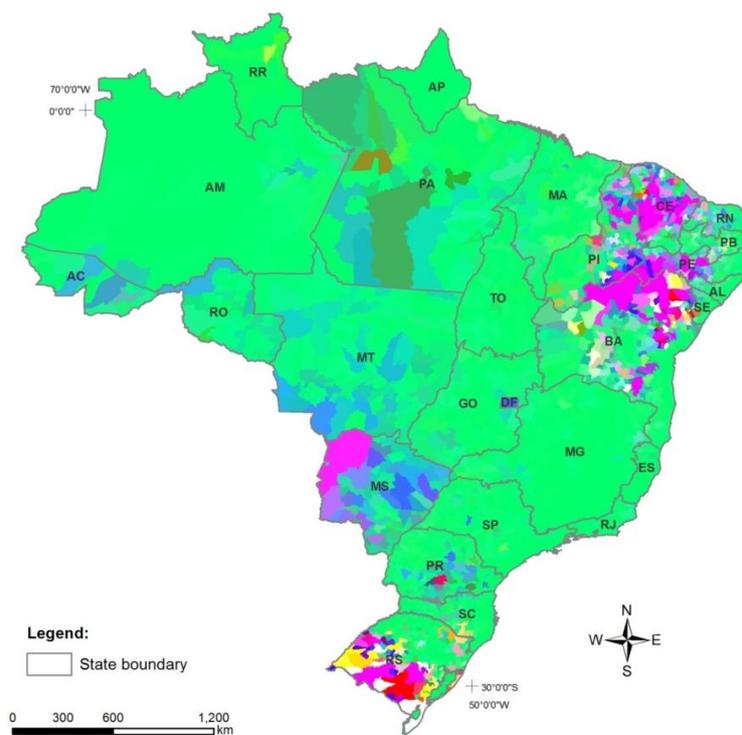


Figura 12a – Composição colorida (RGB) dos primeiros três componentes principais (CP) para mudanças na produção de ovinos no Brasil entre 1976 e 2010: CP 1 (Red), CP 2 (Green) e CP 3 (Blue)

O Mapa de biomas contribui para a compreensão setorizada da produção de ovinos no Brasil, uma vez que demonstra que os grandes produtores ao longo do período se concentram especialmente na Caatinga, nos Pampas e no Pantanal (Figura 12b).



Classificação usando *Self Organizing Features Map* – Análise de tendência

A classificação dos municípios a partir de SOFMs mostrou diferentes padrões da dinâmica de produção. No mapa considerando três classes notam-se dois extremos de produção: o sul com os maiores valores ao longo do tempo e o resto do Brasil (Figura 13a). À medida que aumenta o número de classes são evidenciados os municípios presentes no intervalo desses dois extremos. No mapa com seis classes (Figura 13b) observa-se a inicial inclusão dos municípios do Nordeste, que se torna mais evidente com o mapa de nove classes (Figura 13c). A inclusão dos municípios do Centro-Oeste pode ser gradativamente observada na sequência de mapas considerando os seguintes números de classes: 12 (Figura 13d), 15 (Figura 13e) e 18 (Figura 13f). Dessa forma, o aumento no número de classes permite uma detecção de mudança mais sensível na produção com a inclusão dos municípios da região Centro-Oeste, caracterizados por um crescimento recente (IBGE, 2010).

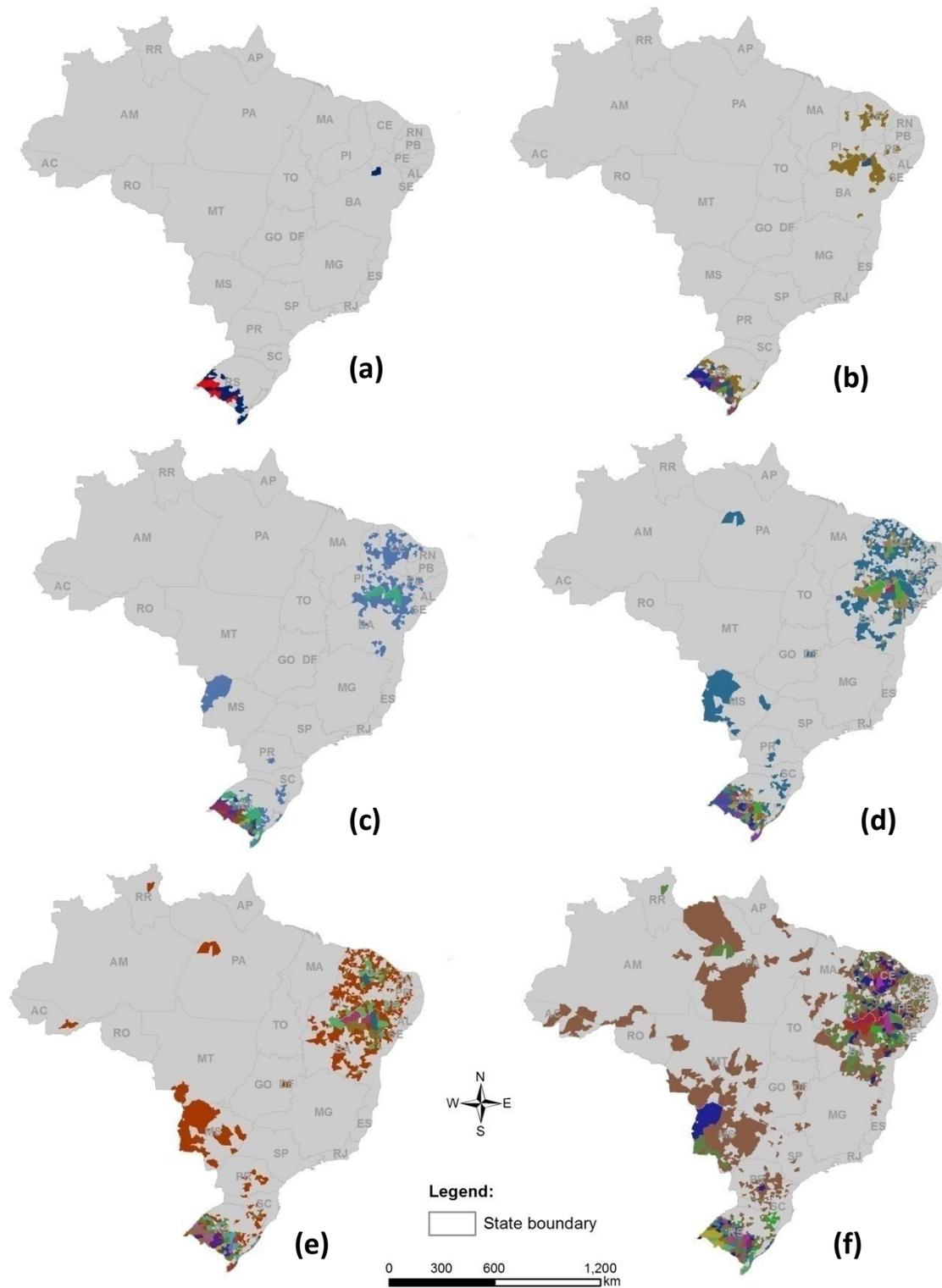


Figura 13 – Classificação dos municípios utilizando SOFMs. Mapa 1x3 (a); mapa 1x6(b); mapa 1x9 (c); mapa 1x12 (d); mapa 1x15 (e); mapa 1x18 (f).

A avaliação das curvas dos centroides da produção de cada grupo ao longo do período analisado dá um indicativo do comportamento de sua produção (Figura 14).

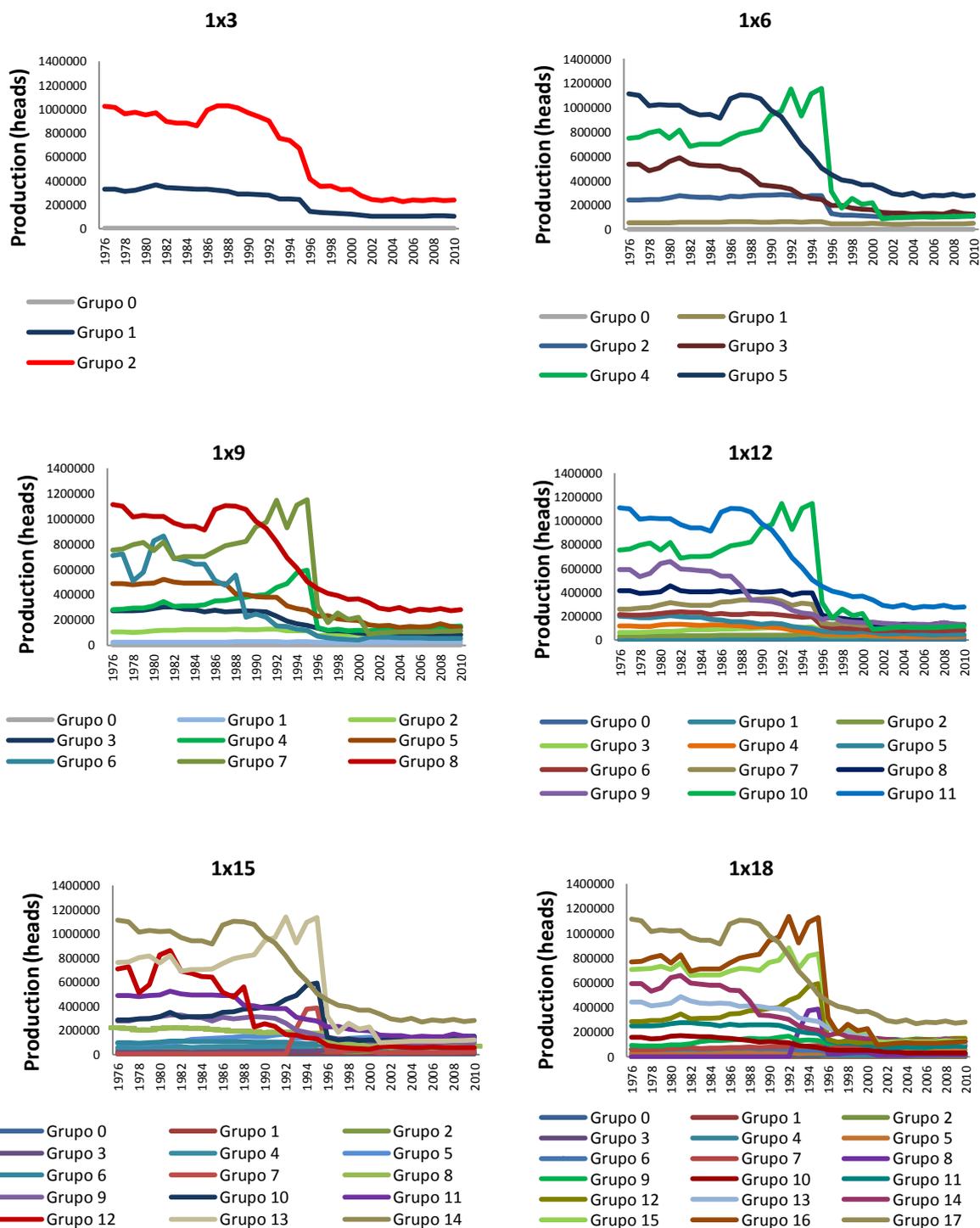


Figura 14–Centróides da produção de cada grupo por ano.

Os centroides mostram que os grupos que se encontram nos extremos da geometria vetorial do mapa de Kohonen são sempre os grupos com as produções também extremas, ou seja, sempre os maiores e menores produtores ao longo do período.

Os mapas de Kohonen corroboram o resultado da composição RGB das primeiras componentes da PCA, uma vez que indicam claramente a separação dos municípios de acordo com o comportamento da produção ao longo do tempo: os municípios do sul com alta produção ao longo de todo o período; os municípios do nordeste que, mesmo tendo crescimento posterior ao do sul, manteve alta produção ao longo do tempo analisado; os municípios do centro-oeste e norte com crescimento intermediário ou variável ao longo do tempo; e os municípios que mantiveram pouca ou nenhuma produção.

3.4 Discussão

A análise do crescimento da produção de ovinos nos municípios do Brasil mostra que a sua dinâmica variou bastante, especialmente quando analisados os padrões por décadas, principalmente por fatores socioeconômicos e ambientais. Um exemplo interessante diz respeito à grande produção de lã nos municípios da região sul até aproximadamente as décadas de 80 - 90. Entretanto, fatores como a entrada de tecidos sintéticos no mercado e também o uso de medidas restritivas de proteção à produção de lã da Austrália, que geraram uma superprodução e um estoque gigantesco de lã no país australiano, causaram sérios prejuízos a outros países produtores, como o Brasil, resultando em uma grande redução do crescimento da produção de ovinos na época (BOFILL, 1996). Muitos produtores, nos anos subsequentes, deixaram a atividade e passaram a investir em outros setores mais rentáveis, o que causou redução drástica no rebanho, principalmente nos de raças laneiras, que deram espaço para a entrada de raças especializadas em carne (VIANA *et al.*, 2007).

A média de crescimento da produção mostra bem essa situação, ao apresentar decréscimo da produção nos municípios do sul ao longo do intervalo de tempo analisado. Já o crescimento da produção nos municípios das outras regiões pode ser explicado após a crise da lã, onde os produtores mudaram o foco da sua atividade para a produção de carne (VIANA *et al.*, 2009), ampliando a área de criação.

No que diz respeito à grande desaceleração da produção em alguns municípios no limite da Bahia e Piauí, vale ressaltar que esse fato pode ser consequência da construção da Barragem de Sobradinho, principal geradora de energia elétrica para a região Nordeste. Essa

foi construída no fim da década de 70 e inundou 4.214km², obrigando a relocação de aproximadamente 12 mil famílias, o que atingiu também diretamente nas atividades econômicas da região (MDA, 2008). Outro fato que pode ter influenciado é o aumento da produção de soja na região, diminuindo a criação de ovinos/caprinos. Além disso, parte dos ovinos na região ainda é explorada por práticas tradicionais de baixa produtividade, como a de subsistência, atreladas ao baixo nível de tecnologia, que acarreta elevada mortalidade dos animais expressando baixa produtividade (CAVALCANTE *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 2007). Dessa forma, a produção torna-se vulnerável às flutuações da economia e à ação dos especuladores, ainda mais por acontecer de forma isolada, sem o apoio de estruturas associativas eficientes. De acordo com Moraes Neto *et al.* (2003), do ponto de vista socioeconômico, a atividade é negativamente afetada pelo baixo nível de capacitação gerencial do produtor, pouca organização e tamanho típico muito pequeno da exploração.

Quando a análise é feita considerando o ponto central da média da produção por ano, observa-se que fatores como o clima podem influenciar nessa dinâmica. Um exemplo é o ano de 1992, quando houve uma regressão do ponto médio da produção em direção ao sul, devido, talvez, ao El Niño - Oscilação Sul (ENOS). A fase quente do ENOS, que ocorreu em 1991/92, estabeleceu condições globais que redundaram em chuvas abaixo da normal para todo o Nordeste Brasileiro, afetando diretamente a produção animal nesta região. Além disso, Molion e Toledo (1994) mostraram que erupções vulcânicas também produzem e/ou intensificam as secas nordestinas, corroborando dados de Molion (1996), que criou a hipótese de que aerossóis vulcânicos podem, também, ser causadores da fase quente do ENOS. Em 12 de junho de 1991, houve uma série de erupções vulcânicas do Monte Pinatubo (15,1° N, 120,3° E), nas Filipinas, produzindo uma nuvem de cinzas na região tropical. Foi considerada a maior erupção do século, com seus aerossóis persistindo por três anos consecutivos. Coincidentemente, um novo El Niño se estabeleceu em 1993, reduzindo de até 80% os totais pluviométricos de algumas localidades nordestinas. A partir de 1995 ocorreu uma mudança grande da produção dos municípios do nordeste (aumento) e diminuição no Sul, representado por um grande intervalo espacial entre os anos de 1995 e 1996. A partir de 2004 a produção estagnou de novo, provavelmente devido ao aumento na produção nas regiões Norte e Centro-Oeste.

Trabalho de Viana *et al* (2007) mostra que o conjunto de mudanças estruturais e conjunturais por que passou a atividade ovina nas últimas décadas refletiu-se nos preços

pagos pelos seus produtos, seja na fase de declínio (de 1973 a 1994) como de recuperação (de 1995 a 2005), em decorrência da estabilização econômica do Plano Real e suas consequências no mercado interno.

Como observado, existiu uma grande dinâmica na produção de ovinos no Brasil ao longo do território, que ocorreu, inclusive, nas cadeias produtivas, devido à expansão dos mercados interno e externo (RESENDE *et al.*, 2008). Com essas alterações (que incluem o melhoramento genético visando a produção de carne, o nutricional, o sanitário etc.), a ovinocultura tem aumentado sua participação no agronegócio brasileiro (VASCONCELOS e VIEIRA, 2002; SEBRAE, 2005), mas, segundo Viana *et al* (2009), a sazonalidade produtiva da atividade, a inexistência de um mercado constante, a exigência de uma oferta regular de animais, a necessidade de escala para comercialização e a busca por animais jovens por parte dos frigoríficos são dificuldades enfrentadas pelos produtores na comercialização de animais para abate via mercado.

De acordo com estatísticas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2012), o Brasil é o 8º maior criador do mundo e estima-se que o número de ovinos esteja por volta de 16 milhões de cabeças, sendo que as regiões Nordeste e Sul concentram mais de 80% dos rebanhos (IBGE, 2012). Atualmente, a região Nordeste é detentora da maioria do total de rebanhos ovinos do Brasil com 56,35%. O Sul fica em segundo lugar, com 31,6% (IBGE, 2012). Mas esse quadro teve alterações ao longo do tempo.

Na década de 1970 a região Sul possuía o maior rebanho do país, com aproximadamente 13 milhões de cabeças. Esse fato explica o resultado do mapa de Kohonen com geometria 1x3, que evidencia os municípios do sul. Na década de 90, com o surgimento dos tecidos sintéticos veio à chamada “crise da lã”, quando o rebanho ovino no Brasil diminuiu principalmente na região sul, fazendo com que os produtores mudassem o foco da produção de lã para a carne, que passou a ter destaque no cenário nacional (ALBUQUERQUE, 2009). Essa situação causou sérios prejuízos a países produtores de lã, como o Brasil, resultando em uma grande redução do crescimento da produção de ovinos lanados (BOFILL, 1996), que estavam concentrados na região sul do Brasil. Essa situação favoreceu o crescimento da produção na região nordeste, especializada nas raças deslanadas.

Foi em consequência disso que o panorama da produção de ovinos se inverteu e a região nordeste passou a ser a detentora da maior parte dos rebanhos que existe atualmente, como mostram os gráficos do centroide da produção (mapas 1x6, 1x9, 1x12, 1x15 e 1x18), com um

aumento da produção do grupo formado pelos maiores produtores da região nordeste (Grupo 2) e diminuição da produção dos municípios da região sul (Grupo 1) em torno da ano de 1990.

A análise da evolução dos mapas SOFMs de acordo com a geometria indicou claramente a tendência do crescimento da produção ao longo do tempo, com início no sul do Brasil, se estendendo para o nordeste e posterior crescimento (mesmo que incipiente) no centro oeste, principalmente no estado do Mato Grosso do Sul. Esses últimos apresentaram aumento da produção ao longo do período analisado, demonstrando uma nova tendência na criação de ovinos no Brasil (RESENDE et al., 2010), especialmente derivada de incentivos governamentais para expansão da produção de carne.

Uma observação a ser feita é a queda brusca na produção de todos os grupos a partir do ano de 1996 observada nos gráficos do centroide da produção. Esse fato pode ser explicado devido a uma alteração na metodologia de coleta do IBGE. Segundo o documento "Pesquisas Agropecuárias" (IBGE, 2002), ocorreram algumas mudanças nos instrumentos de coleta em relação à estrutura, forma e conteúdo, visando a adaptá-los ao sistema de processamento eletrônico dos dados. O método de coleta, que antes era baseado em estatísticas mensais, no ano de 1996 passaram a ser trimestrais.

A figura a seguir (Figura 15) representa a média da produção dos municípios em todos os anos analisados, na qual pode-se observar tanto a queda da produção do ano de 1992 quanto a queda relativa à mudança de metodologia do IBGE.

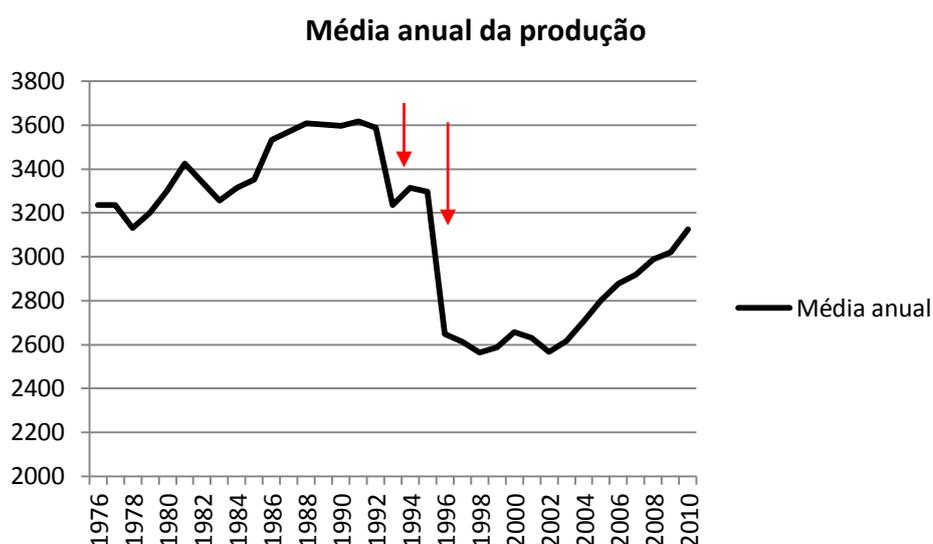


Figura 15 - Média da produção dos municípios por ano.

Como mostram os resultados, existe um aumento da área de abrangência da criação de ovinos no Brasil que tem se tornado uma atividade pecuária promissora, tendo como objetivo principal a produção de carne. Resende et al. (2008) afirmam que o efetivo e a capacidade produtiva das espécies têm evoluído devido a vários fatores, entre eles o melhoramento genético visando a produção de carne, o nutricional, o sanitário, entre outros.

Necessita-se, porém, de uma maior integração entre a ovinocultura, o desenvolvimento de novas tecnologias, a modernização da produção e o melhoramento genético animal, sendo estas ferramentas indispensáveis para aumentar a competitividade no setor (REIS, 2009; SORIO e RASI, 2010). De acordo com Garcia (2004), somente 7,8% do que é produzido é inspecionado, além disso, dentro do que é consumido formalmente, 50% da carne consumida no Brasil vem de países como Uruguai, Argentina e Nova Zelândia.

O trabalho demonstrou que a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em análises que envolvem a dinâmica da produção agropecuária tem a vantagem de facilitar a interpretação de dados multitemporais, uma vez que possibilitou a espacialização e posterior processamento com a integração de grande quantidade de dados (grande intervalo temporal), permitindo ao leitor a visualização da dinâmica de crescimento do setor.

Nesse sentido, as RNAs permitiram o tratamento (classificação e/ou agrupamento) de dados multivariados e, no caso do SOFM, os mesmos foram utilizados para a redução da dimensionalidade dos dados de forma a facilitar a compreensão de seu comportamento estatístico. Segundo Nepomuceno (2003), desde os anos 90, há aumento significativo no uso de RNAs principalmente em dados de sensoriamento remoto, mas nos últimos anos diversos pesquisadores estão aplicando RNAs a dados espaciais (ATKINSON e TATNALL, 1997), fazendo com que atualmente essas sejam amplamente utilizadas para classificações de dados espaciais, sejam elas supervisionadas ou não supervisionadas (ENGEL, 1993; TODT, 1998; NEPOMUCENO, 2003), como no presente trabalho.

CAPÍTULO 4

4. FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE OVINOS NO BRASIL

4.1 Introdução

As adaptações locais são resultado do equilíbrio entre o fluxo de genes e muitos fatores, incluindo a seleção natural pelos controles ambientais, especialmente do clima (HOFFMANN e WILLI, 2008).

Apesar de existirem diversos estudos a respeito dos efeitos dos controles da paisagem em espécies nativas (MEEUWIG et al, 2010; GUAJARDO et al, 2010) é praticamente inexistente esse tipo de estudo em espécies naturalizadas. Observa-se, então, que os fazendeiros empiricamente tentam eliminar ou controlar fatores externos que afetam negativamente a produção agropecuária (HERRERO et al., 2010), tais como os relacionados ao ambiente físico (vegetação, solo, clima e geomorfologia)(HERRERO et al., 2010). Assim, é importante o conhecimento dos efeitos dos controles ambientais locais, como as características climáticas (temperatura e umidade do ar) (MCMANUS et al., 2010 a, b) e a altitude (CAMPBELL et al., 2010) que são fatores importantes na implementação e estabelecimento da produção (JOOST et al., 2010).

O objetivo deste capítulo é investigar a relação entre as variáveis ambientais e a produção de ovinos no Brasil. Este tipo de análise tem o potencial de aumentar o conhecimento sobre a distribuição das espécies na paisagem (ESCUADERO et al, 2003;. ETHERINGTON, 2011; GILAD et al, 2013), influenciando o desenvolvimento de políticas públicas adequadas para a expansão da produção no país e contribuindo para a definição de estratégias para o desenvolvimento da produção de ovinos no Brasil.

O presente capítulo foi publicado na forma de artigo científico, intitulado “Environmental factors that affect sheep production in Brazil”, no periódico *Applied Geography* (HERMUCHE *et al*, 2013) – Anexo 3.

4.2 Material e métodos

Foram levantadas informações sobre a produção de ovinos em 5561 municípios do Brasil (IBGE, 2010; Figura 16).

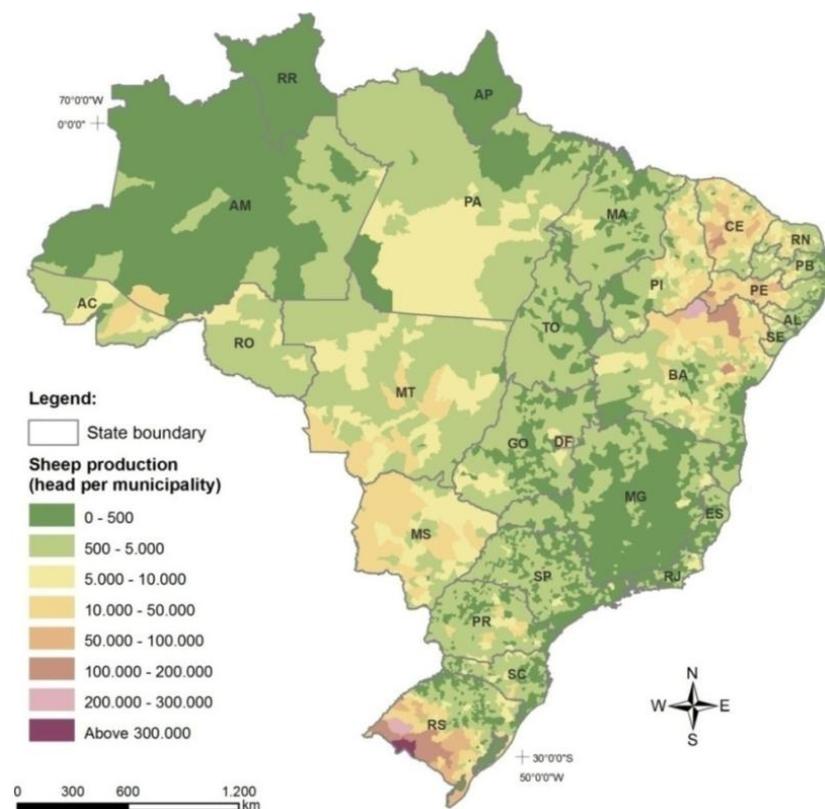


Figura 16 – Produção de ovinos por município em 2010 (IBGE, 2010).

Decorrente da sua grande extensão, o Brasil apresenta características ambientais diferenciadas ao longo de seu território, especialmente em função das diferentes latitudes, formas de relevo, geologia etc., fazendo com que cada uma de suas 5 regiões possua características específicas. As variáveis ambientais consideradas na análise foram a cobertura vegetal, precipitação, temperatura, altitude, umidade relativa, radiação solar e o índice de temperatura e umidade (THI), descritas a seguir (resumidas na Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis utilizadas na avaliação da relação entre paisagem e produção de ovinos no Brasil.

Variável	Observação	Fonte	Unidade	Ano
Produção de ovinos	-	IBGE	Número de cabeças por município	2010
Cobertura Vegetal	Índice de vegetação NDVI	Sensor MODIS	-	2011
Precipitação	Precipitação média	Sensor TRMM	mm/h	Média do intervalo 2000-2010
Temperatura	Temperatura de superfície	Sensor MODIS	Grau Celsius	Média do intervalo 2000-2011
Altimetria	-	SRTM	metros	-
Umidade	Umidade relativa	INMET	%	Média de um intervalo aproximado de 30 anos de observação
Índice de Temperatura e Umidade – ITU	-	Calculado a partir dos dados de temperatura e umidade	-	-
Radiação Solar	-	Calculado a partir da topografia	WH/m ²	Baseado na posição do sol no intervalo entre os dias julianos 5 e 165 de 2011

Os dados de cobertura vegetal foram obtidos a partir da média anual (2011) do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), derivado de imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). O NDVI é definido como sendo a razão entre a diferença da medida da refletância nos canais do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED) e a soma desses, sendo expresso pela equação:

$$NDVI = \frac{NIR - \text{vermelho}}{NIR + \text{vermelho}}$$

Esse índice é sensível à clorofila e à presença da vegetação sadia e seu intervalo varia entre -1 e 1, sendo o valor 1 o de maior resposta de vegetação fotossinteticamente ativa. As imagens foram adquiridas do site da NASA (2012) na internet e, após a conversão da projeção sinuzoidal para geográfica lat/long no software Modis Reprojection Tool (MRT) (projeção geográfica Lat/Long e Datum WGS 84), a média anual foi processada no software ENVI 4.7.

Os valores de precipitação são provenientes da média da precipitação dos anos 2000 a 2010 captadas por imagens do sensor TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) com resolução espacial de 0,25°, ou aproximadamente 27 km. Para o presente trabalho foram utilizadas imagens do produto 3B43, que são a média mensal dos valores de precipitação. As imagens foram adquiridas na página da internet da NASA (2012) e processadas no software Envi 4.7.

Os dados de temperatura de superfície são provenientes de imagens do sensor MODIS, produto MOD11, que consiste na média da temperatura de superfície mensal. Essas foram reprojctadas no software MRT com extensão geotif, projeção geográfica Lat/Long e Datum WGS 84.

Com o objetivo de filtrar os dados de temperatura para eliminação dos pixels com valores não confiáveis, empregou-se uma máscara baseada no controle de qualidade automático *Quality Control* (QC) das imagens, que indica a confiança no processamento do Land Surface Temperature (LST) (WAN,1999; 2007). Após a conversão dos valores de temperatura de graus Kelvin para graus Celsius por meio da ferramenta Band Math do Envi 4.7, foi calculada a média da temperatura do período (2000 a 2011).

A altitude média por município foi obtida com base em dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que consistiu na aquisição de dados de radar de toda a superfície da terra (com exceção das latitudes extremas) com resolução de 90 metros para elaboração de um modelo digital do terreno mundial. Na presente pesquisa foram utilizados os dados resultantes do processamento do SRTM para um modelo hidrologicamente consistente (*hydroshed*), adquirido no site da NASA (2012).

Os dados de umidade relativa são provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e são o resultado da média de um intervalo de aproximadamente 30 anos de observação de 283 estações climatológicas distribuídas ao longo de todo o território e operadas pelo próprio Instituto. As estações foram espacializadas no software ArcGis 9.3 e os dados de umidade foram interpolados pelo módulo Topogrid no mesmo software, com pixel de 1 km.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) relaciona a faixa de conforto térmico dos animais com a temperatura ambiente e umidade relativa do ar (Thom, 1959). Para o seu

cálculo foram utilizados os dados de temperatura e umidade adquiridos anteriormente considerando a seguinte equação:

$$ITU = Ta + (0.36 \times To) + 41.5$$

Onde: Ta = temperatura ambiente (°C) e To = temperatura do ponto de orvalho (°C).

A radiação solar foi calculada no software ArcGis 9.3 com base nos dados de topografia provenientes do SRTM, uma vez que a topografia é um fator importante que determina a variabilidade espacial da insolação. A topografia é um fator importante que determina a variabilidade espacial da insolação. A variação de altitude, orientação (inclinação e aspecto) e sombras projetadas por características topográficas afetam a quantidade de insolação recebida em locais diferentes. Esta variabilidade também muda com o tempo do dia e época do ano e, por sua vez contribui para a variabilidade do microclima, incluindo fatores como regimes de ar e temperatura do solo, evapotranspiração, padrões de derretimento da neve, a umidade do solo e luz disponível para a fotossíntese.

No presente caso foram considerados como parâmetros: múltiplos dias no ano de 2011, levando em conta do dia 5 ao dia 160, com um intervalo de 14 dias e 0,5 horas.

Todas as variáveis descritas (normalizadas pela área municipal) foram espacializadas no programa ArcGis 9.3, com projeção geográfica Lat/Long e Datum WGS 84 a partir da ferramenta *Zonal Statistics* com base no dado vetorial referente aos municípios (IBGE, 2012). Essa ferramenta calcula a média dos valores para cada município.

Os dados relativos à produção de ovinos foram adquiridos na página da internet do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012) e são resultado da pesquisa municipal.

Após a aquisição e processamento, as informações foram tratadas no *software SAS* (Statistical Analysis Software, Cary Indiana, v.9.3). Foi feita uma análise de correlação considerando a produção de ovinos e os fatores ambientais em nível nacional e regional (5 regiões do Brasil). Uma análise de fatores foi realizada para caracterizar as covariâncias entre as variáveis. Foram formados grupos (*clusters*) de produtividade pelo método hierárquico e realizadas análises discriminantes e canônicas para verificação das variáveis que mais interferem nas diferentes produções.

Um teste de Mantel (MANEL *et al*, 2003), utilizando o software Passage 2 (ROSENBERG; ANDERSON, 2011), foi aplicado para avaliar a relação entre a distância geográfica e a produção de ovinos no ano de 2010. Esse teste calcula a correlação entre duas matrizes previamente distanciadas e tem como hipótese H0 a ausência de padrão espacial na distribuição dos dados. A estatística de Mantel é dada por um coeficiente de correlação (r) que varia de -1 a 1 (FORTIN *et al*, 2001).

Foram selecionados municípios com maior produção de ovelhas no Brasil (utilizando o desvio padrão do conjunto de dados) e uma análise de agrupamento foi realizada com o objetivo de formar grupos diferentes. A validação da separação dos grupos foi feita por meio de análise discriminante e da função discriminante linear no software SAS. A definição dos intervalos relativos a cada uma das variáveis do ambiente foi feita com base em histogramas de frequência dos dados e, para avaliar a diferença entre os dois grupos, foi aplicado um teste t de Student. Finalmente, o ArcGis 9.3 foi usado para desenvolver um mapa com base em intervalos definidos para cada variável de cada grupo.

4.3 Resultados

Espacialização dos controles ambientais

Os mapas de média municipal dos atributos (altimetria, temperatura, precipitação, umidade relativa, ITU, NDVI e radiação solar) ilustram as diferenças territoriais (Figura 17).

O mapa altimétrico indica que as maiores elevações ocorrem principalmente nas regiões sudeste e centro-oeste do país. Essas são ilustradas principalmente pelo Planalto Central (no centro-oeste) e pelas Serras e Planaltos do Leste e do Sudeste, localizados próximos ao litoral, formando o maior conjunto de terras altas do país, que se estende do nordeste até Santa Catarina (ROSS, 2005). Os principais exemplos são as serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, as chapadas Diamantina e Caparaó. Do outro lado, as áreas mais baixas encontram-se na planície amazônica, no pantanal mato-grossense e no extremo sul, nos pampas.

As áreas com os maiores precipitações encontram-se na região norte, especialmente no Amazonas e no Pará. A região mais seca localiza-se no interior do nordeste, no semiárido nordestino, onde a precipitação em alguns municípios da região chega a aproximadamente 400 mm/ano (ANTONINO *et al*, 2000). No mapa de NDVI pode-se observar que os maiores

valores correspondem à Floresta Amazônica e à Mata Atlântica ao longo de todo o litoral do Brasil, mais densamente na região sudeste. Os menores valores coincidem com as regiões mais secas, como o semiárido nordestino (onde está localizada a Caatinga), se estendendo para o centro-oeste, na região dos Cerrados. Os mapas de temperatura de superfície e de umidade corroboram os dados dos mapas anteriores ao indicar que as mais altas temperaturas e as mais baixas umidades estão concentradas no interior dos estados da região nordeste e no centro-oeste do Brasil, onde estão os menores valores de NDVI e as mais baixas precipitações.

No que diz respeito ao mapa de THI, observa-se que os mais altos valores, assim como as mais altas temperaturas e as mais baixas umidades, concentram-se no interior da região nordeste, no sudeste da região norte (especialmente nos estados de Tocantins, sul do Maranhão e Piauí), além da região centro-oeste. Essa distribuição indica que as áreas com melhor índice para a produção de animais localizam-se principalmente na região sul, sudeste e extremo norte do Brasil.

O mapa de radiação solar, elaborado por meio do método que toma como base principalmente a latitude e altitude locais (ESRI®), não apresentou um dado que representa a realidade encontrada em campo. Um exemplo disso é a baixa radiação solar na região nordeste, como mostra a Figura 17d. Dessa forma, a presente análise utilizará o resultado apresentado, mas fica a observação de que é necessário desenvolver técnicas que calculem melhor essa variável. O mapa de radiação solar enfatiza as áreas com relevo muito plano (com maior incidência direta de radiação), como o pantanal mato-grossense e a Ilha do Bananal na divisa dos estados de Goiás, Tocantins e Mato Grosso, além da depressão do São Francisco e áreas no sul do Brasil.

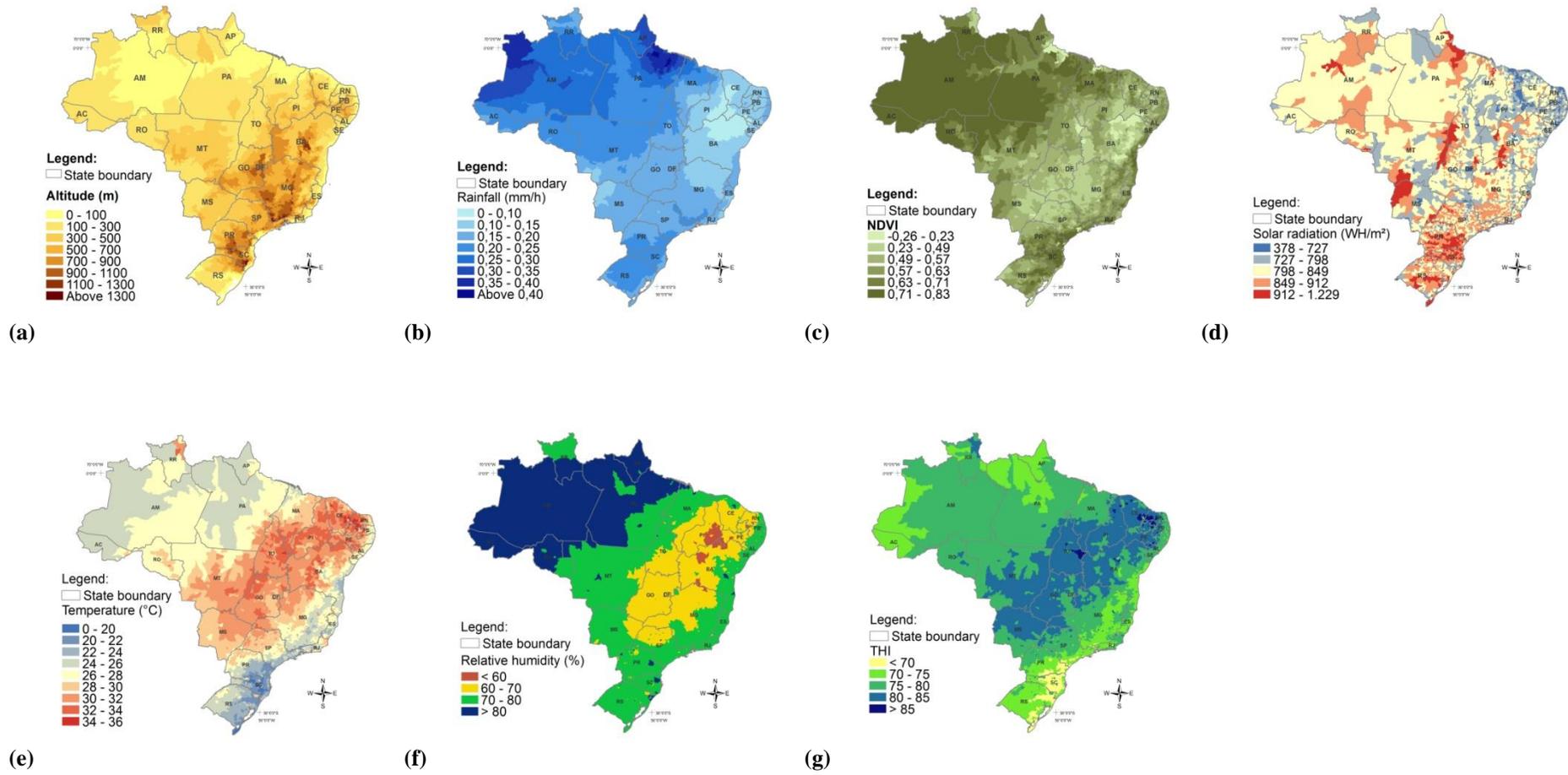


Figura 17 – Mapa de Altitude (a), precipitação (b), NDVI (c), solar radiation (d), temperature(e), relativehumidity (f) and THI (g)

Análise de correlação entre as variáveis e a produção

Correlações entre produção de ovinos e as variáveis estudadas foram calculadas (Tabela 4). A análise fatorial (Figura 18) indica que a criação de ovinos ocorre especialmente em áreas de baixa precipitação, umidade relativa e NDVI, mas com os altos valores de THI e temperatura. Como pode ser visto, a maioria dos elementos tem um valor acima de 0,3 e acima de 0,5, que de acordo com Hair *et al.* (2006) são significativos para este tipo de análise com esta quantidade de dados.

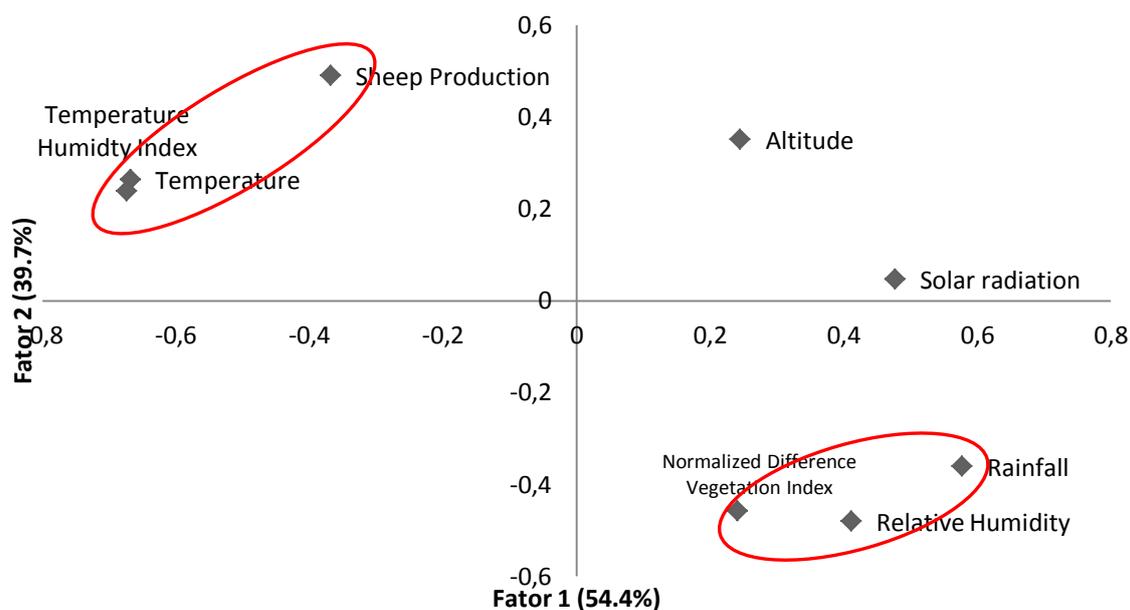


Figura 18. Primeiros dois fatores para características ligadas à produção de ovinos no Brasil.

Uma análise de correlação em nível nacional (incluindo todos os municípios de uma só vez) mostra correlações baixas entre as variáveis ambientais e a produção no Brasil. Esse resultado pode ser influenciado pela grande extensão do país, que apresenta diversidade de características ambientais. Por outro lado, a análise feita para cada uma das cinco regiões do Brasil separadamente indica diferentes correlações, uma vez que considera apenas as características específicas de cada área (Tabela 4).

Na análise de todo o país, a produção de ovinos geralmente é negativamente correlacionada com a precipitação, NDVI e RH, mas positivamente com a radiação solar, temperatura do ar e THI, indicando que a maior produção de ovinos está geralmente localizada em áreas mais quentes com menos chuva. A análise regional mostra que cada região possui um comportamento diferente dependendo das características ambientais

específicas. Por exemplo, no centro-oeste e norte, a produção é positivamente correlacionada com NDVI, mas negativamente em outras regiões. No entanto, a temperatura e o ITU mostram uma correlação positiva nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, ao contrário das outras regiões. Portanto, a análise nacional camufla algumas correlações regionalmente importantes. Os resultados indicam que a produção pode variar de acordo com as características ambientais regionais.

Tabela 4. Correlações entre parâmetros de produção de ovinos em 2010 e controles ambientais por região

	Regiões do Brasil					TOTAL
	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	
Altitude	-0.50*	0.28*	0.24*	0.03	-0.22*	-0.11
Precipitação	0.10*	-	-0.50*	-	-0.0*	-0.29*
NDVI	0.24*	0.28*	0.14*	-0.42*	-	-0.17*
Umidade Relativa	0.61*	-0.00	-0.29*	-	-0.23*	-0.19
Temperatura	-0.17*	0.12	0.51*	0.03	0.32*	-0.32*
Radiação Solar	0.02	0.03	0.23*	0.00	0.06	-0.08
ITU	-0.08	0.12	0.51*	0.03	0.33*	0.32*

* P<0.05

A análise de cluster mostra dois grupos distintos para produção de ovinos no Brasil: o Sul (S) e o Nordeste (NE) vs as outras regiões (Figura 19), corroborando novamente com os dados anteriores de produção. Mas é importante entender que, mesmo sendo próximas em termos de produção, as regiões S e NE tem características ambientais próprias, sendo importante o entendimento da dinâmica ambiental e das raças de cada uma das regiões para subsidiar o desenvolvimento da atividade.

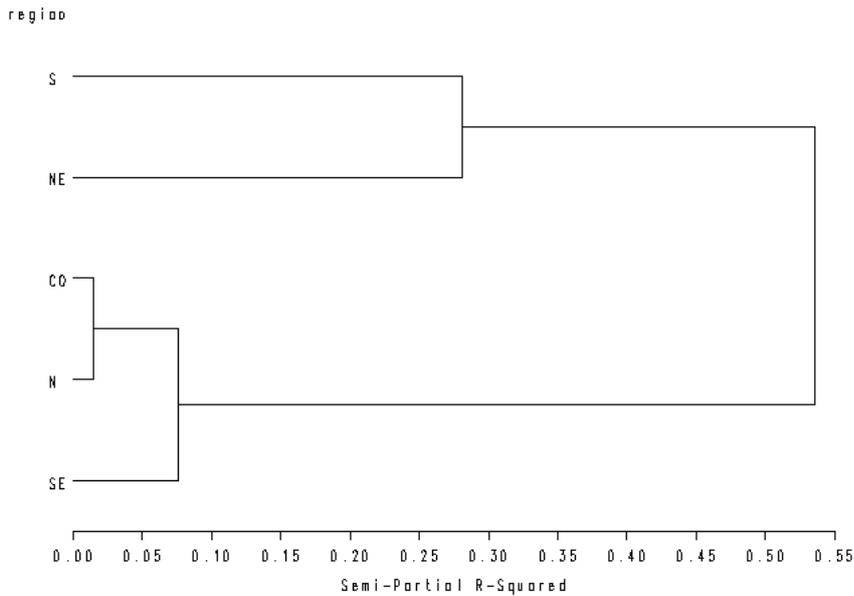


Figura 19 - Clusters para produção de ovinos por região no Brasil

A análise canônica (Figura 20) mostra que a separação dos grupos, em um primeiro momento, é baseada nas regiões com maior umidade e NDVI e baixa radiação e vice versa. No segundo momento encontram-se as regiões com alta precipitação e mais baixas temperaturas indicando a separação da região NE do S.

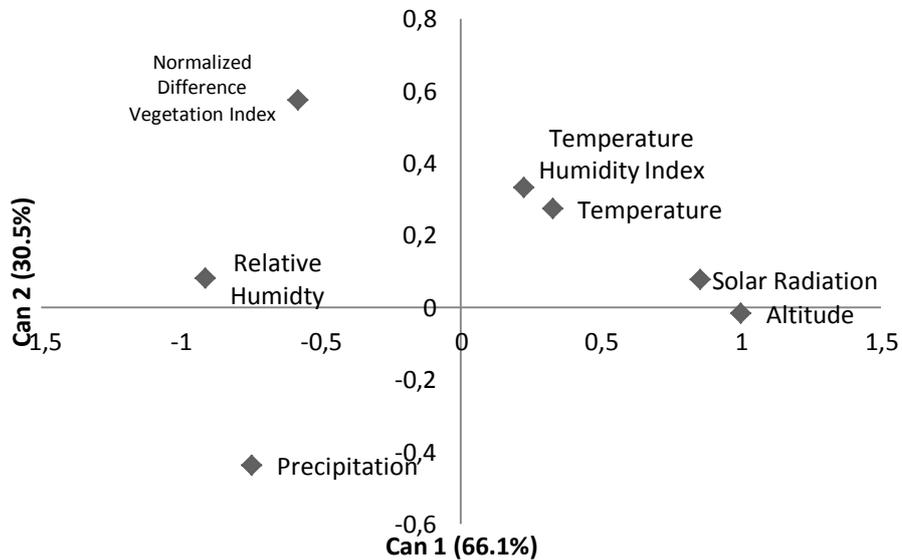


Figura 20 – Primeiras duas componentes canônicas para a separação dos clusters de produção de ovinos

O teste de Mantel (Tabela 5) indicou que todas as regiões mostram a dependência espacial entre a produção de ovinos e distância geográfica. Estes resultados são independentes do valor de produção que mostra a concentração de produção espacial. Por

exemplo, a região Sudeste, apesar da baixa produção, apresentou a maior correlação entre as matrizes de distância. Ou seja, mesmo que determinada região não tenha alta produção, por estar concentrada espacialmente ela apresenta alta correlação espacial.

Tabela 5–Correlação de Mantel das matrizes de distância da produção de ovinos e dos controles ambientais por região

Região	CO	N	NE	S	SE
r	0.42910	0.54365	0.67968	0.65990	0.86093

Definição de intervalos associados aos controles ambientais

Para definir os intervalos das variáveis ambientais associadas com a alta produção, foram considerados apenas os principais municípios produtores. A definição desses municípios foi baseada em uma produção de 1,5 desvios-padrão acima da média (21.382 cabeças). Estes concentram-se principalmente no Rio Grande do Sul e no norte da Bahia, Pernambuco e Ceará, com um total de 126 municípios.

A análise de cluster pelo método do Kmeans considerando todas as variáveis dos municípios maiores produtores mostrou dois grupos bem separados (Figura 21), localizados principalmente nos biomas Caatinga e Pampas (Figura 12b). A validação da separação dos grupos por análise discriminante indicou que 100% dos municípios do grupo 1 e 87,5% dos municípios do grupo 2 foram corretamente classificados (Tabela 6).

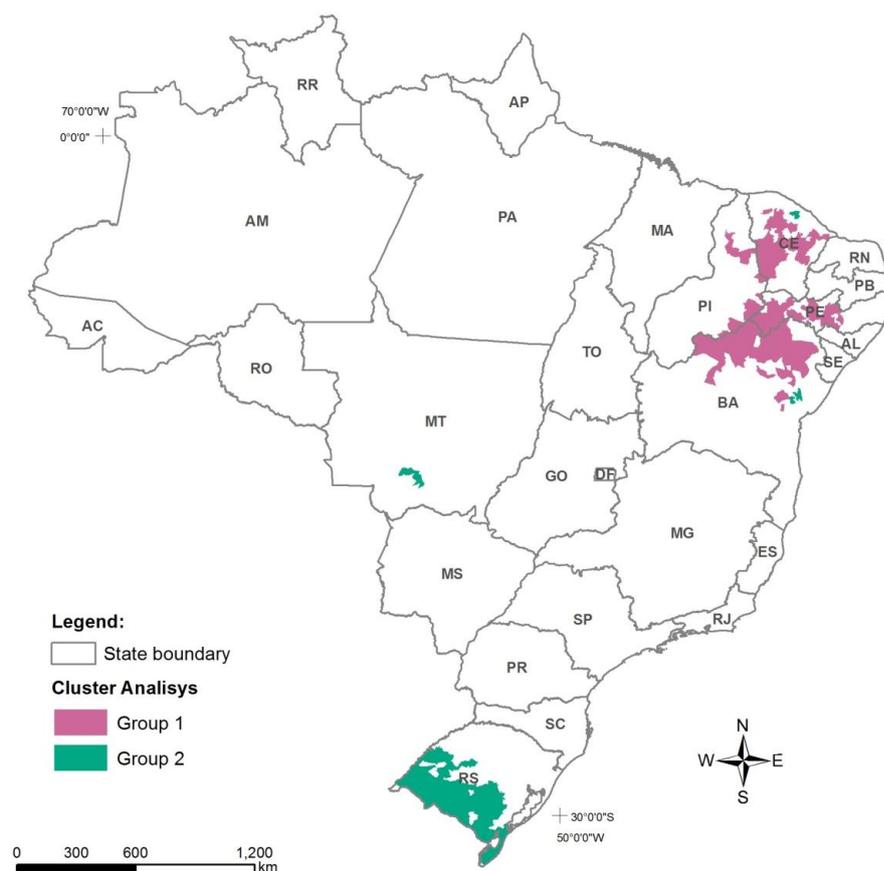


Figura 21 – Municípios maiores produtores de ovinos no Brasil com base em 1,5 desvio padrão dos valores da produção do ano de 2010.

A análise de cluster *Kmeans* considerando todas as variáveis ambientais dos municípios maiores produtores separou muito bem dois grupos (Figura 21), compostos por 86 municípios no grupo 1 e 40 no grupo 2. A validação da separação de grupos por meio da análise discriminante indicou que 5 municípios foram classificados erroneamente pelo *Kmeans* (Tabela 6), são eles: Pentecoste (CE), Feira de Santana (BA), Ipecaetá (BA), Santo Estevão (BA) e Nossa Senhora do Livramento (MT). Uma das suposições que podem ser feitas são, por exemplo, relacionadas à encraves de Mata Atlântica na Caatinga.

Tabela 6– Resultado da análise discriminante

Cluster	1	2	Total
1	86	0	86
	100%	0%	100%
2	5	35	40
	12.5%	87.5%	100%
Total	91	35	126
	72.22%	27.78%	100%

Uma matriz de correlação (Scatterplot Matrix) mostrou que os dois grupos podem ser claramente discriminados de acordo com as características ambientais dos municípios maiores produtores (Figura 22).

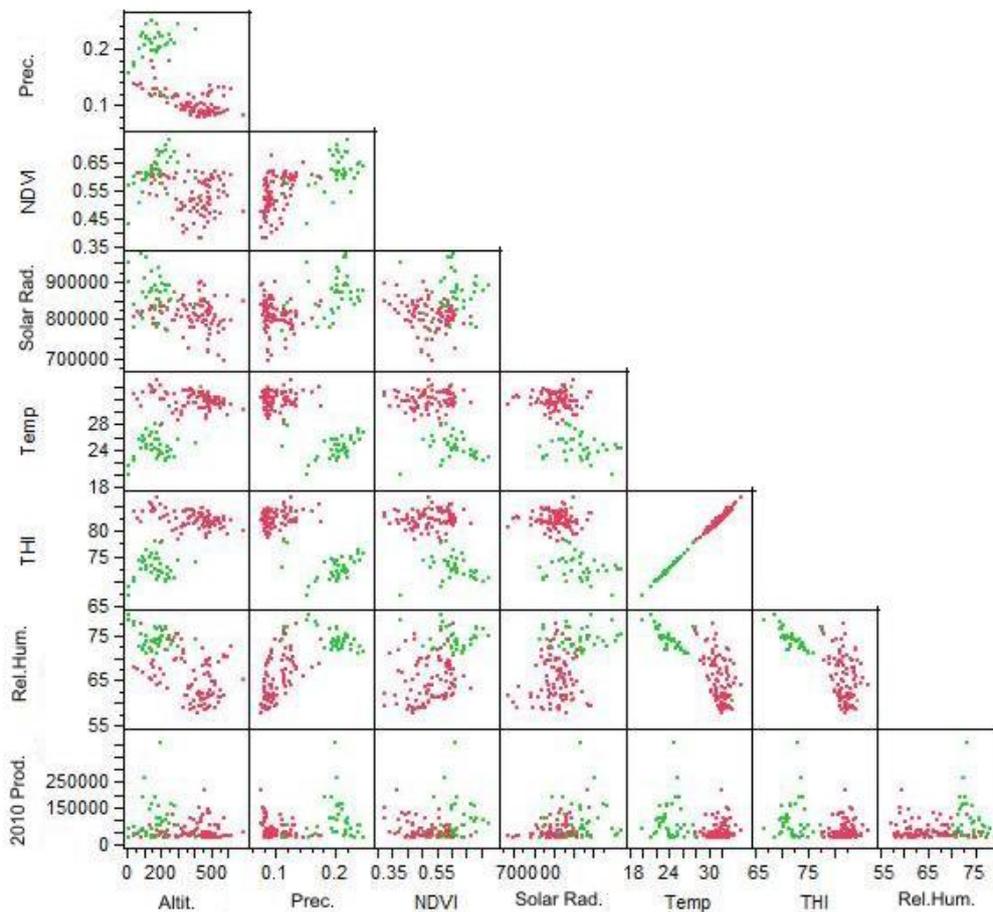


Figura 22 – Matriz de correlação entre as variáveis ambientais e a produção de ovinos no Brasil. As cores indicam os grupos determinados na análise de cluster, sendo a cor rosa denominado de grupo 1 e a cor verde determinado de grupo 2.

Com base nessa avaliação e nos histogramas de frequência, foram determinados os intervalos de ocorrência dos maiores produtores em cada variável ambiental para cada um dos grupos (Figura 23, Tabela 7).

Tabela 7- Intervalo dos valores encontrados no Brasil e nos Grupos de cada variável ambiental.

Variable ²	Alt (m)	Prec (mm/h)	Normalized Difference Vegetation Index	Solar Radiation (WH/m ²)	Temp (°C)	Relative Humidity (%)	Temp Humid Index	
Brazil	1.33- 1573.56	0.07- 0.41	-0.26-0.83	476.545- 1.229.020	18.16- 35.97	56.24-87.52	64.68- 87.68	
Group 1 (Hair)	Interval	39.92- 687.54	0.07- 0.17	0.37-0.66	687.007- 895.950	28.28- 34.88	57.39-75.10	78.15- 86.32
	Mean	396.43	0.10	0.53	806.390	31.74	64.65	82.13
	SD	126.32	0.02	0.06	38.434.64	1.28	4.51	1.64
Group 2 (Wool)	Interval	5.66- 408.93	0.11- 0.25	0.43-0.72	762.856- 970.736	19.76- 30.78	70.46-79.16	66.81- 81.65
	Mean	166.95	0.19	0.61	861.344.85	24.53	73.98	72.99
	SD	81.85	0.04	0.06	52.076.12	2.30	2.18	3.08
T Test	t	9.77	-26.80	-6.65	-6.58	22.28	-12.32	21.45
	H ₀ ³	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject

²Alt = Altitude; Prec=Precipitação; NDVI=Índice de vegetação pela diferença normalizada; RS=Radiação Solar; Temp=Temperatura; UR=Umidade Relativa; THI=Índice de temperatura e umidade.

³H₀ = teste de hipótese (valores médios das variáveis são iguais), considerando-se grau de liberdade = 124 e t_{crítico} = 1,97928.

Quando os intervalos observados de cada variável nos dois grupos são analisados juntamente com os intervalos do Brasil (Figura 23a-g), pode-se notar que as médias dos dois grupos são sempre distintas. No que diz respeito à temperatura, o grupo 1 apresenta as mais elevadas (média = 31°C) quando comparado com o grupo 2 (média=24°C), ocorrendo o inverso com a umidade relativa (G1- média=64%; G2-média=73%). Em relação ao NDVI, o grupo 1apresentou valores menores (0,53) quando comparados ao grupo 2(0,61), uma vez que o primeiro se concentra principalmente na região semiárida, onde a vegetação é menos fotossinteticamente ativa especialmente em função da baixa precipitação (0,1mm/h) quando comparada à região sul (0,19mm/h).

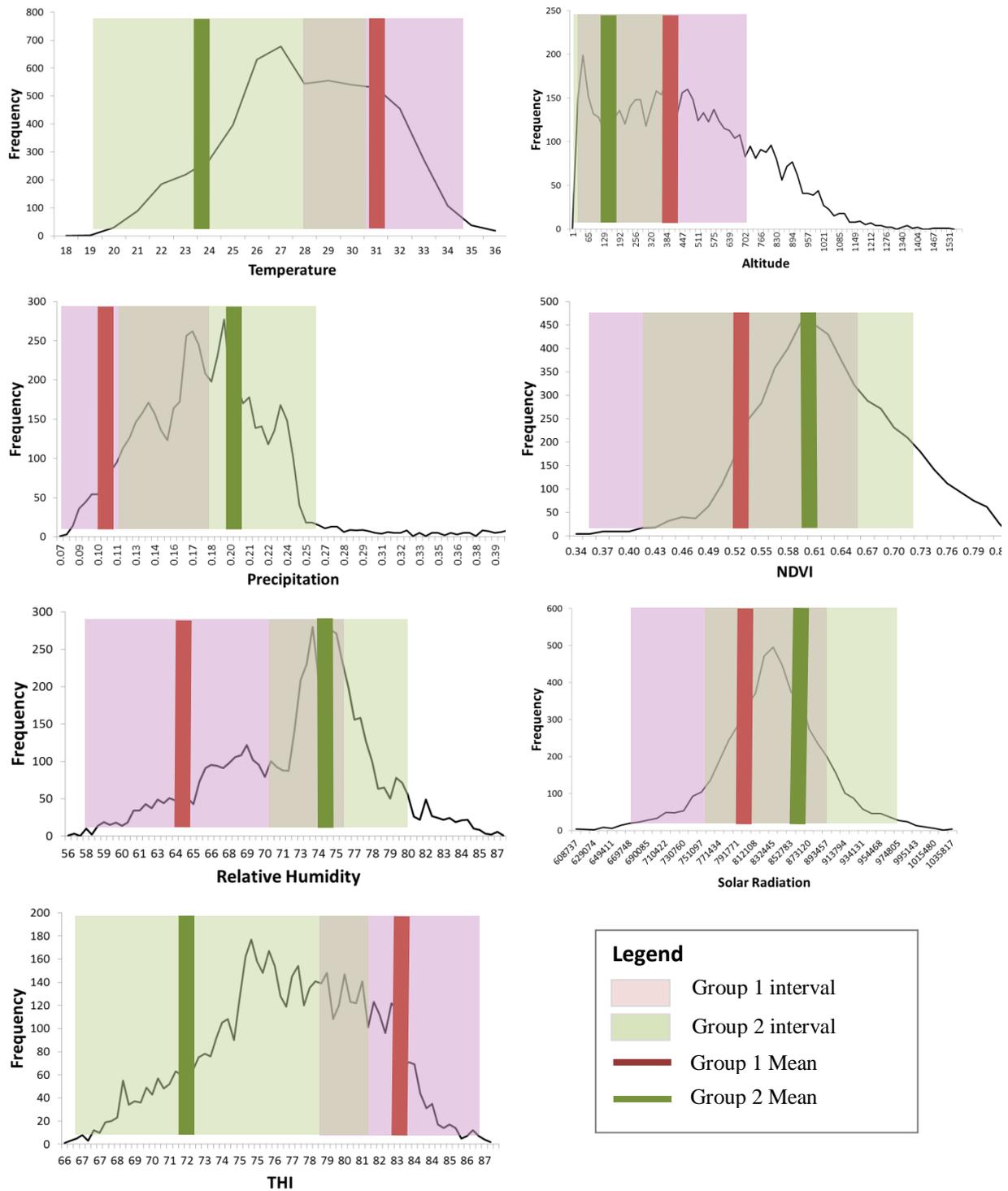


Figura 23 – Histogramas de frequência das variáveis de acordo com os grupos determinados pela análise de cluster.

A Figura 24 mostra a localização espacial das principais regiões produtoras de ovinos no Brasil (Grupo 1 e Grupo 2), bem como as regiões que apresentam características ambientais semelhantes onde atualmente a produção de ovinos é incipiente.

Levando em consideração as características da paisagem onde estão localizados os maiores produtores de ovinos no Brasil, existe uma área de aproximadamente 900.000 km² de área para raças do Grupo 1, ou seja, essencialmente os do Nordeste, e para o grupo 2 da área seria cerca de 1,1 milhões de km² (Figura 24). Olhando para as áreas com produção considerada incipiente em 2010, em comparação com aquelas, é visto que estas se sobrepõem, especialmente nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, corroborando com a ideia de uniformidade nas variáveis ambientais para a produção de ovinos.

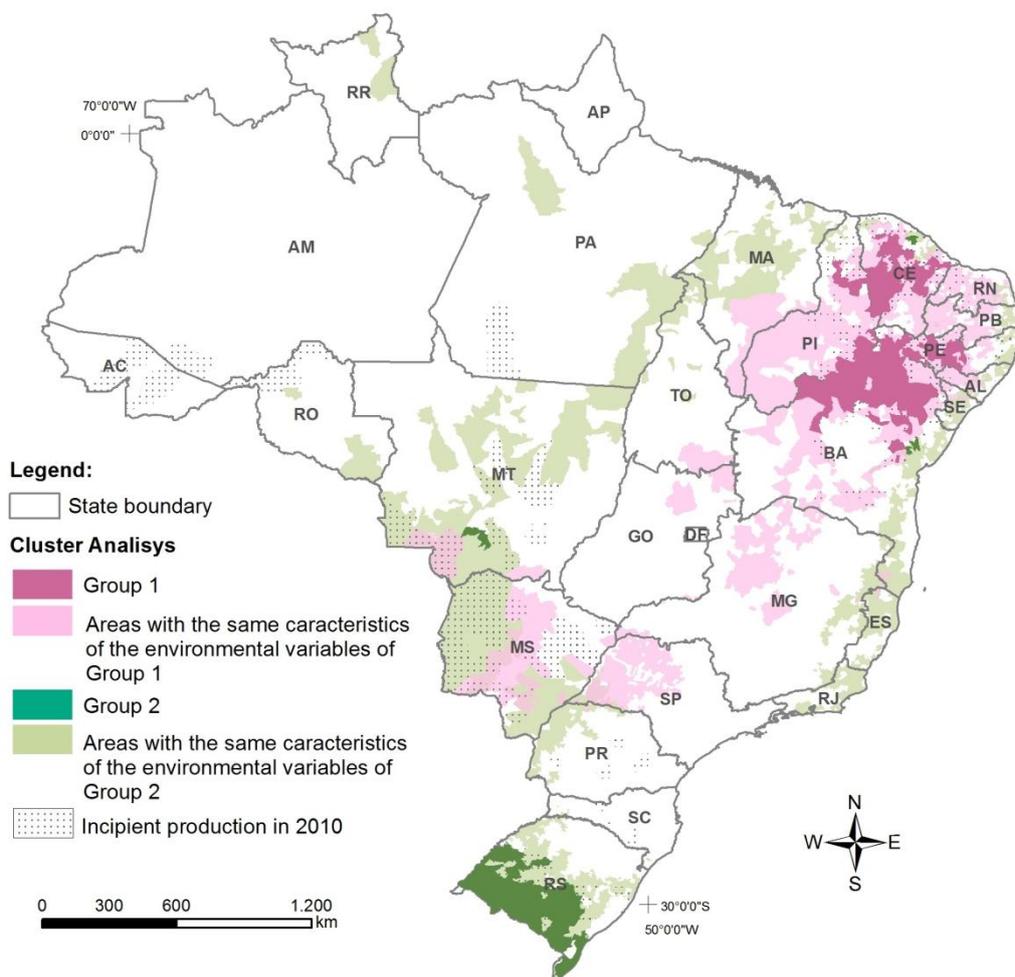


Figura 24 – Áreas com características ambientais semelhantes às dos Grupos 1 e 2.

4.4 Discussão

De acordo com Epperson et al. (2010), simulações com o uso de tecnologias de computador são usados para testar em que condições (modelos ou parâmetros) dados observados foram gerados ou prever o que pode ocorrer com certas populações no futuro, e esta ferramenta é amplamente utilizada em análises relativas às paisagens, como no presente caso.

A utilização de dados georreferenciados, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto, juntamente com os dados de produção, analisados utilizando ferramentas estatísticas permitiu uma compreensão de como a ovinocultura está distribuída no Brasil e quais os principais fatores ambientais associados a esta distribuição.

As correlações entre os fatores ambientais e a produção de ovinos, considerando toda a extensão territorial do Brasil, são baixas, uma vez que as características ambientais são bastante diversificadas, e uma análise mais precisa foi possível quando se considerou grupos homogêneos a nível regional.

No Brasil, as raças são selecionados com base em ambientes de produção (McManus et al., 2010). Assim, a paisagem genética (Manel et al, 2010) pode ser observada na produção de ovinos no Brasil: raças de lã, como Corriedale, Texel e Ile de France (Grupo 2), principalmente na região sul (úmido e frio) e raças como Santa Inês e Morada Nova (Grupo 1), no nordeste (mais seco e quente).

O estudo da produção em associação com variáveis ambientais da paisagem (Kessler, 2006) mostra que as políticas públicas relacionadas à produção, manejo, nutrição, reprodução, entre outros devem ser regionalizadas, pois cada região do país tem suas próprias características que interferem nessa produção . A falta de diretrizes pode interferir negativamente na produção (Costa et al., 2008). Assim, há a necessidade de um plano de manejo para a produção de ovinos no Brasil, que considera as características ambientais de cada região para as quais há uma maior chance de sucesso.

Dessa forma, este estudo mostra que as condições ambientais são favoráveis para a produção de ovinos no Brasil, com base nas características ambientais dos maiores produtores do país. O estudo mostra uma correlação entre as variáveis ambientais e as áreas onde a expansão da produção de ovinos hoje já existe. Há uma grande semelhança entre as áreas de produção incipiente e áreas favoráveis para a criação de ovinos determinadas com

base nas características ambientais, concluindo que o crescimento está ocorrendo naturalmente em áreas com ambiente favorável. Com base nisso, as variáveis ambientais são vetores importantes para a expansão da indústria de ovinos e devem ser considerados no desenvolvimento de políticas públicas voltadas para esta atividade, orientando as ações do governo no que diz respeito a investimentos e incentivos.

O trabalho se mostrou como um primeiro esforço no sentido de associar as variáveis ambientais à produção de animais naturalizados no Brasil com o objetivo de compreender como as características dos controles ambientais se relacionam com a presença dos ovinos.

Existe, todavia, um grande leque de variáveis a ser explorado para elaboração de um modelo complexo, como a inserção de outras variáveis ambientais, como umidade do solo, tipo de pastagem etc, além de variáveis socioambientais.

Conclui-se com a análise que, apesar da extensa área com possibilidade de expansão da produção de ovinos no Brasil, é necessário um planejamento para a expansão da ovinocultura no país que considere as características ambientais regionais e as características específicas das raças a serem introduzidas em determinado local, além de modelos econômicos que subsidiem essa decisão.

CAPÍTULO 5

5. INTEGRAÇÃO DE DADOS GEORREFERENCIADOS E GENÉTICOS PARA A GESTÃO DA BIODIVERSIDADE DE RECURSOS GENÉTICOS OVINOS NO BRASIL

5.1 Introdução

No Brasil, tradicionalmente a caracterização de raças de animais domésticos foi baseada em características fenotípicas (morfológicas e produtivas) resultantes da interação genótipo *versus* ambiente, de modo que os genótipos submetidos a condições ambientais específicas poderiam mudar (MARIANTE e CAVALCANTE, 2000). Assim, a escolha de indivíduos que sejam representativos da raça ou população para serem preservados pelo seu fenótipo assemelha-se à busca de um alvo móvel que muda de acordo com o ambiente.

Em geral, pesquisas sobre ambientes de produção das raças e espécies de animais devem facilitar comparações significativas entre as raças e avaliar o desempenho da raça, servir como indicadores de sua adaptação de raças e, em seguida, os ambientes podem ser usados para delinear recomendações para intervenções relacionadas com a gestão dos recursos genéticos animais em sistemas de produção. Elas devem complementar outras fontes de informação relacionadas com a raça e contribuir para decisões com base em evidências. A proposta aqui apresentada está em consonância com a da FAO (SCHERF, 2008), que afirma que os dados devem estar georreferenciados para facilitar as comparações entre países e regiões.

Esse georreferenciamento de sistemas de distribuição de raças permite que as informações sobre Recursos Genéticos Animais (RGA) possam ser ligadas a vários bancos de dados. Assim, os dados relacionados com os RGA podem ser utilizados em análises de sistemas de produção animal e da sua evolução ao longo do tempo, correlacionando-os com as mudanças no meio ambiente (por exemplo, tempo ou epidemiologia de doenças), bem como onde e como o RGA pode ser utilizado e em que condições. Isso também permite o uso da informação em estudos de Paisagem Genética, uma nova área de pesquisa interdisciplinar que combina a genética de populações, ecologia da paisagem e estatísticas espaciais (STORFER *et al.*, 2007).

O objetivo do presente capítulo é analisar a distribuição espacial das principais raças de ovinos naturalizados no Brasil, considerando se o local de coleta do DNA está cobrindo de forma confiável os recursos genéticos dessas raças.

5.2 Material e Métodos

Todas as amostras de ovinos utilizadas no presente trabalho estão localizadas no Banco de Germoplasma da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. As mesmas foram georreferenciadas por meio de um Sistema de Informação Geográfica (software ArcGis 9.3), com um sistema de projeção Geográfica de latitude e longitude e Datum WGS 84. Das 3.518 amostras de DNA no banco de genes, 2.692 foram georreferenciadas, divididas em 17 raças ou grupos genéticos distintos:

- Raças brasileiras localmente adaptadas: Bergamácia Brasileira; Crioula; Morada Nova; Rabo Largo; Santa Inês; Somalis Brasileiras;
- Grupos genéticos brasileiros localmente adaptados: Pantaneira (Crioula do ecossistema do Pantanal); Barriga Negra Brasileira;
- Raças comerciais: Corriedale, Damara, Dorper, Hampshire Down, Ile-de-France, Suffolk, Texel;
- Cruzados: Texel x Santa Inês; Bergamacia x Santa Inês.

As distâncias entre o local de coleta de DNA e núcleos de conservação foram calculadas e submetidas à análise de variância, para confirmar a diferença nas distâncias por raça e por núcleo de conservação. Mapas de distribuição de criadores registrados (ambos do Ministério da Agricultura – MAPA - e Associação dos Criadores de Ovinos - ARCO) também foram comparados com os locais de coleta.

Um total de 383 amostras (Tabela 8) de DNA de 17 locais e 10 raças foram genotipados usando 22 microssatélites de acordo com Paiva (2005). Foram selecionadas e otimizadas as condições de amplificação de 22 locos de microssatélites: *OarFCB20*, *ILSTS05*, *OarFCB48*, *ILSTS11*, *ILSTS87*, *INRA35*, *INRA05*, *INRA63*, *OarAE129*, *OarFCB304*, *OMHC1*, *OarHH35*, *OarJMP29*, *INRA23*, *MAF65*, *MAF214*, *BM827*, *HUJ616*, *OarCP20*, *INRABERN172*, *SRCSP05*, *BM6526*. Os dois principais critérios para a escolha destes locos foram: 1) Disponibilidade prévia e; 2) Presentes na lista de recomendação da

FAO (*Food and Agriculture Organization*) e ISAG (*International Society of Animal Genetics*) (FAO, 2004).

Dos 20 locos, três deles (OarFCB48, OarJMP29 e INRA05) foram retirados por dificuldades de tipagem. Os 17 locos restantes geraram 206 alelos nas 10 raças (média de 10,84 alelos/locos) com uma proporção média de animais tipados de 93,8 % (Tabela com número de alelos provenientes dos microssatélites no Anexo 4).

Tabela 8 - Raças de ovinos utilizadas nas análises de microssatélites, localidades amostradas, suas respectivas siglas e número de animais por localidade.

Raça	Localidade	Sigla	N
Santa Inês	Fazendas, DF, GO	OSI_CO	15
	Fazendas, SE	OSI_SE	17
	Embrapa Tabuleiros Costeiros, SE	OSI_EM	16
	Fazenda, MA	OSI_MA	21
	Embrapa Caprinos, CE		
	Fazenda, CE	OSI_CE	25
Bergamácia Brasileira	Universidade Brasília ¹ , DF	OB_DF	33
	Fazendas, GO	OB_GO	13
	UNESP, Botucatu, SP		
Rabo Largo	Empresa Estadual Pesquisa Agropecuária Bahia, BA	ORL_EB	28
	Fazenda, BA	ORL_BA	20
	Empresa Estadual Pesquisa Agropecuária Paraíba, PB		
Morada Nova	Embrapa Caprinos, CE ²	OMN_VE	23
	Universidade Federal Ceará, CE ³	OMN_BR	25
Somalis Brasileira	Embrapa Caprinos, CE	OS	48
Crioula Lanada	Embrapa Pecuária Sul, RS		
Hampshire	Fazendas, SP	OH	24
Ile de France	Fazendas, SP	OIF	24
Corriedale	Fazendas, SP	OC	11
Damara	Empresa Estadual Pesquisa Agropecuária Paraíba, PB	ODO	10
Dorper	Empresa Estadual Pesquisa Agropecuária Paraíba, PB	ODA	30
TOTAL			383

¹Animais com origem de RJ, SP e BA; ²Variedade Vermelha; ³ Variedade Branca

A análise de autocorrelação espacial entre a distancia genética e a distancia física/geográfica dos grupos de animais estudados foi feita por meio do Índice de Moran nos

softwares SAM - Spatial Analysis in Macroecology (RANGEL *et al.*, 2010) e Alleles in Space (MILLER, 2005).

No software SAM, utilizado para o cálculo do Índice de Moran para o conjunto de dados a partir de um ponto específico, são inseridas duas matrizes de distância: uma geográfica e outra genética.

O Índice de Moran é um indicador Global de Autocorrelação Espacial, ou seja, ele permite a caracterização da dependência espacial, mostrando como os valores estão correlacionados no espaço (CÂMARA *et al.*, 2004). Assim, esse índice é utilizado para estimar quanto o valor observado de um atributo numa região é dependente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas. De uma forma geral, o índice de Moran presta-se a um teste cuja hipótese nula é de independência espacial; neste caso, seu valor seria zero.

No software Alleles in Space são inseridos dois arquivos de entrada diferentes em formato de texto ASCII: um arquivo contém a informação espacial com as coordenadas para o conjunto de indivíduos amostrados. O segundo contém todos os dados genéticos utilizados para análises, no caso, os codominantes loci e os dados genéticos (diploides).

5.3 Resultados

A lista dos núcleos de conservação de ovinos *in situ* está apresentada na Tabela 9, enquanto as amostras das raças comerciais estão na Tabela 10. A maioria das raças comerciais não têm amostras no banco (East Friesian, Ideal, Karakul, Lacaune, Polypay, Poll-Dorset, Romney, SAMM e White Dorper). Estas amostras são importantes para estudos de introgressão e para o monitoramento do rebanho.

Tabela 9. Amostras de ovinos no banco de genes por núcleo de conservação e localização*

Raça	Núcleo	Local	Número de amostras	Número de fazendas	Total	
Barriga Negra Bergamácia	Embrapa Roraima and private farm	Boa Vista, RR ¹	123	2	123	
	Universidade de Brasília	Brasília, DF ^{1,2}	44			
	Universidade Estadual de São Paulo	Botucatu, SP ³	24			
	Fazendas privadas	Nerópolis, GO ³	13	4	100	
	No information		19			
Crioula	Embrapa Pecuária Sul, Private farms	Bagé, RS ^{1,2}	506			
	Fazendas privadas	Lages, SC ²	23	13	529	
	Sem informação		18			
Pantaneiro	Uniderp	Campo Grande, MS ^{3,4}	165			
	Fazendas privadas	Pantanal, MT ^{3,4}	98	10	263	
Santa Inês	Embrapa Tabuleiros Costeiros,	Aracaju, SE ^{1,2}	354			
	Embrapa Meio Norte,	S. João do Piauí, PI ¹	14			
	Fazendas privadas	CE	75			
	Embrapa Caprinos e Ovinos	Sobral, CE ¹	37			
	EMEPA	PB ³	28			
		MA ³	21	38	1247	
		EBDA/UESB	Caraiíba/Jequié/Pilar BA ^{1,2,3}	13		
		Universidade de Brasília, Universidade Católica de Goiás, Fazendas privadas	DF e GO ³	540		
		Fazendas privadas	SE	51		
		Sem informação		189		
Rabo Largo	EBDA/UESB	Caraiíba/Jequié/Pilar BA ¹	120			
	EMEPA	Paraíba ³	20	4	207	
	Fazendas privadas	BA	21			
Somalis Brasileira Morada Nova	Embrapa Caprinos e Ovinos	Sobral, CE ^{1,2}	232	1	232	
	Embrapa Caprinos e Ovinos	Sobral, CE ^{1,2}	121			
	EBDA/UESB	Caraiíba/Jequié/Pilar, BA ^{1,2}	134			
	UFCE		61			
		Pentecostes, CE ²	0	20	718	
	Fazendas privadas	Morada Nova, CE ³	398			
	Sem informação		4			
			3268			

¹Núcleos de Conservação de acordo com Ramos *et al.* (2011) ou ² Araújo e Paiva (2006); ³Collection point related to conservation nucleus; ⁴Genetic group not included as commercial or conservation; * Includes close by farms

Tabela 10. Pontos de coleta de amostras de ovinos comerciais para o banco de germoplasma.

Breed	Local	Number of samples	Number of farms	Total
Damara	EMEPA, PB	10	1	10
Dorper	EMEPA, PB	30	1	30
Hampshire Down	Fazendas particulares, Avaré, SP	24	1	24
Suffolk	Fazendas particulares, RS	17		
	Uniderp e Fazendas particulares, Pantanal, MS	12	3	48
	Sem informação	19		
Texel	Sem informação	9		9
Ile de France	UnB and Fazendas particulares, DF	38		
	Fazendas particulares, Avaré, SP	24	4	68
	Fazendas particulares, São Sepé, RS	6		
Corriedale	Fazendas particulares and EMBRAPA, Bagé, RS	38		
	UNESP, Jaboticabal, SP	11	3	49
Crossbreds	UnB, DF	12	1	12
Merino	Fazendas particulares, RS		1	
	Total	250		

A Bergamácia Brasileira foi amostrada no Distrito Federal, Goiás e Botucatu - São Paulo. As amostras foram recolhidas, por conseguinte, em locais fora do núcleo, o que é importante para manter a diversidade do material recolhido e aumentar a diversidade do germoplasma no banco. No Rio Grande do Sul foi coletado o maior número de raças distintas: Ile de France, Corriedale, Suffolk e Crioula, todas raças lanadas. A Crioula também foi coletada em Santa Catarina, com um total de 13 fazendas. Há três variedades de Crioula (Serrano, Fronteira e Zebu), mas não há indicação de quais tipos foram coletados para o banco. Esta hipótese foi analisada até agora por Castro (2008) e Gonçalves *et al.* (2010). A Suffolk também foi coletada no Mato Grosso do Sul e no ecossistema do Pantanal. O grupo genético Crioula do Pantanal não está incluído na lista oficial de raças de ovinos do MAPA. Isso pode refletir a necessidade de rever a lista de grupos genéticos no sistema uma vez que existe alguma confusão quanto a qual material genético deve ser coletado (RAMOS *et al.*, 2011; ARAUJO e PAIVA, 2006). Outras listas oficiais de germoplasma também existem e estão incluídas no cadastro nacional (MARIANTE *et al.*, 2003), mas estas devem ser consolidadas.

A Morada Nova foi coletada no estado do Ceará, município de Morada Nova, e Sobral, no núcleo de conservação. Esta raça foi amostrada em 20 fazendas garantindo variedade no banco, mas com a maior parte da coleção restrita ao estado do Ceará. Todos os indivíduos das raças Dorper (30) e Damara (10) foram coletados no estado da Paraíba, mas estes são animais relativamente recém importados. Estas amostras são todas da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), responsável pela importação das raças originais. São necessárias mais amostragens destas raças em diferentes estados, especialmente Dorper, uma vez que atualmente essa é amplamente utilizada no país. A raça Rabo Largo Brasileiro foi amostrada na Paraíba e Bahia, onde está o núcleo de conservação. A raça Somalis Brasileira só foi coletada no núcleo de conservação, necessitando de uma base maior de amostras.

Muito menos raças comerciais foram amostradas. Avaré, em São Paulo, foi o único local de coleta para Hampshire Down (24). O maior número de amostras foi da raça Santa Inês, com coletas distribuídas na região Nordeste, em Sergipe, Bahia, Ceará e Maranhão, e algumas coleções no Centro-Oeste. Grande número de amostras do Centro-Oeste foi coletado na Exposição Agropecuária e os animais são provenientes não só de fazendas locais, mas também de outros estados como Goiás e Sergipe. Há uma necessidade de coletar amostras de

outros núcleos de conservação desta raça como no Piauí e Roraima. Segundo McManus *et al.* (2010), esta é a maior raça em termos de número de animais com quase cobertura nacional.

Amostras do núcleo de conservação de ovinos da raça Barriga Negra brasileira foram recentemente incluídas (em 2011) no banco de genes. Esta é a única raça que foi coletada na região norte do Brasil, indicando a necessidade de ações voltadas para a amostragem de animais nesta região.

A distância média entre os locais de coleta e núcleos de conservação foi de 550 km. Várias raças apenas foram coletadas perto de seu núcleo de conservação, como a Barriga Negra e Somalis Brasileira (Tabela 11), embora estas distâncias não tenham sido significativamente diferentes da Bergamácia Brasileira e Rabo Largo Brasileira. Isto é devido a várias razões, tais como a diminuição da utilização destas raças e a dificuldade em encontrar os agricultores que criam as mesmas.

Tabela 11 . Distância média (km) entre local de coleta e núcleo de conservação da raça.

Raça	Número de coletas	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Barriga Negra	2	2.0 ^c	0.00	2.0	2.0
Bergamasca	8	163.2 ^{bc}	311.43	0.25	772.92
Crioula	14	952.5 ^a	1470.10	18.51	3443.76
Morada Nova	17	351.3 ^b	324.78	8.69	1089.81
Pantaneira	9	352.0 ^b	197.28	36.47	530.86
Rabo Largo	5	152.5 ^{bc}	219.34	1.55	685.02
Santa Inês	33	49.8 ^c	110.45	0.04	489.22
Somalis Brasileira	5	8.7 ^c	0.00	8.69	8.69

Médias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0.05).

A Crioula brasileira, Santa Inês, o grupo genético Pantaneiro e Morada Nova, por outro lado, mostraram uma distribuição mais ampla da coleção, com distâncias médias acima de 350 km do núcleo. Isto pode ser explicado por diversos fatores, como o fato da raça Santa Inês ser a maior raça do país, sendo criada nas regiões nordeste, centro-oeste e sudeste do país. A Crioula brasileira é encontrada também nos estados do sul do Brasil, e tem uma associação de criadores ativa que contribui para a coleta de amostras, com a ajuda de pesquisadores da Embrapa Pecuária Sul (Rio Grande do Sul). Isto também acontece com o grupo genético Pantaneiro, que está distribuído na região do Pantanal do Brasil (maior planície alagável do mundo), com a ajuda de pesquisadores em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, bem como pesquisadores da Embrapa Gado de Corte (Mato Grosso do Sul). Este grupo genético ainda não é reconhecido como uma raça pelo MAPA. A Morada Nova tem

visto um ressurgimento nos últimos anos devido, em parte, à perda de características adaptativas pela raça Santa Inês (FACÓ, 2008; MCMANUS *et al* 2010; LOBO *et al.*, 2011), o que tem aumentado a sua distribuição geográfica, mas que ainda é um pouco limitada à região nordeste do Brasil e do Estado de São Paulo.

A maioria das coleções ocorre há menos de 1000 km do núcleo de conservação (Figura 25). Como a maioria dos núcleos está aberta, torna mais fácil obter animais para substituições de fazendas próximas.

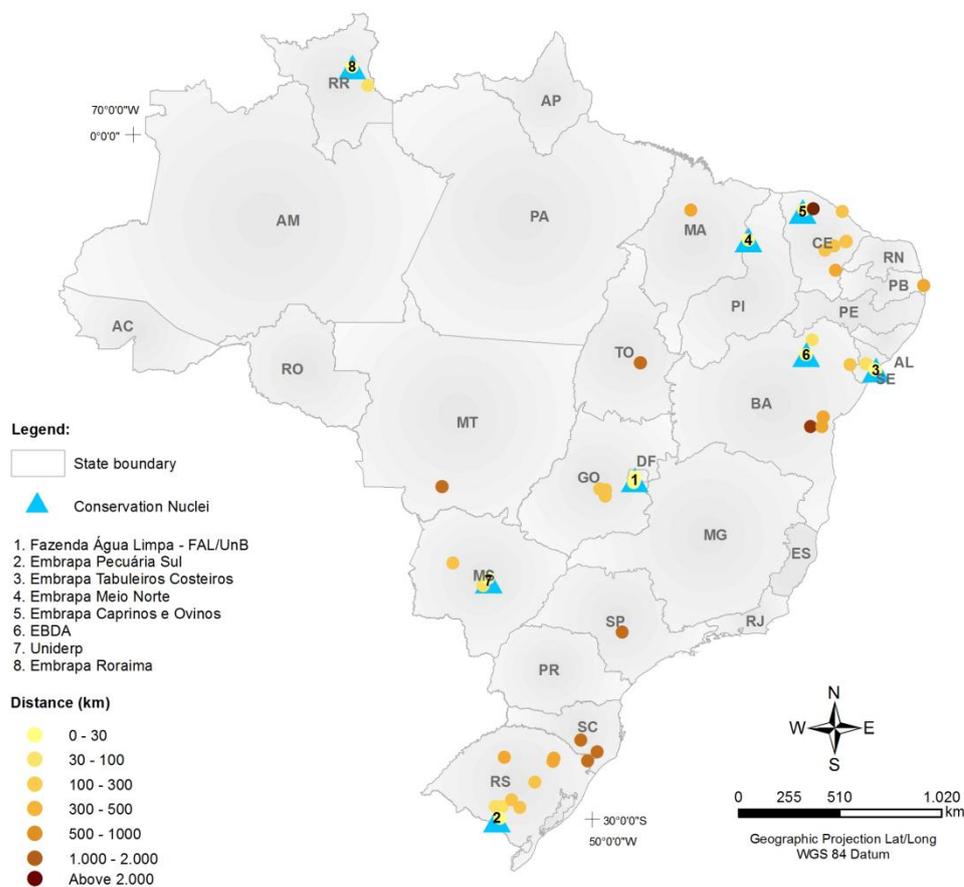


Figura 25. Núcleos de conservação e locais de coleta das amostras de ovinos para banco de germoplasma brasileiro

Dos 27 estados do Brasil, há amostras no banco genético de ovinos de 13 deles. De acordo com a Pesquisa Agrícola por Município (IBGE, 2009), existem ovinos em todos os estados e quase todos os municípios do país. Onde há recursos genéticos únicos, estes devem

ser identificados e os animais devem ser amostrados em lugares onde há barreiras geográficas como rios, florestas, montanhas, inundações periódicas ou falta de infraestrutura, como estradas, ferrovias e vias navegáveis interiores. A pesquisa também destaca a importância das instituições de pesquisa federais, estaduais, bem como universidades públicas e privadas na coleta de amostras. Há, portanto, uma necessidade de se concentrar futuras coleções de germoplasma de regiões onde há uma falta de informação e envolver outros centros de pesquisa ou universidades na coleta de germoplasma para o banco.

O número de amostras colhidas por sessão mantém-se relativamente estável, enquanto as distâncias percorridas por coleta variam (Tabela 12). A maioria dos núcleos têm várias coleções e isso pode depender da idade do núcleo, sendo o mais antigo de aproximadamente 15 anos. Isso provavelmente reflete os recursos financeiros disponíveis para cada centro e no tipo de projetos desenvolvidos em cada núcleo, uma vez que estes são, principalmente, centros de pesquisa e universidades e, raramente, os recursos são disponíveis para apenas coletar amostras.

Tabela 12. Distâncias percorridas e número de amostras coletadas por núcleo de conservação

Núcleo	Número de amostras	Número de amostras por coleção	Distância média percorrida por coleção (km) ¹	Número de raças ²	Número de coleção
EBDA	207	41.40	152.5	1	5
E_OC	1089	37.24	321.3	2	21
E_PS	687	42.93	952.5	1	16
E-R	75	37.50	1.3	1	2
E_TC	87	7.25	249.6	1	13
FAL	1457	69.38	47.0	2	21
Uniderp	504	31.50	130.3	2	15

¹ Raças comerciais e colecionadas; ² Somente raças de coleção;

Além disso, projetos de investigação específicos sobre estas raças também tendem a ser localizados e a coleta de amostras pode ser vista como mais um fardo para o pesquisador, quando este não é o objeto específico de sua pesquisa. A amostragem poderia ser aumentada por meio de um programa de coleções definidas pelo comitê nacional de coordenação, com recursos especificamente para esta finalidade, aumentando o número de núcleos e representantes por Estado independente da raça. Várias raças conservadas, embora reconhecidas pelo MAPA, não têm nenhuma associação oficial para a sua promoção, fazendo com que a sua conservação e localização sejam mais difíceis.

Os dados sobre os criadores registrados variam, dependendo se o banco de dados é proveniente do MAPA (com 8.133 criadores) ou da ARCO (com 9600 criadores) (Figuras 26 e 27). Embora as distribuições sejam semelhantes, ocorrem algumas discrepâncias, especialmente com as raças menores, como a Rabo Largo brasileira e Cariri.

De acordo com o MAPA, 4136 (46%) são de criadores de raças localmente adaptadas, 3.984 (48,99 % do total ou 96,75% de naturalizados) são ovinos deslanados. Cerca de 76% dos criadores de raças localmente adaptadas estão no nordeste do país, principalmente na Bahia (19,71%), Ceará (17,26 %) e Pernambuco (10,76%). Ovinos lanados e deslanados no Brasil tem uma distribuição diferente no que diz respeito aos aspectos sociais e geográficos, principalmente devido à criação de ovinos mais comercial que está sendo implementada no Sul, que se reflete nos bancos de genes.

A predominância da raça Santa Inês pode ser vista, apesar de estudos recentes terem mostrado que as práticas de reprodução indiscriminada mudou sua resistência a endoparasitas (MCMANUS *et al*, 2009b) e à tolerância ao calor (MCMANUS *et al*, 2009a; CASTANHEIRA *et al.*, 2010). Essas distribuições também refletem as distâncias percorridas e frequência da coleta de algumas raças, uma vez que como muitas delas (principalmente as raças de lã) são encontradas em regiões de difícil acesso (sem estradas , transporte confiável, comunicação), em pequenas propriedades, grandes distâncias dos núcleos, centros de pesquisa ou mesmo grandes cidades. Há também alguns criadores registrados na região norte do país. Algumas raças não têm criadores registrados como Barriga Negra brasileira e a Pantaneira.

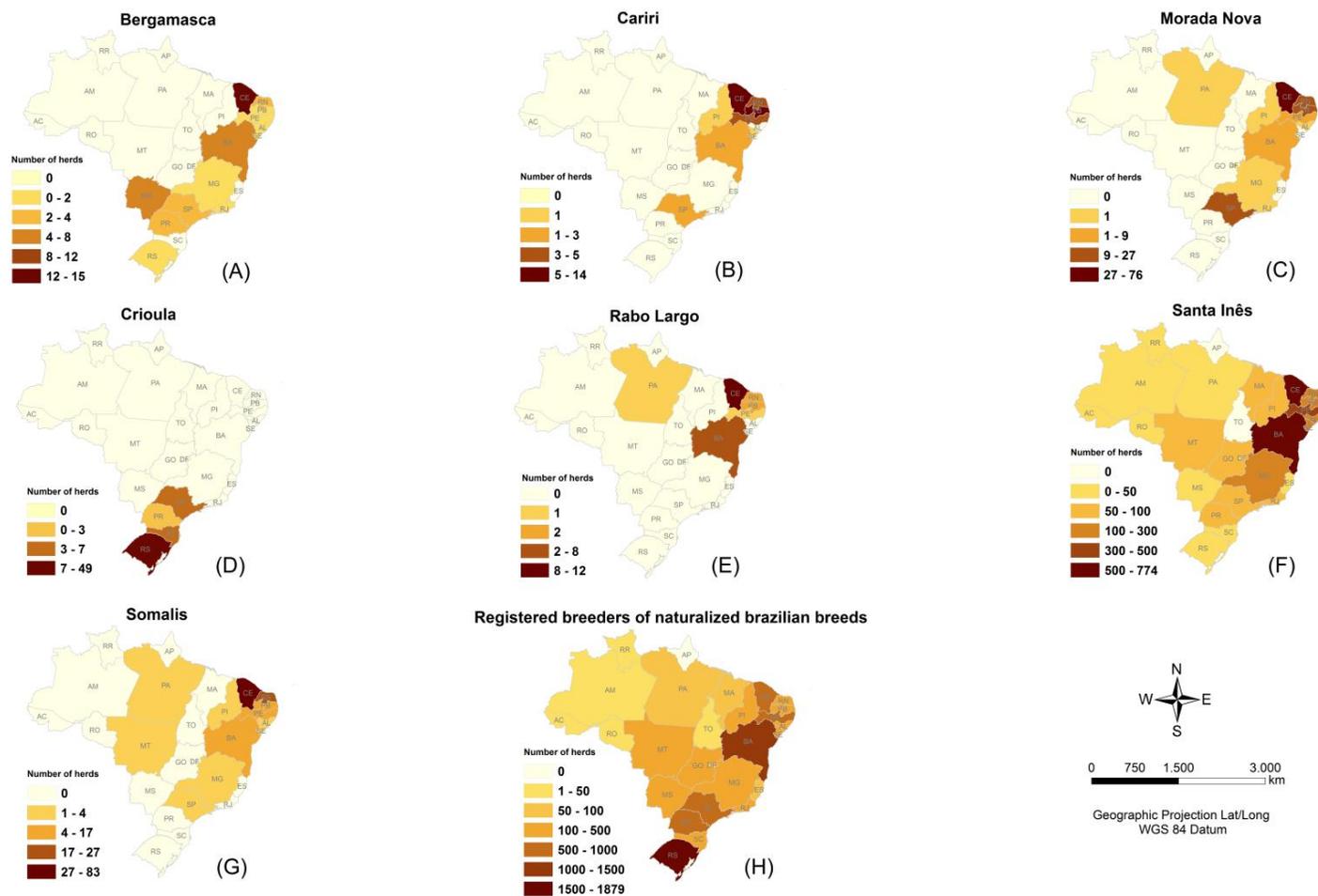


Figura 26. Distribuição de criadores registrados de raças naturalizadas brasileiras (Adaptado do MAPA).

Raças de ovinos: A – Bergamácia; B- Cariri, C – Morada Nova; D – Crioula, E – Rabo Largo, F – Santa Inês, G – Somalis, H - Total

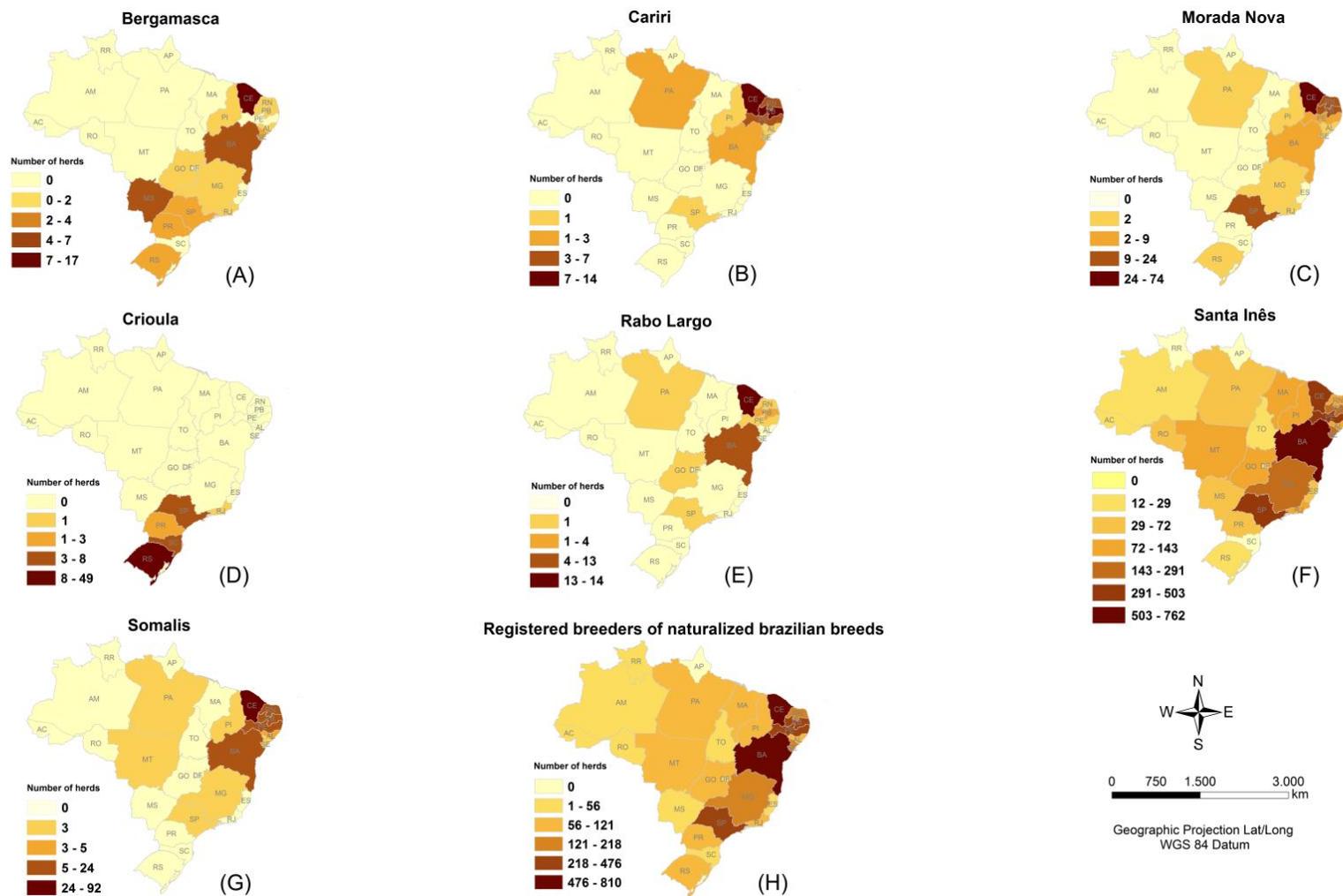


Figura 27. Distribuição de criadores registrados de raças naturalizadas brasileiras (Adaptado da ARCO). Raças de ovinos: A – Bergamasca; B- Cariri, C – Morada Nova; D – Crioula, E – Rabo Largo, F – Santa Inês, G – Somalis, H - Total

Comparando-se a distribuição dos locais de coleta (Figura 25) com os criadores registrados (Tabela 9, Figura 26) é notável a necessidade de se intensificar a coleta de amostras de várias raças em diversas regiões do país. Apenas 21% dos estados com uma determinada raça tem amostras no banco de genes. Bergamácia Brasileira (8% dos estados coletados), Morada Nova (17%) e Somalis (8%) são especialmente mal representadas no banco, enquanto Crioula (50%), Rabo Lago brasileira (33%) e Santa Inês (36%) têm uma melhor representação.

Em relação à autocorrelação espacial entre as raças calculada pelo Índice de Moran usando os dados de microssatélites, primeiramente a distância genética média de pares do conjunto completo de dados é de 0,67, como mostra a Figura 28.

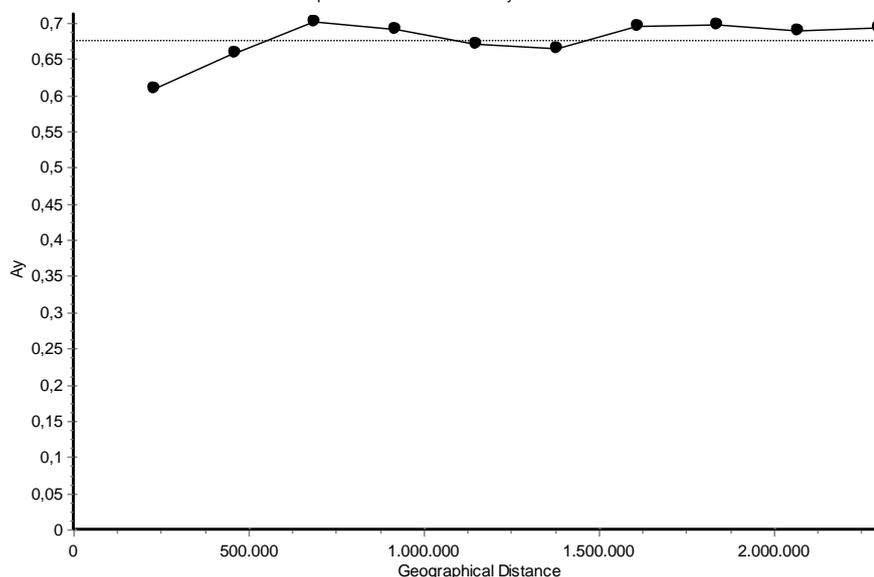


Figura 28. Distância genética média de pares do conjunto completo de dados

O conjunto de dados apresentou índice de Moran (autocorrelação espacial) igual a -0,063. O correlograma apresentado na Figura 29 mostra sete classes de distância (em graus) a partir do ponto mais ao norte, ou seja, a população de OMN_VE, coletada em Sobral – CE. A autocorrelação está baixa com alto coeficiente de variação. Isso indica que há diversidade entre as amostras, mesmo quando coletados mais perto uma da outra ou, em outras palavras, que elas são amostras independentes, reforçando a unicidade das raças.

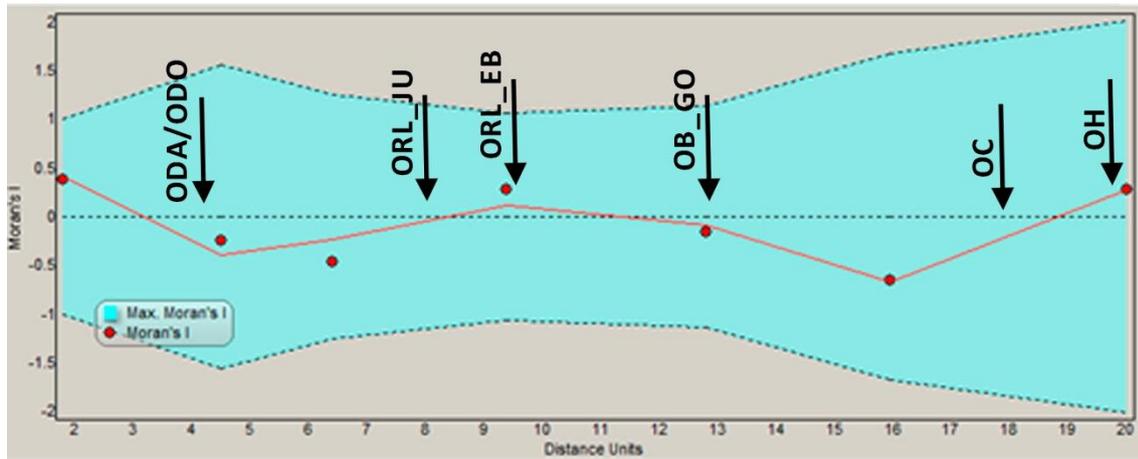


Figura 29. Correlograma do Índice de Moran para o conjunto de dados tomando como ponto inicial a coleta em Sobral-CE. (Siglas na Tabela 8).

A autocorrelação espacial entre a distância geográfica e a distância genética é baixa, ou seja, apesar de estarem próximas espacialmente, as raças estão geneticamente distantes umas das outras. Esse fato mostra a diferenciação genética existente entre as raças brasileiras mantidas no banco de germoplasma e, portanto a necessidade da conservação deles.

As Figuras 30a e 30b apresentam uma superfície em três dimensões sob duas óticas diferentes, onde os eixos X e Y correspondem à localização geográfica e o valor Z representa as distâncias genéticas. É uma representação gráfica de padrões de diversidade na paisagem amostrada que contém picos em áreas onde existem grandes distâncias genéticas. Pontos positivos representam descontinuidade genética alta enquanto pontos negativos representam alta similaridade genética.

Os padrões encontrados demonstram que na região nordeste pode ser encontrada a maior variabilidade genética dentro do conjunto de dados, representando a falta de seleção nos rebanhos e a manutenção de diversidade para conservação. Pode-se notar que os animais Santa Inês da região de Sergipe foram os mais destacados (30b). Este fato pode ser devido à ação de produtores de ovinos nesta região, onde é suposto que houve o cruzamento de animais da raça Suffolk para melhoria da carcaça e retrocruzamento para a ausência de lã e seleção para padronização, assim diminuindo a diversidade genética (McMANUS et al., 2010). Outro grupo de Santa Inês amostrado em Sergipe foi da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros que não passou por este processo, mas houve seleção dentro do rebanho reduzindo a variabilidade dentro do rebanho.

O grupo Bergamácia do Distrito Federal também se mostrou diferenciado. Este era o núcleo de conservação da raça e sempre foi mantido com animais puros da raça com controle de genealogia, mas que vem sofrendo redução de tamanho em anos recentes. A dificuldade em encontrar reprodutores da raça também pode afetar a diversidade da raça.

Fica evidente a diferenciação entre a Morada Nova branca e vermelha, com necessidade de conservação de ambos os grupos genéticos. A Morada Nova branca em particular mostra-se com menos diversidade genética.

Há baixa distância genética entre as raças comerciais lanadas comparadas com as raças naturalizadas. Este está de acordo com os resultados achados por KIJAS et al. (2012) no projeto de HapMap de ovinos, onde, mundialmente, as raças comerciais mostraram menor diversidade comparada com raças localmente adaptadas.

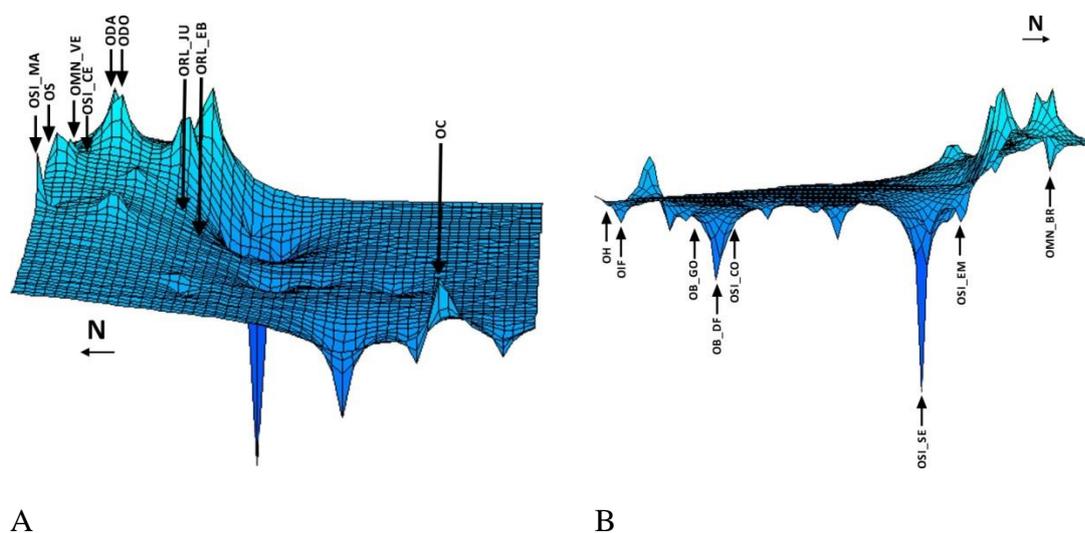


Figura 30. Superfície 3D das distâncias genéticas espacializadas com a) picos ascendentes e b) descendentes. (Siglas na Tabela 8)

5.4 Discussão

A agrobiodiversidade é um componente crítico da biodiversidade global. Mais de 75% dos alimentos é produzido em todo o mundo com pouco mais de 25 espécies de plantas e animais domésticos. A manipulação e gestão destes recursos são essenciais para a segurança alimentar mundial. Por outro lado, a pressão para aumentar a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção é intensa e crescente.

A dimensão planetária dos problemas de pesquisa (desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas, gestão da biodiversidade, qualidade e quantidade da água, doenças emergentes e bioenergia), a necessidade de aumentar a produção de alimentos como uma resposta ao aumento da população humana e da mudança em sua distribuição, colocam o animais de fazenda, sua gestão e os problemas de criação no centro do debate na sociedade (HERPIN e CHARLEY, 2008).

Estudos em modelos animais de fazenda em todo o mundo têm demonstrado que haverá a necessidade de substituir as raças e espécies em sistemas de produção ao longo dos próximos 30 anos devido à possíveis alterações climáticas e mudanças do mercado (SEO e MENDELSON, 2008; WOLFE *et al*, 2008 ; . YAHDJIAN e SALA, 2008).

Em muitos casos, a introdução de um recurso genético em um ambiente no passado não conduz necessariamente ao desenvolvimento econômico e pode ter reduzido sua diversidade genética. A decisão quanto à utilização de um recurso genético específico é necessária para a compreensão da capacidade e da função desta raça como parte do sistema de produção. A seleção de raças importadas tem sido baseada em análises parciais, onde são visadas a maior produção de leite, carne ou lã, sem levar em conta as respostas correlacionadas. Ou seja, frequentemente, essas decisões não consideram as variáveis ambientais ou o tempo de produção.

Welsh *et al.* (2010) enfatizam a importância de coleções de germoplasma, tanto para a indústria como para fins de conservação. Eles afirmam que essas coleções para serem úteis devem conter uma ampla amostragem de animais minimamente relacionadas, e a frequência de coleta deve assegurar que a genética esteja contida no banco. A análise da distribuição, a qualidade dos dados e a idade das amostras, portanto, são essenciais para o sucesso de todas as aplicações que utilizam este banco de dados.

O Brasil possui diversas raças de animais domésticos que se desenvolveram a partir de raças trazidas pelos colonizadores portugueses logo após o descobrimento do país. Estas raças foram submetidas à seleção natural em determinados ambientes, até o ponto de apresentarem características específicas para se adaptar a tais condições (MARIANTE *et al.*, 2009). Estas raças aqui desenvolvidas tornaram-se conhecidas como "adaptadas localmente", "locais" ou "naturalizadas". Atualmente a maioria dessas está ameaçada de extinção, principalmente devido aos cruzamentos indiscriminados com raças de animais exóticos, que passaram a ser importados a partir do final do século XIX e início do século XX.

Desde 1983 a Embrapa decidiu incluir em seu Programa de Pesquisa em Recursos Genéticos, que até esse momento só trabalhava com espécies vegetais, essas raças naturalizadas ameaçadas de extinção. Desde então, criou uma rede de conservação de recursos genéticos animais, e este trabalho tem sido desenvolvido por vários centros de pesquisa da Embrapa, bem como pelas universidades, empresas estaduais de pesquisa e de alguns produtores privados por meio de: (a) Núcleos de Conservação, mantidos em habitats onde os animais foram submetidos à seleção natural (*in situ*), e (b) o armazenamento de sêmen, embriões, oócitos e DNA em bancos de germoplasma (*ex situ*), atividade focada neste presente projeto.

Os núcleos de conservação, portanto, são a principal fonte de doadores para o Banco de Germoplasma de Animais da Embrapa, que inclui atualmente 19 raças de seis espécies de animais domésticos e mais de 65 mil doses de sêmen (RAMOS *et al.* , 2009). De acordo com Ramos *et al.* (2009), esse material genético pode ser usado para : (1) a restauração de uma raça extinta, (2) desenvolvimento de um novo grupo genético, (3) apoio a programas de conservação e (4) fornecimento de material para estudos moleculares com o objetivo de identificar genes de importância econômica.

Mas, após aproximadamente três décadas da sua criação, foram levantadas questões quanto à qualidade do material genético armazenado nesse Banco de Germoplasma Animal da Embrapa. Esta preocupação foi devido ao fato das amostras terem sido recolhidas por diferentes pesquisadores ao longo do tempo, utilizando diferentes técnicas e com diferentes objetivos. Há dúvidas também sobre a análise do material, locais de coleta e identificação de possíveis falhas no material disponível (PAIVA *et al.*, 2005 (ovinos); EGITO *et al.*, 2007b (bovinos); SOLLERO *et al.*, 2009 (suínos); ALBUQUERQUE *et al.*, 2006 (búfalos); EGITO *et al.*, 2007a (cavalo Pantaneiro); SPRITZE *et al.*, 2003 (gado Creole Lageano); SERRANO *et al.*, 2004 (bovinos); CASTRO, 2008 (ovinos da raça Crioula); SILVA *et al.*, 2012 (cavalos); e ARAUJO *et al.*, 2010 (caprinos)).

As primeiras amostras de DNA de ovelhas foram colocadas no banco em 1997 (Morada Nova e Rabo Largo Brasileiro). Bergamácia Brasileira e Crioula foram coletadas pela primeira vez em 1999, e outras raças desde 2000, com a intensificação das coleções a partir de 2005. A Barriga Negra Brasileira foi coletada pela primeira vez em 2011. Isto significa que a maioria das amostras do banco estão com menos de 10 anos de idade, o que representa as tendências genéticas atuais, mas as amostragens devem ser contínuas para

manter a representatividade e para garantir que as alterações nos padrões genéticos possam ser seguidas.

De acordo com a FAO (2011) a gestão dos recursos genéticos animais não está claramente definida como uma disciplina científica. Ela cobre uma vasta gama de medidas tomadas a fim de compreender, utilizar, desenvolver e manter esses recursos. Ela requer a avaliação das características dos recursos genéticos animais disponíveis no contexto das condições de produção prevalentes e reivindicações sociais. Além disso, deve-se levar em conta a diversidade no espaço e no tempo, bem como as tendências projetadas para o futuro.

Paiva et al. (2005), estudando a variabilidade genética das raças de ovinos brasileiras por meio de marcadores RAPD-PCR, concluíram que as cinco raças incluídas no estudo (Bergamácia, Santa Inês, Morada Nova, Somalis e Rabo Largo Brasileiro) são significativamente diferentes entre si. Na época, nem todas as raças estavam no programa de conservação devido ao pequeno número de rebanhos ou falta de contato com centros de pesquisa. Estes resultados foram confirmados por outras técnicas de biologia molecular (MCMANUS *et al.*, 2010). Estes autores sugeriram que as raças Morada Nova, Somalis e Rabo Largo Brasileiro devem ter seus esforços de conservação reforçada no Programa de Conservação de Recursos Genéticos Animais da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Nesta altura havia um esforço para recolher amostras dessas e outras raças, resultando num aumento do número de amostras e técnicas de análises (MCMANUS *et al.*, 2010).

A concentração das amostras em alguns locais pode limitar a diversidade do núcleo e afetar os resultados das pesquisas que utilizam o banco de genes. Como um dos objetivos do banco de germoplasma é manter o DNA das raças ameaçadas de extinção, a concentração de coleta desta raça poderia ser questionada. No entanto, este volume de amostras pode ser material valioso para ajudar os futuros programas de melhoramento, como a identificação da estrutura genética molecular e análise por SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms).

Duzentos e trinta amostras de animais localmente adaptados (7%) e 28 de raças comerciais (11%) não têm o local de coleta especificamente identificados. Normalmente, não mais de 5% de erro é considerado aceitável. No futuro, este fato deve ser evitado por meio da gravação das informações de coleta imediatamente, inclusive com o georreferenciamento das amostras. Esta falta de informação pode afetar outros aspectos da integridade dos dados.

De acordo com a ARCO, existem 27 raças oficialmente reconhecidas pelo MAPA no Brasil. O banco de germoplasma da Embrapa não tem amostras de Merino, Ideal, Karakul, Sann, Polypay, Romney Marsh, Lacaune, Border Leicester, Cariri, White Dorper ou East Friesian. Destas, apenas a Cariri é uma raça brasileira adaptada a locais do Estado de Paraíba. Sete raças especializadas foram amostradas, mas possuem apenas 250 amostras, incluindo mestiços. Embora o banco seja em grande parte formado por raças adaptadas localmente, as amostras de outras raças são necessárias para o acompanhamento das alterações genéticas, pesquisas sobre reprodução e introgressão de genes (PAIVA *et al.*, 2005).

Mariante *et al.* (2003) afirmaram que havia, na época, 15 raças ou grupos genéticos de ovinos naturalizados do Brasil e nove raças exóticas. Dessas nove, quatro não têm amostras em bancos de genes (Cariri, Sabugi, Angorá). Não há registros da Sabugi, que é, possivelmente, do grupo Soinga, ainda não reconhecida como uma raça pela ARCO e, possivelmente, a Angora foi erroneamente classificada como ovino, em vez de caprino. Esclarecimentos são necessários sobre essas ambiguidades.

6. CONCLUSÃO

A presente tese de doutorado proporcionou um maior entendimento da dinâmica espaço-temporal da produção de ovinos no Brasil, além de prover subsídios para análises complexas que envolvem a gestão da produção e dos recursos genéticos no país.

A análise dos mapas de crescimento, de aceleração e do ponto médio da produção de ovinos no Brasil apresentaram um panorama com maior clareza da dinâmica da produção dos ovinos nos municípios do Brasil entre os anos de 1976 a 2010.

Foi possível confirmar que os municípios do Sul e do Nordeste mantiveram ao longo do período altos níveis de produção, reafirmando a tradição da ovinocultura nessas regiões. Apesar disso, nos mapas de crescimento, aceleração e ponto médio, foi perceptível a redução do crescimento e a desaceleração da produção nos municípios da região Sul, ilustrando assim a crise da lã no fim da década de 80 até meados da década de 90.

Enquanto isso, os municípios do Nordeste apresentaram produção estável ao longo dos anos, apesar das reduções de crescimento e desacelerações causadas pela informalidade da produção, pelas condições climáticas desfavoráveis que interferem na saúde do animal ou na qualidade da alimentação, ou então como foram representadas nas áreas de limite entre Bahia, Piauí e Pernambuco, causadas pelo impacto ambiental da construção da Barragem de Sobradinho na década 70.

O mapa do ponto médio da produção ao longo do tempo também indicou o fluxo da produção para a direção nordeste. Esse resultado pode ser explicado pela mudança do foco da atividade para a produção de animais de corte. Assim, outros municípios, não só os da região nordestina, mas do Centro-Oeste e Norte, passaram também a desenvolver a ovinocultura, mas ainda de forma incipiente.

A análise por meio da PCA juntamente com a classificação utilizando SOFM apresentou com maior clareza a dinâmica da produção dos ovinos nos municípios do Brasil entre os anos de 1976 a 2010, demonstrando grande potencial para utilização desses métodos em dados de produção multitemporal.

O SOFM foi essencial para o entendimento da dinâmica da produção de ovinos no Brasil, demonstrando de forma simples as relações entre os grupos de municípios e o comportamento dessa produção ao longo do período analisado.

Com os métodos aplicados foi possível confirmar que os municípios do Sul e do Nordeste mantiveram ao longo do período altos níveis de produção. Dessa forma, as técnicas aplicadas para análise da dinâmica da produção mostraram-se bastantes eficientes.

Em relação à análise espacial das variáveis ambientais, essa forneceu uma nova perspectiva para a compreensão de aspectos da produção de ovinos no Brasil. Uma extensa área com as mesmas características dos maiores produtores de ovinos no Brasil foi mostrada e esta informação pode ser utilizada para auxiliar no planejamento da expansão da ovinocultura, bem como demonstra que deve-se considerar as características ambientais regionais e as características específicas das raças a serem introduzidas em um determinado local.

As áreas com as mesmas características ambientais das grandes produtoras mostram a tendência à expansão, uma vez que essas estão de acordo com as áreas com produção incipiente, definidas empiricamente pelos produtores.

Apesar da possibilidade de expansão da produção no Brasil (MORAIS NETO et al, 2003), a atividade possui informalidade no que é produzido internamente, dificultando sua consolidação, demonstrando com clareza a necessidade de um plano de gestão para a produção no Brasil que considere as características ambientais das regiões individualmente para que exista maior possibilidade de consolidação da mesma.

A forma de expansão da produção de acordo com as características ambientais e dos animais deve ser bem pensada. Um exemplo claro é a possibilidade de expansão de espécies deslanadas para a região centro-oeste, no Mato Grosso do Sul, que faz surgir alguns questionamentos a respeito, por exemplo, do comportamento do casco do animal em uma área que inunda periodicamente. Será que a semelhança nos ambientes é o suficiente para a criar animais de diferentes raças? Ou seja, quais as implicações do crescimento da produção quando considerados apenas as características ambientais.

O Banco de Germoplasma Animal tem cumprido o seu papel de armazenar o material genético de raças ameaçadas de extinção. É necessário atualizar o núcleo de conservação, bem como a coleta de amostras em outros locais fora do núcleo para algumas raças. São necessárias informações sobre a distribuição dos animais por raça no país para melhorar e consolidar o banco de germoplasma de amostragem com abrangência nacional para ovinos no Brasil.

Os bancos de genes são repositórios onde são armazenadas a variabilidade genética de uma ou mais espécies ou raças, e manter a variabilidade genética é essencial para programas de melhoramento genético, garantindo a possibilidade de desenvolver novos produtos dentro de projetos de seleção e/ou cruzamentos entre animais de diferentes raças. A base de dados espacial de amostras permite a avaliação da qualidade do banco de germoplasma de amostragem. Foi possível observar que a falta de pontos de coleta para algumas raças e em alguns estados, bem como a concentração de amostras perto de centros da Embrapa e seus parceiros, exigem um maior esforço na amostragem para o banco.

Como o processo de aquecimento global e as perspectivas de condições climáticas tornam-se cada vez mais complicadas (MCMANUS *et al.*, 2011), a conservação de raças adaptadas cresce em importância. Isto é porque os animais destas raças são mais tolerantes à falta de água, o stress nutricional e térmico (MCMANUS *et al.*, 2010). Assim, sua conservação e utilização seria uma forma de garantir maior segurança alimentar para toda a sociedade.

A manutenção da diversidade genética das raças naturalizadas de animais domésticos ainda está em situação de risco no Brasil. Apesar dos esforços para sua conservação e o recente apoio das agências de fomento em pesquisa, há uma grande dicotomia entre o uso e ações de conservação, o que dificulta a realização de pesquisas no campo (ARAÚJO e PAIVA, 2006). Incentivos para a conservação dos recursos genéticos animais levou a ações como a redução ou isenção da taxa de inscrição pela ARCO (FACÓ *et al.*, 2008), a criação de novos centros de pesquisa de gado e um aumento nas pesquisas com estas raças que tenham sido publicadas em nível nacional e revistas internacionais (PAIVA *et al.*, 2011; LÔBO *et al.*, 2011). Os exemplos nesta base de dados têm sido usados para orientar políticas públicas sobre o uso de marcadores moleculares para determinar o parentesco em rebanhos (ARAÚJO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2012). Para estas ações terem efeitos de longa duração precisam de informações geradas confiáveis e amostras no banco de genes representativos dos sistemas de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, H.M.A F; OLIVEIRA, E; ALVES, F. Desafios sanitários e de manejo na ovinocultura. **Ciência Animal Brasileira**. 2009. Acesso em novembro de 2012. Disponível em <https://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/viewFile/8527/5991>
- ALBUQUERQUE, M.S.M., EGITO, A.A., MARQUES, J.R.F., CIAMPI, A.Y., MARIANTE, A.S., CASTRO, S.T.R., COSTA, M.R., PAIVA, S.R., SILVA, A.C.M., CONTEL, E.P.B. Variabilidade genética em búfalos estimada por marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 41, 623-628. 2006.
- ANDERSON, C.D.; EPPERSON, B.K.; FORTIN, M.; HOLDEREGGER, R.; JAMES, P.M.A.; ROSENBERG, M.S.; SCRIBNER, K.T.; SPEAR, S. Considering spatial and temporal scale in landscape-genetic studies of gene flow. **Molecular Ecology**, V.19, 3565–3575, 2010.
- ANTONINO, A.C.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; DALL’OLLIO, A.; SALCEDO, I.H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000.
- ARAÚJO, A., PAIVA, S.R. **Perspectivas das raças naturalizadas caprinas e ovinas deslançadas no Brasil**. 2006. Disponível em: www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/894418/1/AACPerspectivasdasracas.pdf. Acesso em 29 de julho de 2011.
- ARAÚJO, A.A., GUIMARÃES, S.E.F., PEREIRA, C.S., LOPES, O.S., RODRIGUES, M.T., MACHADO, T.M.M. Paternity in brazilian goats through the use of DNA microsatellites. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39, 1011-1014. 2010.
- ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V.; CHIZZOTTI, M.L.; TURCO, S.H.N.; CARVALHO, F.F.R. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.326-336, 2010 (supl. especial)
- ATKINSON, P. M.; TATNALL, A. R. L. Neural networks in remote sensing - Introduction. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 4, p. 699-709, Mar. 1997.
- BALKENHOL, N., GUGERLI, F., CUSHMAN, S.A., WAITS, L.P., COULON, A., ARNTZEN, J.W., HOLDEREGGER, R.; WAGNER, H.H. Identifying future research needs in landscape genetics: where to from here? **Landscape Ecology**, 24, 455–463. 2009.
- BOFILL, F.J. **A reestruturação da ovinocultura gaúcha**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1996. 137p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Caprinos e ovinos - Agenda Estratégica 2010 – 2015. Brasília : Mapa/ACS, 56 p, 2011.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; CRUZ, O.G.; CORREA, V. **Análise espacial de áreas**. In: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (Eds). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA, 2004
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. Representações computacionais do espaço: Um diálogo entre a geografia e a ciência da Geoinformação. **Revista Geografia (UNESP)**, 28(1):83-96, jan/abril 2003.

CAMPBELL, WB; FREEMAN, DC; EMLLEN, JM. Correlations between plant phylogenetic and functional diversity in a high altitude cold salt desert depend on sheep grazing season: Implications for range recovery. **Ecological Indicators**, v.10, n.3, p.676-686, 2010.

CARLOS, A.F.A. **A condição espacial**. São Paulo. Contexto, 2011.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia>. Acesso em: setembro de 2012.

CASTANHEIRA, M., PAIVA, S.R., LOUVANDINI, H., LANDIM, A.V., FIORAVANTI, M.C.S., DALLAGO, B.S.L., CORRÊA, P.S., MCMANUS, C. Use of heat tolerance traits in discriminating between groups of sheep in central Brazil. **Tropical Animal Health and Production**. 42, 1821-1828. 2010.

CASTRO, S.R. **Diversidade e estrutura genética de ovinos crioulos lanados do Brasil**. Tese (doutorado)—Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Genética e Morfologia, 111p. 2008.

CAVALCANTE, A.C.R.; NEIVA, J.N.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; VIEIRA, L.S. Produção de Ovinos e Caprinos de Corte em Pastos Cultivados sob Manejo Rotacionado. **Circular Técnica on line EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS**. Embrapa: Sobral, CE, Dezembro, 2005

CIRILLO, B. 2012. **Informalidade prejudica oferta de ovinos e caprinos no Brasil** Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/informalidade-prejudica-oferta-de-ovinos-e-caprinos-no-brasil> Acesso em: Julho de 2012

COSTA, R.; CARTAXO, F.Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.R.E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.3, p. 497-506, jul/set, 2008

COSTA, R.G.; ALMEIDA, C.C.; PIMENTA FILHO, E.C.; HOLANDA JUNIOR, E.V.; SANTOS, N.M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região Semiárida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p. 195-205, 2008.

DECONTO, J. G. (Org.). **Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. 2 ed. Campinas, SP: Embrapa, v. 1, 2008

EGITO, A.A., ALBUQUERQUE, M.S.M., MARIANTE, A.S. Situação atual da caracterização genética animal na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. In: **II Simpósio de recursos genéticos para América Latina e Caribe - SIRGEALC**, Anais..., Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, CD80. 1999.

EGITO, A.A., FUCK, B.H., MCMANUS, C., PAIVA, S.R., ALBUQUERQUE, M.S.M., SANTOS, S.A.S., ABREU, U., SILVA, J.A., SERENO, F.T.P., MARIANTE, A.S. Genetic variability of Pantaneiro horse using RAPD-PCR markers. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36, 799-806. 2007a.

EGITO, A.A., PAIVA, S.R., ALBUQUERQUE, M.S.M., MARIANTE, A.S., ALMEIDA, L.D., CASTRO S.R., GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite based genetic diversity and relationships among ten and commercial cattle breeds raised in Brazil. **BMC Genetics**, 8, 83. 2007b.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Caprinos and Ovinos (CPNC). **Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos de Corte para o Nordeste Brasileiro**. Disponível em: <www.cnpc.embrapa.br>. Acesso em dezembro de 2011.

- ENGEL, P.M. Inteligência Artificial e Redes Neurais em Prospecção Ambiental e Sensoriamento Remoto. In: Simpósio de Aplicações da Informática em Biologia, InfoBio'93, I, Campinas, 1993. Proceedings. Campinas: [S.n.], 1993. p.24-25.
- EPPELSON, B.K.; MCRAE, B.H.; SCRIBNER, K.; CUSHMAN, S.A.; ROSENBERG, M.S.; FORTIN, M.; JAMES, P.M.A.; MURPHY, M.; MANEL, S.; LEGENDRE, P.; DALE, M.R.T. Utility of computer simulations in landscape genetics. **Molecular Ecology**, v.19, p.3549–3564, 2010.
- ESCUADERO, A.; IRIONDO, J.M.; TORRES, M.E. Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. **Biological Conservation**, v.113, p.351-365, 2003
- ETHERINGTON, T. R. Python based GIS tools for landscape genetics: visualizing genetic relatedness and measuring landscape connectivity. **Methods in Ecology and Evolution**, v.2, p. 52–55, 2011.
- FACÓ, O., PAIVA, S.R., ALVES, L.R.N., LOBO, R.N.B., VILELLA, L.C.V. **Raça Morada Nova: origem, características e perspectivas**. Embrapa Caprinos: Sobral. 2008.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Estado da tecnologia avançada na gestão dos recursos genéticos animais. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/a1260p/a1260p04.pdf>>. Acesso em outubro de 2011.
- FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Statistics: animal productions**. Disponível em: <http://www.fao.org/index_en.htm>. Acesso em: Setembro de 2012.
- FERREIRA, AURÉLIO BUARQUE DE HOLLANDA. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 2. Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.
- FORTIN, M. J.; DALE, M.; HOEF, J. **Spatial analysis in ecology**. In: ELSHAARAWI, A. H. & PIEGORSCH, W. W. (eds.). *Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester, John Wiley & Sons. 2002.
- FORTIN, M.J.; GUREVITCH, J. **Mantel Tests: Spatial structure in field experiments**. In: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J. (Eds.). *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Oxford University Press, New York, New York. 415 p, 2001.
- FUNG, T.; LEDREW, E. 1987. Application of principal components analysis to change detection. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 53:1649–1658.
- GARCIA, C. A. **Ovinocultura e Caprinocultura**. Marília: Universidade de Marília, 2004. 22 f.
- GONÇALVES, G.L., MOREIRA, G.R.P., FREITAS, T.R.O., HEPP, D., PASSOS, D.T., WEIMER, T.A. Mitochondrial and nuclear DNA analyses reveal population differentiation in Brazilian Creole sheep. **Animal Genetics**. 41, 308-310. 2010.
- GUAJARDO, J.C.R.; SCHNABEL, A.; ENNOS, R.; PREUSS, S.; OTERO-ARNAIZ, A.; STONE, G. Landscape genetics of the key African acacia species *Senegalia mellifera* (Vahl) – the importance of the Kenyan Rift Valley. **Molecular Ecology** V.19, 5126–5139, 2010.
- GUILLOT, G.; ESTOUP, A.; MORTIER, F.; COSSON, J.F. A Spatial Statistical Model for Landscape Genetics. **Genetics**, v. 170: p.1261–1280, 2005.
- HARTSHORNE, R. **Perspective on the Nature of Geography**. Association of American Geographers, Monograph Series, No. 1. Chicago: Rand McNally. 1959.

- HARVEY, D. **O enigma do capital e as crises do capitalismo**. São Paulo: Boitempo, 2011.
- HERMUCHE, P.M.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; PAIVA, S.R.; MCMANUS, C.M. **Applied Geography**, v. 44, 172–181, 2013.
- HERMUCHE, P.M.; MARANHÃO, R.L.A.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; PAIVA, S.R.; MCMANUS, C.M. Dynamics of Sheep Production in Brazil. **International Journal of Geo-information**, 2, 665-679, 2013.
- HERMUCHE, P.M.; SILVA, N.C.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; PAIVA, S.R.; MCMANUS, C.M. Dynamics of sheep production in Brazil using principal components and auto-organization features maps. **Revista Brasileira de Cartografia**, n 64/6: 821-832, 2012.
- HERPIN, P., CHARLEY, B. Quel avenir pour les recherches en productions et santé animales? **Animal Production**. 21, 137-143. 2008.
- HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H.A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J.; LYNAM, J.; RAO, P. P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERÉ, C.; ROSEGRANT, M. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. **Science**, 327:822-827. 2010.
- HOFFMANN, A.A.; WILLI, Y. Detecting genetic responses to environmental change. **Nature Reviews Genetics**, N. 9, V. 6, p421-432, 2008.
- HOLDEREGGER, R.; WAGNER, H.H. A brief guide to landscape genetics. **Landscape Ecology**, 21, 793–796. 2006.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. **Pesquisa pecuária municipal 2009**: efetivo dos rebanhos. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 16 de julho de 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2008**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em janeiro de 2012.
- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Municipal - Geociências**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias Acesso em: maio de 2012
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. 2010.Rio de Janeiro: IBGE, v. 38, p.1-65
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatórios metodológicos - Volume 6**. Pesquisas agropecuárias / IBGE, Departamento de Agropecuária. 2. ed. Rio de Janeiro : IBGE, 92p. 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em: Maio de 2012.
- IICA. Instituto Interamericano de Cooperação Para Agricultura. **Estudo das Cadeias Produtivas de Apicultura, Ovinocaprinocultura e Piscicultura para Inserção competitiva e sustentável no mercado conforme a estratégia de DRS do Banco do Brasil. SÍNTESE DO RELATÓRIO FINAL DA PESQUISA (Documento Executivo)**. Abril de 2010, 628p.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. **Relatório de mudanças climáticas.**

Acesso em: Maio de 2012. Disponível em:

http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_4.pdf

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. **Climate Change: The Physical Science Basis. Working Group I Report.** Disponível em:

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>. Acesso em janeiro de 2012.

JOOST, S; COLLI, L; BARET, PV. Integrating geo-referenced multiscale and multidisciplinary data for the management of biodiversity in livestock genetic resources. **Animal Genetics**, v. 41, p.47-63, 2010.

KIJAS, J. W., J. A. LENSTRA, B. HAYES, S. BOITARD, L. R. PORTO NETO, M. SAN CRISTOBAL, B. SERVIN, R. MCCULLOCH, V. WHAN, K. GIETZEN et al. Genome-wide analysis of the World's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. **PLoS Biology**, 10:e1001258. 2012.

KOHONEN, T.1988. Self-Organization and Associative Memory. Springer-Verlag, Berlin.

LA BLACHE, V. Os Gêneros de Vida na Geografia Humana. Nossos Clássicos: Geografia Geral. **GEOgraphia**, Ano 7, n 13, 2005

LEITE, E.R. 2004. **A produção de ovinos em regiões tropicais é realmente viável?**

Disponível

em:<http://www.nordeste rural.com.br/nordeste rural/matler.asp?newsId=1827> Acessado em: Julho de 2012

LEWONTIN, R. C. **What Do Population Geneticists Know and How Do They Know It?**

In: Biology and Epistemology. Ed. Creath,R. ; Maienschein, J, p. 191-214. Cambridge: Cambridge University Press. 2000.

LOBO, R., PEREIRA, I.D.C., FACO, O., MCMANUS, C.M. Economic values for production traits of Morada Nova meat sheep in a pasture based production system in semi-arid Brazil. **Small Ruminant Research**. 96, 93-100. 2011.

LOPES, F. B. ; SILVA, M. C. ; MIYAGI, E.S. ; BORJAS, A.R.; FIORVANTI, M.C.S.; FACÓ, O. ; GUIMARAES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A. ; **MCMANUS, C.**

Spatialization of climate, physical and socioeconomic factors that affect the dairy goat production in Brazil and their impact on animal breeding decisions. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 2012. (in press).

MANEL, S.; JOOST, S.; EPPERSON, B.K.; HOLDEREGGER, R.; STORFER, A.; ROSENBERG, M.S.; SCRIBNER, K.T.; BONIN, A.; FORTIN, M.J.E. Perspectives on the use of landscape genetics to detect genetic adaptive variation in the field. **Molecular Ecology** 19(17):3760-72, 2010.

MANEL, S.; SCHWARTZ, M.K.; LUIKART, G.; TABERLET, P. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. **Trends in Ecology and Evolution**, Vol.18 No.4, 2003.

MARIANTE, A., MCMANUS, C., MENDONÇA, A. **Country report on state of animal genetic resources: Brazil.** Embrapa-Cenargen: Brasília. 2003.

MARIANTE, A.S. ; ALBUQUERQUE, M.S.M. ; EGITO, A.A. ; MCMANUS, C. M. ; LOPES, M ; PAIVA, S.R. ; McManus, C. M. . Present status of the conservation of livestock genetic resources in Brazil?. **Livestock Science**, v. 120, p. 204-212, 2009.

- MARIANTE, A.S., CAVALCANTE, N. **Animais do descobrimento: raças domésticas da história do Brasil**. Embrapa-Cenargen: Brasília. 2000.
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. E, GUIMARÃES, R. F. 2004. **Ecologia de paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil**. Documentos técnicos 121. Planaltina, EMBRAPA Cerrados.
- MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista RA´E GA**. Curitiba, UFPR, N.8, P.83-91, 2004.
- MCMANUS, C. M. ; PALUDO, G.R.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L.C.B.; PAIVA, S.R. Heat Tolerance in Brazilian Sheep: Physiological and Blood Parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 9, p. 1, 2009.
- MCMANUS, C., LOUVANDINI, H., PAIM, T.P., MARTINS, R.F.S., BARCELLOS, J.O.J., CARDOSO, C.C., GUIMARAES, R.F., SANTANA, O.A. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 40, 107-120. 2011.
- MCMANUS, C., LOUVANDINI, H., PAIVA, S.R., OLIVEIRA, A.A., AZEVEDO, H.C., MELO, C.B. Genetic factors of sheep affecting gastrointestinal parasite infections in the Distrito Federal, Brazil. **Veterinary Parasitology**. 66, 308-313. 2009b.
- MCMANUS, C., PAIVA, S.R., OLIVERA, R.A. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39, 236-246. 2010.
- MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L. C.B. ; BIANCHINI, E. ; BERNAL, F. E.M. ; PAIVA, S.R. ; PAIM, T. P.. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 1, 2010b.
- MCMANUS, C.; PAIVA, S. R.; ARAÚJO, R. O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 236-246, 2010a.
- MCMANUS, C.; PAIVA, S. R.; ARAÚJO, R. O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 236-246, 2010b.
- MCMANUS, C.M., PALUDO, G.R., LOUVANDINI, H., GUGEL, R., SASAKI, L.C.B., PAIVA, S.R. Heat tolerance in brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**. 41, 95-101. 2009a.
- MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável Território Sertão do São Francisco – BA**. Bahia, 125p, Maio 2008.
- MEEUWIG, M.H.; GUY, C.S.; KALINOWSKI, S.T.; FREDENBERG, W.A. Landscape influences on genetic differentiation among bull trout populations in a stream-lake network. **Molecular Ecology** V.19, 3620–3633, 2010.
- MELO, L. A. M. P.; BURLE, M. L.; NORONHA, S. E. **Sistema de Informação Geográfica Aplicado a Recursos Genéticos**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.
- MILLER, M. P. Alleles In Space: Computer software for the joint analysis of interindividual spatial and genetic information. **Journal of Heredity** 96: 722-724. 2005
- MIRKENA, T.; DUGUMA, G.; HAILE, A.; TIBBO, M.; OKEYO, A.M.; WURZINGER, M.; SÖLKNER, J. Genetics of adaptation in domestic farm animals: A review. **Livestock Science**.v.132, p1–12, 2010.

- MOLION, L. C.B. Efeitos dos Vulcões no Clima. Revista Ciências Hoje. 1996.
- MOLION, L.C.B., TOLEDO, M.R. **Seca de 1992/93 em Alagoas**. Anais do VIII Congresso de Meteorologia, 1994.
- MORAES NETO, O.T.; RIDRIGUES, A.; ALMEIDA, A.C.; ALBUQUERQUE, S.M. **Capacitação de agentes de desenvolvimento rural (ADRs) para a caprinovinocultura**. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2003. 114p.
- MORAES, A.C.R. **Geografia – Pequena História Crítica**. São Paulo: Hucitec, 1981.
- MORAES, A.C.R. **Ratzel**. Coleção grandes cientistas sociais. São Paulo: Ática, 1990.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Catálogo de imagens**. Acessado em : fevereiro de 2012. Disponível em http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. **SRTM Hydroshed**. Acessado em : março de 2012. Disponível em : <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/datasource.php>
- NEPOMUCENO, A. M. Uso de Rede Neural Artificial Não Supervisionada na Classificação de Dados de Radar na Banda-P para Mapeamento de Cobertura da Terra em Floresta Tropical. São José dos Campos: DPI-INPE, 2003. (Dissertação de Mestrado).
- NETTO, E.T.; TORRES, F.A. **A carne ovina e o coração**. 2008. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br/cadeia-produtiva/saude-qualidade-de-vida/a-carne-ovina-e-o-coracao-44637n.aspx> Acessado em: Maio de 2012
- OLIVEIRA, L.A.; CAMPELO, J.E.G.; AZEVEDO, D.M.M.R. *et al.* Estudo de respostas fisiológicas de equinos sem raça definida e da raça quarto de milha às condições climáticas de Teresina, Piauí. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 827-838, 2008.
- OLIVEIRA, R.P.M., OLIVEIRA, F.F. Manipulação do ciclo estral em ovinos. **PUBVET**, v.2, N.7, Fev3, 2008.
- ORAVCOVA, M; GROENEVELD, E; KOVAC, M. Estimation of genetic and environmental parameters of milk production traits in Slovak purebred sheep using test-day model. **Small Ruminant research**, v.56, n.1-3, p.113-120, 2005.
- PAGANOTI, M. P.; RODRIGUES, R.M.C. Carne Ovina: Quando começou a ser explorada e como estamos hoje? 2010. Disponível em <http://www.farmpoint.com.br/cadeia-produtiva/editorial/carne-ovina-quando-comecou-a-ser-explorada-e-como-estamos-hoje-62155n.aspx> Acessado em: março de 2012.
- PAIVA, S.R., SILVÉRIO, V.C., EGITO, A.A., MCMANUS, C.M., FARIA, D.A., MARIANTE, A.S., CASTRO, S.T.R., ALBUQUERQUE, M.S.M., DERGAM, J.A. Genetic variability of the main brazilian hair sheep breeds using RAPD-PCR markers and conservation implications. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 40, 887-893. 2005.
- PARISET, L. ; JOOST, S. ; GARGANI, M. ; VALENTINI, A. Landscape Genomics in Livestock. **Analysis of Genetic Variation in Animals**, Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0093-5, InTech. 2012. Acessado em : julho de 2012. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/analysis-of-genetic-variation-in-animals/landscape-genomics-in-livestock>
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - 2005**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH->

2091%2000%20Ranking%20decrecente%20(pelos%20dados%20de%202000).htm. Acesso em: 23 de maio de 2012.

PRIMO, A.T. **América: conquista e colonização: a fantástica história dos colonizadores ibéricos e seus animais na era do descobrimento**. 1^o ed. Movimento. Porto Alegre, BR. 2004

QUAINI, M. **Marxismo e Geografia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

RAMOS, A. F.; ALBUQUERQUE, M.S.M.; MARIANTE, A.S. Banco Brasileiro de Germoplasma Animal: perspectivas e desafios da conservação de caprinos no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** (Impresso), v. 35, p. 104-107, 2011.

RAMOS, A.F., NASCIMENTO, N.V., SILVA, A.V.R., PAIVA NETO, M.A., EGITO, A.A., PAIVA, S.R., CASTRO, S.R., ALBUQUERQUE, M.S.M., MARIANTE, A.S. Qualidade do sêmen bovino estocado no banco brasileiro de germoplasma animal. In: **Simpósio Iberoamericano Sobre Conservación e Utilización de Recursos Zoogenéticos**, 10, 2009, Palmira, Colombia. Memórias... Palmira, Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2009. p.499-502. 2009.

RANGEL, T.F.L.V.B, DINIZ-FILHO, J.A.F; BINI, L.M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, 33:46-50. 2010

REIS, F. A.; ÍTAVO, C.C. B.F. 2009. Uma abordagem sobre a criação de ovinos no Brasil Central (09/2009). Agência de Notícias de Caprinos e Ovinos (ANCO). Disponível em: <http://anco.cnpc.embrapa.br/artigos.php?sequencia=33> Acesso em: Junho de 2012.

RESENDE, K.T.; SILVA, H.G.O.; LIMA, L.D.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.161-177, 2008 (supl. especial).

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; BIAGIOLI, B.; LIMA, L.D.; BOAVENTURA NETO, O.; PEREIRA JUNIOR, J.D. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.369-375, 2010 (supl. especial)

ROSENBERG, M.S.; ANDERSON, C.D. PASSaGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis. Version 2. **Methods in Ecology & Evolution**, n.2, v.3, p229-232, 2011.

ROSS, J.L.S. (Org). **Geografia do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2005.

RUTTING, T; CLOUGH, TJ; MULLER, C. Ten years of elevated atmospheric carbon dioxide alters soil nitrogen transformations in a sheep-grazed pasture. **Global Change Biology**, v. 16, n. 9, p. 2530-2542, 2010

SANTOS, M. **A natureza do Espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção**. São Paulo: HUCITEC, 1996b.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**. São Paulo: HUCITEC, 1996a.

SCHERF, B. 2008. Description of production environments to support management of farm animal breeds in marginal areas. **FAO/ARC/ILRI Workshop on Conservation, management and use of marginal farm animal genetic resources**, held at the 10th World Conference for Animal Production, Capetown, South Africa, November 25, 2008..

SEBRAE. **Informações de Mercado sobre Ovinos e Caprinos- Relatório Completo 2005**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/ovino-e->

caprino/integra_documento?documento=40B65B09464CA07D032571540041EC16
Acessado em: Julho de 2012

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Informações de mercado sobre caprinos e ovinos, relatório completo**. Brasília: 2005. 73p.

SEO, S.N., MENDELSON, R. A structural ricardian analysis of climate change impacts and adaptations in african agriculture. **Policy Research Working Paper Series 4603**. 2008.

SERRANO, G.M., EGITO, A.A., MCMANUS, C., MARIANTE, A.S. Genetic diversity and population structure of brazilian native bovine breeds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 39, 543-549. 2004.

SIBBALD, AM; OOM, SP; HOOPER, RJ. Effects of social behavior on the spatial distribution of sheep grazing a complex vegetation mosaic. **Applied Animal Behavior Science**, v. 115, n. 3-4, p.149-159, 2008.

SILVA, A.C.M. ; PAIVA, S.R. ; ALBUQUERQUE, M.S.M. ; MARIANTE, A.S. ; EGITO, A.A. ; SANTOS, S.A. ; CORRÊA, P.S. ; MCMANUS, C. M. . Genetic variability of Brazilian local horses: issues for conservation. **Genetics and Molecular Research**, 10;11(2):881-90. 2012.

SKONHOFT, A; AUSTRHEIM, G; MYSTERUD, A. A bioeconomic sheep-vegetation trade-off model: an analysis of the Nordic sheep farming system. **Natural Resource Modelling**, v.23, n.3, p. 354-380, 2010.

SMITH, N. **Desenvolvimento desigual: natureza, capital e a produção do espaço**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1988.

SOARES, A. T; VIANA, J.A; LEMOS, P.F.A. Recomendações Técnicas para Produção de Caprinos e Ovinos. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.1, n.2, p.45-51, dez. 2007 .

SOLLERO, B.P., PAIVA, S.R., FARIA, D.A., GUIMARÃES, S.E.F., CASTRO, S.T.R., EGITO, A.A., ALBUQUERQUE, M.S.M., PIOVEZAN, U., BERTANI, G.R., MARIANTE, A.S. Genetic diversity of brazilian pig breeds evidenced by microsatellite markers. **Livestock Science Journal**. 123, 8-15. 2009.

SORIO, A.; RASI, L. Ovinocultura e abate clandestino: um problema fiscal ou uma solução de mercado? **Revista de Política Agrícola**. Brasília, ano XIX, n.1, p.71-83, Jan./Fev./Mar. 2010.

SOUZA, C.A. ; PAIVA, S.R. ; MCMANUS, C ; AZEVEDO, H.C. ; MARIANTE, A.S. ; GRATTAPAGLIA, D. . Genetic diversity and assessment of 23 microsatellite markers for parentage testing of Santa Inês sheep in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, 8;11(2):1217-29. 2012.

SPRITZE, A., EGITO, A.A., MARIANTE, A.S., MCMANUS, C.M. Caracterização genética da raça bovina Crioulo Lageano usando marcadores moleculares RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 38, 1157-1164. 2003.

STORFER, A.; MURPHY, M.A.; EVANS, J.S.; GOLDBERG, C.S.; ROBINSON, S.; SPEAR, S.F.; DEZZANI, R.; DELMELLE, E.; VIERLING, L.; WAITS, L.P. Putting the 'landscape' in landscape genetics. **Heredity**, n.98, p128-142, 2007.

STORFER, A.; MURPHY, M.A.; SPEAR, S.F.; HOLDEREGGER, R.; WAITS, L.P. Landscape genetics: where are we now? **Molecular Ecology** V.19, P 3496-3514, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.

- THORNTON, P.K.; HERRERO M. Integrated crop–livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. **Agricultural Systems**, v.70, n.2-3,p.581-602, 2001.
- TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, v. 90, p. 7–19. 2000.
- TODT, V. Avaliação do desempenho de Classificadores Neurais para Aplicações em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre:CEPSRM-UFRGS,1998.(Dissertação de Mestrado).
- VASCONCELOS, V. R.; VIEIRA, L. S. A Evolução da caprino-ovinocultura brasileira. *Revista O Berro*, n52, p77-78, set-out 2002
- VIANA, J. G. A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Nº12, Porto Alegre, Março de 2008.
- VIANA, J.G.A.; SILVEIRA, V.C.P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1187-1192, 2009.
- VIANA, J.G.A.; SOUZA, R.S. Comportamento dos Preços dos Produtos Derivados da Ovinocultura no Rio Grande do Sul no Período de 1973 a 2005. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 191-199,2007.
- WAN, Z. **Collection-5 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide**. Disponível em:
http://www.icesb.ucsb.edu/modis/LstUsrGuide/MODIS_LST_products_Users_guide_C5.pdf
Acessado em: fevereiro de 2012.
- WAN, Z. **MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD) Version 3.3, 1999**. Disponível em:
http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf Acessado em: fevereiro de 2012.
- WELSH, C.S., STEWART, T.S., SCHWAB, C., BLACKBURN, H. Pedigree analysis for 5 swine breeds in the United States and the implications for genetic conservation. **Journal of Animal Science**. 88,1610-1618. 2010.
- WOLFE, M.S., BARESEL, J.P., DESCLAUX, D., GOLDRINGER, I., HOAD, S., KOVACS, G., LÖSCHENBERGER, F., MIEDANER, T., ØSTERGÅRD, H., LAMMERTS VAN BUEREN, E.T. Developments in breeding cereals for organic agriculture. **Euphytica**. 163, 323-346. 2008.
- XIMENES, L. J. F.; CUNHA, A.M.2012. Setor de Peles e de Couros de Caprinos e de Ovinos no Nordeste. Informe Rural ETENE – Banco do Nordeste, Ano VI, Nº 01, Março de 2012.
- YAHDJIAN, M.L., SALA, O.E. Climate change impacts on South America Rangelands. **Rangelands**, p.34-39. 2008.

ANEXO 1

Dynamics of sheep production in Brazil using principal components and auto-organization features maps

Potira Meirelles Hermuche, Nilton Correia da Silva, Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Samuel Rezende Paiva, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Concepta Margaret McManus

Revista Brasileira de Cartografia (2012) n. 64/6: 821-832



Revista Brasileira de Cartografia (2012) Nº 64/6: 821-832
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

DYNAMICS OF SHEEP PRODUCTION IN BRAZIL USING PRINCIPAL COMPONENTS AND AUTO-ORGANIZATION FEATURES MAPS

Dinâmica da Produção de Ovinos no Brasil utilizando Componentes Principais e Mapas Auto-Organizáveis

**Potira Meirelles Hermuche¹, Nilton Correia da Silva¹,
Renato Fontes Guimarães¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹,
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes¹, Samuel Rezende Paiva² &
Concepta Margaret McManus³**

¹Universidade de Brasília
Departamento de Geografia
CEP 70910-900, Brasília -DF, Brasil
{potira, renatofg, osmarjr, robertogomes}@unb.br

²Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Parque Estação Biológica
Avenida W5 Norte, CEP 70770-917
Brasília -DF, Brasil
samuel.paiva@embrapa.br

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Zootecnia
CEP 91.540-000, Porto Alegre - RS, Brasil
concepta.mcmanus@ufrgs.br

Recebido em 13 de junho, 2012/ Aceito em 03 de agosto, 2012
Received on June 13, 2012/ Accepted on August 03, 2012

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the multitemporal dynamics of sheep production in Brazil, considering the Federal Government's official data from 1976 to 2010. Principal Component Analysis (PCA) and Self-Organizing Maps (SOFM) were used. PCA reduced data redundancy and the colour composition of the first three principal components evidenced temporal patterns. In the SOFM classification, a type of Artificial Neural Network (ANN) with non-supervised training, different dimensions of the Kohonen map were tested. The results obtained by the two methods are complementary, evidencing the development of sheep production in the country. The southern and northeast maintained the tradition of sheep production over the analyzed period. The municipalities in the Midwest showed production growth. The techniques used were effective in multitemporal analysis, providing a greater understanding of the dynamics of sheep production in Brazil and providing subsidies for the development of appropriate public policies for its expansion.

Keywords: Multitemporal Analysis; Geographic Information Systems; Multivariate Analysis; Livestock.

RESUMO

O presente estudo objetiva avaliar a dinâmica multitemporal da produção de ovinos no Brasil, considerando os dados oficiais do Governo Federal de 1976 até 2010. No tratamento dos dados foram utilizados Análise de Componentes Principais (ACP) e Mapas Auto-Organizáveis. ACP permitiu a redução da redundância dos dados e evidenciou os padrões temporais a partir da composição colorida das três primeiras componentes principais. Na classificação pelo método SOFM, um tipo de Rede Neural Artificial com treinamento não supervisionado, foram testadas diferentes dimensões de mapas de Kohonen. Os resultados obtidos pelos dois métodos são complementares evidenciando o mesmo padrão de evolução. As regiões sul e nordeste apresentam as principais produções de ovinos no período analisado. Os municípios do Centro-Oeste tiveram crescimento da produção, mesmo que incipiente. As técnicas utilizadas foram eficazes na análise multitemporal, proporcionando uma maior compreensão da dinâmica de produção de ovinos no Brasil e fornecendo subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas adequadas para a sua expansão.

Palavras-Chave: Análise Multitemporal; Sistema de Informação Geográfica; Análise Multivariada; Produção Animal.

1. INTRODUCTION

Farm animals arrived in Brazil with settlers about 500 years ago (PRIMO, 2004; MACHADO et al., 2011). Sheep have adapted to the different climatic conditions and ecosystems of the country, even in areas with environmental controls that are quite different from the original environments in Europe and North Africa.

The species was one of the first to be domesticated and it provides meat, milk and wool for human populations (VIANA, 2008). Sheep farming is growing in Brazil, mainly due to increasing investments in non-traditional regions. Among the favourable changes that can be noted are the intensification of research focused on the production and processing of animal products, better organization of farmers, increased technology, a significant participation of financial institutions to facilitate access to credit and higher demand for products derived from sheep and goats (SEBRAE, 2005). In addition to the economic importance of the sheep industry, it has a high socio-economic impact (VIANA et al., 2007, 2009), especially in the northeast region of Brazil, where there are small farmers maintaining these animals for subsistence.

Despite difficulties related to the national agribusiness chain, such as production scale, transportation, storage and marketing (CIRILLO, 2012; XIMENES and CUNHA, 2012), sheep farming has many advantageous characteristics and profitable production is possible, for small to large scale farmers, especially with the increasing demand for healthy foods and a preference for products with high protein and low in cholesterol, saturated fats and calories, such as lamb (NETTO and TORRES, 2008).

The analysis of spatial dynamics of sheep production in the country is important to understand development tendencies and production concentration, to aid in the elaboration of public policies to consolidate this activity. In this context, the use of geo-technologies have the potential to increase knowledge about sheep production (ESCUDERO et al, 2003; ETHERINGTON, 2011) contributing to the development of appropriate public policies for the expansion of production in the country.

The application of geographic information system (GIS) techniques to study the dynamics of sheep production is not common. Several studies have used these techniques in the evaluation of diseases that affect animals (AQ) or the study of vegetation and associated pasture species, but no studies were found using these in the evaluation of production over time. These techniques include Principal Components Analysis - PCA (LI et al, 2012; SMALL, 2012) and classification methods of quantitative data.

Thus, this study aims to analyze the dynamics of multitemporal sheep production in Brazil, based on official data from the federal government, GIS procedures and multivariate methods.

2. MATERIAL AND METHODS

Data from all municipalities in Brazil were analyzed. The data of sheep production was obtained from the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) website (IBGE, 2012) Municipal Animal Production Research (Pesquisa da Pecuária Municipal), which encompass the period between 1976 and 2010. These data are relative to the number of animals on the 31st December of each year. For this survey a single model questionnaire

was used. For each species, regional peculiarities are considered, entities involved in the livestock sector, production aspects (breeds and management techniques) as well as existing resources in each municipality. Maps were generated with sheep production from municipalities' database for each year. Subsequently, these maps were converted to GRID format with spatial resolution of 1km. With the data in matrix format, temporal series of sheep production was developed.

Initial analysis of the dynamics of the production carried out by Principal Components Analysis (PCA). This technique is widely used in remote sensing for the underlying dimensions of multivariate data (FUNG & LEDREW 1987). Therefore, PCA provides a reduction of the complex data set to a lower dimension and simplified structures. Linearly transformed components from the original data are not correlated, such that the first principal component (PC1) describes the maximum possible proportion of the variance of the original data set, i.e. contains the information common to all the original variables. PC2 contains the areas of significant change and the other PCs increasingly less significant changes. The low-order principal components concentrate the noise fraction, being ignored in the analysis. Thus, PCA is an attractive data reducing technique because it preserves the total variance in the transformation and minimizes the mean square approximate errors.

The first components (which contain most relevant information and images), were used to form a "false-colour" image for colour composite RGB (Red, Green, Blue). This analysis enhances the dynamics of production over time.

Space-time patterns of sheep production were obtained by the classification of municipal data by the *Self Organizing Features Map* (SOFM) method. SOFM is a type of Artificial Neural Network (ANN) with non-supervised training, which may be described as a nonlinear, ordered, and smooth mapping of high-dimensional input data domains onto the elements of a regular, low-dimensional array (KOHONEN, 1988). The structure of input and output layers of SOFM are shown in Figure 1.

Competitive learning processes determine the set of values $\{m_i\}$ that minimizes "e" and the signal space is mapped onto the set of codebook vectors (Kohonen Map). Depending on how the competition

is targeted, when the winning neuron is determined, its output z_i is fixed at 1. All other signs of the output neurons were fixed at 0. Software was developed in C++ containing functionality for reading and classifying sets of samples.

The main interface of the software allows the user to configure which variables should be considered, the geometric parameters (height and width of the map) and the initial parameters of the SOFM training (initial rates of learning and neighbourhood decay rates) (Figure 2). In this interface there are the options for starting the SOFM training process (Start Training button) and sort the data table (Apply Classification button). The graphs are updated every learning cycle with the training error, learning rates and neighbourhoods. Once the classification process is completed, each record in the table is assigned to a group (class) map of neurons within the network.

After the training phase, each neuron of the map represents a centroid due to the dimensionality of the input data that characterizes a group of population samples. These centroids can be exported by the Export Clusters option. Each neuron may be used for a sorting process (grouping) of the input data.

As the method is relevant to the distance between neurons (i.e., the closer the neurons, the greater similarity of the data and the more distant the less similarity), we chose to use the geometry of

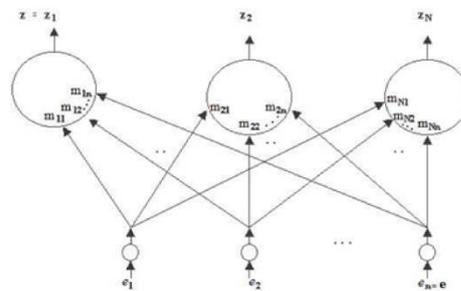


Fig. 1 - The Kohonen layer. Each of the N neurons of this layer receive n inputs e_1, e_2, \dots, e_n . Each input has an associated weight m_{ij} . Neurons compete to find the vector of weights $m_i (m_i = (m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{in}))$ which is closer to "e" (through function of distance measure D). The winner gives a signal $z_i = 1$; others emit the signal $z_i = 0$.

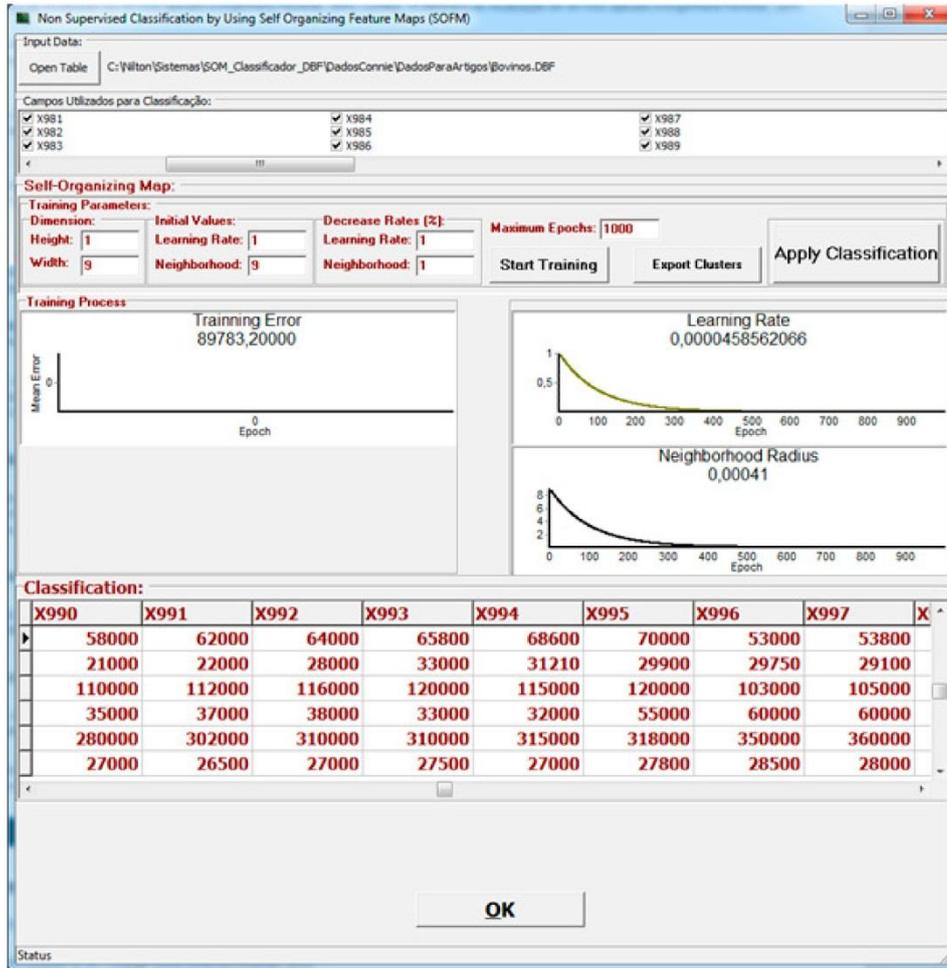


Fig. 2 - Main Interface of the system.

the data as vectors and not matrices, to highlight the extreme differences between the groups in the classification. Therefore, Kohonen maps were generated with geometry of 1x3, 1x6, 1x9, 1x12, 1x15 and 1x18.

3. RESULTS

Results of the PCA concentrate the information in the first three components, as shown by the inflection point of the eigenvalues plot (Figure 3). Near-unity eigenvalues and noise-dominated maps were observed from the fourth component. Thus, the dimensional complexity of the data is reduced to a three-dimensional space,

ensuring maximum variance and emphasizing the differences in time series.

The first component summarizes a typical pattern that was predominantly observed over the period (Figure 4a). The two traditional regions of sheep production in the Northeast and South are highlighted when compared with other areas of the country.

The second principal component, while still evidences the spatial pattern of the major sheep producing regions (although their values are opposite of the first component), begins to show deviations from typical behaviour. Thus, comparing spatial

Dynamics of sheep production in Brazil using principal components

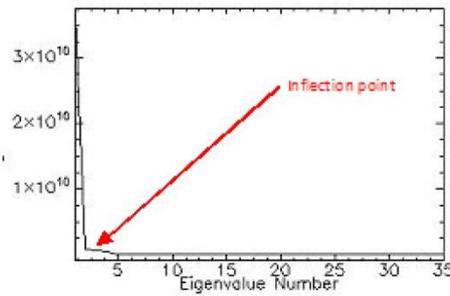


Fig. 3 – Eigenvalues plot.

maps of the first and second component, a high similarity of patterns is noted. The main differences occur within the sheep-producing areas, between municipalities with constant and variable production. The municipalities with constant production have clear tonality, being confused with the other areas with less sheep production but continuous along time. The main groups observed in PC2 have the following characteristics: (a) white municipalities that maintained constant values along the period (no, low or high productivity); (b) black municipalities that maintained high productivity; and (c) greyscale municipalities that had variation in production over the period (Figure 4b).

More interestingly, the third principal component enhances the deviations from typical behaviour. In the PC3, the differentiations have stronger responses in areas of high production and

weaker in areas of low production and monotonous behaviour (Figure 4c).

The first three components were used to form the colour composite image (Red - PC1, Green - PC2 and Blue - PC3) (Figure 5), which summarizes the dynamics of sheep production in the Brazilian municipalities along the analyzed period (1976-2010). Municipalities in the northeast and south, in red, show a fairly stable production over the period analyzed, with no particular variations in scale of production. In green are the municipalities that maintained low or had no production during the period. Municipalities in yellow, union of the colours red and green, i.e., PC1 and PC2, defines the municipalities which maintained high production throughout the period analyzed. Municipalities in blue were from PC3 represent those where production was unstable, i.e., they had showed variation in production over the period. Those that are in magenta, a mixture of red (PC1) with blue (PC3), represent those who maintained high productivity over the period analyzed.

The classification maps of municipalities from SOFM showed the production patterns according to different numbers of class (Figures 6 and 7). Each class has an associated weight vector with a dimension equal to the input time series. The individual assessment of weight vectors gives an indication of the behaviour of sheep production for a particular class. Graphs show the curves of the weight vectors for the class maps. The extreme points on a Kohonen map always indicate distinctive production groups, i.e., sites with higher or lower

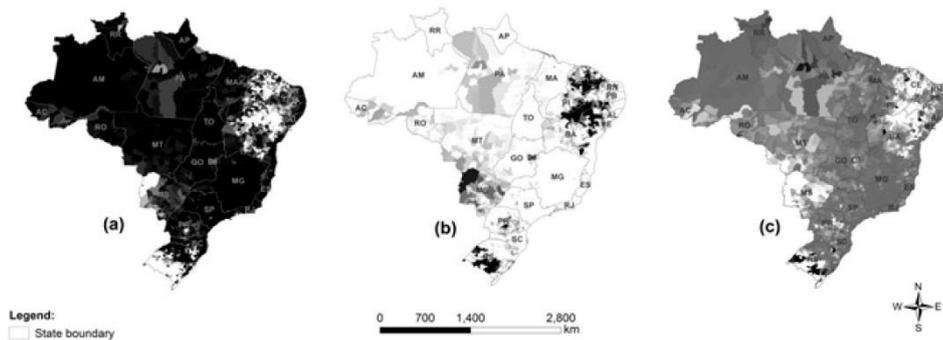


Fig. 4 – First three principal components (a-PC1, b-PC2, c-PC3) of sheep production between 1976 and 2010 in Brazil

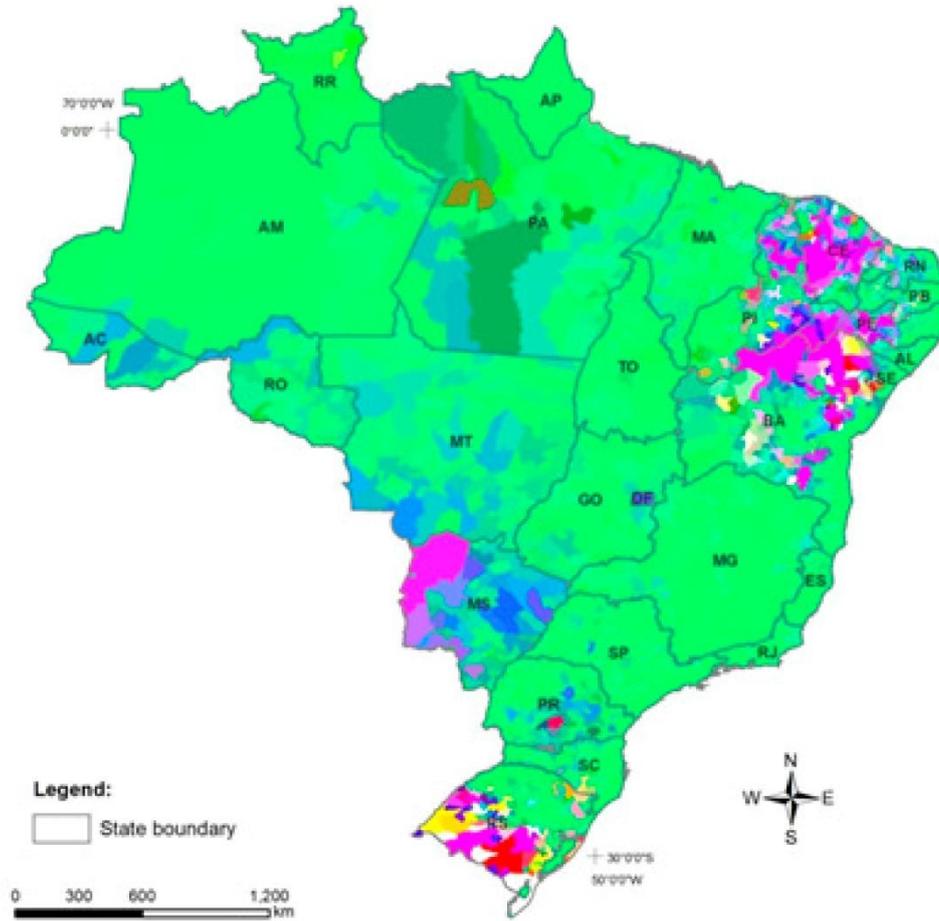


Fig. 5 - Colour composition (RGB) of the first three principal components (PC) for changes in sheep production in Brazil between 1976 and 2010: PC1 (Red), PC2 (Green) and PC3 (Blue).

production over time. Increasing the number of classes enables to establish a progressive sequence for sheep production among municipalities.

SOFM classification using three classes shows the south with the highest values over time and the rest of Brazil (**Figure 6a**). The increase of number of classes enables to highlight spatial patterns more complex with the inclusion of other producers regions that lying in the range between these two extremes. The map with six classes (**Figure 6b**) shows the initial inclusion of municipalities in the Northeast, confirmed in the nine class map (**Figure 6c**) with an increasing number of these municipalities.

The map 1x12 (**Figure 7a**) shows the inclusion of municipalities in Central Brazil, along with the 1x15 map (**Figure 7b**), until the result of the 1x18 map (**Figure 7c**), which also shows the inclusion of municipalities in the North. Thus, increasing the number of classes provides sensitive change in the detection in sheep production, in which municipalities are added with incipient growth, mainly in the Midwest (IBGE, 2010).

The Kohonen maps corroborate the result of colour composition with three first principal components, indicating the separation of municipalities from production over time. The main

Dynamics of sheep production in Brazil using principal components

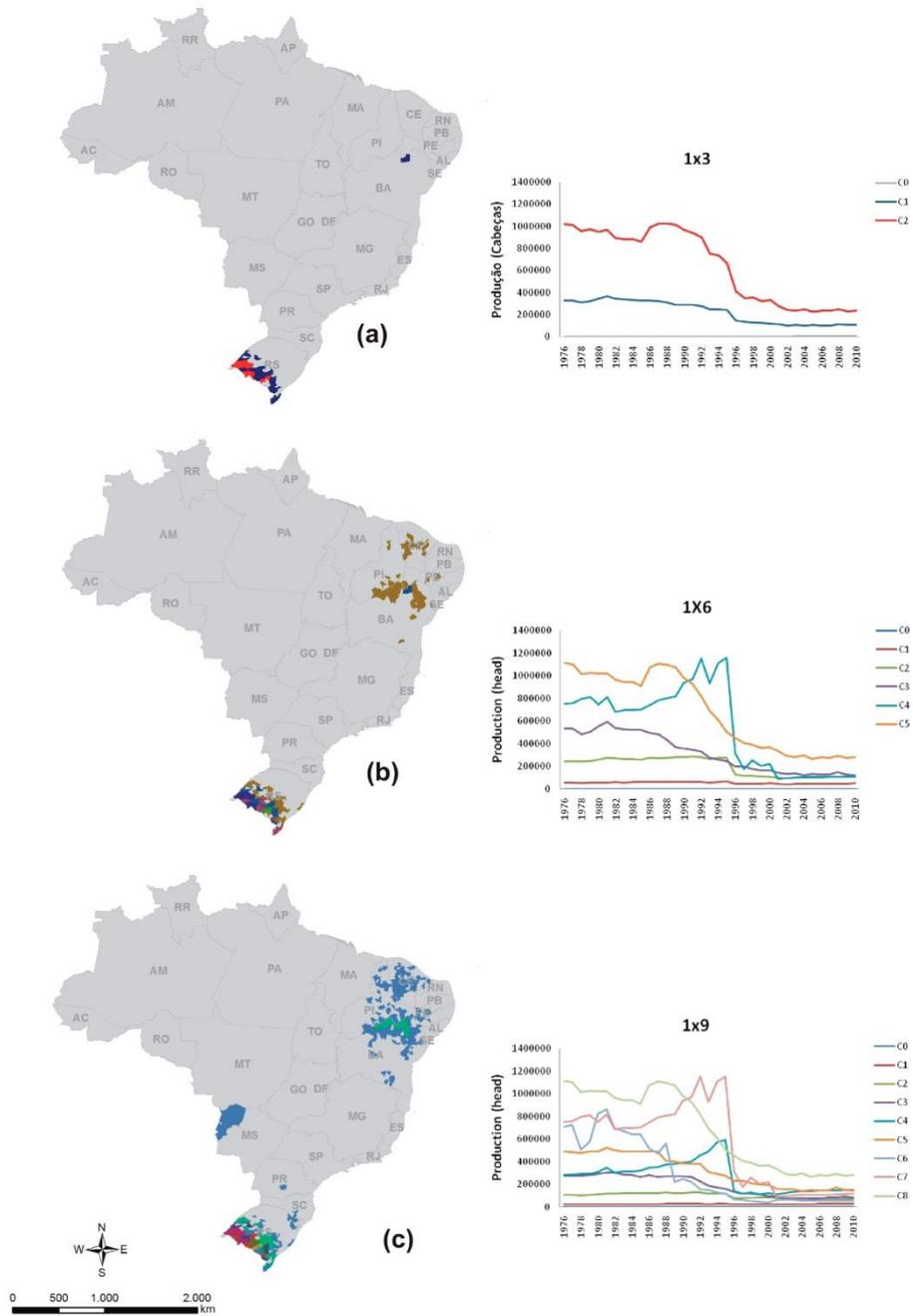


Fig. 6 - SOM classification maps for sheep production with: (a) 3 classes (b) 6 classes, and (c) 9 classes. The graphs show the temporal curves of sheep production for classes mapped.

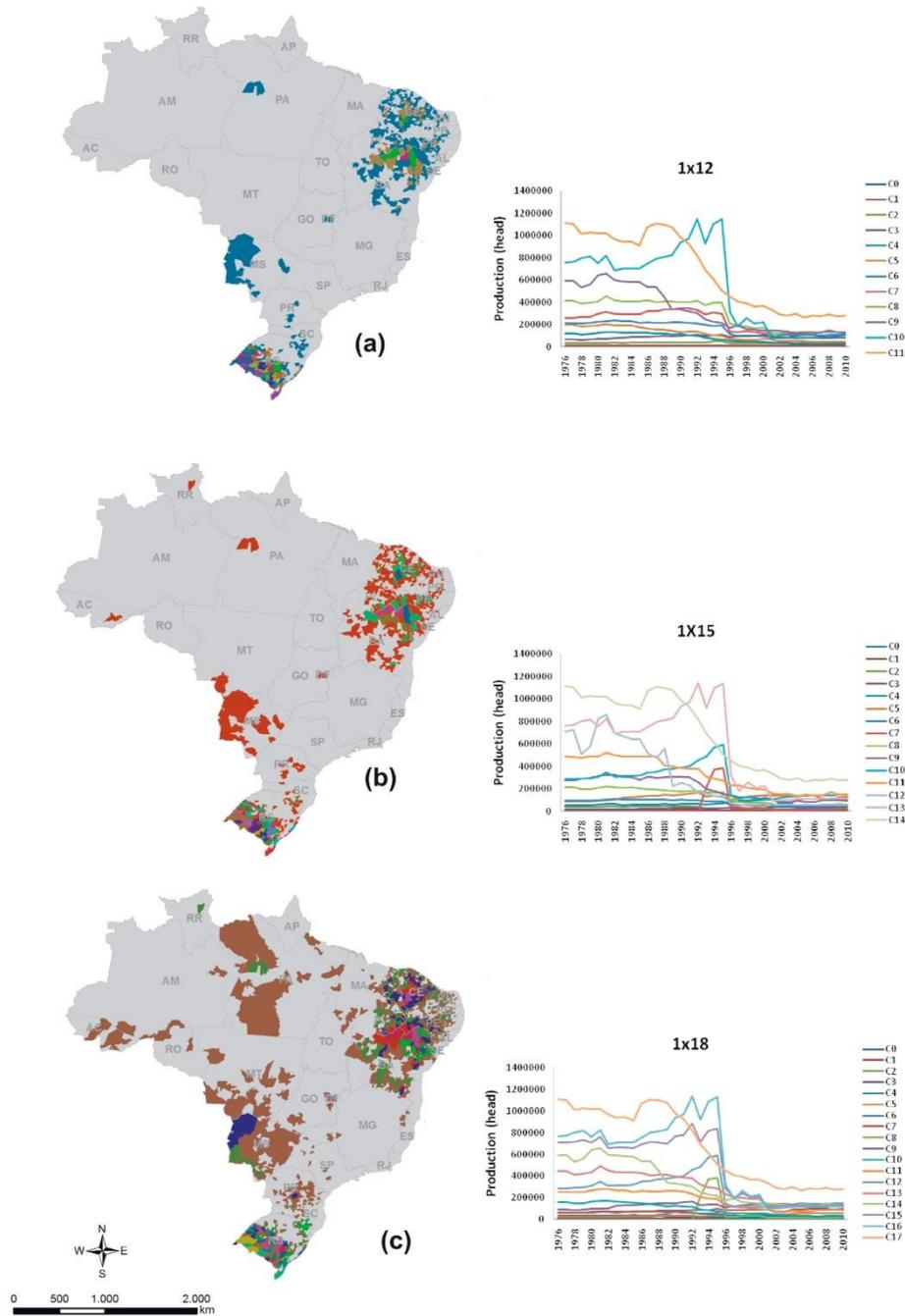


Fig. 7 - SOM classification maps for sheep production with: (a) 12 classes (b) 15 classes, and (c) 18 classes. The graphs show the temporal curves of sheep production for classes mapped.

classes are: (a) municipalities of the south with high production throughout the period; (b) municipalities in the Northeast with further growth to the south, where production remained high over time analyzed; (c) municipalities in the Midwest and North with intermediate or variable growth over time, and (d) municipalities that maintained little or no production.

4. DISCUSSION

According to statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2012), Brazil has the 8th largest sheep flock of the world and with an estimated size of about 16 million head, with regions Northeast and South concentrating more than 50% of the herd (IBGE, 2012). Currently, the Northeast region holds the majority of the total sheep flocks in Brazil with 56.35%. The South is in second place with 31.6% (IBGE, 2012), but this situation has changed over time.

In the 1970s, the South had the largest flock in the country, with approximately 13 million head. This explains the result of 1x3 Kohonen map, which highlights the municipalities of the south. In the 1990s, with the advent of synthetic fabrics came "the wool crisis" when the sheep flock in Brazil decreased, mainly in the southern region, causing the farmers changed the focus from wool to meat production (ALBUQUERQUE, 2009). This situation has caused serious damage to wool-producing countries such as Brazil, resulting in a large reduction in the growth of wool sheep production (BOFILL, 1996), which were concentrated in the southern region of Brazil. This situation favoured the growth of production in the Northeast, specializing in hair breeds. Those municipalities with stable or increasing growth should be considered as being more viable for receiving investments.

In 1990, a reversal of sheep production became the Northeast the largest producer, evidenced by increased production from large farmers, while the southern region decreases production.

The SOFM maps analysis of according to the geometry clearly indicated the trend of production growth over time, starting in southern Brazil, extending to the northeast and subsequent growth (although incipient) in the Midwest, mainly in the state of Mato Grosso do Sul. The latter had increased production over the period analyzed, demonstrating

a new trend in sheep in Brazil (RESENDE et al., 2010), especially derived from government incentives to expand production of meat.

There was a sharp drop in the sheep production of all groups from the year 1996. This can be explained by a change in the methodology for collecting data by the IBGE (2002). According to the document "Agricultural Research" (IBGE, 2002), there were changes in data collection instruments in relation to structure, form and content to adapt them to the electronic data processing system.

As the results show, there is an increase in area of sheep production in Brazil showing that farmers consider it a promising livestock activity, mainly for meat production. Resende et al. (2008) state that effective productive capacity of the species has evolved due to several factors, including genetic improvement aimed at producing meat and milk, nutrition, health, among others.

There is a need, however, greater integration between the sheep industry, the development of new technologies, modernization of production and animal breeding, and these indispensable tools to enhance competitiveness in the sector (REIS, 2009; SORIO and RASI, 2010).

According to McManus et al. (2010) variable production levels may be due to an inability of matching breeds to production environments. This also affects the confidence of investors in the systems leading to a lack of definition of the production chain. According to Garcia (2004), only 7.8% of what is produced is inspected, moreover, within what is formally consumed 50% of the meat consumed in Brazil comes from countries such as Uruguay, Argentina and New Zealand.

Accordingly, the ANNs allowed the treatment (sorting and / or grouping) of multivariate data and, in the case of SOFM, they were used to reduce the dimensionality of the data to facilitate understanding of its statistical behaviour. According to Nepomuceno (2003), since the 90s, there is significant increase in the use of ANNs mainly in remote sensing data, but in recent years many researchers are applying ANNs to spatial data (ATKINSON & TATNALL, 1997), and these currently widely used for spatial data, whether supervised or unsupervised (ENGEL, 1993; TODT, 1998; NEPOMUCENO, 2003), as in the present work.

5. CONCLUSION

The analysis of the colour composition with the first principal components of the data set of sheep production in Brazil together with the SOFM classification method showed more clearly the dynamics of sheep production in the municipalities of Brazil between the years 1976 to 2010, demonstrating great potential for use of these methods in analysis of multitemporal production data. SOFM was essential for understanding the dynamics of sheep production in Brazil, demonstrating relations between groups of municipalities and behaviour of this production over the period analyzed. Using these methods it was possible to confirm that Southern and Northeastern municipalities maintained high levels of production throughout the period, reaffirming the tradition of sheep breeding in these regions. The techniques used to analyze the dynamics of production proved to be efficient.

REFERENCES

ALBUQUERQUE, H. M. A. F.; OLIVEIRA, E.; ALVES, F. Desafios sanitários e de manejo na ovinocultura. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 1-10, 2009.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, 63-74. 2007.

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; CHIZZOTTI, M. L.; TURCO, S. H. N.; CARVALHO, F. F. R. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia** (supl. especial), v. 39, p. 326-336, 2010.

ATKINSON, P. M.; TATNALL, A. R. L. Neural networks in remote sensing - Introduction. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 4, p. 699-709, 1997.

BOFILL, F. J. **A reestruturação da ovinocultura gaúcha**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1996. 137p.

CIRILLO, B. **Informalidade prejudica oferta de ovinos e caprinos no Brasil**. 2012. Disponível em: <[http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/informalidade-prejudica-](http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/informalidade-prejudica-oferta-de-ovinos-e-caprinos-no-brasil)

[oferta-de-ovinos-e-caprinos-no-brasil](http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/informalidade-prejudica-oferta-de-ovinos-e-caprinos-no-brasil)>. Acessado em: Julho de 2012

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

ENGEL, P.M. Inteligência Artificial e Redes Neurais em Prospecção Ambiental e Sensoriamento Remoto. In: Simpósio de Aplicações da Informática em Biologia, **InfoBio'93**, 1993, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Federal de Campinas, 1993. p.24-25.

ESCUADERO, A.; IRIONDO, J. M.; TORRES, M. E. Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. **Biological Conservation**, v.113, p.351-365, 2003.

ETHERINGTON, T. R. Python based GIS tools for landscape genetics: visualising genetic relatedness and measuring landscape connectivity. **Methods in Ecology and Evolution**, n. 2, p. 52-55, 2011.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/>>. Acessado em: agosto de 2012.

FUNG, T.; LEDREW, E. Application of principal components analysis to change detection. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 53, p. 1649-1658, 1987.

GARCIA, C. A. **Ovinocultura e Caprinocultura**. Marília: Universidade de Marília, 2004. 22 f. Apostila.

GURNEY, K. R.; CASTILLO, K.; LI, B.; ZHANG, X. A positive carbon feedback to ENSO and volcanic aerosols in the tropical terrestrial biosphere. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 26, GB1029, 2012. doi:10.1029/2011GB004129

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 38, p.1-65, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm> . Acesso em: março de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatórios metodológicos - Volume 6**. Pesquisas agropecuárias / IBGE, Departamento de

- Agropecuária. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 92 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências - Geografia**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm>>. Acessado em: junho de 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: Maio de 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: Maio de 2012.
- KOHONEN, T. **Self-Organization and Associative Memory**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 312 p.
- MALDONADO, F. D. **Análise por componentes principais (APC) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixaba – PE, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.
- MCMANUS, C.; PAIVA, S. R.; ARAUJO, R. O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, suppl., p. 236-246, 2010.
- MOLION, L. C. B. Os vulcões afetam o clima do planeta. **Revista Ciência Hoje**. v. 20, n. 120, p. 24-33, 1996
- MYNENI, R. B.; LOS, S. O.; TUCKER, C. J. Satellite-based identification of linked vegetation index and sea surface temperature anomaly areas from 1982–1990 for Africa, Australia and South America. **Geophysical Research Letters**, v. 23, p. 729–732, 1996.
- NEPOMUCENO, A. M. **Uso de Rede Neural Artificial Não Supervisionada na Classificação de Dados de Radar na Banda-P para Mapeamento de Cobertura da Terra em Floresta Tropical**. 205 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.
- NETTO, E. T.; TORRES, F. A. **A carne ovina e o coração**. 2008. Disponível em: <<http://www.farmpoint.com.br/cadeia-produtiva/saude-qualidade-de-vida/a-carne-ovina-e-o-coracao-44637n.aspx>>. Acessado em: Maio de 2012.
- PRIMO, A. T. **América: conquista e colonização: a fantástica história dos colonizadores ibéricos e seus animais na era do descobrimento**. 1. ed. Porto Alegre: Movimento, 2004.
- REIS, F. A.; ÍTAVO, C. C. B. F. **Uma abordagem sobre a criação de ovinos no Brasil Central (09/2009)**. Agência de Notícias de Caprinos e Ovinos (ANCO). 2009. Disponível em: <http://anco.cnpq.embrapa.br/artigos.php?sequencia=33> Acesso em: Junho de 2012.
- RESENDE, K. T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia** (supl. especial), v. 37, p. 161-177, 2008.
- RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; BIAGIOLI, B.; LIMA, L. D.; BOAVENTURA NETO, O.; PEREIRA JUNIOR, J. D. 2010. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia** (supl. especial), v. 39, p. 369-375, 2010.
- SEBRAE. **Informações de Mercado sobre Ovinos e Caprinos- Relatório Completo 2005**. 2005. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/ovino-e-caprino/integra_documento?documento=40B65B09464CA07D032571540041EC16>. Acessado em: Julho de 2012.
- SOARES, A. T.; VIANA, J. A.; LEMOS, P. F. A. Recomendações Técnicas para Produção de Caprinos e Ovinos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 45-51, 2007 .
- SORIO, A.; RASI, L. Ovinocultura e abate clandestino: um problema fiscal ou uma solução de mercado? **Revista de Política Agrícola**, ano 19, n. 1, p. 71-83, 2010.
- TODT, V. **Avaliação do desempenho de Classificadores Neurais para Aplicações em Sensoriamento Remoto**. 232 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Centro

Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

VIANA, J. G. A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, ano 4, n. 12, 2008.

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1187-1192, 2009.

VIANA, J. G. A.; SOUZA, R. S. Comportamento dos Preços dos Produtos Derivados da Ovinocultura no Rio Grande do Sul no Período de 1973 a 2005. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 31, p. 191-199, 2007.

XIMENES, L. J. F.; CUNHA, A. M. Setor de Peles e Couros de Caprinos de Ovinos no Nordeste. **Informe Rural ETENE – Banco do Nordeste**, ano 6, n. 1, 2012.

ANEXO 2

Dynamics of Sheep Production in Brazil

Potira Meirelles Hermuche, Rebecca Lima Albuquerque Maranhão, Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Samuel Rezende Paiva, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Concepta Margaret McManus

ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2013, 2, 665-679

Article

Dynamics of Sheep Production in Brazil

Potira Meirelles Hermuche ^{1,*}, Rebecca Lima Albuquerque Maranhão ¹,
Renato Fontes Guimarães ¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior ¹,
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes ¹, Samuel Rezende Paiva ^{2,3} and Concepta McManus ⁴

¹ Department of Geography, University of Brasília, Brasília-DF, CEP 70910-900, Brazil;
E-Mails: rebeccalima.albuquerque@gmail.com (R.L.A.M.); renatofg@unb.br (R.F.G.);
osmarjr@unb.br (O.A.C.J.); robertogomes@unb.br (R.A.T.G.)

² Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Parque Estação Biológica,
Avenida W5 Norte (Final), Brasília-DF, CEP 70770-917, Brazil;
E-Mail: samuel.paiva@embrapa.br

³ Embrapa Sede, Secretaria de Relações Internacionais, Edifício Embrapa Sede-Prédio CECAT-3°
Andar Parque Estação Biológica-PqEB, Av. W3 Norte, Brasília-DF, CEP 70770-901, Brazil

⁴ Department of Zootecnia, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS,
CEP 90040-060, Brazil; E-Mail: concepta.mcmanus@ufrgs.br

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: potira@unb.br;
Tel.: +55-61-3107-7264; Fax: +55-61-3107-7361.

Received: 30 May 2013; in revised form: 22 July 2013 / Accepted: 22 July 2013 /
Published: 31 July 2013

Abstract: Sheep production is present on all continents and has been practiced in Brazil since the colonization. In this study, the multitemporal dynamics of sheep production in Brazil is examined using official government data (Brazilian Institute for Geography and Statistics-IBGE) from 1976 to 2010. Maps of flock growth rates and growth acceleration maps by municipality were elaborated. The Southern states are seen to show a reduction in production mainly due to the wool crisis in the 1970s and 80s. The Northeast is seen to be important for meat production. More recently, centerwest and northern states have shown an increase in growth rates but this is still incipient. The maps of growth, acceleration and midpoint for sheep production showed a noticeable return to an increase in production in the South in recent years. The midpoint of production flow was in the northeast direction, which has stagnated. There was great dynamics in sheep production over the whole Brazilian territory, which affected supply chains due to the expansion of domestic and

foreign markets. Areas with higher fluctuations in production are more vulnerable in terms of investment policies.

Keywords: production level; multitemporal analysis; risk; GIS

1. Introduction

In Brazil, sheep farming has been practiced since the colonization, and is found throughout the country [1]. Currently, Brazil has the 8th largest flock worldwide with an estimated flock size of approximately 16.05 million head [2]. The Northeast region has 56% of the Brazilian sheep while the South has 32% and Southeast is third with 3.4% [3]. According to [4], this has been accompanied by research focused on the production and processing of animal products, organization of farmers, increasing use of technology by farmers, participation of financial institutions to facilitate access to credit and higher demand for by-products from sheep and goats.

However, production still tends to be informal, making it difficult to consolidate data on the sector [5]. This needs to be a sustainable activity due to its high socio-economic impact [6,7] especially in marginal land areas and low income rural families.

There is a large deficiency in national availability of sheep products, with insufficient production and a trade volume that does not support the industrialization of lamb which seriously affects the abattoirs working with small ruminants [8]. Despite these difficulties, sheep farming can be profitable and is important for all production scales, especially with the increasing demand for healthy foods and preference for products with higher protein lower in cholesterol, saturated fats and calories [9].

The purpose of this paper was to analyze the spatial dynamics of sheep production in Brazil from 1976–2010 using official sheep production data from the Brazilian Federal Government [10]. Specific objectives included: (1) generate maps of sheep production within each municipality in the five major regions of Brazil, (2) determine rate of growth and acceleration within each municipality, and (3) evaluate the spatial pattern and direction of changes in sheep production.

2. Material and Methods

Brazil is a continental sized country with distinct environmental characteristics, especially differences in latitude and relief [11,12]. This study considered all municipalities in the five (North, Northeast, Centerwest, South and Southwest) regions of Brazil (totaling 5,561 municipalities). Brazilian sheep production was obtained from the Brazilian Institute for Geography and Statistics [10] from 1976 and 2010.

Maps were generated with the number of animals (production) for each year and then converted to raster format (GRID) and processed in ENVI software (Version 4.5, ITT Visual Information Solution, www.itvis.com). To analyze the dynamics of production growth, maps were drawn for relative growth rate (%) of production by municipality in ArcGis 10 (ESRI, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute). For this, the time interval analyzed was divided in to seven equal periods with intervals of 5 years (sum of the five years of production in each period considered: 1976 to 1980,

1981 to 1985, 1986 to 1990, 1991 to 1995, 1996 to 2000, 2001 to 2005, and 2006 to 2010). Relative growth rate was calculated as: $((PPsP - PPvP)/PPvP) \times 100$, where PPsP is the Production in Present Period and PPvP is the Production in Previous Period. Relative growth rate resulted in six maps.

Acceleration of growth rate was obtained by relative differences in the images resulting in five maps, calculated as $GRPsP - GRPvP$, where GRPsP is the Growth Rate in Present Period and GRPvP is the Growth Rate in Previous Period.

The spatial mid point of production in the country was calculated for each year to assess the direction of production in the country. The latitude and longitude midpoint were obtained by multiplying the sum of the geographic coordinates of the municipality and their production divided by the number of municipalities for each year as the equations $(\sum \text{latitude} \times \sum \text{production})/\text{Number of municipalities}$, for the latitude midpoint, and $(\sum \text{longitude} \times \sum \text{production})/\text{Number of municipalities}$, for the longitude midpoint.

The geographic coordinate represents the localization based on the mean longitude and latitude, and production represents the mean production of all municipalities in a certain year. Data was available on a municipality basis and not individual farmer. Therefore the midpoint of production is weighted by the municipal mean sheep production for that year.

Municipalities were clustered according to their production level in 1976. Three clusters were formed using PROC FASTCLUS of SAS® v.9.3 (Cary, NC, USA). Summary statistics of growth rates and acceleration of production by municipality were calculated.

3. Results

From the 1970s and 1980s, municipalities with high growth in sheep production were seen throughout Brazil, with many municipalities were also stagnant. Between 1986 and 1995, there was a reduction in the growth of sheep production in the south, which up to then was the largest production region (Figure 1c). The municipalities of the North and Midwest from 1986 to 1995 showed higher growth, while the southern counties continue their decline (Figure 1c,d), with a country-wide reduction in growth from 1990–1995 (Figure 1d).

From 1996 to 2010 growth in Northeastern municipalities are highlighted, this region being currently responsible for almost half the sheep flock in Brazil [10,13] (Figure 1e,f). The last period analyzed also points to the resurgence of growth in production of municipalities in the south (Figure 1f). Changes over the whole period (Figure 2) indicate high relative growth in dark green seen in municipalities of the North, Midwest and Northeast. Light and dark red highlight the reduced growth in the South. Table 1 demonstrated these results.

Table 1. Number of Brazilian municipalities—sheep production growth.

Period	No Production	Reduction		Stagnation	Growth	
		High	Low		Low	High
1976–1985	1,602	378	993	7	1,219	1,367
1981–1990	1,322	219	959	11	1,554	1,501
1986–1995	863	315	1,451	21	1,457	1,459
1991–2000	218	908	1,478	12	992	1,958
1996–2005	192	386	1,561	26	2,182	1,219
2001–2010	172	260	1,299	16	2,102	1,717

Figure 1. Brazilian sheep production growth rates from 1976 to 2010. (a) 1976 to 1985; (b) 1981 to 1990; (c) 1986 to 1995; (d) 1991 to 2000; (e) 1996 to 2005; (f) 2001 to 2010.

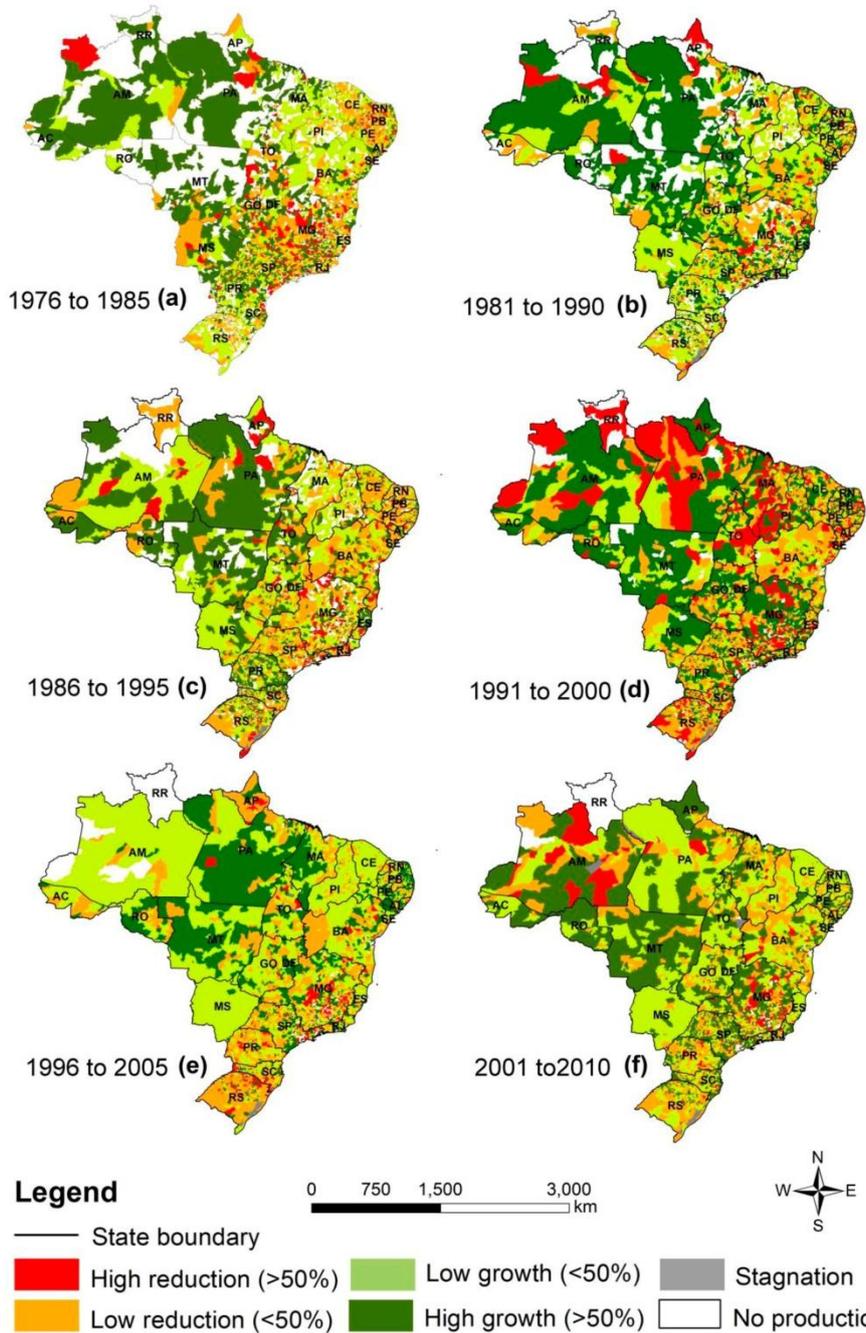
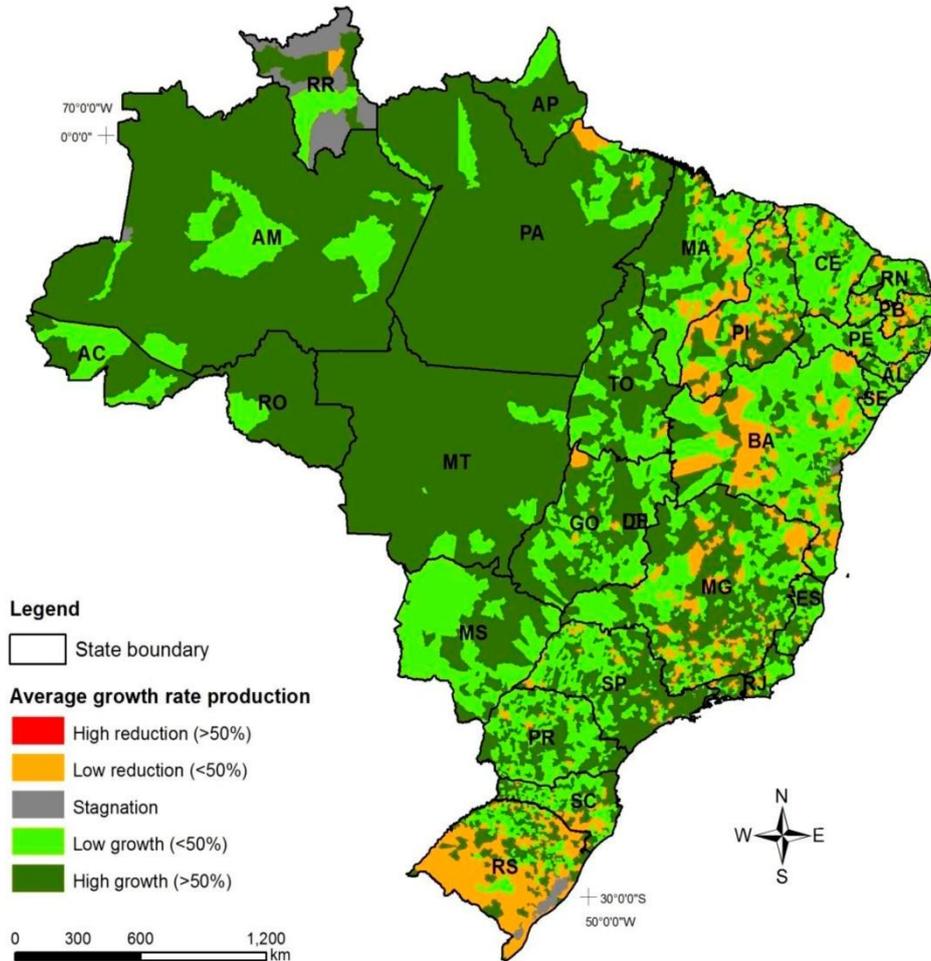
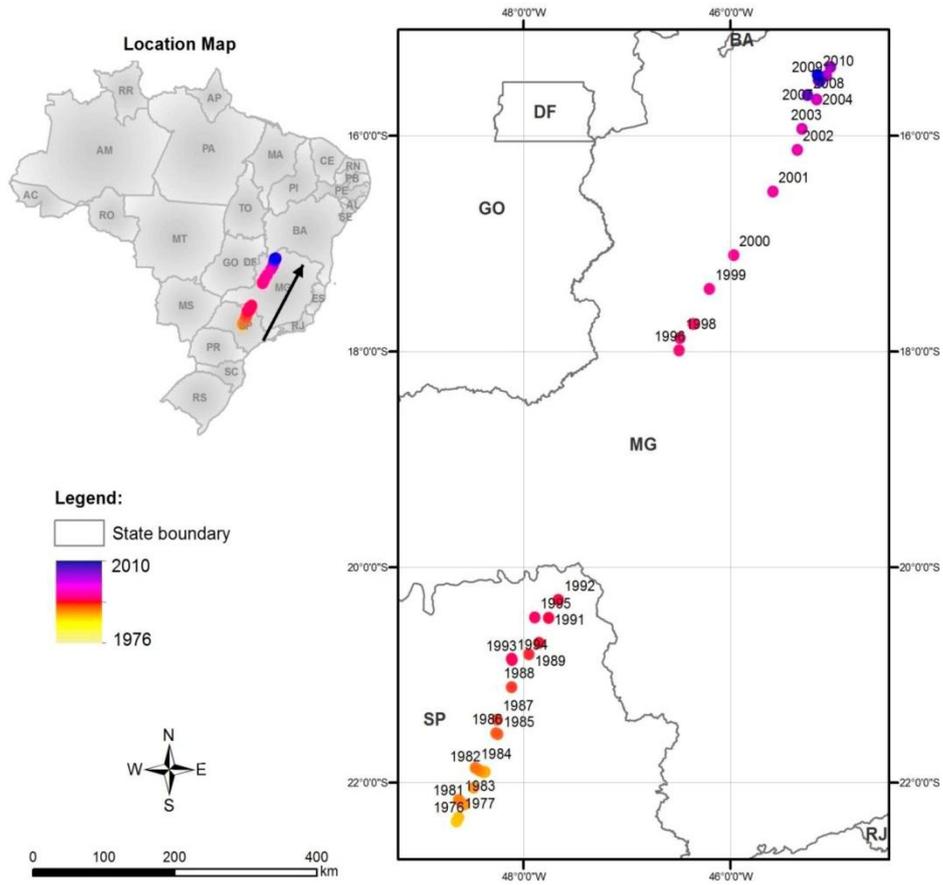


Figure 2. Average growth rate of sheep production in Brazil between 1976 and 2010.

This shift in production of sheep toward the northeast of Brazil can be seen on the map of average point of production over the period analyzed (Figure 3), confirming that the dynamics of production move this activity to municipalities in the Northeast of the country. The distance is approximately 860 km (34 km per year), in a steady North-eastern direction. Especially evident is a large jump in production from 1995 to 1996. While up to 2003 the move to the Northeast is relatively fast, in more recent years it has stagnated (2006–2010).

Figure 3. Spatial mid-point of average sheep production in Brazil from 1976 to 2010.



Acceleration in production growth confirms the observations described above. In Figure 4 a high deceleration in dark brown is seen in Southern municipalities, in light blue acceleration of growth is represented in many municipalities in the Northeast as well as in the North and Midwest. Dark blue is mainly seen in the Northeast (Figure 4b) following the down turn of production in the south; however, there are a few municipalities in blue indicating an acceleration of production. It is worth noting the large number of stagnant municipalities in Figure 4a,b. In Figure 4c acceleration is seen in municipalities in Clara and Mato Grosso do Sul and in Figure 5d a resurgence of acceleration in the municipalities in the South. Figure 4e expresses a deceleration in several municipalities in the Northeast and South, with a notable slowdown in the limits between Bahia and Piauí.

Figure 4. Acceleration of growth rates in sheep production in Brazil. (a) 1976–1990; (b) 1981–1995; (c) 1986–2000; (d) 1991–2005; (e) 1996–2010.

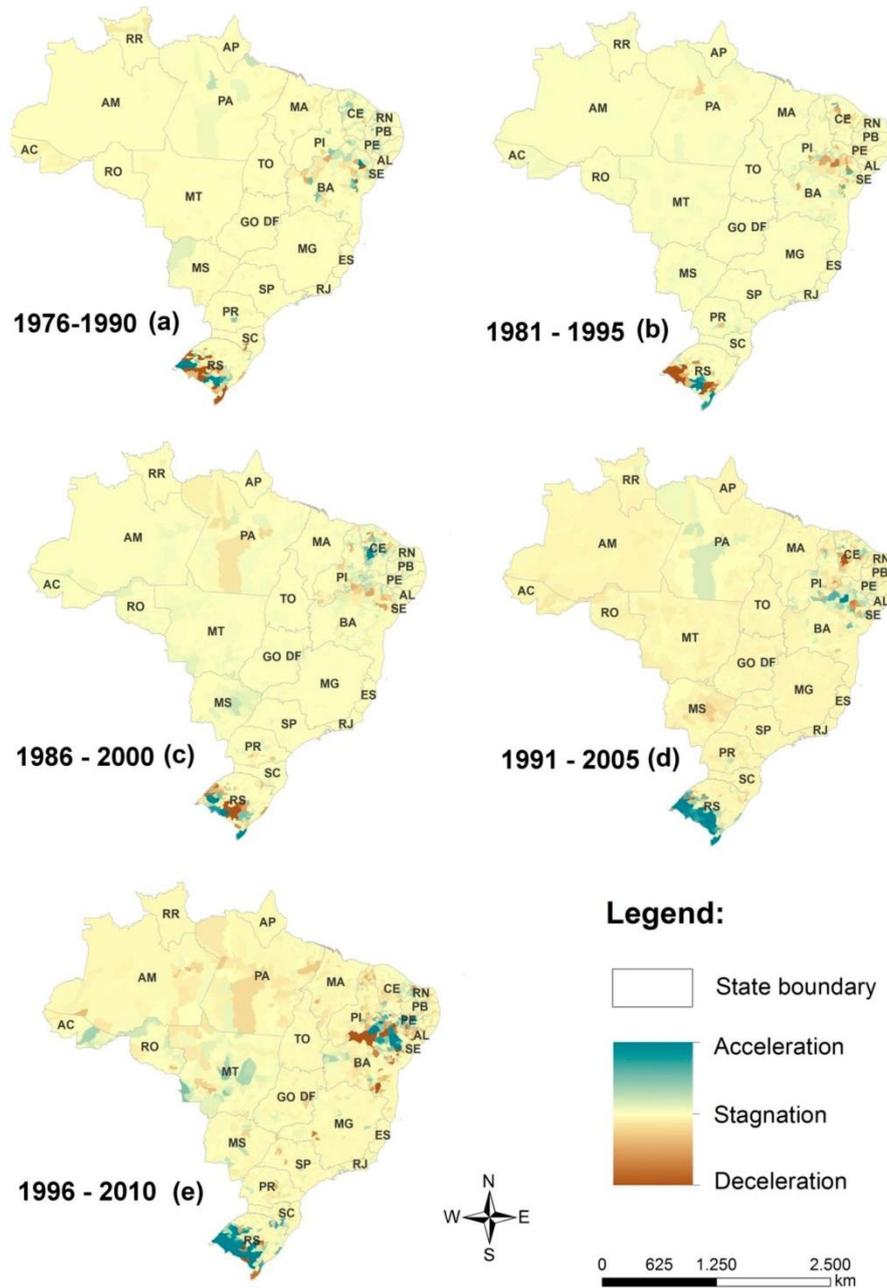
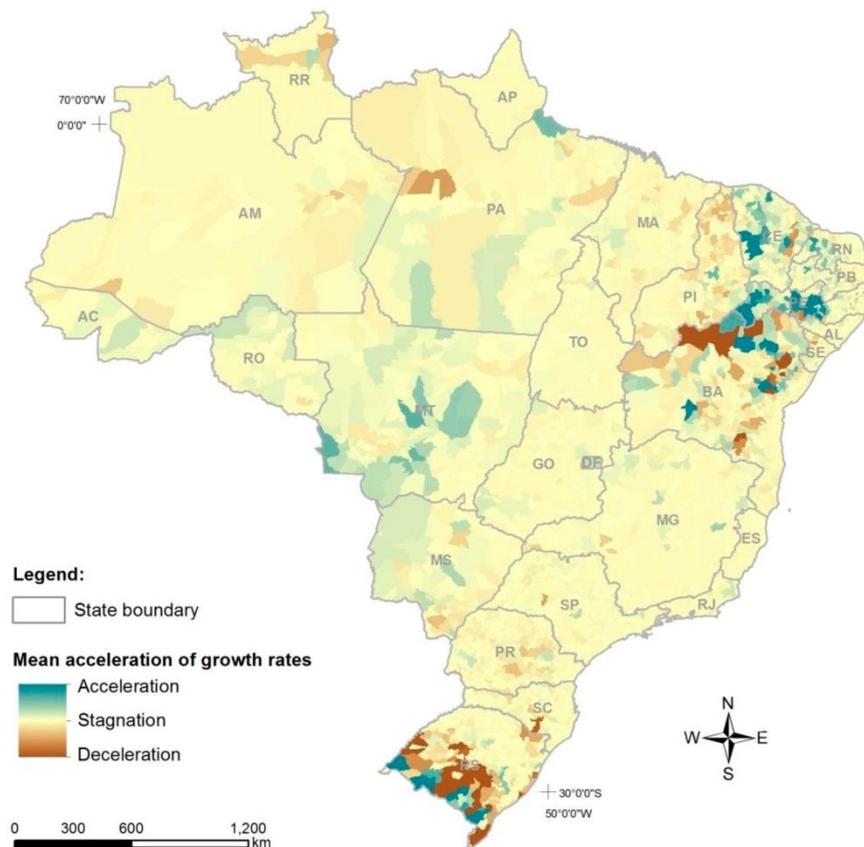


Figure 5 shows the average acceleration of sheep production over the full period analyzed. The municipalities with greater acceleration in production growth are located in the Northeast region. It is also possible to observe that in the South there are a smaller number of municipalities with high acceleration and less intense acceleration occurred in large areas of the Midwest (Mato Grosso) and North (Pará).

Figure 5. Mean acceleration of growth rates in sheep production in Brazil between 1976 and 2010.



Quantitative analysis of data showed that 948 municipalities were within the group of large producers of sheep (annual production from 5,638 to 5,609,001 head), 947 in the group of smallest producers (production from 1 to 404 animals) and 1,892 in the group of average producers (production from 406 to 5,624 head). Fluctuations in mean growth are greater in the average producing municipalities (Table 2). The larger farmers are reducing in size while in general the smaller and average are increasing in flock size. Nevertheless, the larger producing municipalities continue to produce much more sheep than the other groups.

Table 2. Growth and production averages for municipalities producing sheep in Brazil.

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum
		Largest			Smallest		Average		
Growth 1976–1985	6.	-81.4	535.1	189.1	-98.7	4,685.7	45.2	-99.8	1,892.6
Growth 1981–1990	13.6	-88.6	1,100.6	559.0	-99.6	295,000	135.7	-99.8	83,400
Growth 1986–1995	-1.4	-99.9	397.4	186.5	-99.9	39,600	148.6	-99.9	220,000
Growth 1991–2000	126.3	-99.9	114,140	679.6	-99.7	55,920	207.9	-99.8	94,320
Growth 1996–2005	27.9	-99.9	3,000	422.5	-99.4	82,600	78.3	-99.9	25,600
Growth 2001–2010	427.7	-81.4	335,060	992.9	-99.8	184,000	439.1	-99.6	156,300
Acceleration of growth 1976–1990	801.7	-1,666,552	2,025,560	0.1	-3,804	14,835	94.4	-19,498	43,788
Acceleration of growth 1981–1995	-14,053.4	-4,801,695	750,869	-154.1	-29,500	4,743	-423.6	-87,506	18,950
Acceleration of growth 1986–2000	-13,937.8	-5,405,812	757,247	52.5	-16,893	15,742	-424.0	-51,281	55,315
Acceleration of growth 1991–2005	23,526.9	-339,844	3,481,311	143.7	-14,250	39,216	725.4	-51,718	50,467
Acceleration of growth 1996–2010	6,310.3	-498,779	728,605	246.2	-55,605	19,677	654.9	-45,100	42,826

4. Discussion

According to [14], meat production from small ruminants in Brazil depends on several components of the supply chain (inputs, production, processing, commercialization and the final consumer). Problems with any one of these sectors may affect the production level nationally or regionally. The analysis of changes in sheep production in Brazilian municipalities shows that the dynamics over the period between 1976 and 2010 varied greatly, especially when analyzed in different periods. These dynamics also influence future investments and confidence of members in the supply chain to have confidence and invest in the enterprise. While some farmers use more modern techniques of rearing, in the vast majority there still persists those who carry out this activity in the traditional manner, using animals with no breed standard in marginal areas. The latter are responsible for approximately 90% of the meat produced in Brazil [15]. This low level of productivity is directly related to genetic and nutritional management, forage availability, inadequate funding and management systems for various stages of rearing, empowerment of the producer and low organization capacity. Although there has been an evolution in the number of inputs specific to the activity, there are still some basic items that are insufficient and inadequate to fully meet economic needs of the farmer in Brazil. For example, some types of feeds, mineral supplements and even machinery and equipment, still show questionable effectiveness and cost/benefit [16].

In the 1980s and 1990 the large production in the South was based on wool production but the entry of synthetic fabrics onto the market and also the use of restrictive measures to protect Australia's wool production, caused extensive damage to other producing countries such as Brazil, resulting in a large reduction in sheep production at the time [17]. Many farmers, in subsequent years, left the activity which caused a drastic reduction in the flock, especially in wool breeds. These farmers started investing in other more profitable sectors, giving room for the growth of specialized beef breeds [6] in

this region. This reduction is also attributed to problems such as foot rot, sanitary problems and reproductive problems such as high lamb mortality and low fertility [18]. The shift towards the northeast also reflected a change in breed type, away from wool animals towards hair sheep which are generally less productive due to the lack of breeding programs [19], slower growth rates and produce with meat with different chemical and sensorial qualities than the wool breeds [20].

The average herd size for sheep in Brazil is approximately 29 animals. This varies regionally with those in the Northeast considerably smaller (Northeast—24; Centerwest—41; North—31; South—29; Southeast—37). Here average farm size is 13 ha, with 90% being classified as family farms. Over 50% is of natural pastures and these produce less than 30% of the total animal production. Farmers in this region of Brazil have few options which include crops such as cassava, corn, beans and pasture. Of these, small ruminants on pasture were shown to be the less labor intensive and therefore favor opportunities for farmers or family members to seek off-farm employment either for short periods or seasonally while still maintaining their farm [21]. Therefore most of these farms are subsistence with little use of technology and investment, which makes them even more vulnerable to climatic factors thereby contributing to the fluctuations in production in the region. Northeast Brazil is seriously influenced by insufficient and unreliable rainfall. Adverse natural conditions, combined with underdevelopment in the region (low IDH scores, few industries, little infrastructure, high distances between urban centers) mean the rural population cannot support itself, especially in drought years [22]. Other studies in the Northeast of Brazil [21,23] also showed a positive but low economic return for sheep farming in the semiarid. In this region, the opportunity cost is practically zero. The producers do not have many options and with small areas of land available, many of them uncultivable, sheep have advantages over other activities such as cattle. This is one of the reasons why these animals have been used by these smallholders for many decades.

The slowdown in production in some municipalities in the limit between Bahia and Piauí States may be a consequence of the construction of the Sobradinho dam, responsible for a large part of electricity generator in the Northeast. The dam was built in the late 70s and 4,214 km² were flooded, forcing the relocation of approximately 12,000 families, interfering directly with economic activities in the region [24]. Part of the sheep production in the region is still exploited by low productivity traditional and subsistence farmers, linked to a low level of technology, which results in high mortality of animals maintaining productivity low [25,26]. Thus, production is vulnerable to fluctuations in the economy and the action of speculators, especially in isolation, without the support of efficient associative structures. According to [27], from the socioeconomic point of view, the activity is negatively affected by the low level of managerial training of the farmer and lack of organizational structure. Although authors have pointed out that the Brazilian Northeast stands out in the farming of small ruminants, with a vocation for this kind of activity [27,28] animals are slaughtered at one year of age [21] compared to six months in the centerwest [19,20] or even four months of age in intensive systems. This affects acceptability of the product in many markets.

The lack of reliable information sources leads farmers to take decisions conditional on their experience, the tradition, the region's potential and the availability of financial resources and man power. When profitability is low, the farmer realizes this, but it is difficult to quantify and identify the bottlenecks of the production process [29]. Farmers in Brazil over the last 20 years have been actively encouraged to invest in sheep farming, especially in regions where it is not traditional such as the

centerwest and north. However, sheep are not small cattle and management systems should take this into account. This also affects questions such as where to buy input and sell the output as slaughterhouses are few and far between. This can be seen in Figures 1 and 4 where the centerwest and northern regions show high fluctuations (increase and decrease, acceleration and deceleration) over the period studied. This fluctuation means that confidence in the enterprise is low by investors and investments in construction of slaughterhouses and supply networks are not being developed.

Although abattoirs, slaughter houses and some meat processing industries have been installed, the maintenance of these is difficult. However, due to the seasonality in supply of animals and the quality of these, many of these establishments are closed or working with less than 50% of its capacity [14]. This is mainly related to seasonal supply of low quality animals for slaughter; Competition with informal slaughter; high logistical costs mainly in collecting animals; Lack of tax laws that are suitable for installations of slaughterhouses; High sanitary inspection costs; Deficiency in technologies for a better use of meat in the making of sausages and derivatives.

An analysis of the Agroindustrial Management System (AMS) [15] looking at market and governance structure for sheep production, confirmed the lack of coordination in the system. The low quality of product information, a symmetry in the system, the presence of intermediaries, technological bottlenecks, sanitary barriers, lack of security of supply over the year, unfair competition with illegal slaughtering, lack of product flow between state markets, are consequences of lack of coordination between members of the AMS all influence the system. According to [30], outside Rio Grande do Sul State, most slaughter does not undergo federal inspection making marketing of the product more difficult, but it also shows a high variation in official slaughter numbers, variations which affect investments and confidence in the supply chain. As [31] found, 22.2% of retail establishments selling mutton derived from illegal slaughter. These authors indicated that the main commercialization problems include lack of association between farmers, making it impossible to establish partnerships; Lack of logistics in the trade of animals and meat, and sector modernization; Insufficient production scale to meet the permanent market; Inefficiency of health surveillance, essential to curb the informal slaughter and Lack of a differentiated policy price for quality carcasses. This is reflected in the maps produced here and seriously affects farmer and retail confidence in the system.

According to [32] the main concern of policy competitiveness practiced by different states in Brazil seems to be to attract businesses. It is, therefore more an attempt to offer advantages in order to displace flow of investment than effectively create conditions for improving the competitiveness of existing businesses. When taxes are used as instruments to modernize the livestock sector, usually incentives via tax cuts for the adoption of certain technologies, experience has shown that the impact of tariff reduction turns out to be small, depending on the magnitude of illegal slaughter [33]. This means that several players do not remain in the business for a long period of time leading to lack of confidence and therefore fluctuations in production levels.

Notable differences appear among the populations of different countries and within a country, between regions and social classes in their preferences for animal products. The preferences depend on the habits consumption, culinary traditions and education in consumer tastes. Consumption of sheep meat (lamb or mutton) is not traditional outside the northeast and south of Brazil. A sector of the population of large cities is sporadically adopting the habit of consuming meat from small ruminants. Moreover, these consumers demand product of better quality. For [34], the quality criterion for meat is

extremely varied in space (country, region, culture, *etc.*) and time (time, years, *etc.*). It is therefore not simple to define “quality”. From the producer to the consumer, the concept of quality acquires different meanings. This makes it more difficult for the establishment of new industries in non-traditional areas and accounts for the fluctuations in production. The type (hair or wool, age, feeding and management) of animals produced in different regions of Brazil varies widely meaning that incipient consumers may be put off by fluctuations in perceived quality and variations in the product offered.

According to [6] that also shows that the set of structural and cyclical changes undergone by the sheep activity in recent decades is reflected in the prices paid for their products, whether in the decline phase (1973 to 1994) as well as recovery (1995 to 2005), due to the economic stabilization of the Monetary Real Plan and its consequences on the domestic market.

From 1995 to 1996 there was a large jump in production towards the north-eastern states with a decrease in the South, represented by a high spatial distance between the points. This may be due to a small degree to some methodological changes in how these data were collected but this was not seen in other animal production systems. From 2004, production midpoint stagnated again, probably due to increased production in the South (slaughter lamb production) as well as some increase in flocks to the North and Midwest.

As noted, there was a great dynamics in sheep production over the whole Brazilian territory, which affected supply chains due to the expansion of domestic and foreign markets [35]. However, according to [7], the seasonality of production, the lack of a steady market, the demand for a steady supply of animals, the need for market scale and the increasing demand for young animals by the abattoirs are difficulties that farmers face when marketing their animals for slaughter.

5. Conclusion

The use of maps showed a clear picture of the dynamics of sheep production in the municipalities of Brazil between 1976 and 2010. Municipalities in the South and Northeast remained at high levels throughout the period of production, reaffirming the tradition of sheep breeding in these regions. Nevertheless, the maps of growth acceleration and midpoint showed a noticeable reduction and slowing production in the South with a return to increase in more recent years. The Northeast has faced several problems with productivity but has shown stable production over the years.

Acknowledgments

The authors wish to thank CNPq (RFG, OAC, RATG, SRP, CMcM) and CAPES (PH) for scholarships and CNPq (Process Number 474330/2010-9; 556698/2010-0), INCT Pecuária (RM) (MCT/CNPq/FAPEMIG) and FAPDF (193.000.578/2009) for financing.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Primo, A.T. *América: Conquista e Colonização: A Fantástica História dos Colonizadores Ibéricos e Seus Animais na era do Descobrimento*, 1st ed.; Movimento: Porto Alegre, RS, Brazil, 2004.
2. FAO: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. *Estatísticas de Produção de Ovinos no Mundo*, 2012. Available online: <http://faostat.fao.org/> (accessed on 15 August 2012).
3. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário*, 2006. Available online: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm> (accessed on 5 May 2012).
4. SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *Informações de Mercado Sobre Caprinos e Ovinos, Relatório Completo*; SEBRAE: Brasília, Brazil, 2005.
5. Sorio, A.; Rasi, L. Ovinocultura e abate clandestino: Um problema fiscal ou uma solução de mercado? *RPA* **2010**, *1*, 71–83.
6. Viana, J.G.A.; Souza, R.S. Comportamento dos preços dos produtos derivados da ovinocultura no Rio Grande do Sul no período de 1973 a 2005. *Ciênc. Agrotec.* **2007**, *31*, 191–199.
7. Viana, J.G.A.; Silveira, V.C.P. Análise econômica da ovinocultura: Estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul. *Brasil. Cienc. Rural.* **2009**, *39*, 1187–1192.
8. Ximenes, L.J.F.; Cunha, A.M. Setor de peles e de couros de caprinos e de ovinos no nordeste. *Informe Rural ETENE–Banco do Nordeste* **2012**, *1*, 1–22.
9. Costa, R.; Cartaxo, F.Q.; Santos, N.M.; Queiroga, R.C.R.E. Carne caprina e ovina: Composição lipídica e características sensoriais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* **2008**, *9*, 497–506.
10. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA*, 2012. Available online: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> (accessed on 18 May 2012).
11. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Geociências-Geografia*, 2012. Available online: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm> (accessed on 8 June 2012).
12. INPE: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. *Relatório de Mudanças Climáticas*, 2012. Available online: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_4 (accessed on 20 May 2012).
13. IICA: Instituto Interamericano de Cooperação Para Agricultura. *Estudo das Cadeias Produtivas de Apicultura, Ovinocaprinocultura e Piscicultura para Inserção Competitiva e Sustentável no Mercado Conforme a Estratégia de DRS do Banco do Brasil*; SÍNTESE DO RELATÓRIO FINAL DA PESQUISA (Documento Executivo); IICA: Brasília, DF, Brazil, 2010.
14. Sousa, W.H.O. Agronegócio da Caprinocultura de Corte no Brasil. *Rev. Tecnol. Ciênc. Agropec.* **2007**, *1*, 51–58.
15. Silva, R.R.O. *Agronegócio Brasileiro da Carne Caprina e Ovina*; Autor Edition: Salvador, BA, Brazil, 2002.
16. Dallago, B.S.L.; McManus, C.M.; Caldeira, D.F.; Lopes, A.C.; Paim, T.P.; Gomes, E.F.; Borges, B.O.; Teles, P.H.F.; Corrêa, P.S.; Louvandini, H. Performance and ruminal protozoa in lambs with chromium supplementation. *Res. Vet. Sci.* **2010**, *89*, 1–8.
17. Bofill, F.J.A. *Reestruturação da Ovinocultura Gaúcha*; Livraria e Editora Agropecuária: Guaíba, RS, Brazil, 1996.

18. Ribeiro, L.A.; Gregory, R.; Mattos, R.C. Prenhez em rebanhos ovinos do Rio Grande do Sul. *Cienc. Rural*. **2002**, *32*, 637–641.
19. McManus, C.; Paiva, S.R.; Araújo, R.O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. *R. Bras. Zootec.* **2010**, *39*, 236–246.
20. Landim, A.V.; Castanheira, M.; Fioravanti, M.C.S.; Pacheco, A.; Cardoso, M.T.M.; Louvandini, H.; McManus, C. Physical, chemical and sensorial parameters for lambs of different groups, slaughtered at different weights. *Trop. Anim. Health Prod.* **2011**, *43*, 1089–1096.
21. Lôbo, R.N.B.; Pereira, I.O.; Facó, O.; McManus, C. Economic values for production traits of Morada Nova meat sheep in a pasture based production system in semi-arid Brazil. *Small Ruminant Res.* **2011**, *96*, 93–100.
22. Gaiser, T., Krol, M.S., Frischkorn, H., De Araújo, J.C., Eds. *Global Change and Regional Impacts: Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in the Semi-arid Northeast of Brazil*; Springer: Berlin, Germany, 2003.
23. Franca, F.M.C.; Holanda Júnior, E.V.; Martins, E.C.; Medeiros, H.R.; Sousa Neto, J.M. Análise Econômica e Financeira de um Modelo Teórico de Produção de Carne Ovina e Caprina Para Unidades Familiares no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. In *Criação Familiar de Caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: Orientações para Viabilização do Negócio Rural*; Lima, G.F.C., Holanda Júnior, E.V., Maciel, F.C., Barros, N.N., Amorim, M.V., Confessor Júnior, A.A., Eds.; Emater-RN/EMBRAPA Caprinos: Natal, RN, Brazil, 2006; p. 246.
24. MDA: Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável Território Sertão do São Francisco-BA*; MDA: Bahia, BA, Brazil, 2008.
25. Cavalcante, A.C.R.; Neiva, J.N.M.; Cândido, M.J.D.; Vieira, L.S. *Produção de Ovinos e Caprinos de Corte em Pastos Cultivados sob Manejo Rotacionado*; Circular Técnica online EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS; Sobral: Embrapa, CE, Brazil, 2005.
26. Soares, A.T.; Viana, J.A.; Lemos, P.F.A. Recomendações técnicas para produção de caprinos e ovinos. *Rev. Tecnol. Ciên. Agropec.* **2007**, *1*, 45–51.
27. Moraes Neto, O.T.; Rodrigues, A.; Almeida, A.C.; Albuquerque, S.M. *Capacitação de Agentes de Desenvolvimento Rural (ADRs) Para a Caprinovinocultura*; SEBRAE: João Pessoa, PB, Brazil, 2003.
28. Viana, J.G.A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no Brasil. *Rev. Ovinos.* **2008**, *12*, 1–9.
29. Oliveira, T.B.A.; Figueiredo, R.S.; Oliveira, M.W.; Nascif, C. Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira. *Sci. Agric.* **2001**, *58*, 687–692.
30. SIF: Serviço de Inspeção Federal. *Quantidade de Abate Estadual por ano e Espécie*, 2012. Available online: http://extranet.agricultura.gov.br/sigsif_cons!/ap_abate_estaduais_cons (accessed on 15 September 2012).
31. Sorio, A.; Fagundes, M.B. Análise da política fiscal sobre a competitividade da carne ovina em Mato Grosso Do Sul. *RPA* **2008**, *3*, 64–74.
32. Bonelli, R. *Políticas de Competitividade Industrial no Brasil-1995/2000*; IPEA: Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2001.
33. IEL. *Estudo Sobre a Eficiência Econômica e Competitividade da Cadeia Agroindustrial da Pecuária de Corte no Brasil*; IEL: Brasília, DF, Brazil, 2000.

34. Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M. *Produção de Carne Ovina: Técnicas de Avaliação in vivo e na Carcaça*; Osório, J.C.S. Ed.; Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, FAEM, Universidade Federal de Pelotas: Pelotas, RS, Brazil, 2003.
35. Resende, K.T.; Teixeira, I.A.M.A.; Biagioli, B.; Lima, L.D.; Boaventura Neto, O.; Pereira Junior, J.D. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. *Rev. Bras. Zootecn. (Supl. Especial)*. **2010**, *39*, 369–375.

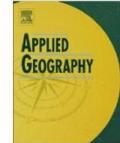
© 2013 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

ANEXO 3

Environmental factors that affect sheep production in Brazil

P. Hermuche, R.F.Guimarães, O.A.Carvalho Jr, R.A.T.Gomes, S.R.Paiva, C.M.McManus

Applied Geography 44 (2013) 172-181



Environmental factors that affect sheep production in Brazil



P. Hermuche^{a,*}, R.F. Guimarães^a, O.A. Carvalho Jr.^a, R.A.T. Gomes^a, S.R. Paiva^b, C.M. McManus^c

^a Department of Geography, University of Brasília, CEP 70910-900 Brasília-DF, Brazil

^b Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Parque Estação Biológica, Avenida W5 Norte (Final), CEP 70770-917 Brasília-DF, Brazil

^c Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine, University of Brasília, CEP 70910-900 Brasília-DF, Brazil

A B S T R A C T

Keywords:
GIS
Spatial statistics
Public policies

Sheep were originally brought to Brazil approximately 500 years ago from Europe and Northern Africa; they adapted quickly to their new environments and developed unique traits. The objective of this study was to correlate environmental variables with sheep production in Brazil to promote the development of this activity. Brazil has several distinct environments as shown in this paper. These variables included vegetation cover (NDVI), precipitation, temperature, altitude, relative humidity (RH), solar radiation and the temperature humidity index (THI). Correlation analyses were performed with environmental variables and production levels at national and regional level. A factor analysis was performed to characterize the covariance between variables. We formed groups (clusters) due to productivity levels and performed canonical discriminant analyses to determine which variables were associated with different levels of production. The municipalities with the highest levels of sheep production were selected to define the intervals of each environmental variable. A map was drafted in ArcGIS 9.3 to illustrate the landscape features where the highest levels of production are located. The results showed that, nationally, production is influenced by a great diversity of environments, thus masking possible correlations. When the correlation analysis was carried out by region, significant correlations were observed. Cluster analysis identified two dominant, clearly separated producing regions (northeast and south). The canonical analysis indicated that the most important variables delineating the clusters were precipitation, THI, temperature and RH. The map showing the landscape features where the highest production levels are located indicated that the breeds in the northeast are reared on an area of approximately 900,000 km², while those from the south are reared on an area of approximately 1,100 million km². This study showed that it is important to consider the environmental characteristics of different regions of Brazil when proposing public policies related to sheep production.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The sheep industry is present on almost every continent, and the widespread distribution of the species is mainly due to the ability of sheep to adapt to different environmental conditions (Primo, 2004). The expansion of sheep production in Brazil is a highly sought-after goal (SEBRAE, 2005, 73 p.); according to Paganoti and Rodrigues (2010), sheep production is sustainable and has a high socioeconomic impact on Brazilian farmers.

* Corresponding author. Tel.: +55 61 31077046.

E-mail addresses: potira@unb.br (P. Hermuche), renatofg@unb.br (R.F. Guimarães), osmarjr@unb.br (O.A. Carvalho), robertogomes@unb.br (R.A.T. Gomes), samuel.paiva@embrapa.br (S.R. Paiva), concepta@unb.br (C.M. McManus).

According to Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE (2006), Brazil is currently the eighth largest breeder of sheep and goats in the world and home to an estimated 16.05 million heads (FAO, 2012). The northeastern region currently holds 56% of all sheep flocks, while the southern region holds 31% (IBGE, 2012); almost 90% of the total production is concentrated in these two regions.

The unique characteristics of the sheep industry mean that sheep production can be profitable at all scales of production and that it can meet the market demand for healthy foods and products with high protein content and low levels of cholesterol, saturated fats and calories (Costa, Almeida, Pimento Filho, Holanda Junior, & Santos, 2008).

The increase in sheep production in Brazil depends on several factors, including further research, improved organization of producers, increased technology, access to credit, higher demand for

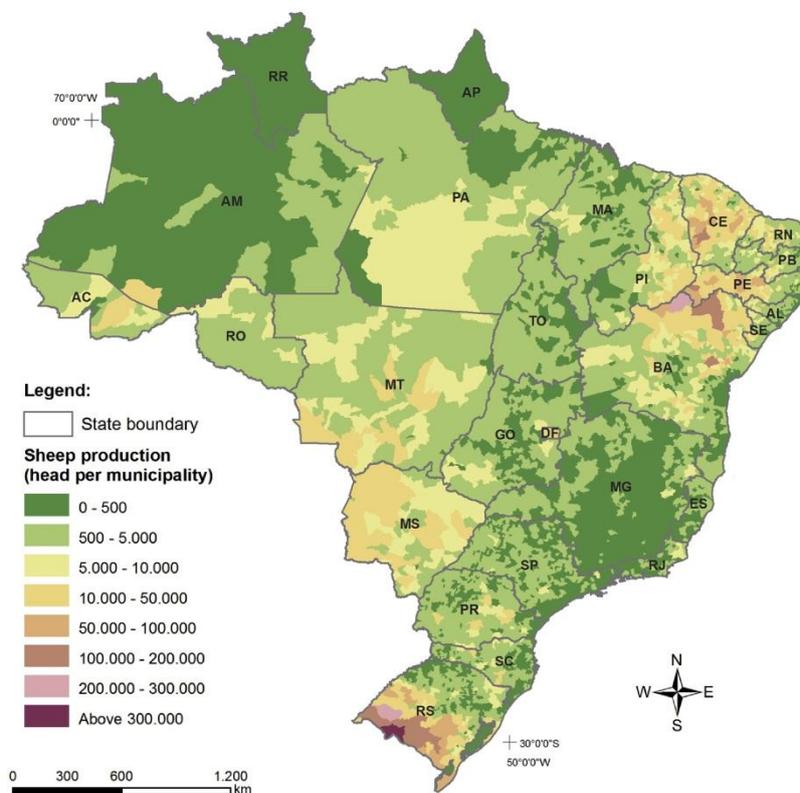


Fig. 1. Production of sheep by municipality in 2010 (IBGE, 2010).

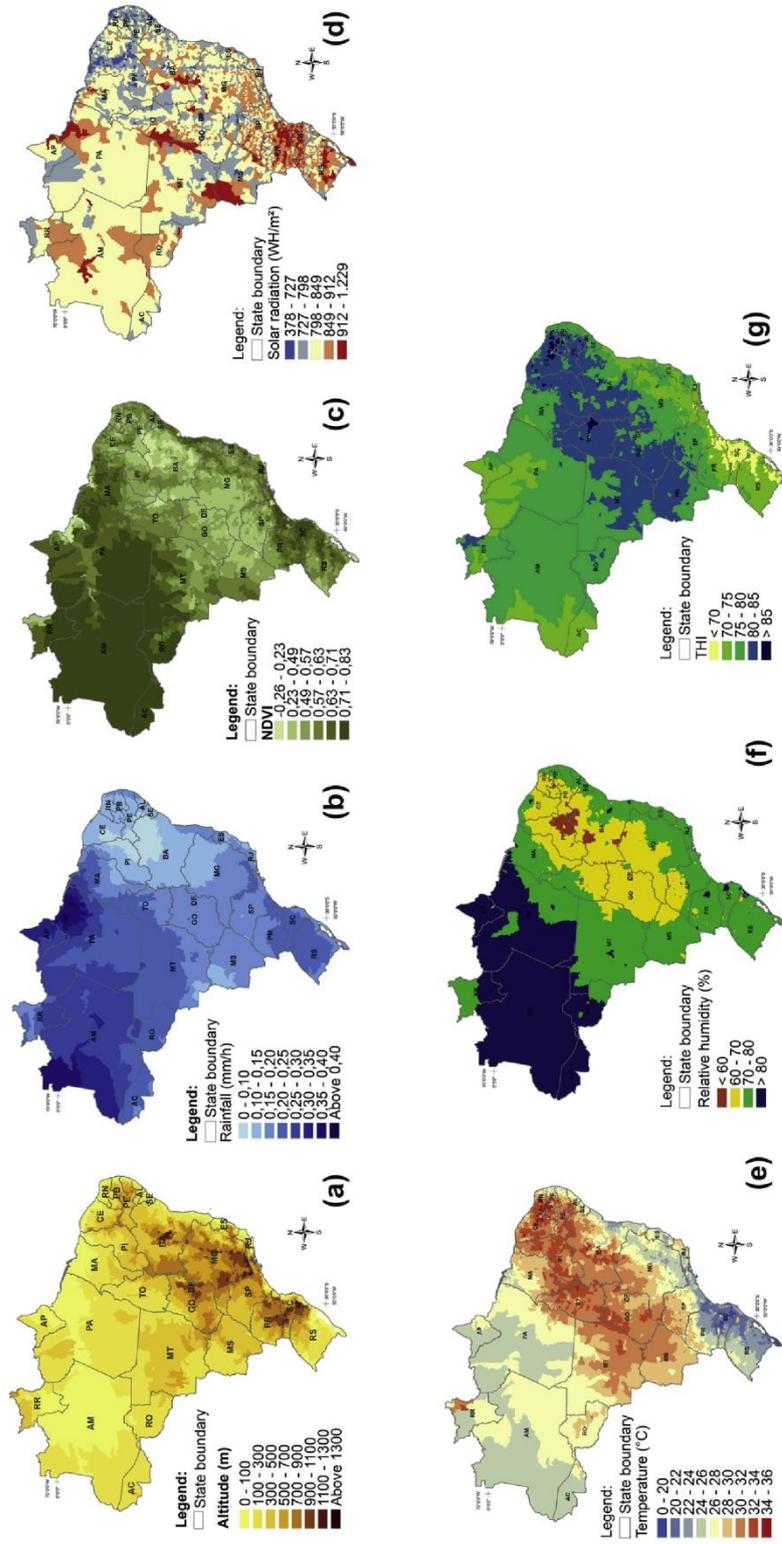
products derived from sheep, socioeconomic realities, the use of soil, market parameters (accessibility, infrastructure, demand, etc.), land tenure (which lands are public, private, etc.) and the analysis of environmental factors (Vianna, 2008). Farmers attempt to empirically eliminate or control external factors that negatively affect agricultural production (Herrero et al., 2010), including those related to the physical environment (vegetation, soil, climate and geomorphology). Therefore, knowledge of the local environmental is very important for the establishment of sheep production (Joost, Colli, & Baret, 2010).

Several studies have investigated the relationship between SIG-associated environmental factors and soil use (Bocco, Mendoza, &

Velázquez, 2001; Dai, Lee, & Zhang, 2001), heat tolerance (Mcmanus, Paludo et al., 2009; McManus, Prescott et al., 2009) or milk production (Cook & Nordlund, 2009; Windig, Calus, & Veerkamp, 2005); however, no studies have associated these factors with the spatial localization of animal production in Brazil. Given the recent growth of the sheep industry in Brazil, studies that help farmers effectively increase investments in this sector are needed. Thus, the objective of this study was to investigate the relationship between environmental variables and sheep production in Brazil. This type of analysis has the potential to increase knowledge on the distribution of species in the landscape (Escudero, Iriondo, & Torres, 2003; Etherington, 2011; Gilad, Wu, &

Table 1
Variables used to assess the relationship between landscape and sheep production in Brazil.

Variable	Observation	Source	Unit	Year
Sheep production	–	IBGE	Heads per municipality	2010
Vegetative cover	NDVI	MODIS	–	2011
Precipitation	Precipitation	TRMM	mm/h	Mean 2000–2010
Temperature	Superficial temperature	MODIS	°C	Mean 2000–2011
Altitude	–	SRTM	Meters	–
Humidity	Relative humidity	INMET	%	Mean of 30 years
Temperature Humidity Index (THI)	–	Calculated	–	–
Solar radiation	–	Calculated from topography	WH/m ²	Based on position of sun



Armstrong, 2013), thus influencing the development of appropriate public policies for the expansion of production and strategies for the development of sheep production in Brazil.

2. Material and methods

Data on sheep production from the year 2010 from 5563 municipalities in Brazil were used (IBGE, 2012; Fig. 1).

Because of its vast expanse, Brazil has several different ecosystems throughout its territory, with varying environmental and socioeconomic characteristics; in particular, different latitudes, landforms and geological landscapes mean that each of Brazil's five regions has unique characteristics. The variables considered in the analysis are described below (Table 1).

Vegetation cover data were obtained from the average annual (2011) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) images. NDVI is expressed by the equation:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED);$$

where NIR and RED represent reflectance channels in the near infrared and visible red spectrum, respectively.

This index is sensitive to the presence of chlorophyll and healthy vegetation and ranges from -1 to 1. The value 1 reflects the most photosynthetically active vegetation. The images were acquired from NASA (2012a) and, after conversion to the projection sinusoidal geographic lat/long format with the Modis Reprojection Tool (MRT) (geographic projection Lat/Long and Datum WGS 84), the annual average was processed in the ENVI software version 4.7 (Exelis Visual Information Solutions, Boulder, Colorado, USA).

The precipitation values represent the average rainfall from 2000 to 2010 and were captured by the image sensor TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) with a spatial resolution of 0.25°, or approximately 27 km. We used 3B43 product images, which represent the average monthly precipitation values. The images were acquired from the NASA website (2012a)** and processed using Envi 4.7.

The surface temperature data are images from the MODIS product mod11 that represent the average monthly surface temperature. These were redesigned with the software MRT extension geotif, geographic projection Lat/Long and Datum WGS 84. To screen temperature data for unreliable pixel values, we used a mask based on the Automatic Quality Control (QC) of the images; as a result, the processing of the Land Surface Temperature (LST) should be reliable (WAN, 1999, 2007). After the temperature was converted from degrees Kelvin to degrees Celsius by means of a Band Math tool in Envi 4.7, the average temperature of the period (2000–2011) was calculated.

The average elevations of the municipalities were derived from data obtained from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) that were acquired from a radar of the entire surface of the earth (with the exception of extreme latitudes) with a resolution of 90 m; a digital terrain model was then prepared. We used data from the processing of SRTM to obtain a hydrologically consistent model (hydroshed) from NASA (2012b).

Relative humidity data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) and represent the average values from a range of approximately 30 years of observations in 283 weather stations distributed throughout the territory. The stations were spatialized in ArcGis 9.3, and the humidity data were interpolated with the Topogrid module of the same software, with one pixel representing 1 km.

The Temperature and Humidity Index (THI) relates the thermal comfort range of animals to the ambient temperature and relative humidity (Thom, 1959). Air temperature and relative humidity are

combined into a single thermal comfort index. The THI indicates the comfort/discomfort experienced by animals and can help farmers choose regions that are appropriate for animal production.

To calculate the THI, we used temperature and humidity data previously calculated with the following equation: $THI = Ta + (0.36 \times To) + 41.5$ where: Ta = ambient temperature (°C) and To = temperature of the dew point (°C). The higher the index, the more uncomfortable the animals are.

Solar radiation was calculated in ArcGis 9.3 from data from the SRTM topography, as topography is an important factor that determines the spatial variability of insolation. The variation in orientation, elevation (tilt and aspect) and shadows from topographical features affects the amount of insolation received at different locations; this variability therefore contributes to the variability of the microclimate. In this study, the parameters were obtained for multiple days in the year 2011 spaced 5–160 days apart with a duration of 14 days and 0.5 h.

All variables were spatialized in ArcGis 9.3 with geographic projection Lat/Long and Datum WGS 84 from the Zonal Statistics tool based on vector data relating to municipalities (IBGE, 2012). This tool calculates the average value for each municipality.

After acquisition and processing, data were analyzed with SAS (Statistical Analysis Software, Cary Indiana, v.9.3). Production data were normalized by area to take into account differences in areas between municipalities. Correlations were calculated between sheep production and environmental factors at the national and regional levels (five regions of Brazil) to evaluate the strength of the relationships between them. A factor analysis was performed to characterize the covariance between variables and to determine the factors accounting for the structure of correlations between measured variables. The Bartlett sphericity test was used to determine whether the analysis was appropriate ($P < 0.05$), and the Kaiser–Meyer–Olkin measurement was above 0.5. Variables with an individual MSA above 0.6 were maintained in the analysis. Clusters of municipalities and regions were formed based on levels of sheep production. Canonical analyses were used to describe the differences between the clusters and discriminant analyses were used to verify the identity of the environmental variables that discriminated between the different production levels (clusters).

Two type of distance matrices were formed – one based on geographical distances between municipalities within a region and one based on normalized sheep production. A Mantel test (Manel, Schwartz, Luikart, & Taberlet, 2003) was used to correlate the matrices of correlations between geographic distances and sheep production in 2010 using the software Passage 2 (Rosenberg & Anderson, 2011). The Mantel statistic is given by a correlation coefficient (r) ranging from -1 to 1 (Fortin & Gurevitch, 2001).

Municipalities with the highest levels of sheep production in Brazil were selected using the standard deviation of the data set, and a cluster analysis was performed to form different groups. The

Table 2
Correlations between Brazilian sheep production in 2010 and environmental variables by region.

	Brazil region					TOTAL
	Centerwest	North	Northeast	South	Southeast	
Altitude	-0.50*	0.28*	0.24*	0.03	-0.22*	-0.11
Precipitation	0.10*	-0.28*	-0.50*	-0.03	-0.0*	-0.29*
Normalized Difference	0.24*	0.14*	-0.42*	-0.07	-0.17*	-0.13
Vegetation Index						
Relative Humidity	0.61*	-0.00	-0.29*	-0.00	-0.23*	-0.19
Temperature	-0.17*	0.12	0.51*	0.03	0.32*	-0.32*
Solar radiation	0.02	0.03	0.23*	0.00	0.06	-0.08
Temperature	-0.08	0.12	0.51*	0.03	0.33*	0.32*
Humidity Index						

* $P < 0.05$.

separation of the groups was validated with a discriminant analysis and the stepwise linear discriminant function in SAS software. The definition of the intervals pertaining to each environmental variable was made based on the frequency histograms of the data. The Student's *t*-test was used to evaluate the differences between groups. Finally, ArcGIS 9.3 was used to develop a map based on defined ranges for each variable of each group.

3. Results

3.1. Spatialization of variables

The maps of average municipal attributes (altimetry, temperature, precipitation, relative humidity, THI, solar radiation, NDVI) illustrate the distribution of these variables across territories (Fig. 2).

The altitude map indicates that the highest elevations occur mainly in the southeast and center-west of the country and include the Central Plateau (in the midwest) and the mountains and plateaus of the east and southeast near the coast that form the largest group of highlands in the country, stretching from the northeast to Santa Catarina state in the south (Ross, 2005). Prime examples are the Serra do Mar, Mantiqueira, Espinhaço and the Diamantina and Caparaó tablelands. The lower areas are in the Amazonian lowlands, the Pantanal of Mato Grosso state and in the pampas in the extreme south. The solar radiation is especially strong in areas with flat relief (with higher incidence of direct radiation) such as the Pantanal of Mato Grosso, Bananal Island on the border of the states of Goiás, Tocantins, Mato Grosso, the depression of the San Francisco river and the Pampa areas in the south of Brazil.

The areas with the highest rainfall are in the northern region, especially in Amazonas and Pará states. The driest region is in the semi-arid northeast, where rainfall in some municipalities in the region reaches approximately 400 mm/year (Antonino, Sampaio, Dall'lio, & Salcedo, 2000). The NDVI map shows that the highest values of precipitation are found in the Amazon Forest and Atlantic Forest along the entire coast of Brazil, particularly in the southeast. The lowest values coincide with the drier regions, such as the area extending from the semi-arid northeast (Caatinga) to the center-west Cerrado (savannah) region. The maps of surface temperature and moisture corroborate data from previous studies that indicate that the areas with the highest temperatures and lowest humidity are concentrated in the states of the northeast and center-west of Brazil; these areas also have lower NDVI values and rainfall.

The areas with the highest THI and temperatures and the lowest humidity levels are concentrated in the northeast, southeast and northern regions (especially in the states of Tocantins, south of Maranhão and Piauí) and in the midwest.

3.2. Correlation analysis of environmental variables with sheep production

Correlations between sheep production and the variables studied were calculated (Table 2). Factor analysis (Fig. 3) indicated that sheep rearing occurs especially in areas of low rainfall, low relative humidity and low NDVI but high values of THI and temperature. The first two factors explained 81% of the variance among factors; only these first two factors had eigenvalues above 1, while individual variables had a value above 0.3, with most or 0.5 (Fig. 3), which, according to Hair, Black, Babin, Anderson, and Tatham (2006), is significant for this type of analysis and this quantity of data.

The nationwide (all municipalities) correlation analysis showed low correlations between environmental variables and sheep production in Brazil. This may be due to the large expanse of the

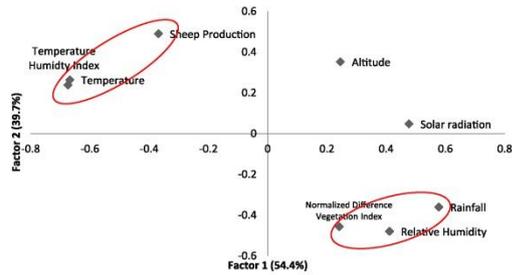


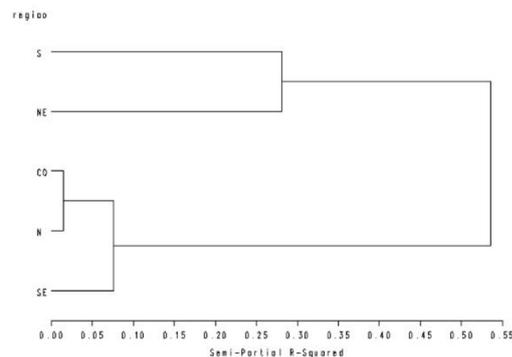
Fig. 3. First two factors for variables and production traits of sheep in Brazil. *S = South; NE = Northeast; CO = Centerwest; N = North; SE = Southeast.

country and the variety of environmental features. At the regional level, however, correlations were more apparent (Table 2).

In the nationwide analysis, sheep production was generally negatively correlated with precipitation, NDVI and RH but positively correlated with solar radiation, air temperature and THI, indicating that sheep production is generally located in warmer areas with less rain. The regional analysis shows that each region behaves differently depending on specific environmental characteristics. For example, sheep production is positively correlated with NDVI in the center-west and northern regions but negatively correlated in other regions. Temperature and THI were positively correlated in the north, northeast and southeast but not in other regions. The national analysis therefore masks certain regionally important correlations. These results indicate that sheep production may vary according to regional environmental characteristics.

The cluster analysis showed that there are two distinct areas of sheep production in Brazil: the south (S) and the northeast (NE) (Fig. 4); this finding is in agreement with results of IBGE (2012). It is important to understand that, although the S and NE have similar production levels, each region has its own specific environmental characteristics; it is therefore important to understand the dynamics and environmental trends of each region to promote the development of sheep production.

The canonical analysis (Fig. 5) shows that the groups differ primarily by humidity, NDVI and radiation. To a lesser extent, these regions also differ by rainfall and temperature.



*S=South; NE=Northeast; CO=Centerwest; N=North; SE=Southeast

Fig. 4. Clusters for sheep production by region in Brazil.

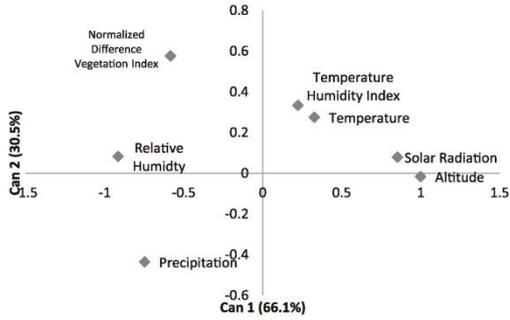


Fig. 5. First two canonical components for the separation of sheep production clusters.

The Mantel test (Table 3) indicated that, in all regions, there is a spatial relationship between sheep production and geographical distance, independent of production levels. For example, the southeastern region, despite having low production, showed the highest correlation between distance matrices.

3.3. Setting intervals associated with environmental variables of high sheep production areas

To define the ranges of environmental variables associated with high production, we considered only the major producing municipalities. These municipalities had production levels 1.5 standard deviations above the mean (21,382 head) and were concentrated in 126 municipalities in Rio Grande do Sul, northern Bahia, Pernambuco and Ceará states.

The cluster analysis of K means considering all variables of the municipalities of the largest producers identified two well-

Table 3
Mantel correlation (r) of distance matrices for sheep production and environmental variables by region.

Region	Centerwest	North	Northeast	South	Southeast
R	0.42910	0.54365	0.67968	0.65990	0.86093

Table 4
Number of observations and % of correctly classified municipalities per cluster.

Cluster	1	2	Total
1	86 100%	0 0%	86 100%
2	5 12.5%	35 87.5%	40 100%
Total	91 72.22%	35 27.78%	126 100%

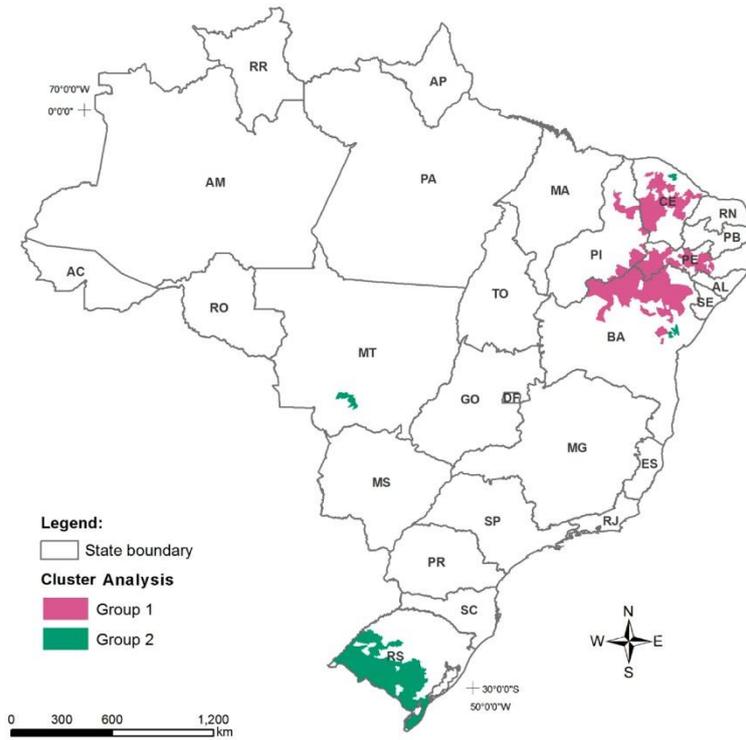


Fig. 6. Municipalities with the highest levels of sheep production in Brazil.

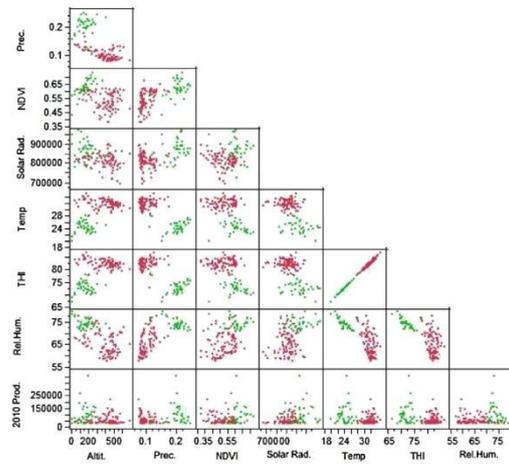


Fig. 7. Correlation matrix of environmental variables with sheep production in Brazil. The colors indicate groups in the cluster analysis (pink represents group 1 and green represents group 2). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

separated groups (Fig. 6). The separation of groups was validated by discriminant analysis: 100% of the municipalities of group 1 and 87.5% of the municipalities of group 2 were correctly classified (Table 4).

A correlation matrix (Matrix Scatterplot) showed that the two groups can be clearly discriminated by the environmental characteristics of the largest-producing municipalities (Fig. 7).

Based on this analysis and the frequency histograms (Fig. 8; Table 5), the intervals for each environmental variable for each group were determined.

When the observed ranges for each variable in the two groups were compared with the ranges of the entire country (Fig. 8), the means of both groups were always different (Table 5). For example, group 1 had a higher mean temperature (31 °C) and RH (64%) than group 2 (24 °C and 73%). The NDVI of group 1 (0.53) was lower than that of group 2 (0.61), as the first group belongs to a semiarid region where the vegetation is less photosynthetically active and where precipitation is lower (0.1 mm/h) than in the southern region (0.19 mm/h).

Fig. 9 shows the spatial localization of the major sheep-producing regions in Brazil, including group 1 (Hair sheep), group

2 (Wool sheep) and regions with similar environmental characteristics where sheep production is incipient.

The areas with landscape features similar to those where the largest sheep production occur account for approximately 900,000 km² in the northeast (group 1) and 1.1 million km² (group 2) (Fig. 9). The areas where production is deemed incipient in 2010 overlap with some of the abovementioned areas, especially in the States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, corroborating the idea of homogeneity in the environmental variables that are favorable for sheep production.

4. Discussion

According to Epperson et al. (2010), computer technologies can be used to run simulations that determine the conditions (models or parameters) under which observed data were generated or that predict outcomes in certain populations; these tools are widely used in analyses related to landscapes.

The analysis of georeferenced data, Geographic Information Systems (GIS), remote sensing and production data with statistical tools has enabled an understanding of how the sheep industry is distributed and an identification of the main environmental factors associated with this distribution. However, as stated by Anderson et al. (2010), the resolution of raster data should be carefully considered, as it can lead to a redundancy of information or a masking of the features of the landscape. In this case, the production data are described at a municipal level while the environmental data were obtained at a more accurate level.

The correlations between environmental factors and sheep production at the national level are low, as the environmental characteristics of the country are quite diverse; a more precise analysis was performed when considering homogeneous groups at a regional level.

In Brazil, breeds are selected based on production environments (McManus, Paiva, & Araújo, 2010). Accordingly, a specific genetic landscape (Manel et al., 2010) also exists: wool breeds such as Corriedale, Texel or Ile de France (group 2) are raised mainly in the southern region (damp and colder), while hair breeds such as Morada Nova (group 1) are raised in the northeast (drier and hotter).

Resende, Silva, Lima, and Teixeira (2008) state that the production capacity of species has evolved due to a number of factors, including genetic improvement for the production of meat and milk, improved nutrition and improved health. Currently, there is a trend toward increased production in the midwest (Resende et al., 2010) following the expansion in cattle production in this area; this increase was further promoted by government incentives to expand production. It is interesting that the final map of areas with similar environmental characteristics confirms this trend, corroborating findings of Herrero

Table 5

Range of environmental variables found in Brazil and among sheep production groups.

Variable ^a	Alt (m)	Prec (mm/h)	NDVI	Solar Radiation (WH/m ²)	Temp (°C)	Relative Humidity (%)	THI
Brazil	1.33–1573.56	0.07–0.41	–0.26–0.83	476.545–1,229.020	18.16–35.97	56.24–87.52	64.68–87.68
Group 1 (Hair)	Interval 39.92–687.54	0.07–0.17	0.37–0.66	687.007–895.950	28.28–34.88	57.39–75.10	78.15–86.32
	Mean 396.43	0.10	0.53	806.390	31.74	64.65	82.13
	SD 126.32	0.02	0.06	38.434.64	1.28	4.51	1.64
Group 2 (Wool)	Interval 5.66–408.93	0.11–0.25	0.43–0.72	762.856–970.736	19.76–30.78	70.46–79.16	66.81–81.65
	Mean 166.95	0.19	0.61	861.344.85	24.53	73.98	72.99
	SD 81.85	0.04	0.06	52.076.12	2.30	2.18	3.08
T test	t 9.77	–26.80	–6.65	–6.58	22.28	–12.32	21.45
	H ₀ ^b Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject

^a Alt = altitude; Prec = rainfall, NDVI = normalized difference vegetation index; SR = solar radiation, Temp = temperature, RH = relative humidity; THI = index of temperature and humidity.

^b H₀ = hypothesis test (means are equal).

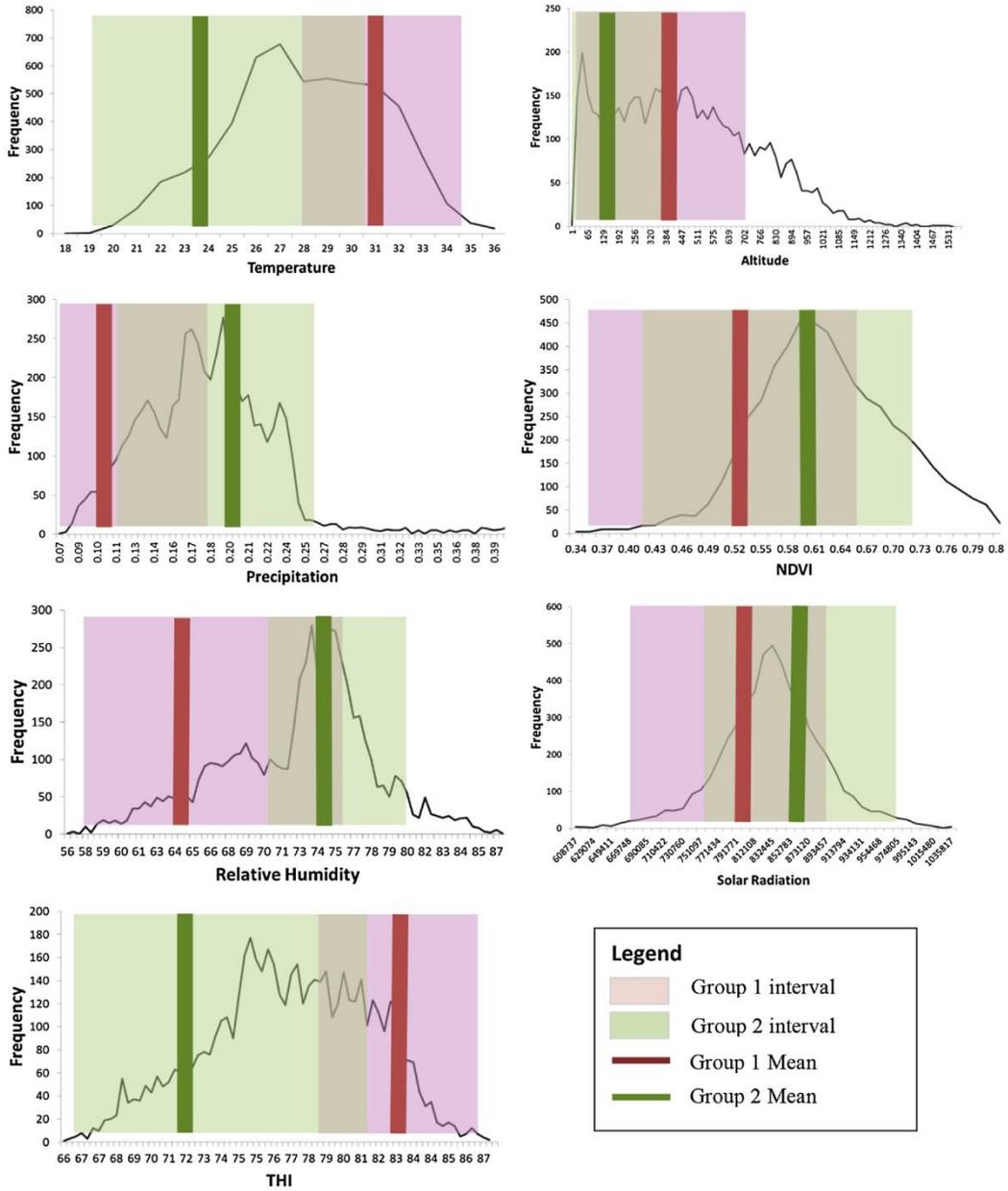


Fig. 8. Frequency histograms of variables by groups determined by cluster analysis.

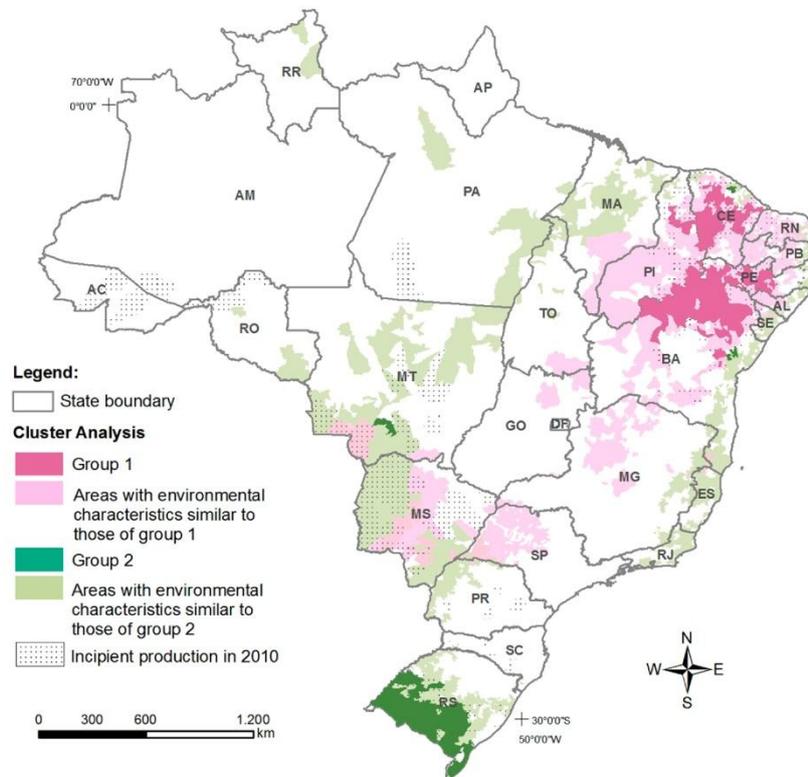


Fig. 9. Areas with the same environmental variables as the group 1 and 2 areas.

et al. (2010) that state that farmers empirically try to adjust production to environmental variables.

Despite the possibility of increasing production in Brazil (Moraes Neto, Ridrigues, Almeida, & Albuquerque, 2003), sheep raising tends to be highly informal and thus difficult to consolidate: only 7.8% of produced goods are inspected in Brazil; moreover, 56% of formally consumed products are imported from countries such as Uruguay, where products are marketed for a lower price than that paid by Brazilian abattoirs. This observation and the data presented in this study confirm that policies should be made at a regional and not a national level.

The study of production and environmental variables (Kessler, 2006) shows that public policies related to the production, management, nutrition and breeding of sheep must be regionalized, as each region of the country has its own unique characteristics that can promote or hinder production. A lack of policy or guidance may interfere with production (Costa et al., 2008). Thus a management plan for sheep production in Brazil that considers the environmental characteristics of individual regions is necessary.

Evidence from other countries shows that large sheep flocks are sometimes found in regions with marginal environmental conditions (Rowe, 1999), while regions with more favorable environmental conditions tend to have small flocks; in Brazil, the opposite is true. Indeed, the relationship between environment and

production depends on technologies and investments (Mcmanus et al., 2011), which are not always readily available in Brazil.

This study identifies the environmental conditions that are favorable for sheep production in Brazil. While most environmental conditions deemed favorable corresponded to those of the areas where the largest production occurred, a correlation was also observed between environmental variables of areas where expansion of sheep production has only recently begun. Environmental characteristics of incipient production areas and areas favorable for sheep farming are highly similar, suggesting that growth occurs naturally in areas with a favorable environment. As a result, environmental variables are important factors for the expansion of the sheep industry and should be considered in the development of public policies, government actions and investments and incentives.

5. Conclusion

This analysis of spatial environmental factors provided a new perspective on aspects of sheep production in Brazil. An extensive area with characteristics similar to those of the areas where the largest producers of sheep in Brazil are found was identified. This information could be used to aid in the planning of the expansion of the sheep industry; such planning should consider regional

environmental characteristics and the specific characteristics of the breeds to be introduced in a certain location.

Acknowledgments

Thanks are due to INCT-Pecuaria (CNPq/FAPEMIG/MCT), CNPq, CAPES and FAP-DF for scholarships and financial support.

References

- Anderson, C. D., Epperson, B. K., Fortin, M., Holderegger, R., James, P. M. A., Rosenberg, M. S., et al. (2010). Considering spatial and temporal scale in landscape-genetic studies of gene flow. *Molecular Ecology*, *19*, 3565–3575.
- Antonino, A. C. D., Sampaio, E. V. S. B., Dall'olio, A., & Salcedo, I. H. (2000). Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *4*(1), 29–34.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Velázquez, A. (2001). Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology*, *39*(3–4), 211–219.
- Cook, N. B., & Nordlund, K. V. (2009). The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Veterinary Journal*, *179*(3), 360–369.
- Costa, R. G., Almeida, C. C., Pimenta Filho, E. C., Holanda Junior, E. V., & Santos, N. M. (2008). Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região Semi-árida do estado da Paraíba. *Brasil Archivos de Zootecnia*, *57*, 195–205.
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Zhang, X. H. (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, *61*(4), 257–271.
- Epperson, B. K., Mcrae, B. H., Scribner, K., Cushman, S. A., Rosenberg, M. S., Fortin, M., et al. (2010). Utility of computer simulations in landscape genetics. *Molecular Ecology*, *19*, 3549–3564.
- Escudero, A., Iriondo, J. M., & Torres, M. E. (2003). Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. *Biological Conservation*, *113*, 351–365.
- Etherington, T. R. (2011). Python based GIS tools for landscape genetics: visualising genetic relatedness and measuring landscape connectivity. *Methods in Ecology and Evolution*, *2*(1), 52–55.
- FAO — Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2012). *Statistics: Animal productions*. http://www.fao.org/index_en.htm Accessed mai 2012.
- Fortin, M. J., & Gurevitch, J. (2001). Mantel tests: spatial structure in field experiments. In S. M. Scheiner, & J. Gurevitch (Eds.), *Design and analysis of ecological experiments*. New York, New York: Oxford University Press.
- Gilad, O., Wu, X. B., & Armstrong, F. (2013). Assessing the feasibility for reintroducing desert bighorn sheep to Guadalupe Mountains National Park: habitat, migration corridors and challenges. *Applied Geography*, *41*, 96–104.
- Hair, J. F., Black, B., Babin, B., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Prentice Hall.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A., et al. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, *327*, 822–827.
- IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2006). *Censo Agropecuário de 2006*. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/def_aul.shtm Accessed mar 2012.
- IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Divisão Municipal — Geociências*. http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias Accessed mai 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Sistema IBGE de Recuperação Automática — SIDRA*. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em: Maio de 2012.
- Joost, S., Colli, L., & Baret, P. V. (2010). Integrating geo-referenced multiscale and multidisciplinary data for the management of biodiversity in livestock genetic resources. *Animal Genetics*, *41*, 47–63.
- Kessler, C. A. (2006). Decisive key-factors influencing farm households' soil and water conservation investments. *Applied Geography*, *26*, 40–60.
- Manel, S., Joost, S., Epperson, B. K., Holderegger, R., Storfer, A., Rosenberg, M. S., et al. (2010). Perspectives on the use of landscape genetics to detect genetic adaptive variation in the field. *Molecular Ecology*, *19*(17), 3760–3772.
- Manel, S., Schwartz, M. K., Luikart, G., & Taberlet, P. (2003). Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology & Evolution*, *18*(4), 189–197.
- Mcmanus, C., Louvandini, H., Paim, T. P., Barcellos, J. O. J., Cardoso, C., Guimarães, R. F., et al. (2011). The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *40*(Suppl. Esp), 107–120.
- Mcmanus, C., Paludo, G. R., Louvandini, H., Gugel, R., Sasaki, L. C. B., & Paiva, S. R. (2009). Heat tolerance in naturalized Brazilian sheep: physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health and Production*, *41*, 95–101.
- Mcmanus, C., Paiva, S. R., & Araújo, R. O. (2010). Genetics and breeding of sheep in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*, 236–246.
- Mcmanus, C., Prescott, E., Paludo, G. R., Bianchini, E., Louvandini, H., & Mariane, A. S. (2009). Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*, *120*, 256–264.
- Moraes Neto, O. T., Rodrigues, A., Almeida, A. C., & Albuquerque, S. M. (2003). *Capacitação de agentes de desenvolvimento rural (ADRs) para a caprinovincultura*. João Pessoa: SEBRAE/PB, Brazil.
- NASA National Aeronautics and Space Administration. (2012a). *Catálogo de imagens*. http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utl8-%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle Accessed Feb 2012.
- NASA National Aeronautics and Space Administration. (2012b). *SRTM Hydrosched*. <http://hydrosched.cr.usgs.gov/datasource.php> Accessed Mar 2012.
- Paganoti, M., & Rodrigues, R. M. C. (2010). Análise da Ovinocultura Brasileira: Oportunidades e Ameaças. *Revista Cabra & Ovelha*, *17*(55), 2–5.
- Primo, A. T. (2004). América: conquista e colonização: a fantástica história dos conquistadores ibéricos e seus animais na era dos descobrimentos. In Porto Alegre (Ed.). Movimento, Brazil.
- Resende, K. T., Silva, H. G. O., Lima, L. D., & Teixeira, I. A. M. A. (2008). Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *37*, 161–177.
- Resende, K. T., Teixeira, I. A. M. A., Biagioli, B., Lima, L. D., Boaventura Neto, O., & Pereira Junior, J. D. (2010). Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*, 369–375.
- Rosenberg, M. S., & Anderson, C. D. (2011). PASSAGE: pattern analysis, spatial statistics and geographic exegesis. Version 2. *Methods in Ecology and Evolution*, *2*(3), 229–232.
- Ross, J. L. S. (2005). *Geografia do Brasil* (5th ed.). São Paulo: Edusp, Brazil.
- Rowe, A. G. (1999). The exploitation of an arid landscape by a pastoral society: the contemporary eastern Badia of Jordan. *Applied Geography*, *19*, 345–361.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2005). *Informações de mercado sobre caprinos e ovinos, relatório completo*. Brasília.
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, *12*(1), 57–60.
- Viana, J. G. A. (2008). Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. *Revista Ovinos*, *12*, 1–9.
- Wan, Z. (1999). *MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD) version 3.3. 1999*. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf Accessed Feb 2012.
- Wan, Z. (2007). *Collection-5 MODIS land surface temperature products users' guide*. http://www.icess.ucsb.edu/modis/LstUsguide/MODIS_LST_products_Users_guide_C5.pdf Accessed Feb 2012.
- Windig, J. J., Calus, M. P. L., & Veerkamp, R. F. (2005). Influence of herd environment on health and fertility and their relationship with milk production. *Journal of Dairy Science*, *88*(1), 335–347.

ANEXO 4

Tabela dos dados de microssatélites – Número de Alelos

Raça	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Inra23A																		
OB	4	4	4	11	4	4	1	9	17	11	23	0						
OC	0	3	5	0	4	10	0	0	0	0	0	0						
ODA	6	0	0	0	5	0	8	1	0	0	0	0						
ODO	8	0	10	1	5	7	2	14	0	6	7	0						
OH	2	3	0	11	12	2	0	1	10	2	5	0						
OIF	0	11	12	1	14	4	0	0	0	0	6	0						
OMN	4	10	4	29	9	0	1	23	3	2	11	0						
ORL	0	3	1	25	35	5	0	18	2	3	4	0						
OS	0	55	0	2	0	9	0	30	0	0	0	0						
OSI	16	6	7	20	8	17	18	31	22	17	25	1						
Total	40	95	43	100	96	58	30	127	54	41	81	1						
Oar304A																		
OB	6	0	0	0	5	13	0	1	0	41	0	0	5	0	0	0	0	21
OC	2	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
ODA	2	1	1	2	0	2	0	0	0	5	0	0	3	0	4	0	0	0
ODO	10	0	2	1	6	1	0	1	25	0	0	6	3	0	5	0	0	0
OH	0	0	0	0	0	25	0	2	0	4	3	0	3	11	0	0	0	0
OIF	6	0	0	0	1	20	0	0	0	18	0	0	0	2	0	0	0	1
OMN	0	0	0	0	1	26	1	0	9	20	0	2	19	10	0	0	0	8
ORL	6	0	0	0	0	28	2	0	0	47	2	0	1	6	0	0	0	4
OS	2	0	0	0	0	43	0	0	2	34	0	0	0	15	0	0	0	0
OSI	20	0	0	5	24	37	0	0	33	35	3	16	8	0	0	3	4	4
Total	54	1	3	8	37	207	3	4	69	212	8	24	42	44	9	3	38	
MAF214A																		
OB	6	0	3	37	34	0	0	0	5	7								
OC	0	0	1	15	6	0	0	0	0	0								
ODA	2	0	0	15	1	1	0	0	1	0								
ODO	6	0	1	30	19	4	0	0	0	0								
OH	0	3	11	29	4	0	0	0	1	0								
OIF	0	0	22	19	7	0	0	0	0	0								
OMN	0	0	6	47	37	0	1	1	0	4								
ORL	0	0	4	35	44	0	0	0	0	13								
OS	6	0	16	49	24	0	0	0	0	1								
OSI	8	0	20	112	44	0	0	0	2	2								
Total	28	3	84	388	220	5	1	1	9	27								
INRA63A																		
OB	0	16	21	4	12	34	0	0	3	2	0	0	0					
OC	0	0	5	0	5	12	0	0	0	0	0	0	0					
ODA	2	0	0	4	0	0	1	0	0	11	0	0	2					
ODO	2	1	2	16	1	8	7	0	0	19	2	1	1					
OH	2	0	4	2	13	18	1	0	3	3	0	1	1					
OIF	2	2	4	0	3	8	7	0	3	13	0	0	6					
OMN	8	0	30	0	4	7	1	3	30	10	0	2	1					
ORL	20	4	26	1	7	7	0	1	26	4	0	0	0					
OS	8	7	10	0	2	26	2	4	2	35	0	0	0					
OSI	2	11	39	5	23	12	9	7	39	29	0	8	4					
Total	46	41	141	32	70	132	28	15	106	126	2	12	15					
OARHH35A																		

OB	2	2	17	0	2	11	17	2	32	4	0	0	3	0
OC	0	0	2	0	0	1	11	3	5	0	0	0	0	0
ODA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0
ODO	2	0	6	0	1	2	6	1	10	28	4	0	0	0
OH	0	0	0	0	5	7	8	5	10	9	1	1	2	0
OIF	0	0	2	0	15	0	9	12	10	0	0	0	0	0
OMN	0	6	18	1	4	5	26	5	17	6	0	1	2	5
ORL	0	0	0	0	0	0	2	25	69	0	0	0	0	0
OS	0	3	10	14	23	5	3	13	8	17	0	0	0	0
OSI	32	3	20	1	7	21	20	29	27	18	0	4	2	4
Total	38	14	75	16	57	52	102	95	188	100	5	6	9	9

INRA35A

OB	0	11	0	0	0	25	9	6	14	13	12	1	1
OC	0	0	0	0	3	8	0	0	3	3	5	0	0
ODA	8	0	0	0	0	8	0	1	1	2	0	0	0
ODO	24	5	0	0	0	7	0	4	11	7	1	1	0
OH	2	3	0	0	0	6	0	1	14	18	3	1	0
OIF	0	5	1	0	0	0	0	0	9	23	8	2	0
OMN	2	12	0	1	3	41	2	1	15	11	7	0	1
ORL	0	0	0	0	5	45	1	18	11	10	3	0	3
OS	2	0	0	0	0	7	0	5	1	47	34	0	0
OSI	6	17	0	0	0	64	10	19	26	29	16	0	1
Total	44	53	1	1	11	211	22	55	105	163	89	5	6

OMHC1A

OB	2	0	0	0	0	11	63	2	11	0	3	0	0	0
OC	0	1	0	2	0	2	2	0	3	0	0	0	11	1
ODA	2	0	0	0	3	13	0	0	0	2	0	0	0	0
ODO	2	0	2	5	13	28	1	8	0	1	0	0	0	0
OH	2	3	2	2	3	2	6	9	10	0	3	4	2	0
OIF	0	0	0	0	10	1	15	4	9	0	4	5	0	0
OMN	0	0	0	15	7	8	23	11	24	0	2	0	6	0
ORL	0	1	0	23	1	10	23	3	14	0	10	11	0	0
OS	2	2	0	16	0	13	32	0	2	4	22	0	3	0
OSI	8	3	0	18	3	31	67	9	23	4	5	16	1	0
Total	18	10	4	81	40	119	232	46	96	11	49	36	23	1

ILSTS87A

OB	0	1	1	1	29	11	4	20	5	20	0	0	0	0
OC	0	0	6	1	3	0	3	9	0	0	0	0	0	0
ODA	2	0	2	0	4	0	0	1	1	6	4	0	0	0
ODO	4	0	8	1	6	2	2	17	4	14	2	0	0	0
OH	8	0	7	1	9	1	1	7	0	0	5	8	0	1
OIF	0	0	8	0	11	3	4	9	0	0	11	2	0	0
OMN	0	0	8	2	9	16	1	16	11	1	31	0	1	0
ORL	0	0	12	24	2	2	0	17	1	3	31	1	3	0
OS	2	7	16	16	1	19	0	0	5	29	1	0	0	0
OSI	6	0	27	4	20	20	2	44	6	24	21	12	2	0
Total	22	8	95	50	94	74	17	140	28	73	134	24	6	1

ILSTS05A

OB	0	0	0	13	25	0	35	5	14	0
OC	2	0	0	0	0	0	9	6	5	0

ODA	2	1	0	0	2	10	5	0	0	0
ODO	4	2	4	0	2	29	16	0	3	0
OH	4	0	0	3	0	3	18	12	8	0
OIF	2	0	0	0	0	3	5	36	2	0
OMN	6	0	0	17	24	30	15	3	1	0
ORL	8	0	0	33	11	3	15	19	7	0
OS	6	0	0	9	2	0	78	1	0	0
OSI	6	0	0	38	20	0	72	20	30	2
Total	40	3	4	113	86	78	268	102	70	2

ILSTS11A

OB	0	43	0	18	2	17	0	12	0
OC	0	4	0	6	0	4	0	8	0
ODA	2	7	0	2	0	0	0	9	0
ODO	8	4	0	1	9	19	0	19	0
OH	0	7	0	0	2	7	2	30	0
OIF	2	10	0	15	0	3	8	10	0
OMN	0	11	0	29	21	0	1	33	1
ORL	0	18	0	11	4	1	0	62	0
OS	2	0	2	16	46	0	0	30	0
OSI	10	52	3	58	10	15	4	36	0
Total	24	156	5	156	94	66	15	249	1

MAF65A

OB	6	0	19	29	8	9	0	2	18	0	1
OC	2	0	6	7	3	2	0	0	0	2	0
ODA	2	4	2	1	4	3	2	0	0	0	2
ODO	8	16	5	0	0	25	0	0	0	0	6
OH	0	0	0	10	17	17	2	0	2	0	0
OIF	2	0	0	20	19	4	0	0	2	0	1
OMN	4	3	7	12	39	18	0	0	13	0	0
ORL	6	0	4	24	13	15	0	7	27	0	0
OS	2	0	9	30	31	1	0	2	21	0	0
OSI	48	1	19	39	31	12	2	6	29	0	1
Total	80	24	71	172	165	106	6	17	112	2	11

BM827A

OB	0	3	10	33	31	4	10	0	1
OC	0	0	16	1	2	0	0	3	0
ODA	2	7	1	4	4	0	2	0	0
ODO	10	1	6	9	29	0	1	4	0
OH	0	2	0	20	16	0	7	3	0
OIF	0	0	8	16	12	0	8	4	0
OMN	6	4	7	22	25	27	2	3	0
ORL	20	8	0	24	9	12	21	2	0
OS	4	2	0	4	77	4	4	0	1
OSI	16	11	13	78	26	17	19	8	0
Total	58	38	61	211	231	64	74	27	2

OARFCB20A

OB	2	15	44	2	4	4	3	0	2	6	2	0	0	7	1
OC	0	0	14	0	4	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
ODA	2	0	5	0	0	6	0	4	3	0	0	0	0	0	0
ODO	6	0	7	12	5	15	0	3	5	7	0	0	0	0	0
OH	0	0	6	5	8	2	3	6	5	6	1	4	0	2	0

OIF	2	4	15	20	3	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0
OMN	10	0	22	14	10	0	1	0	13	5	0	0	0	21	0
ORL	12	3	42	6	6	0	0	0	1	11	9	0	1	5	0
OS	0	0	3	4	26	0	31	3	29	0	0	0	0	0	0
OSI	0	11	84	8	7	2	11	0	20	33	2	0	1	9	0
Total	34	33	242	71	73	29	53	16	78	71	14	4	2	45	1

OARCP20A

OB	0	25	16	20	1	0	16	0	2	12					
OC	0	7	7	2	0	0	6	0	0	0					
ODA	2	13	5	0	0	0	0	0	0	0					
ODO	2	13	12	23	0	0	4	6	0	0					
OH	6	17	6	15	0	0	4	0	0	0					
OIF	6	24	1	2	2	0	13	0	0	0					
OMN	8	16	16	0	0	7	35	0	4	10					
ORL	2	18	13	0	0	1	18	0	2	42					
OS	8	51	12	8	0	0	12	0	0	5					
OSI	6	33	24	13	1	1	102	0	4	4					
Total	40	217	112	83	4	9	210	6	12	73					

OAR129A

OB	10	2	0	62	18	0	0	0	0						
OC	2	2	0	8	10	0	0	0	0						
ODA	4	3	0	4	9	0	0	0	0						
ODO	0	7	0	21	32	0	0	0	0						
OH	0	0	0	7	34	7	0	0	0						
OIF	2	0	1	21	7	1	1	0	15						
OMN	12	14	0	20	48	2	0	0	0						
ORL	22	8	0	25	41	0	0	0	0						
OS	12	1	0	22	61	0	0	0	0						
OSI	22	36	0	51	77	0	0	1	1						
Total	86	73	1	241	337	10	1	1	16						

INRA172A

OB	8	0	0	0	0	2	0	0	2	32	0	13	0	2	17	16	0	0
OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	16	1	0	1	2	1	0	0	0
ODA	4	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0
ODO	6	2	5	0	1	4	1	0	0	11	9	20	1	0	0	0	0	0
OH	6	0	0	2	2	0	0	0	0	17	0	0	12	1	0	8	0	0
OIF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	2	1	0	0	0
OMN	0	0	10	0	0	0	0	0	0	50	0	1	14	3	2	3	0	13
ORL	8	0	5	0	0	0	0	0	0	42	0	2	36	0	0	0	0	3
OS	0	0	21	0	0	0	0	0	0	42	0	17	1	11	0	0	0	4
OSI	36	0	3	1	0	1	0	1	0	92	0	2	18	0	6	23	3	2
Total	68	2	51	3	5	7	1	2	2	347	10	58	83	21	27	54	3	22

HUJ616A

OB	14	0	25	0	52	0	0	1	0	0								
OC	2	2	18	0	0	0	0	0	0	0								
ODA	2	0	8	1	2	3	0	0	0	4								
ODO	8	0	41	8	1	0	0	0	0	2								
OH	2	8	38	0	0	0	0	0	0	0								
OIF	6	0	40	0	2	0	0	0	0	0								
OMN	22	0	42	0	7	0	0	13	0	12								
ORL	22	0	29	4	18	1	0	1	14	7								
OS	2	0	89	0	3	1	0	1	0	0								

OSI	10	1	70	28	41	1	16	20	1	0
Total	90	11	400	41	126	6	16	36	15	25

SRCRSP05A

OB	2	0	4	31	43	12				
OC	20	0	0	0	1	1				
ODA	2	0	0	9	7	2				
ODO	0	1	0	18	18	23				
OH	2	0	11	16	11	8				
OIF	0	0	0	27	19	2				
OMN	2	0	2	9	18	65				
ORL	0	0	2	11	35	48				
OS	0	0	25	0	8	63				
OSI	4	0	6	61	68	49				
Total	32	1	50	182	228	273				

BM6526A

OB	2	0	0	3	17	1	0	2	67	0	0
OC	0	0	0	0	9	0	0	7	6	0	0
ODA	4	0	2	0	0	4	3	5	2	0	0
ODO	0	0	6	8	0	28	1	6	9	0	2
OH	6	0	0	1	12	0	14	0	3	11	1
OIF	2	7	0	0	6	1	1	3	23	4	1
OMN	4	0	0	8	14	3	1	0	62	4	0
ORL	2	0	0	7	10	0	0	15	51	11	0
OS	0	0	0	0	0	0	20	4	58	14	0
OSI	34	0	23	41	24	1	5	26	33	0	1
Total	54	7	31	68	92	38	45	68	314	44	5
