MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.11.23.36-TDI

CONTRIBUIÇÃO DE FATORES SOCIOECONÔMICOS, BIOFÍSICOS E DA AGROPECUÁRIA À DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL COMO "PROXY" DA DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL

Francisco Gilney Silva Bezerra

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelas Dras. Ana Paula Dutra de Aguiar, e Regina Célia dos Santos Alvalá, aprovada em 25 de maio de 2016.

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LLTPHL>

INPE
São José dos Campos
2016

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Gabinete do Diretor (GB)
Serviço de Informação e Documentação (SID)
Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/6921
Fax: (012) 3208-6919
E-mail: pubtc@inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):
Presidente:
Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Membros:
Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)
Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)
Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)
Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)
Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)
Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID)
BIBLIOTECA DIGITAL:
Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)
REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)
EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:
Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)
André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.11.23.36-TDI

CONTRIBUIÇÃO DE FATORES SOCIOECONÔMICOS, BIOFÍSICOS E DA AGROPECUÁRIA À DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL COMO "PROXY" DA DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL

Francisco Gilney Silva Bezerra

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelas Dras. Ana Paula Dutra de Aguiar, e Regina Célia dos Santos Alvalá, aprovada em 25 de maio de 2016.

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LLTPHL>

INPE
São José dos Campos
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Bezerra, Francisco Gilney Silva.

B469c Contribuição de fatores socioeconômicos, biofísicos e da agropecuária à degradação da cobertura vegetal como "proxy" da desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil / Francisco Gilney Silva Bezerra. – São José dos Campos : INPE, 2016.

xxviii + 177 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.11.23.36-TDI)

Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

Orientadoras : Dras. Ana Paula Dutra de Aguiar, e Regina Célia dos Santos Alvalá.

1. Desertificação. 2. Estatística multivariada. 3. Índice de vegetação. 4. Modelagem de uso e coberturta da terra. 5. Pecuária. I.Título.

CDU 504.123:502.5(812/813)

Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

Aluno (a): ***Francisco Gilney Silva Bezerra***

Título: "CONTRIBUIÇÃO DE FATORES SOCIOECONOMICOS, BIOFÍSICOS E DA AGROPECUÁRIA À DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL COMO "PROXY" DA DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL".

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de ***Doutor(a)*** em

Ciência do Sistema Terrestre

Dra. Angélica Giarolla

Angélica Giarolla

Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dra. Ana Paula Dutra de Aguiar

Ana Paula Dutra de Aguiar

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá

Orientador(a) / CEMADEN / São José dos Campos - SP

Dr. Gustavo Felipe Balué Arcoverde

Membro da Banca / CCST/INPE / São José dos Campos - SP

Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

p/ Angélica Giarolla

Convidado(a) / UFC / Fortaleza - CE

Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio

p/ Angélica Giarolla

Convidado(a) / UFPE / Recife - PE

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

(X) unanimidade

São José dos Campos, 25 de Maio de 2016

“Sertão, argúem te cantô,
Eu sempre tenho cantado
E ainda cantando tô,
Pruquê, meu torrão amado,
Munto te prezo, te quero
E vejo qui os teus mistéro
Ninguém sabe decifrá.
A tua beleza é tanta,
Que o poeta canta, canta,
E inda fica o qui cantá.”.

(Eu e o Sertão - Patativa do Assaré)

A minha amada esposa Karine e a nosso filho Pedro, um anjo criança que nos faz acreditar todos os dias que lutar por um mundo mais justo e sustentável não é mera ilusão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela força, proteção e perseverança que me guiaram durante essa caminhada.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, em especial ao Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST, pelo acolhimento e oportunidade de realizar o Curso de Doutorado.

Às Dras. Ana Paula Dutra de Aguiar e Regina Célia dos Santos Alvalá, minhas orientadoras, conselheiras e amigas, que me receberam e acreditaram no meu trabalho e nos sonhos que hoje se concretizam. Agradeço-lhes principalmente pela amizade e sabedoria que me foram transmitidas nesse período e que espero levá-las por toda a vida.

À Pós-graduação do CCST, a quem agradeço em nome de Angela Harada, que sempre colaborou para o bom andamento dos trabalhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro à realização do estudo, por meio de bolsa de doutorado do Programa Demanda Social.

A minha amada e dedicada esposa, Karine que mesmo diante das “tempestades” me confortou com seu carinho e amor, além de ter me dado o maior presente que poderia ter recebido, o nosso filho Pedro, um ser iluminado e que renova minhas forças todos os dias quando me recebe com um sorriso e um “Papai”. Juntos se tornaram meu porto seguro e fonte de inesgotável de alegria e amor.

A meus pais Fátima e Pedro e a minha irmã Simone que, mesmo distantes, me apoiam e me incentivam a ir além, mesmo quando os obstáculos insistem em cruzar meu caminho, sei que sempre posso contar com eles.

As minhas eternas professoras, amigas e conselheiras, Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima e a Dra. Maria Irles de Oliveira Mayorga, grandes incentivadoras da minha vinda para o CCST/INPE. Por acreditarem na capacidade de alçar “voos” mais distantes

e me mostrarem que os obstáculos fazem parte do caminhar e aí estão para serem superados e jamais contemplados.

Aos mestres/pesquisadores e amigos aos quais sou grato pela alegria de tê-los a meu lado, pelas palavras e carinho que me motivaram a seguir sempre e sempre. Aproveito para agradecer às amigas Rita Márica e Talita, que sempre estiveram dispostas a colaborar.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta – LAF, em especial ao Dr. Egidio Arai, pela colaboração e disponibilização de informações importantes para o desenvolvimento do trabalho.

À "Turmis 2012", uma turma, com a devida vênia, sem comparação, que se tornou desde o início uma família. Aos amigos Alex, Aline, Carla, Fernando, Karine, Lucía, Mabel, Maria Francisca, ou simplesmente, Chica, Michelle, Minella, Priscila e Sandro, minha eterna gratidão pela parceria e carinho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram em mais essa etapa da minha vida.

RESUMO

A desertificação é um problema de escala global que aflige, principalmente e diretamente, o desenvolvimento das regiões secas do planeta. No semiárido do Nordeste brasileiro, a exploração intensiva e abusiva dos recursos naturais, principalmente pela agropecuária, ao longo dos tempos, associada a características ambientais e climáticas particulares e aspectos socioeconômicos limitantes, atuam como facilitadores do desencadeamento do processo de degradação/desertificação. Neste sentido, acredita-se que o modelo de exploração dos recursos naturais por parte dos sistemas de produção, em especial da pecuária, desenvolvido no Semiárido do Nordeste do Brasil - SANEB pode ser considerado um fator preponderante para o aumento da suscetibilidade ao processo de degradação/desertificação. Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a dinâmica da degradação vegetal nessa região como "*proxy*" de áreas com potencial para desertificação, visando entender a relação dessa dinâmica com diferentes fatores ambientais e socioeconômicos, por meio da combinação de dados de sensoriamento (composições de imagens multitemporais MODIS/TERRA do índice de vegetação EVI2 (*Enhanced Vegetation Index* 2), métodos quantitativos, em especial modelos de regressão multivariada e modelos dinâmicos espacialmente explícitos. O estudo identificou as áreas com cobertura vegetal degradada como "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD), classificadas em três categorias, segundo a dinâmica da mudança da cobertura: a) áreas que em 2000 foram classificados como "Áreas Não Potencialmente em Processo de Degradação/Desertificação (NAPD)" e passaram a ser consideradas APDs em 2010 (NAPD - APD); áreas que permaneceram como APDs em ambos os anos analisados (APD-APD); e c) áreas que migraram da categoria APD em 2000 para NAPD em 2010 (APD-NAPD). No período entre 2000 e 2010 houve um aumento de 23% (26.222,7 km²) de APDs. Este aumento ocorreu principalmente nos Estados do Ceará, Piauí e Bahia. A análise da mudança e de seus determinantes indicou que, no período analisado, os fatores ***instrumentos de planejamento e políticas públicas, estrutura agrária, ambientais e climáticos, tecnologia*** e ***utilização da terra*** são os mais importantes para a determinação das mudanças das APDs, sendo que aproximadamente 25% da variância total são explicados pelas variáveis **percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais**, **distância mínima aos núcleos de desertificação** e **efetivo total do rebanho caprino e ovino**. Assim, os resultados confirmam a hipótese de que o modelo de exploração dos recursos naturais tradicionalmente desenvolvido no semiárido do Nordeste do Brasil, em especial a pecuária, pode ser considerado um fator decisivo para o aumento da suscetibilidade aos processos de degradação e desertificação na região. A modelagem estatística e espacialmente explicita corroborou para o estabelecimento e entendimento dos fatores determinantes da mudança no SANEB, permitindo testar as relações entre as variáveis e as áreas em processo de desertificação.

Palavras-chave: Desertificação. Estatística multivariada. Índice de vegetação. Modelagem de uso e cobertura da terra. Pecuária. Semiárido.

CONTRIBUTION OF SOCIOECONOMIC, BIOPHYSICS AND AGRICULTURE FACTORS TO THE DEGRADATION OF VEGETATION COVER AS "PROXY" OF THE DESERTIFICATION IN THE SEMIARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

Desertification is a global problem that afflicts primarily and directly the development of dry regions on the planet. In the Semiarid region of Northeast Brazil - SANEB, intensive and abusive exploitation of natural resources mainly by agriculture and livestock, over time associated with particular environmental and climatic characteristics and limiting socioeconomic aspects operates as triggering facilitators of the process of degradation / desertification. In this sense, it is believed that the model of exploitation of natural resources by the production systems, especially the livestock developed in the SANEB can be considered a preponderant factor to the increase of the susceptibility to degradation/desertification processes. The objective of this study is to analyze the dynamics of vegetation degradation in the region as a "proxy" of areas with potential for desertification, in order to understand the relationship of this dynamic with different environmental and socioeconomic factors, by combining remote sensing data (compositions of multi-temporal MODIS / TERRA EVI2 images (Enhanced vegetation index 2), quantitative methods, especially multivariate regression models and spatially explicit dynamic models. This study identifies the areas with degraded vegetation cover as "proxy" of areas potentially undergoing degradation / desertification (APD), classified into three categories, according to the dynamics of the coverage change: a) areas classified in 2000 as "Areas not potentially in the Process of Degradation / Desertification (NAPD)" and considered APDs in 2010 (NAPD - APD); b) areas that remained APDs in both years (APD-APD); and c) areas who did migrate from APD category in 2000 to NAPD in 2010 (APD-NAPD). In the decade analyzed there was an increase of 23% (26,222.7 km²) of APDs. This increase occurred mainly in the states of Ceará, Piauí and Bahia. The analysis of the change and its determinants indicated that in the period analyzed, the ***planning instruments and public policy, agrarian structure, environmental and climatic, technology*** and ***land use*** factors are the most important, with approximately 25% of the total variance explained by the variable ***percentage of area of farms with 100 hectares and more***, ***minimum distance to total desertification nuclei*** and ***effective total of the goat and sheep flock***. Thus, the results supports the hypothesis that the model of exploitation of natural resources traditionally developed in the semiarid region of Northeast Brazil, particularly livestock, can be considered a decisive factor for the increased susceptibility to degradation and desertification in the region. Statistical and spatially explicit modeling did confirm the establishment and understanding of the determinants of change in SANEB, allowing the test of relationships between variables and areas in desertification process.

Keywords: Desertification. Multivariate Statistics. Vegetation Index. Land use and cover Model. Livestock. Semiarid region.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1 – Custos de prevenção, mitigação e reabilitação ao longo do tempo. 9

Figura 2.2 – Causas da desertificação segundo as categorias identificadas nos estudos de casos. 11

Figura 2.3 – Representação gráfica simplificada da relação entre a degradação do solo e da qualidade de vida. 13

Figura 2.4 – Estrutura fundiária no semiárido do Nordeste do Brasil em 1995/96(a) e 2006(b).....14

Figura 2.5 – Diagrama do ciclo de exploração agrícola, segundo a agricultura de sequeiro/itinerante. 17

Figura 2.6 – Rotas de penetração da pecuária durante o período colonial no Brasil. 20

Figura 2.7 – Casa da Torre de Garcia de Sousa d'Ávila. 21

Figura 2.8 – Fluxograma do mecanismo de degradação causado pela pecuária extensiva com sobrepastejo.....23

Figura 2.9 – Relação entre a pressão de pastejo e ambientes que variam de árido a úmido. 25

Figura 2.10 – Estrutura genérica de modelos de mudanças de usos da terra espacialmente explícitos. 29

Figura 3.1 – Área de Estudo – Semiárido do Nordeste do Brasil e Núcleos de Desertificação, cujo mapa foi elaborado com base em BRASIL (2004). 32

Figura 3.2 – Modelo conceitual resumido da análise da contribuição da pecuária para o processo de degradação/desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil.....33

Figura 3.3 – Exemplos de amostras que apresentam evidências de degradação/desertificação e a série temporal do EVI2 para dois

pontos da amostragem inicial: a) Xique-Xique (Bahia) e b) Serra Branca (Paraíba).....37
Figura 3.4 – Localização dos pontos amostrais (elementos).....38
Figura 3.5 – Valor do índice EVI2 para as 35 amostras.....39
Figura 3.6 – Diagrama genérico do fluxo para a identificação de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. 40
Figura 3.7 – Integração dos fatores candidatos no Plano Celular. 41
Figura 3.8 – Evolução da Divisão Política dos municípios do SANEB entre 1995 a 2010.....42
Figura 3.9 – População rural municipal em 2000 e 2010.....43
Figura 3.10 – Densidade da população rural municipal em 2000 e 2010. 44
Figura 3.11 – Taxa de analfabetismo das pessoas de 11 anos ou mais em 2000 (a) e 2010 (b).....45
Figura 3.12 – Proporção de vulneráveis à pobreza em 2000 (a) e 2010 (b).....46
Figura 3.13 – Índice de gini de renda em 2000 (a) e 2010 (b). 46
Figura 3.14 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 ha 1995/96 (a) e 2006 (b). 47
Figura 3.15 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 10 ha a menos de 100 ha em 1995/96 (a) e 2006 (b).....48
Figura 3.16 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais em 1995/96 (a) e 2006 (b). 48
Figura 3.17 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários de não proprietários em 1995/96 (a) e 2006 (b). 49
Figura 3.18 – Índice de gini da estrutura agrária em 1995/96 (a) e 2006 (b). 49
Figura 3.19 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada em 1995/96 (a) e 2006 (b). 51
Figura 3.20 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em 1995/96 (a) e 2006 (b). 51
Figura 3.21 – Percentual dos estabelecimentos agropecuários com pecuária em 1995/96 (a) e 2006 (b).....52

Figura 3.22 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária em 1995/96 (a) e 2006 (b). 52
Figura 3.23 – Proporção de área com pastagem natural e plantada em relação às áreas com lavoura temporária em 1995/96 (a) e 2006 (b). 53
Figura 3.24 – Taxa de lotação (carga animal) em relação às áreas de pastagem natural e plantada em 1995/96 (a) e 2006 (b). 53
Figura 3.25 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de assistência técnica em 1995/96 (a) e 2006 (b). 54
Figura 3.26 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de adubação em 1995/96 (a) e 2006 (b).....55
Figura 3.27 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de conservação em 1995/96 (a) e 2006 (b).....55
Figura 3.28 – Efetivo total do rebanho bovino em 1995/96 (a) e 2006 (b).....56
Figura 3.29 – Efetivo total do rebanho caprino e ovino em 1995/96 (a) e 2006 (b).....57
Figura 3.30 – Proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em relação ao efetivo total do rebanho em 1995/96 (a) e 2006 (b).....57
Figura 3.31 – Número de focos de queimadas em 2000 (a) e 2010 (b). 58
Figura 3.32 – Distância mínima às rodovias pavimentadas em 2015. 59
Figura 3.33 – Percentual de área com unidade de conservação. 59
Figura 3.34 – Distância mínima aos núcleos de desertificação.....60
Figura 3.35 – Percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em 2000 e 2010.....60
Figura 3.36 – Percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em 2000 (a) e 2010 (b). 61
Figura 3.37 – Distância mínima aos principais rios (a) e vias de penetração da pecuária (b) que deram suporte à colonização do Nordeste. 61
Figura 3.38 – Percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação – (a) Geologia e (b) Pedologia.....62
Figura 3.39 – Percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação – (a) Geomorfologia e (b) Declividade.....63

Figura 3.40 – Percentual de área com (a) mais de 40% de incidência de seca e (b) classificada com o índice de aridez semiárido. 63
Figura 3.41 – Representação esquemática geral das abordagens de análise do *padrão* (estrutura da paisagem) e da *diferença*/*mudança* na estrutura entre duas datas. 65
Figura 3.42 – Fluxograma da análise de regressão dos fatores determinantes candidatos. 69
Figura 3.43 – Exemplo de validação por múltipla resolução (agregação de células por meio de janelas de amostragem). 72
Figura 3.44 – Fluxograma da modelagem dinâmica espacialmente explícita fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação. 73
Figura 4.1 – Áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD) em 2000 (a) e 2010 (b). 76
Figura 4.2 – Curvas dos padrões médios mensais (mínimo, média, máximo) de EVI2 nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação na região do SANEB para os anos de 2000 (a) e 2010 (b). Curva da média anual para o período de 2000 a 2010. 77
Figura 4.3 – Relação entre os valores médios de EVI2, Latitude e Longitude em áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no SANEB para os anos 2000(a) e 2010(b). 78
Figura 4.4 – Estimativa de APD no SANEB (mil km²) em ambos os anos avaliados; diferenças entre anos e porcentagem da área do SANEB afetada (%). 79
Figura 4.5 – Mapas da (a) diferença e semelhança de APD entre 2000 e 2010; (b) distribuição proporcional entre os vários estados da região. 79
Figura 4.6 – A intensidade da degradação das APDs em relação ao EVI2 em 2000(a) e 2010(b). 81

Figura 4.7 – APDs em 2000(a) e 2010(b) *versus* Núcleos de Desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil. 83
Figura 4.8 – Distribuição das sub-regiões ambientalmente semelhantes ao nível de suscetibilidade à desertificação. 84
Figura 4.9 – Análise do padrão (a) e da mudança (b) das variáveis ambientais, socioeconômicas e pecuárias. 93
Figura 4.10 – Distribuição da contribuição *percentual* das dimensões ambiental (DA), socioeconômica (DS) e pecuária (DP) para o processo de desertificação no SANEB. 95
Figura 4.11 – Contribuição percentual dos fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação no SANEB. 97
Figura 4.12 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão ambiental, para os modelos não regionalizado e regionalizado. 98
Figura 4.13 – Distribuição espacial das principais variáveis que contribuíram para a dimensão ambiental. 99
Figura 4.14 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão socioeconômica, para os modelos geral e regionalizado. 101
Figura 4.15 – Distribuição das principais variáveis que contribuíram para a dimensão socioeconômica. 102
Figura 4.16 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão pecuária, para os modelos geral e regionalizado. 103
Figura 4.17 – Distribuição das principais variáveis que contribuíram para a dimensão pecuária. 104
Figura 4.18 – Percentual de APDs em cada célula, segundo o modelo (a) não regionalizado, o (b) modelo regionalizado e o (c) padrão observado no de 2010 e os mapas de similaridade (em relação ao observado) para os modelos (d) não regionalizado e (e) regionalizado. 106

Figura 4.19 – Distribuição da presença e ausência de APDs segundo o (a) modelo não regionalizado, (b) modelo regionalizado e o (c) padrão observado no de 2010 e os mapas de similaridade para os modelos (d) não regionalizado e (e) regionalizado. 109
Figura 4.20 – Distribuição do potencial de mudança de APDs segundo o modelo regionalizado.....110

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 2.1 – Definições de desertificação classificadas segundo as abordagens (aspectos ecológicos, meteorológicos e dimensão humana). 7
Tabela 3.1 – Classes de suscetibilidade à desertificação. 67
Tabela 3.2 – Relação entre número de *clusters* e o ganho de variabilidade. 69
Tabela 4.1 – Percentual da área dos Estados identificada como APD em 2000 e 2010. 82
Tabela 4.2 – Fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB, segundo o padrão. 88
Tabela 4.3 – Fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB, segundo a mudança. 90
Tabela 4.4 – Nível de similaridade entre os mapas simulado e real para o ano de 2010, segundo os modelos não regionalizado e regionalizado. 107
Tabela 4.5 – Nível de similaridade entre os mapas simulado e real para o ano de 2010, segundo os modelos não regionalizado e regionalizados. 108
Tabela 4.6 – Hierarquização dos 16 municípios com menor (a esquerda) e maior (a direita) potencial médio de ocorrência de áreas em processo de desertificação no SANEB. 111
Tabela A.1 – Lista inicial de fatores candidatos compilada com base na literatura. 139
Tabela B.1 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 1). 147
Tabela B.2 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 2). 149

Tabela B.3 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 3).....151
Tabela B.4 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 4).....154
Tabela B.5 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 5).....156
Tabela B.6 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 6).....158
Tabela B.7 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 7).....160
Tabela B.8 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 8).....163
Tabela C.1 – Parametrização do modelo espacialmente explícito não regionalizado considerando em relação a mudança.....165
Tabela C.2 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança - Região1.....168
Tabela C.3 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região2.....171
Tabela C.4 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região3.....173
Tabela C.5 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região 4.....176

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APD	Área(s) com Cobertura Vegetal Degradada "*proxy*" de Área(s) Potencialmente em Processo de Degradação/Desertificação
ASD	Áreas Susceptíveis à Desertificação
EVI	*Enhanced Vegetation Index*
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAF	Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta
LUCC	*Land Use and Cover Change*
LuccME	*Land Use and Cover Change Modelling Enviroment*
MODIS	*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers*
NAPD	Área(s) Não Potencialmente em Processo de Degradação/Desertificação
ND	Núcleo(s) de Desertificação
NEB	Nordeste do Brasil
SANEB	Semiárido do Nordeste do Brasil
SAP	Sistema de Alerta Precoce Contra Seca e Desertificação
SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UN	Nações Unidas
UNCCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
UNCOD	Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação
VCAN	Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Hipótese e objetivos do estudo 4
1.2 Estruturação da tese 5

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 7

2.1 Desertificação: perspectiva histórica e conceitual 7
2.2 Dimensão antrópica do processo de desertificação no semiárido do Nordeste do Brasil 12
2.2.1 Utilização da terra e estrutura agrária no SANEB. 12
2.2.2 Agricultura no semiárido nordestino: sua dinâmica e seus impactos ambientais. 16
2.2.3 A pecuária na região Nordeste: sua importância e seu papel na degradação da terra. 19
2.2.4 Extrativismo mineral. 25
2.3 Uso de índices de vegetação para monitoramento de áreas em processo de degradação/desertificação. 27
2.4 Modelagem espacialmente explícita dos fatores determinantes da mudança de uso e cobertura da terra: uma ferramenta importante no estudo do processo de degradação/desertificação. 28

3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO 31

3.1 Área de estudo. 31
3.2 Modelo conceitual. 33
3.3 Mapeamento das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD) com uso do EVI2 (Enhanced Vegetation Index 2). 35
3.3.1 EVI2: uma visão geral 35
3.3.2 EVI2: processamento 36
3.3.2.1 Passo 1 - Processo de amostragem e extração de limiares de classificação 36
3.3.2.2 Passo 2 - Classificação 39
3.3.2.3 Passo 3 - Validação 40
3.4 Fatores determinantes das mudanças do uso e cobertura nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. 41
3.4.1 Fator de população residente 43

3.4.2 Fator de desenvolvimento regional e humano 44
3.4.3 Fatores de estrutura agrária 47
3.4.4 Fatores de utilização da terra 50
3.4.5 Fatores de tecnologia 54
3.4.6 Fatores de atividades econômicas 56
3.4.7 Fatores de instrumentos de planejamento e políticas públicas 58
3.4.8 Fatores ambientais e climáticos 62
3.5 Construção e seleção dos modelos de regressão dos fatores relacionados da mudança do uso e cobertura nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no SANEB. 64
3.5.1 Agrupamento (clusters analysis) e identificação de regiões ambientalmente semelhantes em relação à suscetibilidade aos processos de desertificação no SANEB. 66
3.6 Modelo dinâmico espacialmente explícito da degradação da cobertura vegetal como "*proxy*" do processo de desertificação no SANEB. 69
3.6.1 Demanda. 70
3.6.2 Potencial. 70
3.6.3 Alocação. 71
3.6.4 Parametrização dos modelos. 71
3.6.5 Métrica de validação do modelo (nível de similaridade). 71

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 75

4.1 Análise de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil utilizando séries multitemporais EVI2 MODIS. 75
4.1.1 Resultados da classificação obtida para os anos 2000 e 2010 75
4.1.2 Mudanças nos padrões de degradação/desertificação entre 2000 e 2010 78
4.2 Análise das regiões ambientalmente semelhantes em relação à suscetibilidade aos processos de desertificação no SANEB. 84
4.2.1 Região 1 84
4.2.2 Região 2 85
4.2.3 Região 3 85
4.2.4 Região 4 86
4.3 Análise dos determinantes do padrão e da mudança nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. 87
4.3.1 Comparação das abordagens de análise do padrão e da mudança ao longo do SANEB. 87
4.3.2 Dimensão ambiental 97

4.3.3 Dimensão socioeconômica 99
4.3.4 Dimensão pecuária 103
4.4 Modelagem das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de desertificação no SANEB.....105

5 CONCLUSÕES 113

5.1 Síntese dos resultados e hipóteses de pesquisa. 113
5.2 Considerações sobre os métodos.....114
5.3 Considerações para políticas públicas.....115
5.4 Sugestões para futuros trabalhos 117

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 119

APÊNDICE A – Fatores determinantes candidatos 139

APÊNDICE B – Matrizes de correlação 147

APÊNDICE C - Parametrização dos modelos espacialmente explícitos. 165

1 INTRODUÇÃO

A desertificação, compreendida como a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (UN, 1992, 1994), é um problema global e atinge de 20 a 25% da superfície terrestre do planeta (LAMBIN et al., 2002; RAMANKUTTY et al., 2006; REYNOLDS et al., 2007; SIETZ; LÜDEKE; WALTHER, 2011; GRAINGER, 2013). Conforme destacaram Cavalcanti et al. (2006), essa problemática é de grande interesse em estudos relacionados às questões ambientais, por se constituir em um dos maiores obstáculos ao desenvolvimento das regiões secas do planeta (CORNET, 2002; BRASIL, 2004; ADEEL et al., 2007; RÊGO, 2012). Isto se deve, em parte, aos impactos gerados pelas atividades humanas para atender às necessidades básicas das populações locais, que acabam atuando como facilitadores do processo de degradação, devido à exploração direta ou o uso excessivo de recursos naturais.

De acordo com dados divulgados pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – UNCCD[1], cerca de 2,1 bilhões de pessoas (40% da população mundial) vivem em regiões secas. Desse total, 90% habitam países em desenvolvimento que apresentam maior vulnerabilidade à variabilidade climática, disponibilidade de água e às mudanças climáticas (KROL et al., 2006; D'ODORICO et al., 2013). Parte desses países está inserida na América Latina e Caribe, região que vem sofrendo com diferentes processos de degradação do solo. Na América do Sul, 14% do seu território são impactados por degradação da terra, sendo o Uruguai o país com o maior percentual de terras degradadas na América Latina (50%, aproximadamente), seguido por Guiana (43%), Argentina e Suriname, ambos com cerca de 30% de seus territórios degradados (UNEP, 2010).

O Brasil, particularmente, apresenta aproximadamente 20% do seu território com áreas degradadas (UNEP, 2010), sendo o Nordeste, principalmente o semiárido nordestino, a região que apresenta maiores problemas ambientais de degradação

[1] Por ocasião do lançamento da "Década para os Desertos e a Luta contra a Desertificação (2010-2020)", em agosto de 2010.

de terras e desertificação, com um total de 1.143.491 km² de áreas susceptíveis à desertificação (ASD) e 55% do seu território sujeito a diferentes graus de deterioração ambiental (BRASIL, 2004). Isso ocorre em razão, dentre outros fatores, desta região se inserir em um domínio morfoclimático potencializador da suscetibilidade aos processos intempérico-erosivos, uma vez que apresenta irregularidade na distribuição das chuvas, solos rasos e pedregosos – o que lhe confere baixa capacidade de armazenamento de água, pequena rede de drenagem e alta taxa de evapotranspiração (AB'SABER, 1999). Ademais, aproximadamente 22 milhões de pessoas vivem no Semiárido do Nordeste do Brasil – SANEB, o que equivale a 40% da população da região Nordeste e 11% da população nacional (IBGE, 2010), atribuindo-lhe a condição de uma das regiões seca mais populosa do mundo (AB'SABER, 1985; MARENGO, 2008; RÊGO, 2012).

Nas últimas décadas, a região Nordeste do Brasil - NEB e o semiárido têm passado por intensas transformações, motivadas principalmente pelo substancial aumento demográfico e desenvolvimento econômico. Tais transformações têm impactado significativamente o uso da terra e a degradação ambiental nesta região. Apesar do surgimento de novos espaços econômicos, principalmente no setor industrial, parte da região do semiárido (especialmente o sertão) tem no setor primário (produção agrícola e pecuária extensiva) uma importante fonte de renda para parte da população (CAVALCANTI; COUTINHO; SELVA, 2006; SIETZ et al., 2006; MARENGO, 2008; SIMÕES et al., 2010; RADA; BUCCOLA, 2012).

Geralmente, a produção no semiárido caracteriza-se pela pecuária extensiva e agricultura de subsistência de baixo investimento e produtividade (NASCIMENTO, 2006; MARENGO, 2008) que, devido à falta de estratégias alternativas, faz com que os produtores utilizem os recursos naturais de maneira intensiva e abusiva (SÁ et al., 2010; PANTALENA, 2012). Esse fato tem contribuído para o agravamento da degradação da terra nesta região, principalmente devido à degradação das áreas destinadas à pastagem (PARENTE; PARENTE, 2010), sejam elas naturais ou artificiais. A degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira, principalmente em regiões como o semiárido, onde a principal fonte de alimento para os animais são as pastagens naturais. Estima-se que entre 50% e 70% das áreas de pastagens do

Brasil apresentam, encontra-se em algum estágio de degradação (DIAS-FILHO, 2011), afetando diretamente a sustentabilidade da pecuária e do meio ambiente.

Na busca pelo aumento imediato de lucratividade, os produtores têm elevado o número de animais por área, sem se preocuparem com a capacidade de suporte delas, o manejo correto da pastagem e as alterações que podem ocorrer no solo em decorrência disso, principalmente no que tange à compactação devido a remoção total do extrato herbáceo e ao pisoteio, ocasionando, desta maneira, o resultado inverso ao esperado, com a perda do potencial natural para a produção (LAMBIN et al., 2002; SALVIANO et al., 2004; BEZERRA et al., 2009). Atualmente, a procura por soluções para reduzir os impactos das práticas inadequadas de manejo no SANEB, que contribuem para o aumento da vulnerabilidade ao processo de desertificação, defronta-se com a necessidade de estudos mais aprofundados das inter-relações que interferem nesse processo e não somente de estudos pontuais de fatores biofísicos.

Para Ibrahim (1993), o que se deteriora não é simplesmente o ecossistema físico e biológico, mas o complexo sistema de produção que se desenvolveu historicamente por meio da interação homem – meio. Neste contexto, faz-se necessário ao entendimento do que ocorre em um determinado lugar, considerar os interesses e ações conflitantes (BECKER, 2005), para que seja possível estabelecer estratégias eficazes e capazes de aumentar a resiliência (LAHSEN et al., 2010) e a capacidade adaptativa da população em diferentes níveis (SEELY et al., 2008; STRINGER et al., 2009).

Deste modo, no presente trabalho buscou-se estudar o processo de degradação/desertificação no semiárido do Nordeste do Brasil, utilizando técnicas de estatística multivariada e modelagem dinâmica espacialmente explícita, a fim de contribuir para a compreensão das causas de condução das mudanças de usos e cobertura da terra contribuintes para a degradação da terra no semiárido.

Considerando o exposto acima, apresentam-se na seção seguinte, a hipótese, os objetivos geral e específicos da presente tese, bem como sua estrutura e conteúdo.

1.1 **Hipótese e objetivos do estudo**

No presente estudo considera-se a **hipótese** de que o modelo de exploração dos recursos naturais por parte dos sistemas de produção, em especial da pecuária, desenvolvido no semiárido do Nordeste do Brasil pode ser considerado um fator preponderante para o aumento da suscetibilidade ao processo de degradação/desertificação.

Assim sendo, como **objetivo geral**, propõem-se analisar a dinâmica da degradação vegetal no semiárido do nordeste do Brasil, como "*proxy*" de áreas com potencial para desertificação, visando entender a relação dessa dinâmica com diferentes fatores ambientais e socioeconômicos (incluindo a pecuária), por meio da combinação de métodos quantitativos, em especial modelos de regressão multivariada e modelos dinâmicos espacialmente explícitos.

Os Objetivos específicos da tese compreendem:

a) Identificar e analisar espacialmente e temporalmente por meio do EVI2 as áreas com cobertura vegetal degradada, como "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação, na região semiárida do Nordeste do Brasil.

b) Identificar, na escala regional (SANEB), quais os fatores ambientais e socioeconômicos (incluindo a pecuária) relacionados à dinâmica da degradação da cobertura vegetal no período 2000 e 2010.

c) Analisar a localização, a intensidade e a direção da mudança das áreas de degradação da cobertura vegetal, identificadas em (a), utilizando o arcabouço de modelagem de uso da terra espacialmente explícita *Land Use and Cover Change Modelling Enviroment* (LuccME), considerando os fatores selecionados em (b).

1.2 **Estruturação da tese**

A tese foi estruturada em cinco Capítulos. No **Capítulo 1**, o introdutório, apresentaram-se a justificativa, a relevância do tema e o problema abordado, bem como a hipótese e os objetivos geral e específicos considerados.

No **Capítulo 2** apresenta-se a fundamentação teórica, onde se abordou conceitos relacionados à perspectiva histórica e conceitual da desertificação, a dimensão antrópica do processo de desertificação no semiárido do Nordeste do Brasil, o uso de índices de vegetação para monitoramento de áreas em processo de desertificação e por fim, a abordagem teórica da modelagem espacialmente explícita de mudanças de uso e cobertura da terra (*Land Use and Cover Change* - LUCC).

Os procedimentos metodológicos empregados para a implementação das análises e modelos, além da caracterização da área de estudo e apresentação do banco de dados, são apresentados no **Capítulo 3**.

Os resultados e discussões obtidos visando responder os objetivos explicitados anteriormente, bem como a avaliação da consistência da hipótese proposta são apresentados no **Capítulo 4**, enquanto as conclusões e considerações finais como sugestão para trabalhos futuros são abordados no **Capítulo 5.**

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 **Desertificação: perspectiva histórica e conceitual.**

O termo “desertificação”, bem como a definição de suas causas e consequências, ainda é um assunto complexo (ver Tabela 2.1) e pouco entendido, que tem causado, entre outros problemas, grandes dificuldades no diálogo entre cientistas, políticos e tomadores de decisão (MATALLO JUNIOR, 2001; CAVALCANTI; COUTINHO, 2005; MORALES; PRADA, 2005; SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005b; RÊGO, 2012). A expressão desertificação, apesar de geralmente ser creditada ao botânico francês Aubréville (1949), foi utilizada pela primeira vez pelo ecologista francês Louis Lavauden (1927) ao observar pastagens na Tunísia que apresentavam baixa produtividade devido ao manejo inadequado da terra (MATALLO JUNIOR, 2001; SOARES-FILHO; MOTA FILHO; NÓBREGA, 2011; D’ODORICO et al., 2013).

Tabela 2.1 – Definições de desertificação classificadas segundo as abordagens (aspectos ecológicos, meteorológicos e dimensão humana).

Definição	Aspectos Ecológicos	Aspectos Meteorológicos	Dimensão Humana	Ref.
A propagação das condições desérticas em zonas áridas ou semiáridas, devido ao impacto humano ou a mudança climática.			✓	Rapp (1974)
Menor produtividade útil (*para humanos*)			✓	Johnson (1977)
A redução ou destruição do potencial biológico da terra (que) pode levar em última instância a condições desérticas. Isso faz parte da deterioração dos ecossistemas e da diminuição ou destruição do potencial biológico (por exemplo, produção vegetal e animal) para usos múltiplos, quando o aumento da produção é necessário para suportar o crescimento da população.	✓		✓	UNEP (1977)
Um aspecto da deterioração generalizada dos ecossistemas sob a pressão combinada de um ambiente adverso e flutuante e exploração excessiva.	✓	✓	✓	UNCOD (1978)
O empobrecimento dos ecossistemas por impacto humano... a deterioração ... isto pode ser medido pela redução da produtividade de plantas, alterações indesejáveis na biomassa e diversidade de micro e macro fauna e flora e a deterioração acelerada do solo.	✓		✓	Dregne (1985)

(Continua)

Tabela 2.1 – Conclusão.

Definição	Aspectos Ecológicos	Aspectos Meteorológicos	Dimensão Humana	Ref.
Diminuição irreversível da produtividade biológica das terras árida e semiáridas, como resultado das pressões causadas pelas pessoas (por exemplo, o crescimento da população) e fatores abióticos (por exemplo, a variação na precipitação e mudanças no clima em longo prazo).	✓	✓	✓	Gorse e Steeds (1987)
A expansão das condições desérticas e paisagens onde não deveriam ocorrer climaticamente.		✓		Graetz (1991)
Desertificação... é a expansão das condições desérticas com baixa produtividade biológica devido ao impacto humano sob as variações climáticas.	✓	✓	✓	Helldén (1991)
Desertificação, manifestada pela seca, é causada por atividades humanas em que a capacidade de carga do terreno é ultrapassada, isso ocorre por mecanismos naturais ou induzidas pelo homem, e manifesta-se por etapas complexas de vegetação e a deterioração do solo, resultando numa diminuição na destruição irreversível do potencial biológico da terra e a sua capacidade para suportar a população.	✓	✓	✓	Mainguet (1994)
A degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.	✓	✓	✓	UN (1994)
Um aspecto extremo da deterioração dos ecossistemas disseminada sob a pressão combinada do clima adverso e da exploração agrícola.	✓	✓	✓	Marcoux (1994)
Degradação da terra... resultado do impacto humano negativo.	✓	✓	✓	UNEP (1997)
O processo de degradação ambiental em áreas não arenosas onde a frágil ecologia é alterada por atividades humanas excessivas.			✓	Zha e Gao (1997)
É uma mudança nas propriedades do solo, vegetação e clima, o que resulta em uma perda persistente de serviços ambientais que são fundamentais para a manutenção da vida. Alterações climáticas (por exemplo, aridização) e da dinâmica de uso da terra são os principais condutores de uma mudança de ecossistema para um estado "desertificado" (ou "degradado").	✓	✓	✓	D'Odorico et al. (2013)

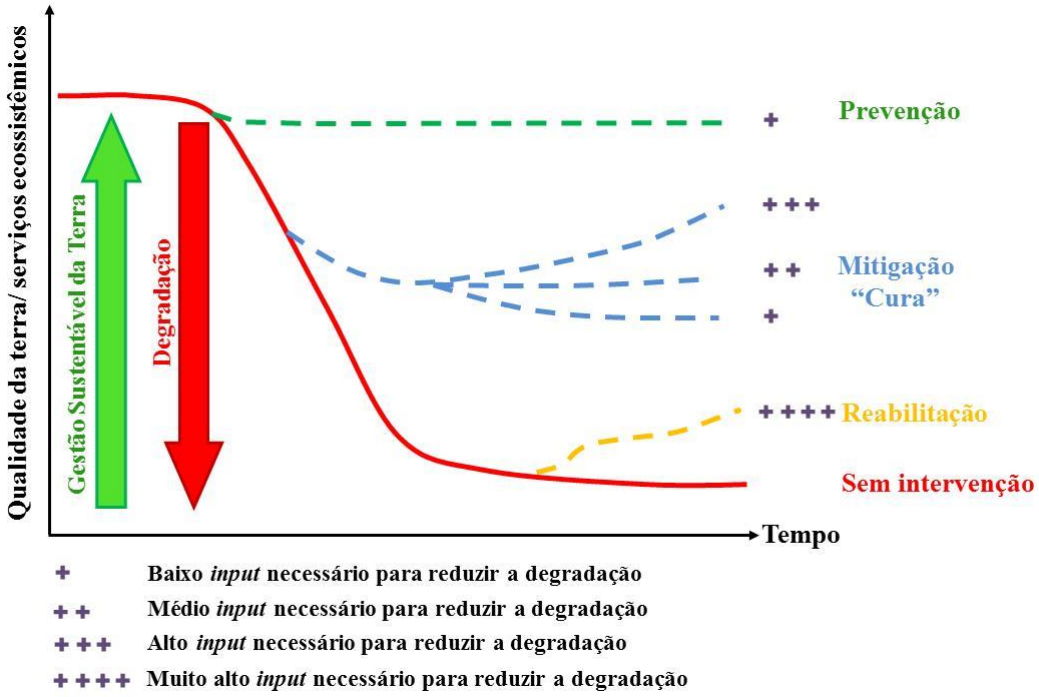
Fonte: Adaptada de Reynolds (2001) e Reynolds e Smith (2002).

A desertificação vem merecendo atenção especial desde a década de 30, a partir da ocorrência, no Meio Oeste Norte Americano, de uma prolongada seca com forte degradação dos recursos naturais. Porém, somente a partir das grandes secas ocorridas no Continente Africano, na região de Sahel (entre 1968 e 1973), foi que se reconheceram os impactos socioeconômicos e ambientais do problema

(WINSLOW et al., 2004; RÊGO, 2012). No Brasil, o início de estudos mais sistemáticos relativos à desertificação remonta aos anos 70, realizados pelo ecólogo e professor João de Vasconcelos Sobrinho (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971).

Desde a ocorrência dos eventos extremos na região do Sahel, cientistas e governos têm avaliado o fenômeno, com o objetivo de melhor entender o processo de desertificação, bem como obter informações mais detalhadas sobre suas principais causas e consequências, contribuindo para o desenvolvimento e adoção de medidas mitigadoras para controlar a sua expansão (OLIVEIRA-GALVÃO, 2001; RODRIGUES, 2006). Desta forma, evitaria o maior custo com a recuperação de áreas afetadas. Segundo Schwilch et al. (2009 apud NKONYA et al., 2011), o custo de prevenir a degradação da terra é muito menor do que o custo de reabilitar terras já severamente degradadas (Figura 2.1). No entanto, apesar dos avanços no entendimento de que a desertificação está relacionada a fatores biofísicos e socioeconômicos, a quantificação das áreas desertificadas ainda requer um enorme esforço (STAFFORD SMITH; REYNOLDS, 2002).

Figura 2.1 – Custos de prevenção, mitigação e reabilitação ao longo do tempo.



Fonte: Adaptado de Liniger et al. (2011).

Atualmente, encontra-se na literatura uma diversidade de metodologias propostas para determinar e explicitar o grau de degradação ambiental em regiões secas e a suscetibilidade de uma região ao processo de desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; UNEP, 1997; KOSMAS et al., 1999; DIOUF; LAMBIN, 2001; MATALLO JUNIOR, 2001; CAVALCANTI; COUTINHO, 2005; RODRIGUES, 2006; VERÓN; PARUELO; OESTERHELD, 2006; LIMA et al., 2009; RÊGO, 2012; VIEIRA et al., 2015). No Brasil, a Política Nacional de Combate à Desertificação (BRASIL, 2015a) ressalta a necessidade de reforçar a base de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para as regiões susceptíveis à desertificação e às secas, a fim de colaborar com a sistematização e identificação dos fatores desencadeadores da desertificação.

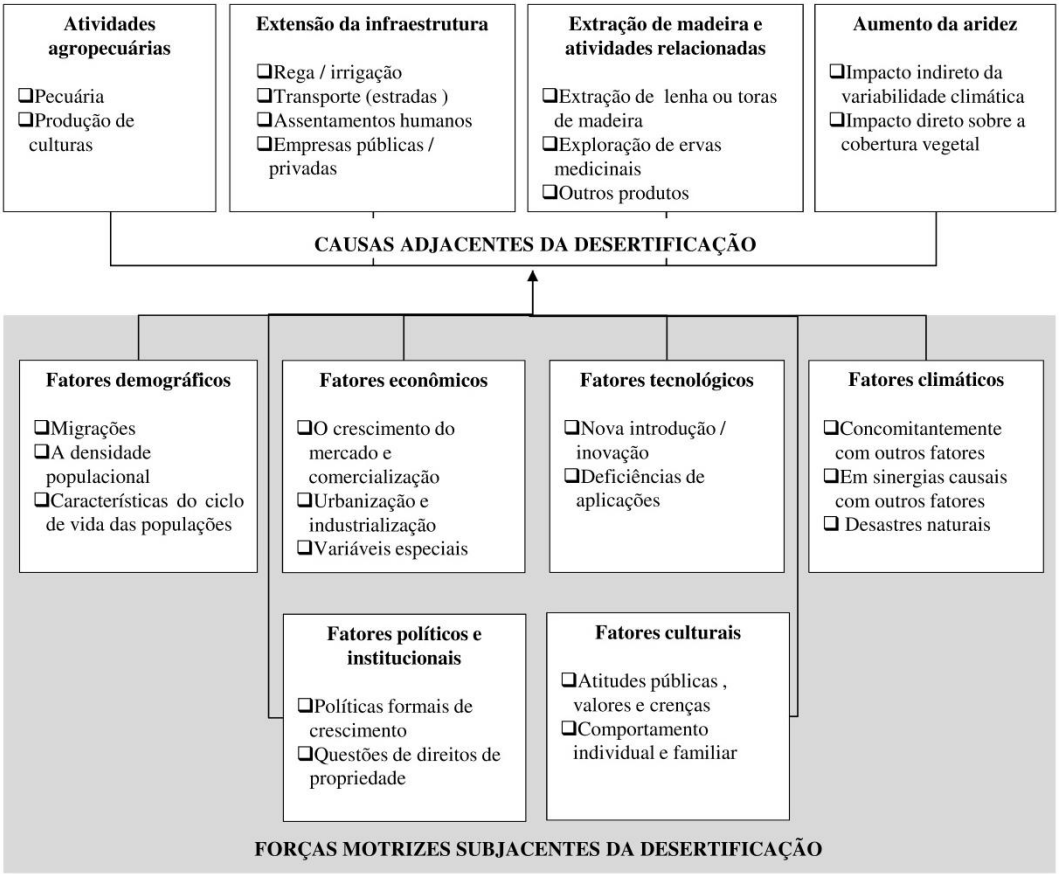
Devido ao caráter complexo do processo de degradação da terra, esta base de conhecimento deve ser gerada a partir do conceito de transdisciplinaridade, uma vez que este problema perpassa várias áreas do conhecimento (PACHÊCO; FREIRE; BORGES, 2006) e diferentes escalas espaciais e temporais (STAFFORD SMITH; PICKUP, 1993), o que implica na necessidade de integração de profissionais de diferentes áreas (MATALLO JUNIOR, 2001), bem como a participação de múltiplos atores (ADEEL et al., 2007).

A falta de (re)conhecimento dessas diferentes escalas em que ocorre a desertificação tem levado a discordâncias sobre temas como as causas e processos de degradação da terra, a magnitude das alterações induzidas por fenômenos “naturais” e as atividades humanas, o papel das estruturas sociais ou institucionais, problemas de ordem científica e tecnológica, além da determinação da quantidade de área afetada ou em risco e a reversibilidade da desertificação (REYNOLDS; SMITH, 2002). O número relativamente grande de fatores associados ao processo de degradação da terra colabora para que as causas da desertificação permaneçam controversas. Estes fatores podem variar de região para região e, muitas vezes, atuam conjuntamente em diferentes níveis.

Geist e Lambin (2004) realizaram uma revisão de 132 estudos de casos distribuídos na Ásia, África, Austrália, Europa, Estados Unidos e América Latina que abordavam as causas da desertificação e identificaram duas grandes

categorias (ver Figura 2.2), ou seja, ***causas adjacentes*** (atividades agropecuárias; aumento da aridez; extensão da infraestrutura; a extração da madeira ou atividades relacionadas à extração) e ***forças motrizes subjacentes*** (fatores populacionais; econômicos; tecnológicos; climáticos; políticos e institucionais; e culturais). As forças motrizes subjacentes têm um papel importante no processo de degradação da terra, pois fortalecem as causas adjacentes, operando tanto nos âmbitos local, quanto nacional e global (LIMA; SUERTEGARAY; SANTANA, 2007).

Figura 2.2 – Causas da desertificação segundo as categorias identificadas nos estudos de casos.



Fonte: Adaptado de Geist e Lambin et al. (2004).

Segundo a revisão acima mencionada, as atividades agrícolas e pecuárias foram apontadas, em 95% dos casos, como as principais causas adjacentes do processo de desertificação. Observou-se ainda que a pecuária supera ligeiramente a atividade agrícola, sendo que ambas as atividades permanecem intrinsecamente interligadas na maioria dos casos. Além das atividades agropecuárias, merecem destaque o aumento da variabilidade da precipitação e prolongamento de secas,

devido ao aumento da aridez, bem como a irrigação utilizada para cultivos de culturas agrícolas e pastagens e, em menor grau, a extração de madeira para uso doméstico. Em relação às forças motrizes, os autores ressaltaram as interações entre fatores climáticos, políticas de expansão agrícola, novas tecnologias de usos da terra e estrutura fundiária ultrapassada que não possibilita uma gestão adequada dos recursos ecossistêmicos em terras secas.

2.2 Dimensão antrópica do processo de desertificação no semiárido do Nordeste do Brasil

> A Caatinga vem sendo utilizada desde tempos pré-descobrimentos como fonte de alimentos para a população humana, seja pela ação catadora de frutos e caçadora dos indígenas, seja pela exploração agrícola, pastoril e madeireira, intensificadas a partir da colonização pelo homem branco. A ação dos povos indígenas sobre os recursos naturais da caatinga, mormente de seus solos, é pouco conhecida. Todavia, relatos do século XVII dão conta de que era de pouca monta e seus efeitos sobre a caatinga e se restringia ao cultivo de mandioca, milho e algodão, coleta de frutos e caça de seus animais silvestres. No último caso, já havia a prática de se queimar a vegetação seca para facilitar a caça de animais silvestres (ARAÚJO FILHO, 2002).

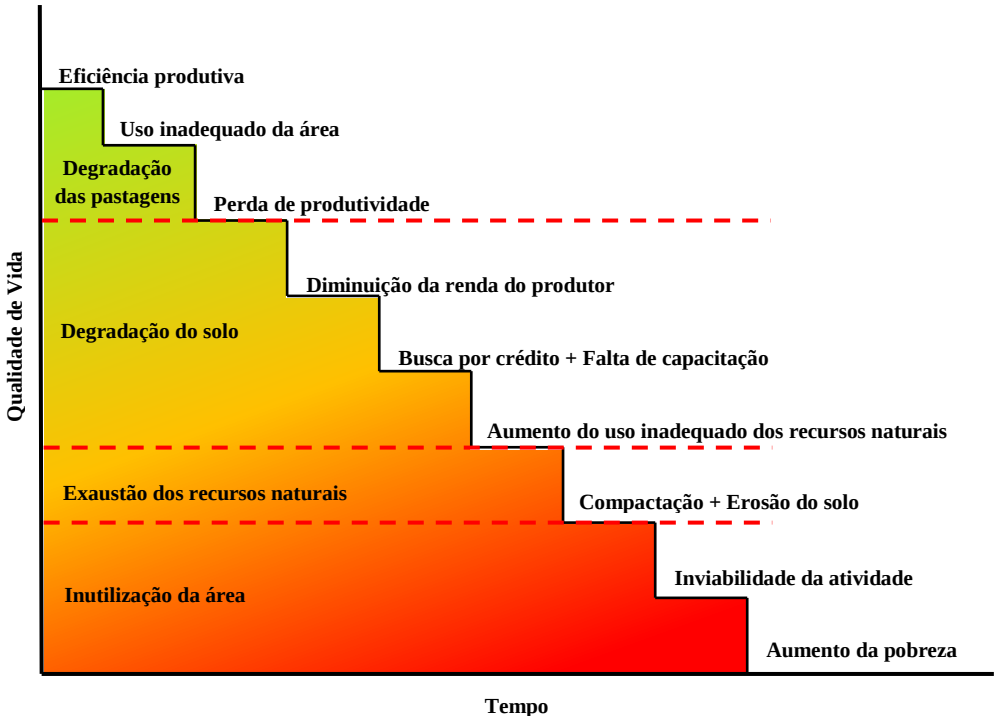
Tal cenário, associado mais tarde à ocupação dos vales dos rios, contribuiu ao longo dos tempos para o quadro de degradação em que partes da região semiárida do Nordeste do Brasil se encontram atualmente. Ao longo da ocupação e desenvolvimento do semiárido nordestino as formas de organização da produção, entre outros aspectos, limitaram a inclusão social da população aos processos produtivos que lhe garantisse níveis adequados de renda e de ocupação do território (CAVALCANTI; COUTINHO; SELVA, 2006). Isso se refletiu, sobretudo, no nível de pobreza da população que obrigou os habitantes dessa região a extraírem o máximo possível da terra, privilegiando a sobrevivência imediata em detrimento dos seus interesses de longo prazo.

2.2.1 Utilização da terra e estrutura agrária no SANEB.

No semiárido do NEB, a superutilização dos recursos naturais tem contribuído para o aumento da insegurança alimentar e empobrecimento das populações. Neste caso, a perda de capacidade de recompor o capital instaura-se contribuindo

para o enfraquecimento das populações e instituições, tornando-as mais sensíveis aos fatores econômicos globais. Segundo Bezerra et al. (2009), o uso excessivo e insustentável dos recursos naturais contribui para o declínio acentuado da capacidade de recomposição do capital e, por conseguinte, da perda da qualidade de vida, uma vez que ocasiona a exaustão dos recursos existentes, causando a inviabilidade de qualquer atividade produtiva e o aumento do nível de pobreza das comunidades beneficiadas com estas atividades (Figura 2.3).

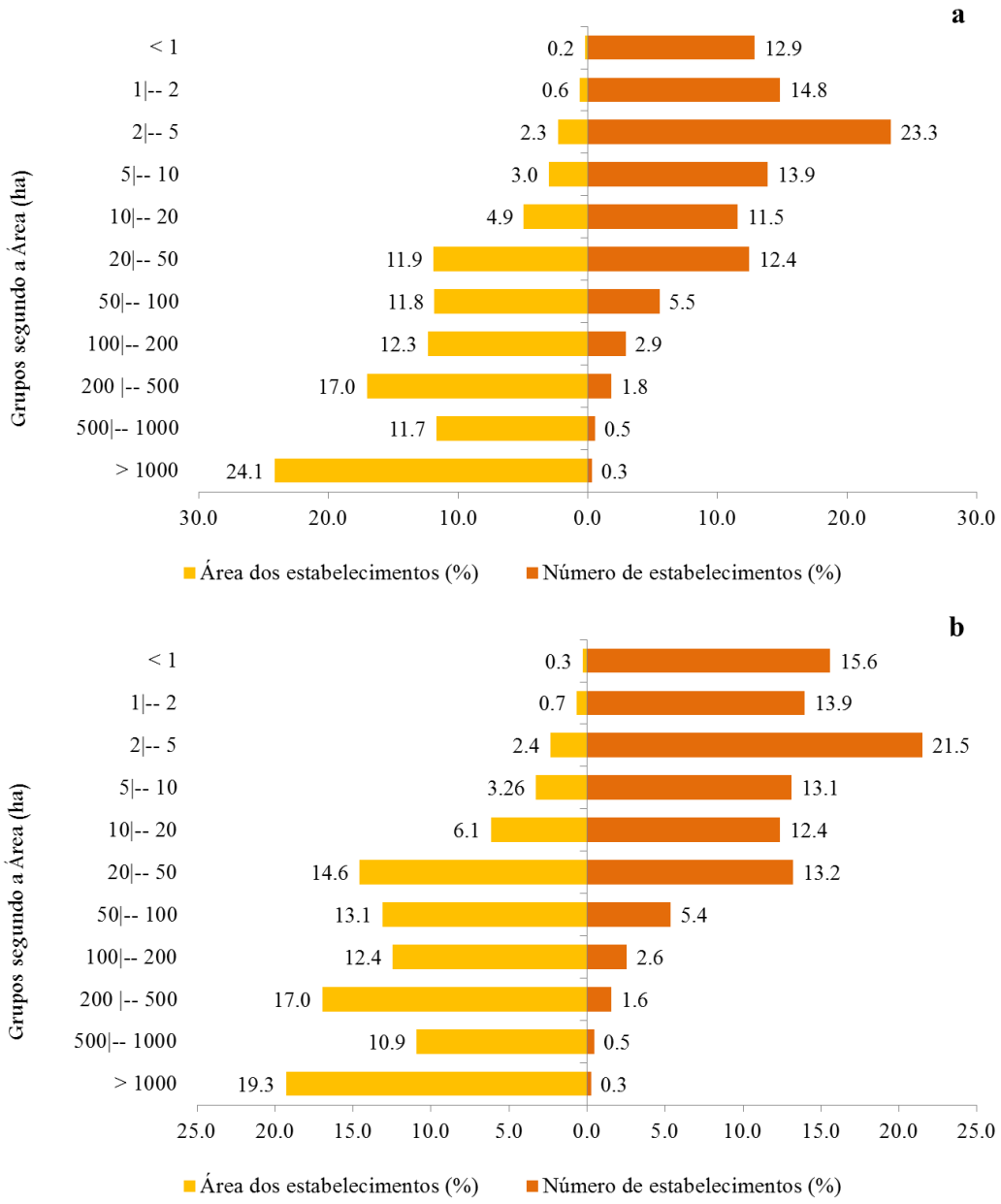
Figura 2.3 – Representação gráfica simplificada da relação entre a degradação do solo e da qualidade de vida.



Fonte: Adaptado de Bezerra et al. (2009).

Associado a isto, destaca-se a existência de uma estrutura fundiária extremamente rígida, na qual se desenvolvem atividades agropecuárias de baixo nível tecnológico, que inevitavelmente induzem a práticas agrícolas e pecuárias predatórias e, consequentemente, à degradação ambiental (SALES, 2004). Como apontado por Costa (2006), as transformações que ocorreram, principalmente no setor agropecuário brasileiro, não foram capazes de alterar as estruturas agrárias e de poder estabelecidas desde o período colonial. Os dados dos Censos Agropecuários de 1995/96 e 2006 (IBGE, 2015a) corroboram essa afirmação (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Estrutura fundiária no semiárido do Nordeste do Brasil em 1995/96(a) e 2006(b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (2015b)).

No ano de 1995/96, aproximadamente 65% dos estabelecimentos agropecuários possuem menos de 10 ha ocupando, entretanto, apenas 6,1% da área total. Já os estabelecimentos com mais de 100 ha constituem 5,5% do número total dos estabelecimentos e representam 65,1% da área total. Em 2006, o perfil de distribuição dos estratos de estabelecimentos agropecuários e áreas ocupadas não se alteraram significativamente. Houve uma leve redução (0,9%) no percentual do número de estabelecimentos menores de 10 ha (64,1%), porém, áreas ocupadas pelos mesmos aumentaram cerca de 0,5%. Em contrapartida, o número de

estabelecimentos com mais de 100 ha foram reduzidos para 5,0% e a área ocupada por esse estrato, também sofreu redução (5,5%). Nota-se que nas últimas décadas tem ocorrido um processo de minifundização dos pequenos e médios estabelecimentos, porém, esse processo ainda é modesto. A estrutura agrária do semiárido nordestino praticamente não sofreu alteração, conforme destacado Costa (2006).

No semiárido, bem como no Nordeste, a questão do acesso a terra ainda é uma das maiores necessidades da população, além de ser um dos fatores que contribuem para a desertificação. Esse modelo concentrador é fruto da distribuição fundiária inadequada e da expansão urbana desordenada (RÊGO, 2012) que contribui para a incapacidade da população em promover sua reprodução social e sustentabilidade econômica.

Os modelos de reestruturação fundiária empregados na região semiárida do Brasil, em sua maioria, não obtiveram êxito devido à dissociação de suporte técnico e infraestrutura básica necessária para garantir condições mínimas de sobrevivência e manutenção do potencial produtivo e ambiental local, o que contribui para que os pequenos produtores dependam de financiamento por parte de órgãos governamentais ou financeiros.

Outro fator que merece destaque é a condição dos produtores rurais, em que cerca de 13% ainda são arrendatários ou meeiros (parceiros) das áreas produtivas (IBGE, 2006). Isto induz o proprietário a acreditar que o esgotamento dos recursos naturais pode ser suprido pela ativação de outra porção da propriedade, desobrigando os arrendatários da terra dos custos de manejo e recuperação. Desta forma, ambos assumem diretamente os riscos da degradação ambiental ou acionam meios de evitar, controlar ou combater a desertificação (OLIVEIRA-GALVÃO, 2001).

Neste contexto, o baixo nível educacional e acesso à informação têm papel fundamental para o agravamento da degradação ambiental na região do semiárido. Nesta região, a taxa de analfabetismo ainda é elevada, apesar de ter apresentado uma redução de 32,6%, em 2000, para 24,3%, em 2010 (IBGE, 2010). Além de contribuir para o aumento das áreas degradadas, este fato contribui para a

vulnerabilidade social e a dificuldade/incapacidade de resposta da população frente a episódios de seca e à degradação do ambiente.

Essa situação muitas vezes é potencializada pelas secas, que embora não sejam a causa da desertificação, são um fator importante para o agravamento do impacto humano sobre a degradação da terra (CORNET, 2002). Segundo Rêgo (2012), isso ocorre pelo rompimento do equilíbrio como consequência da intervenção humana, que prejudica a capacidade da recuperação dos ecossistemas, contribuindo para que os efeitos das secas sejam muito mais drásticos. O autor acrescenta que, devido ao crescimento populacional, à degradação do solo e às mudanças climáticas, os riscos associados às secas como desastre natural aumentaram sensivelmente.

No semiárido, a seca agrícola ou seca edafoclimática (CAMPOS; STUDART, 2001) é o tipo de seca que causa maiores impactos (MARTINS, 2012), principalmente nas regiões mais pobres. Os efeitos associados incluem perdas econômicas e grandes transtornos sociais como fome, migração e desagregação familiar que leva à seca socioeconômica. Essa situação pode se agravar caso as projeções de mudanças climáticas se confirmem, como destacado por Marengo (2008), uma vez que essas mudanças ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. Segundo Marengo et al. (2011), a combinação de falta de chuva ou pouca chuva, associada a altas temperaturas, altas taxas de evaporação e alta competição pelos recursos hídricos, pode levar a uma crise potencialmente catastrófica. Portanto, com um semiárido mais árido e o aumento da frequência de ocorrência das secas, a base de sustentação para as atividades humanas diminuirá.

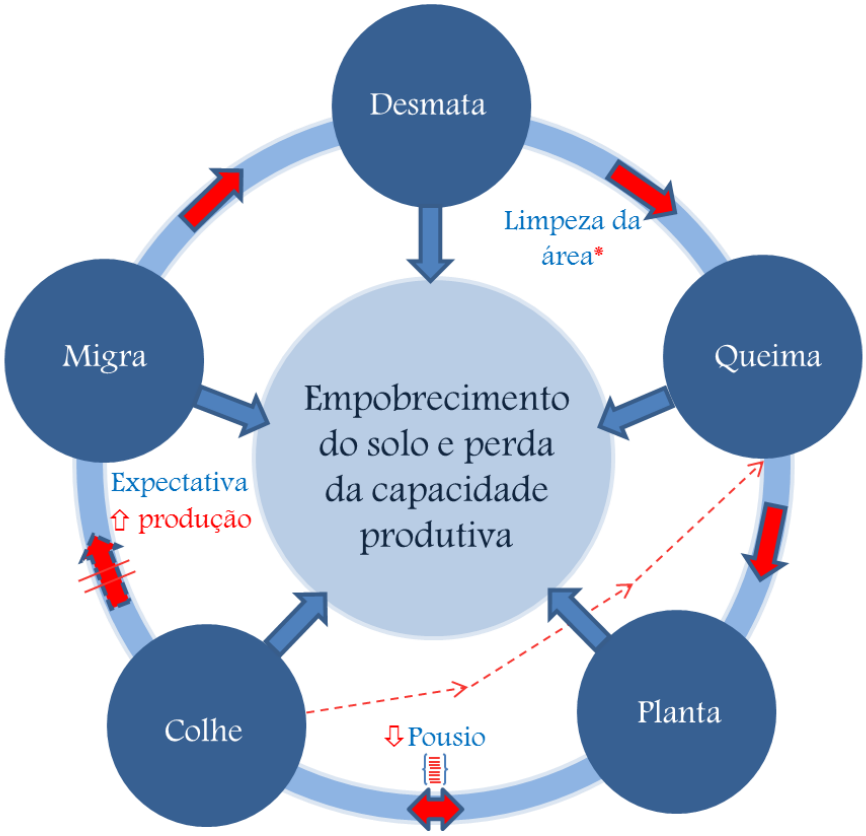
2.2.2 Agricultura no semiárido nordestino: sua dinâmica e seus impactos ambientais.

Considerando que parte significativa da agricultura praticada no semiárido é de sequeiro, essas projeções tendem a aumentar o já elevado risco desse tipo de sistema de produção devido à acentuada variabilidade climática dessa região (MENDES, 1994). A agricultura de sequeiro, como é chamada principalmente em países em desenvolvimento, possui um baixo rendimento com uma renda média bruta anual agrícola nas propriedades de apenas R$ 45 ha^{-1} (SAMPAIO;

MENEZES, 2002), principalmente por esse sistema está altamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações climáticas (SILVA et al., 2002). Outro fator que contribui para a suscetibilidade desta atividade é o fato da mesma ser desenvolvida geralmente em áreas marginais e por pequenos produtores (KHAN; CAMPOS, 1995) com baixas renda e capacidade adaptativa.

A agricultura de sequeiro, associada à agricultura itinerante é considerada como um dos principais vetores de degradação do semiárido, uma vez que é baseada em práticas reconhecidamente degradadoras (VASCONCELOS; TORRES FILHO, 1994) nas quais os agricultores desmatam, queimam e plantam com uma maior frequência, diminuindo, assim, o tempo de descanso da área (período de pousio) que em média está abaixo de 10 anos (ARAÚJO FILHO, 2002). Após a utilização intensa das áreas, os agricultores se mudam para outras áreas repetindo a mesma prática na expectativa de uma recuperação da capacidade produtiva dos solos (Figura 2.5).

Figura 2.5 – Diagrama do ciclo de exploração agrícola, segundo a agricultura de sequeiro/itinerante.



Fonte: Elaboração do autor.

Esse sistema de produção agrícola tem modificado tanto o estrato herbáceo como o arbustivo-arbóreo da região semiárida, tal fato se deve à retirada da vegetação nativa das áreas exploradas associada às práticas de manejo do solo que promovem o esgotamento de nutrientes e a perda de matéria orgânica, alterando, desta forma, as condições físicas que possibilitam a infiltração da água no solo, que por sua vez, dificultam a absorção de água pelas raízes. Este processo contribui para que os solos fiquem expostos (nus) e mais susceptíveis aos processos erosivos; ademais, reduz-se a quantidade de carbono no solo, contribuindo para o efeito-estufa, uma vez que o balanço entre acumulação e liberação de carbono encontra-se prejudicado.

Segundo Araújo Filho (2002), diferentemente das práticas descritas anteriormente, a exploração dessas áreas, em especial da caatinga, deveria está fundamentada em métodos que proporcionassem o menor distúrbio no meio biológico, além de reforçar a matéria orgânica. O autor acrescenta, ainda, que os métodos de exploração agrícolas empregados são próprios para solos de clima temperado. Apesar disto, a agricultura de sequeiro e a itinerante continuam desempenhando um papel significativo na produção de alimentos e geração de meios de subsistência da população rural.

A irrigação no semiárido tem buscado suprir as deficiências hídricas criando condições de produção para as terras que naturalmente apresentam baixa produtividade. Isto tem motivado, desde a década de 70, a implantação de grandes perímetros irrigados nos sertões com o objetivo de introduzir um novo modelo de produção agrícola (SOUSA, 2010). Inicialmente, essas áreas irrigadas foram implantadas em solos aluvionais, reconhecidamente de baixa taxa de infiltração, o que levou à degradação e abandono de grandes áreas.

Quando realizada de forma inadequada, a irrigação pode produzir impactos indesejáveis, como a salinização do solo, o que afeta a germinação e a densidade das culturas, bem como seu desenvolvimento vegetativo, reduzindo a produtividade das lavouras. Nos casos limites, a salinização pode levar à morte generalizada das plantas, inviabilizando o cultivo das terras afetadas (BERNARDO, 1992).

Segundo Vasconcelos e Torres Filho (1994), há, em princípio, uma ocorrência mais significativa de processos de salinização nos projetos promovidos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, quando comparados aos implantados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF. Estima-se que em torno de 15% das áreas irrigadas estariam com problemas de salinização. Os autores acrescentam que isso se deve, em parte, ao fato da gestão diferenciada entre os perímetros irrigados, bem como em decorrência da qualidade e quantidade de água disponível. Deve-se considerar, ainda, que a bacia do São Francisco é privilegiada em termos de solos aptos e qualidade de água para irrigação, por isso ainda são poucos os perímetros de irrigação ali existentes com problemas de salinização (BRASIL, 2004).

2.2.3 A pecuária na região Nordeste: sua importância e seu papel na degradação da terra.

A pecuária, enquanto economia subsidiária da atividade açucareira (PINHEIRO, 2002), criou condições necessárias para uma efetiva ocupação do espaço nordestino durante o período colonial no Brasil. Na medida em que as áreas do litoral, antes destinadas à pecuária, eram substituídas pela expansão da monocultura canavieira, a pecuária ganhou o interior da colônia, seguindo as margens dos rios em busca de novas terras, tornando-se, assim, o grande motor da colonização (ANDRADE, 1973, 2004; LIMA, 2002).

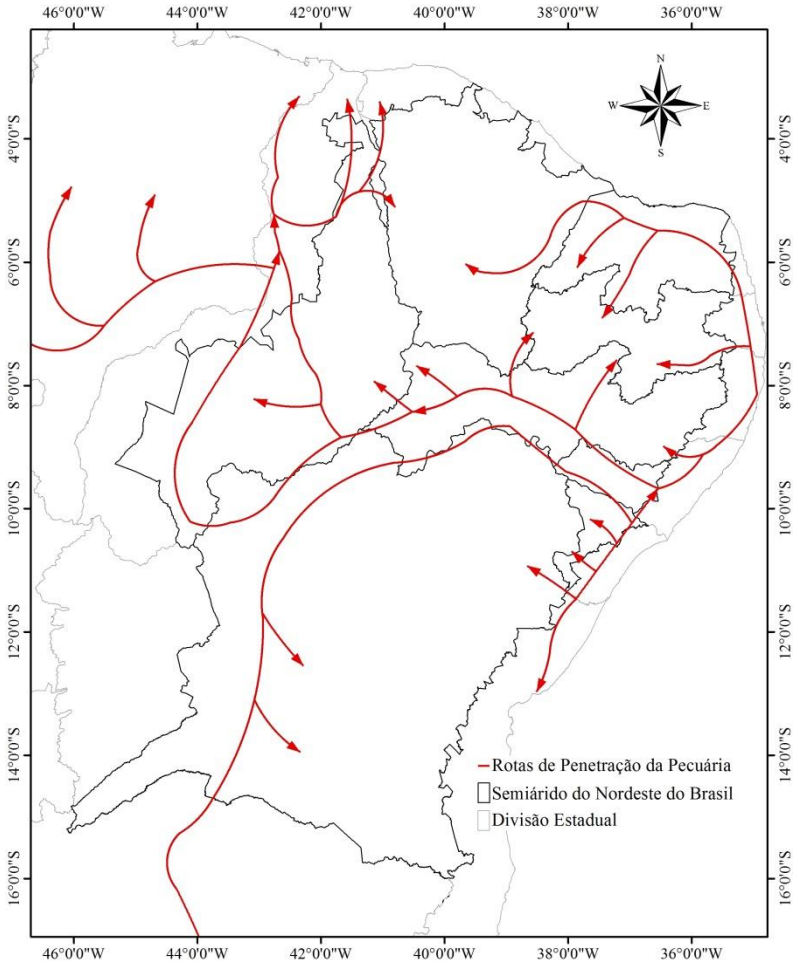
Segundo Lima (2002) a pecuária foi além de uma simples atividade produtiva, uma vez que:

> Impondo-se e superpondo-se ao espaço indígena, ela foi indutora de novos parâmetros produtivos e culturais. Pode-se afirmar que ela gerou um sistema técnico, cujos marcos ainda restam nos diferentes espaços sertanejos.

O povoamento difundiu-se em épocas e rotas diversas (Figura 2.6) e posteriormente foram condensados com maior afinco no semiárido, sendo que os Estados da Bahia e Pernambuco passaram a ser os polos de partida em busca das novas áreas para criação do gado (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994). A penetração para o sertão, iniciada no século XVI,

visava produzir animais de trabalho e a alimentação para a população que se adensava na área canavieira (ANDRADE, 1988).

Figura 2.6 – Rotas de penetração da pecuária durante o período colonial no Brasil.



Fonte: Adaptado de Valverde (1967).

Esse processo de expansão se deu pela utilização de novas terras (novas unidades criatórias) e por meio do crescimento vegetativo da população animal (SAMPAIO, 2008), ambas possíveis devido à ampla oferta de terras na época. A posse da terra, ocupada com a pecuária, constituiu a base da riqueza e o principal elemento na formação da sociedade sertaneja e dos grupos sociais nas capitanias hereditárias. Souza (1989) afirmou que:

> A distribuição desigual da terra dicotomizou a sociedade rural na medida em que definiu a posição social dos indivíduos. Assim, no ápice da pirâmide social encontravam-se os proprietários de terra, os fazendeiros, e na base, os não proprietários. Entre os últimos incluíam-se os trabalhadores livres e os escravos. Cabe notar a existência de pequenos proprietários cuja precariedade econômica os obrigava a

> trabalhar de parceria nas grandes propriedades [...]. O latifúndio e a exploração da mão-de-obra, sob relações sociais como as descritas, fundamentaram a dominação.

Esse modelo de colonização permitiu que se estabelecessem nessa região grandes latifúndios, tendo destaque o da Casa da Torre (Figura 2.7) estabelecido por Garcia de Sousa d'Ávila, que no século XVIII alcançou aproximadamente 340 léguas de terras. A Casa da Torre, instalada na baía de Tatuapera, Bahia, teve um papel decisivo na expansão da pecuária para o interior do Nordeste, visto que boa parte das boiadas partiu desse local em busca de minérios e terras (ANDRADE, 1973, 2004).

Figura 2.7 – Casa da Torre de Garcia de Sousa d'Ávila.

Fonte: https://historiadabahia2.files.wordpress.com/2010/06/casa-da-torre.jpg

A partir da segunda metade do século XVIII, a pecuária sofreu um grande impacto devido ao estímulo dado à produção algodoeira, motivado principalmente pela revolução industrial. As propriedades passaram, dessa forma, a se apoiarem não mais somente na pecuária, surgindo então o binômio boi-algodão. Com o crescimento das áreas destinadas ao algodão e o crescimento populacional oriundo do novo sistema de produção, o plantio de outras culturas, como o milho, o feijão e a mandioca, iniciou sua expansão (ANDRADE, 1973, 2004).

Além da abertura de grandes extensões de terra para a produção de algodão e as demais culturas, a busca pela produção de couro contribuiu também para a intensificação do processo de degradação em boa parte dos vales, para o desmatamento da mata nativa, principalmente para a produção de lenha como

fonte, até hoje, de energia, e para o sobrepastejo do rebanho bovino, caprino e ovino.

Associada a essa degradação, somaram-se os períodos de secas recorrentes que induziram transformações significativas ao ecossistema, sobretudo de ordem biofísica, devido à redução da biodiversidade por meio da destruição da flora e da fauna e a cobertura dos solos, contribuído para a erosão do solo e assoreamento dos mananciais.

Todavia, deve-se considerar que a pecuária, principalmente a ovinocaprinocultura, apesar de ser uma atividade impactante ao meio ambiente, como exposto anteriormente, se reveste de especial importância social e econômica (VIDAL et al., 2006) para o semiárido e para o Nordeste brasileiro, sendo uma das principais alternativas econômicas para a região (SOUZA et al., 1994; LIMA; BAIARDI, 2000).

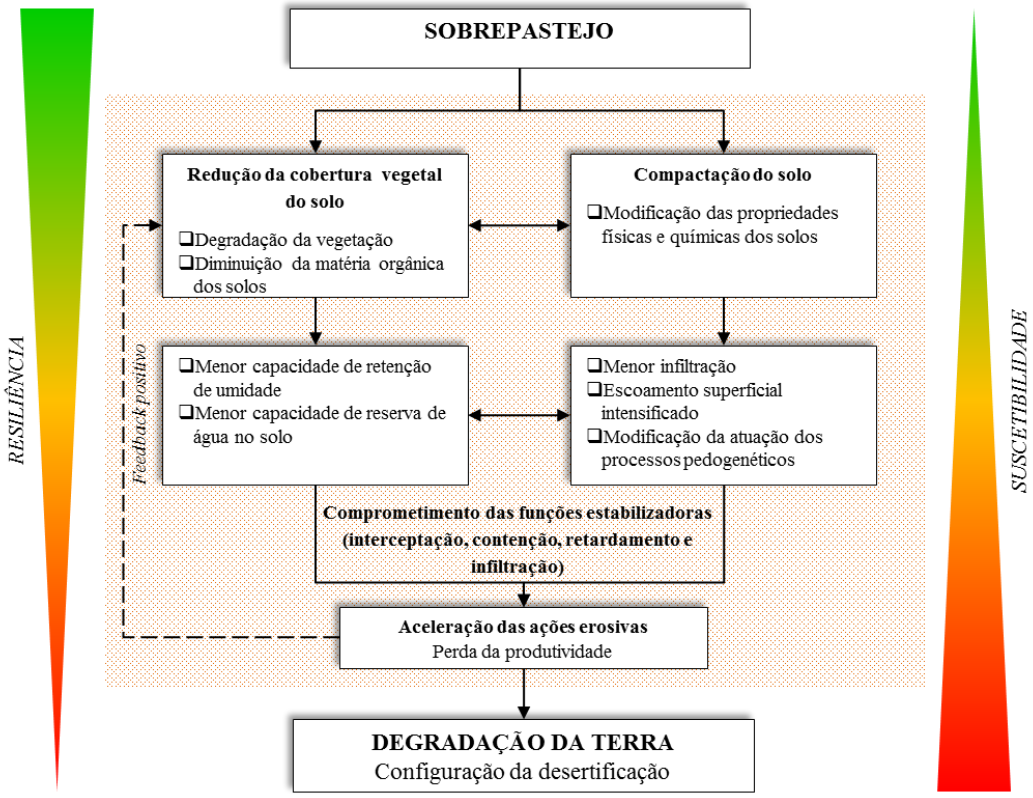
A atividade pecuária, aparentemente, resiste melhor às condições de alta variabilidade climática do semiárido nordestino do que as atividades agrícolas (ARAÚJO; OLIVEIRA, 1994; SAMPAIO; MENEZES, 2002). Segundo Magalhães e Rebouças (1987), a lavoura é a atividade mais afetada. As quedas na produção de um ano normal comparado a um de seca chegam a cerca de 70 % ou mais no caso do milho, feijão e algodão. Já as perdas no rebanho não são tão acentuadas, desde que não ocorra uma seca prolongada.

Apesar de sua importância socioeconômica e cultural para a região semiárida e nordestina, a exploração pastoril, principalmente a extensiva, continua a contribuir para o agravamento da degradação. O sobrepastejo tem prejudicado o equilíbrio das áreas utilizadas pela pecuária no semiárido, por meio do comprometimento dos processos de reciclagem de nutrientes e o crescimento de novas plantas. Além disso, observa-se uma redução no vigor das plantas, na capacidade de rebrotação e na produção de sementes fundamentais para a recuperação das áreas (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009; BEZERRA et al., 2009).

Na Figura 2.8, pode-se observar que além da redução da biodiversidade e a exposição dos solos, o sobrepastejo afeta significativamente a produtividade das

áreas exploradas uma vez que há um comprometimento da resiliência natural do ecossistema.

Figura 2.8 – Fluxograma do mecanismo de degradação causado pela pecuária extensiva com sobrepastejo.



Fonte: Baseado em Tricart (1976).

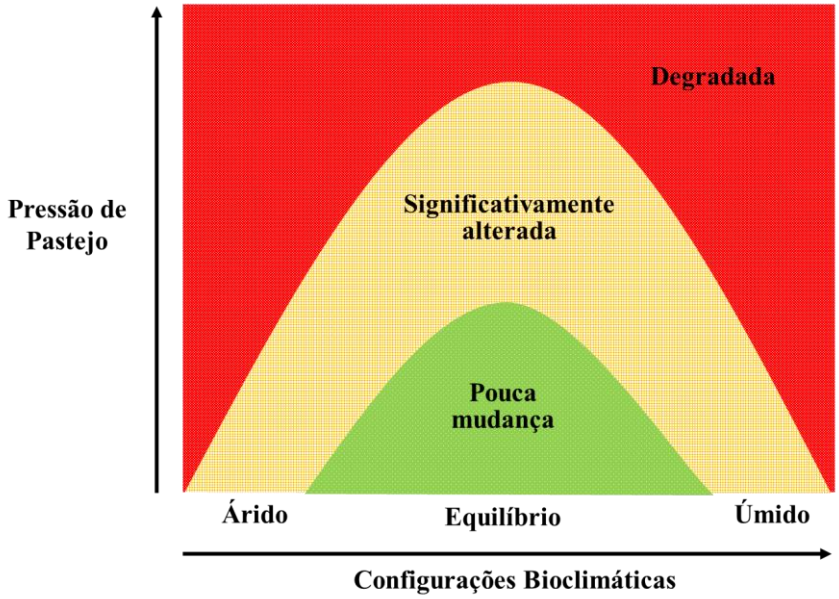
Com a retirada da vegetação, as áreas se tornam mais susceptíveis a sofrerem processos erosivos, principalmente o pluvial. Isso ocorre devido à perda das funções estabilizadoras de interceptação, contenção, retardamento e infiltração (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2008). Sem as folhas e os resíduos da vegetação, o impacto da chuva sobre o solo, ocasionado pela energia cinética ou energia do movimento de queda das gotas de chuva, provoca a desagregação do solo; com isso, os agregados são rompidos pelo impacto e as partículas que o compunham passam a se depositar na superfície do solo, reduzindo os poros que absorvem a água (selamento superficial). Desse modo, com a taxa de absorção de água reduzida, há uma diminuição da velocidade de infiltração de água no solo, estando esta mais sujeita ao escoamento superficial.

Além do exposto anteriormente, estudos apontam para um enfraquecimento do ciclo hidrológico regional (SUD; FENNESSY, 1982; DIRMEYER; SHUKLA, 1996; OYAMA; NOBRE, 2004; OYAMA, 2005; SOUZA, 2006, 2009; CUNHA, 2013; CUNHA et al., 2015), ou seja, para a redução da precipitação, evapotranspiração e convergência de umidade, bem como para a redução da produtividade primária bruta e, consequentemente, a redução da produtividade primária líquida (CUNHA, 2013), decorrente das mudanças de cobertura vegetal ou usos da terra.

Segundo Oyama e Nobre (2004 apud SOUZA (2009)), o enfraquecimento do ciclo hidrológico decorreria de dois mecanismos conhecidos de interação biosfera-atmosfera: redução de evapotranspiração, que levaria a menor umidade em baixos níveis e, consequentemente, a menor quantidade de vapor d'água disponível para condensação durante processos de convecção profunda; e aumento de albedo, que reduziria o saldo de radiação no topo da atmosfera, induzindo anomalias de subsidência para manter o equilíbrio térmico e, consequentemente, reduzindo a convergência de umidade em baixos níveis.

Observa-se, então, que dependendo das características da região, das práticas de manejo e gestão adotadas, a pressão de pastejo pode contribuir, com maior ou menor intensidade, para a transformação do ecossistema (Figura 2.9). Em ambientes áridos ou semiáridos há uma maior predisposição a mudanças na estrutura dos ecossistemas, mesmo com pressões relativamente baixas (ASNER et al., 2004).

Figura 2.9 – Relação entre a pressão de pastejo e ambientes que variam de árido a úmido.



Fonte: Adaptado de Asner et al. (2004).

Além disso, o comportamento de forrageamento e as preferências alimentares dos animais (bovino, caprinos, ovino, etc) têm um papel decisivo na degradação das pastagens (IBÁÑEZ; MARTÍNEZ; SCHNABEL, 2007). Ao contrário dos bovinos, os ovinos e caprinos, ao se alimentarem, atingem as raízes das plantas impedindo, muitas vezes, o rebrotamento, a frutificação e a produção de sementes de algumas espécies, o que torna os efeitos do sobrepastejo bem mais deletérios e profundos. No longo prazo, este processo pode levar à degradação da cobertura vegetal e, consequentemente, à perda da produtividade das áreas. No semiárido a degradação das pastagens oriunda desses hábitos ocorre, em parte, devido à ovinocaprinocultura ter sido conduzida, ao longo dos tempos, nas mesmas bases históricas da criação de bovinos.

2.2.4 Extrativismo mineral.

Em algumas regiões, a exploração de recursos minerais, tais como: metais preciosos, materiais cerâmicos, materiais de construção etc, também é um fator que contribui para a degradação da terra. Apesar de colaborar para a expansão da oferta de empregos, diretos e indiretos, no semiárido, a associação entre mineração e desertificação decorre basicamente dos prejuízos ambientais irreversíveis apresentados em áreas que, na busca de obtenção de resultados

econômicos em curto prazo, são trabalhadas de forma inadequada e imediatista (PINTO et al., 1994; CGEE, 2016).

Neste sentido, Oliveira-Galvão (2001) e CGEE (2016) destacam alguns danos oriundos do extrativismo mineral: (i) alteração da paisagem e da topografia natural nas áreas de intervenção direta da mineração, por vezes, tornando-as impróprias para usos futuros (notadamente uso agrícola); (ii) erosão, decorrente da alteração da paisagem natural, e assoreamento das linhas naturais de drenagem; (iii) contaminação do solo e da água pelo uso de produtos químicos para o tratamento preliminar da matéria extraída; e (iv) impactos ambientais indiretos decorrentes do uso intensivo dos recursos naturais na área de entorno. Sobretudo a exploração de recursos florestais de vegetação natural, utilizados para suprir a demanda de lenha utilizada, principalmente, como combustível nas indústrias de gesso e cerâmica.

A diminuição da matéria orgânica das áreas afetadas pelo desmatamento desenfreado compromete, ainda mais, a capacidade de retenção de umidade e de nutrientes, aumentando os efeitos do escoamento superficial e, por conseguinte, o aumento dos processos erosivos (OLIVEIRA-GALVÃO, 2001; SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005b).

Neste contexto, verifica-se que a dimensão humana da degradação/desertificação é de grande importância, uma vez que qualquer solução para o problema requer atitude e decisão política por parte das comunidades e dos usuários locais da terra, dos governos nacionais e das organizações políticas internacionais. Apesar da importância dessa dimensão para o processo de degradação/desertificação, Sampaio et al. (2005a) advertem que além das intervenções nas áreas socioeconômicas, devem-se estabelecer ainda ações que objetivem a prevenção e recuperação das áreas degradadas.

2.3 **Uso de índices de vegetação para monitoramento de áreas em processo de degradação/desertificação.**

Os dados de sensoriamento remoto apresentam-se como uma fonte acessível e alternativa com melhor relação custo-benefício, se comparado às técnicas tradicionais de levantamento de campo que demandam maior tempo, custo e trabalho intensivo, o que torna o monitoramento sistemático em maior escala oneroso e de difícil implementação (CHEN et al., 2013; HIGGINBOTTOM; SYMEONAKIS, 2014). Nas últimas décadas, uma variedade de satélites e sensores foi desenvolvida, o que apresenta diferentes resoluções espacial, espectral e temporal, proporcionando a geração de dados, principalmente de cobertura da terra, com alta qualidade e precisão. Isso tem contribuído para que dados de sensoriamento remoto sejam amplamente utilizados em técnicas de monitoramento (TRIPATHY; GHOSH; SHAH, 1996; GILLESPIE et al., 2008; HALL et al., 2012; CHEN et al., 2013), assim como melhor compreensão do processo de desertificação (ALBALAWI; KUMAR, 2013; SCHUCKNECHT, 2013).

A utilização de registros de séries multitemporais de índices de vegetação (IVs) oriundas de dados de sensoriamento remoto tem contribuído e se apresentado como uma importante ferramenta para o monitoramento e caracterização da superfície terrestre (JAVZANDULAM; TATEISHI; SANJAA, 2005; LAMBIN; LINDERMAN, 2006; JIANG et al., 2008), em especial de diferentes tipos de cobertura e usos da terra (MOREIRA, 2005; SILVA, 2013).

Diversos estudos foram conduzidos para a identificação, avaliação e monitoramento da desertificação, em terras áridas e semiáridas, considerando IVs (DIOUF; LAMBIN, 2001; LANFREDI et al., 2003; SYMEONAKIS; DRAKE, 2004; PIAO et al., 2005; OLSSON; EKLUNDH; ARDÖ, 2005; PARUELO et al., 2005; ZHANG et al., 2008; LIN et al., 2009; LIN; CHEN, 2010; STERNBERG et al., 2011; GARCÍA-GÓMEZ; MAESTRE, 2011; ALBALAWI; KUMAR, 2013; BARBOSA et al., 2013; CHEN et al., 2013). Particularmente para a América Latina, o IV tem sido considerado um importante indicador no âmbito da avaliação e monitoramento da desertificação, principalmente a partir das discussões estabelecidas durante o projeto de desenvolvimento de uma

metodologia unificada para a avaliação e monitoramento da desertificação na América Latina na década de 90 (SANTIBAÑEZ; PÉREZ, 1998; MATALLO JUNIOR, 2001). Apesar da relevância de se utilizar IVs para estudos de regiões caracterizadas por processos de desertificação, poucos são os trabalhos realizados considerando como objetivo de estudo a avaliação da região Nordeste do Brasil - NEB.

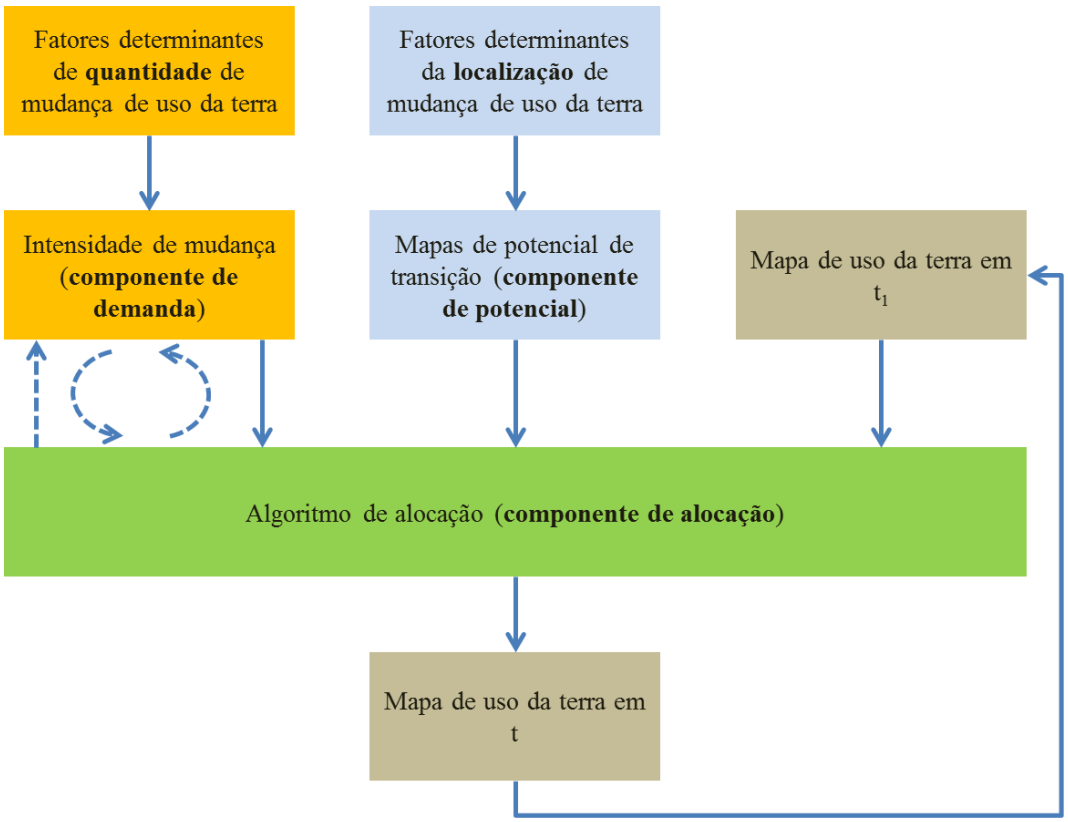
2.4 **Modelagem espacialmente explícita dos fatores determinantes da mudança de uso e cobertura da terra: uma ferramenta importante no estudo do processo de degradação/desertificação.**

Apesar de inúmeras tentativas de identificar e compreender os fatores determinantes e suas inter-relações com a degradação e desertificação da terra, os mesmos não possibilitaram determinar a dinâmica do processo, ou seja, onde ocorrem as mudanças e quais variáveis efetivamente contribuem para a direção da mudança, seja ela positiva ou negativa. Determinar a relação entre fatores e mudanças é primordial para o entendimento de mecanismos capazes de subsidiar o combate e/ou mitigação dos efeitos da desertificação. A identificação e analise desses fatores das mudanças de uso e cobertura é fundamental nos modelos de mudanças de usos e cobertura da terra (*Land Use and Cover Change* - LUCC) (GEIST; LAMBIN, 2001; LAMBIN et al., 2001; LAMBIN; GEIST, 2001, 2003; AGUIAR, 2006).

Os modelos LUCC além de permitir a análise e avaliação da dinâmica dos fatores determinantes das mudanças, bem como os impactos econômicos e ambientais dessas mudanças, possibilitam, ainda, verificar a influência das políticas públicas nas trajetórias atuais das transformações na superfície terrestre associadas às atividades humanas (PIJANOWSKI et al., 2002; VERBURG et al., 2006). Neste contexto, as mudanças não são analisadas e explicadas a partir de um único fator, mas, por uma complexa rede de fatores (biofísicos e socioeconômicos) que interagem no tempo e no espaço, em diferentes contextos histórico e geográfico (AGUIAR, 2006).

Os modelos de usos da terra desenvolvidos aplicam-se a diversos domínios do problema, atendendo a questões específicas como urbanização (CLARKE; HOPPEN; GAYDOS, 1997), manejo de zonas costeiras (KOK et al., 2001) desmatamento (PONTIUS JR; CORNELL; HALL, 2001), expansão agrícola (VERBURG et al., 2006), dentre outros. Apesar da grande variedade de modelos que abordam as mudanças de usos e cobertura da terra, destacam-se os modelos espacialmente explícitos, que se diferenciam dos demais por possibilitar projetar e visualizar as mudanças, suas intensidades e localizações. A Figura 2.10 apresenta uma estrutura comum, válido para um grande número de modelos LUCC espacialmente explícitos.

Figura 2.10 – Estrutura genérica de modelos de mudanças de usos da terra espacialmente explícitos.



Fonte: Adaptado de Verburg et al. (2006) e Aguiar et al. (2015).

Exemplos de arcabouços de modelagem que possuem estruturas similares à ilustrada na Figura 2.10 são CLUE (VERBURG et al., 1999), CLUE-S (VERBURG et al., 2002), Dinâmica (SOARES-FILHO; CERQUEIRA; PENNACHIN, 2002), LuccME (AGUIAR et al., 2012), entre outros.

Os cálculos da magnitude e alocação da mudança se baseiam em um conjunto de fatores que são determinantes espaciais de mudanças. Segundo Aguiar (2006), isto requer uma clara diferenciação entre o que podem ser consideradas causas próximas locais que estão diretamente associadas às mudanças nos usos da terra (ex.: atividades agropecuárias), e as forças determinantes (ou motrizes) subjacentes, que são normalmente remotas no espaço e tempo, e operam em níveis hierárquicos mais altos (ex.: fatores econômicos, tecnológicos, políticos e institucionais).

O emprego da modelagem LUCC espacialmente explicita, para estudos no Brasil tem se concentrado principalmente em avaliações para a Amazônia e Cerrado (AGUIAR; CÂMARA; ESCADA, 2007; DALLA-NORA et al., 2014) com o objetivo principal de compreender os *drivers* das mudanças dos usos e cobertura da terra. Vieira (2015), estudando a suscetibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro, empregou essa abordagem com o objetivo de analisar as mudanças dos usos da vegetação, pastagem e agricultura. Todavia, o estudo não focou a modelagem das áreas em processo de degradação, mas em determinar a dinâmica de mudanças desses usos, a fim de construir um modelo de mudanças de usos e cobertura da terra e desenvolver prognósticos para a região frente a diferentes cenários futuros de usos da terra e mudanças climáticas.

Assim sendo, no presente estudo buscou-se desenvolver um modelo espacialmente explícito capaz determinar a localização, a intensidade e a direção da mudança das áreas de degradação da cobertura vegetal como "*proxy*" da degradação/desertificação no semiárido nordestino, integrando desta forma a análise de regressão anteriormente.

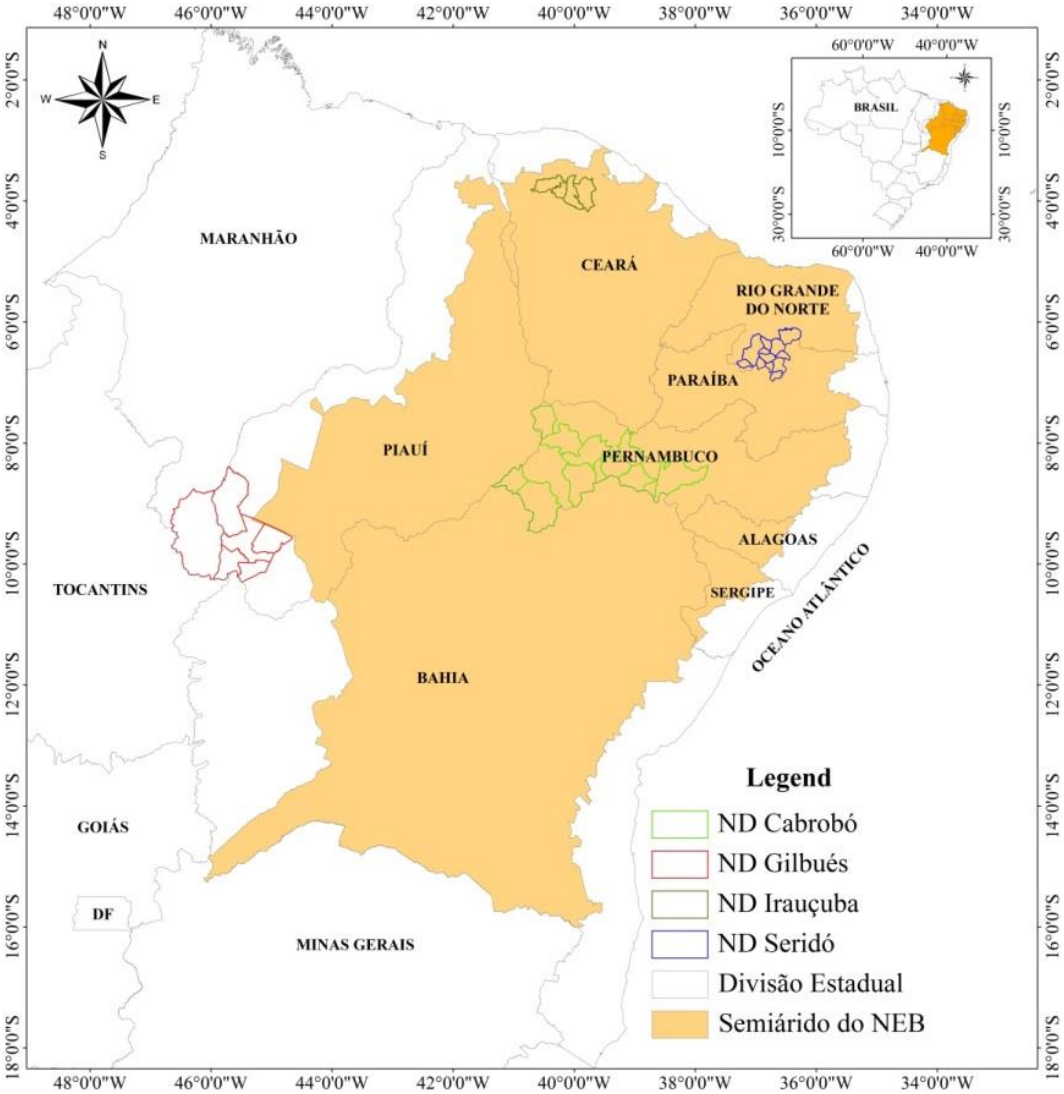
3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

3.1 **Área de estudo.**

A área de estudo inclui a região semiárida do Nordeste do Brasil (Figura 3.1), cuja delimitação oficial do semiárido brasileiro é baseada em três critérios técnicos: a) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; b) índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e c) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).

O semiárido do Nordeste do Brasil tem uma área de 980.133,079 km² e é constituído por parte significativas dos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. A maior parte da região é coberta pelo bioma Caatinga, o único bioma exclusivamente brasileiro e de grande importância devido à sua biodiversidade endêmica. A região também inclui porções dos biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Figura 3.1 – Área de Estudo – Semiárido do Nordeste do Brasil e Núcleos de Desertificação, cujo mapa foi elaborado com base em BRASIL (2004).



Fonte: Elaboração do autor.

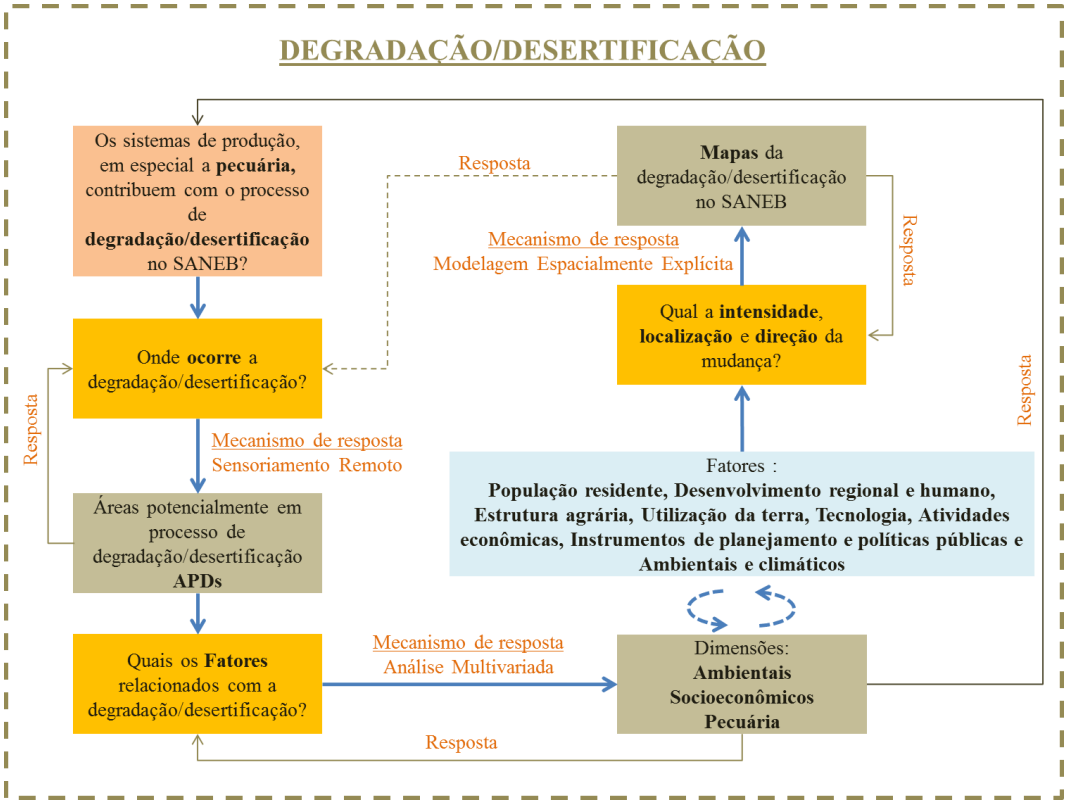
A variabilidade espacial e temporal no regime de chuvas tem sido agravada pela ocorrência de eventos extremos que causam grandes secas ou cheias em algumas sub-regiões. O clima seco e quente no semiárido é caracterizado por grande variabilidade espacial e temporal no regime de chuvas, diretamente relacionada com as variabilidades interanuais da temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos tropicais, em especial os oceanos Atlântico Tropical e Pacífico Equatorial. Os fenômenos meteorológicos que atuam diretamente na dinâmica do clima do Nordeste, são: El Niño - Oscilação Sul – ENOS (KOUSKY; CAVALCANTE, 1984); anomalias das TSMs do Oceano Atlântico Tropical (MOURA; SHUKLA, 1981); e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial (HASTENRATH; HELLER, 1977; UVO; NOBRE,

1989). Sistemas de escala sinótica e de mesoescala, como os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN), também contribuem para esta variabilidade (KOUSKY; GAN, 1981); distúrbios de leste (YAMAZAKI; RAO, 1977); intensidade das brisas marítimas e terrestres (KOUSKY; ELIAS, 1982) e frentes frias oriundas de latitudes subtropicais (KOUSKY, 1979).

3.2 **Modelo conceitual.**

A conceituação e estruturação da questão científica postulada no presente trabalho associam-se com a elaboração de um modelo conceitual, capaz de orientar inicialmente as etapas, a viabilidade e as respostas possíveis para a aceitação ou refutação da hipótese. A Figura 3.2 apresenta a esquematização do modelo conceitual.

Figura 3.2 – Modelo conceitual resumido da análise da contribuição da pecuária para o processo de degradação/desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaboração do autor.

Para compreender a dinâmica da degradação vegetal no semiárido do nordeste do Brasil, como "*proxy*" de áreas com potencial para desertificação em relação aos diferentes fatores ambientais e socioeconômicos (incluindo a pecuária), necessita-se, primeiramente, identificar as áreas que estão realmente impactadas pelos processos de degradadas/desertificadas. Assim sendo, a identificação dessas áreas pode ser compreendida como o marco inicial para o entendimento dos processos que determinam a degradação e a desertificação da terra no SANEB. Deste modo, a primeira etapa do presente trabalho, descrita na *Seção* 3.3, consistiu no desenvolvimento de um método, baseado em análise multitemporal de dados EVI2 (*Enhanced Vegetation Index* 2), para identificação e análise de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APDs). A partir do estudo do comportamento padrão dos valores do índice de vegetação em APDs, onde apresenta baixos valores médios de EVI2, possibilitou o estabelecimento de um limiar abaixo do qual estariam contidas as APDs.

Após a localização e análise das APDs é possível elencar potenciais fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação, bem como possíveis relações entre estes fatores e as mudanças de uso e cobertura da terra nessa região. Os fatores candidatos são, assim, estudados por meio da análise estatística multivariada com os seguintes objetivos: (a) excluir aqueles que não contribuem significativamente para a degradação e desertificação e que podem comprometer a análise; (b) definir a contribuição e a relação de cada fator para o processo e, assim, responder aos objetivos do trabalho proposto.

Considerando que os processos que contribuem para a desertificação são dinâmicos, julgou-se fundamental para o estudo desses processos no SANEB a utilização da modelagem dinâmica espacialmente explicita para, como base nas relações estudadas, determinar quais áreas apresentam maior potencial de serem impactadas pelo processo de desertificação. O uso da modelagem computacional auxilia na compreensão da dinâmica do processo, uma vez que através dela podemos explorar no tempo e no espaço a influência dos fatores determinantes. Por fim, a modelagem dinâmica e espacialmente explícita pode também contribuir na tomada de decisão sobre os sistemas de produção e o meio ambiente, servindo, assim, como instrumento de planejamento estratégico, uma vez que permite a

análise de áreas sob pressão futura de mudança e estudos de cenários (COSTANZA; RUTH, 1998; GROVE et al., 2002; AGUIAR, 2006; VERBURG et al., 2006).

Portanto, com a abordagem proposta buscou-se combinar análise estatística multivariada e a modelagem dinâmica espacialmente explícita, uma vez que se busca entender os processos no tempo e no espaço, em razão da natureza dinâmica e complexa do processo de degradação/desertificação.

3.3 Mapeamento das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD) com uso do EVI2 (*Enhanced Vegetation Index 2*).

Esta análise examina composições de imagens multitemporais do índice de vegetação EVI2 (MODIS/TERRA) para o semiárido do Nordeste do Brasil, objetivando caracterizar o comportamento deste índice em áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. De forma geral, essas áreas apresentam (i) cobertura vegetal fortemente degradada ou ausente, (ii) baixa resposta da vegetação à precipitação, (iii) sinais de erosão do solo e (iv) ausência de atividades agrícolas etc. Apesar do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ser geralmente utilizado com maior frequência (YENGOH et al., 2015), optou-se pelo o uso do EVI2 por o mesmo apresentar ajuste no sinal/ruído para o solo e a sensibilidade e linearidade da vegetação, evitando assim a saturação encontrada no EVI e em outros índices de vegetação (JIANG et al., 2008).

3.3.1 EVI2: uma visão geral

O EVI2 desenvolvido por Jiang et al. (2008) ressalta as variações da cobertura do solo (FREITAS, 2011) e baseia-se no uso de dados de vegetação por satélite oriundos das Plataformas Terra e Aqua do Sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers* (MODIS). Para o cálculo do EVI2 utilizam-se apenas as bandas espectrais de refletância da superfície do vermelho (Red) e infravermelho próximo (NIR), de acordo com a equação a seguir:

$$EVI2 = 2.5 * \frac{NIR - Red}{(NIR+2.4 * Red+1)} \quad (3.1)$$

No presente estudo, utilizou-se o produto MOD13Q1 do sensor MODIS/TERRA da coleção 5 que corresponde a composição de imagens dados registrados globalmente ao longo de 16 dias, cujo objetivo é a exclusão do efeito da cobertura de nuvens, o mesmo apresenta resolução espacial de 250 m x 250 m.

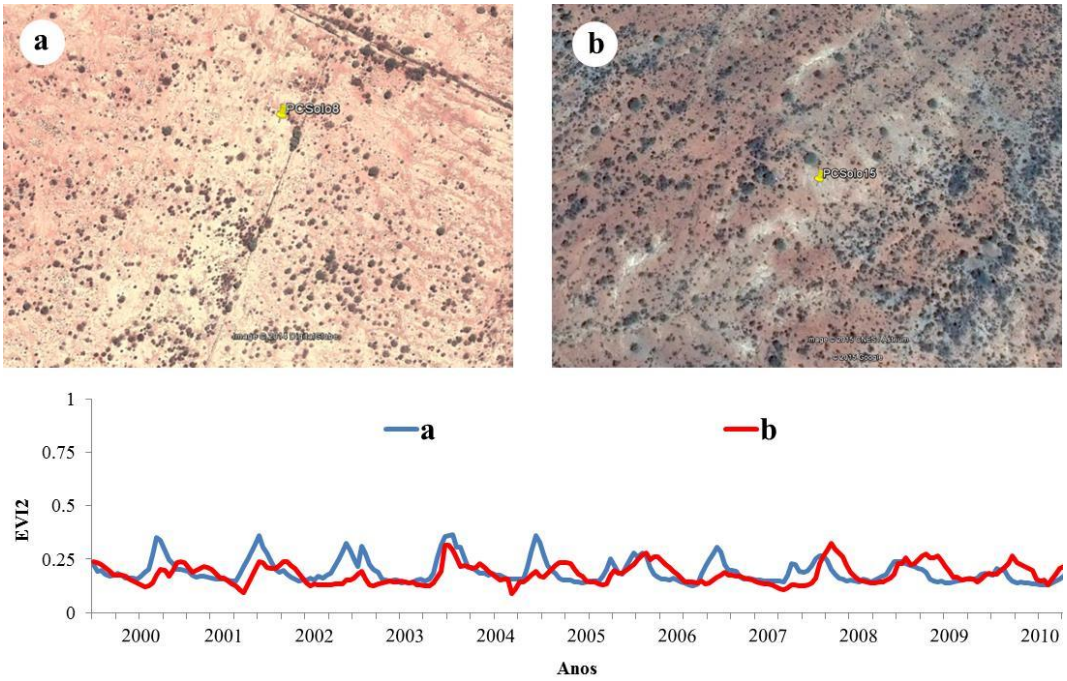
3.3.2 EVI2: processamento

3.3.2.1 Passo 1 - Processo de amostragem e extração de limiares de classificação

O primeiro passo consistiu em identificar e caracterizar o comportamento do índice de vegetação (EVI2) de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. Optou-se por extrair amostras (250m x 250 m) em áreas que apresentavam evidências de degradação/desertificação (Figura 3.3). Essa amostra inicial constituiu-se de sete elementos contendo, para os quais se obteve uma série multitemporal de EVI2 no período de 2000 a 2010.

Como ilustra a Figura 3.3, a série temporal para cada amostra foi constituída por 253 valores de EVI2, estes adquiridos para os meses de janeiro a dezembro a cada 16 dias durante 11 anos. Estas amostras foram obtidas a partir de uma ferramenta online para a visualização de séries temporais, aplicada à análise do uso da terra e mudanças na cobertura, provida pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta (LAF) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível online em https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.php (FREITAS, 2011).

Figura 3.3 – Exemplos de amostras que apresentam evidências de degradação/desertificação e a série temporal do EVI2 para dois pontos da amostragem inicial: a) Xique-Xique (Bahia) e b) Serra Branca (Paraíba).



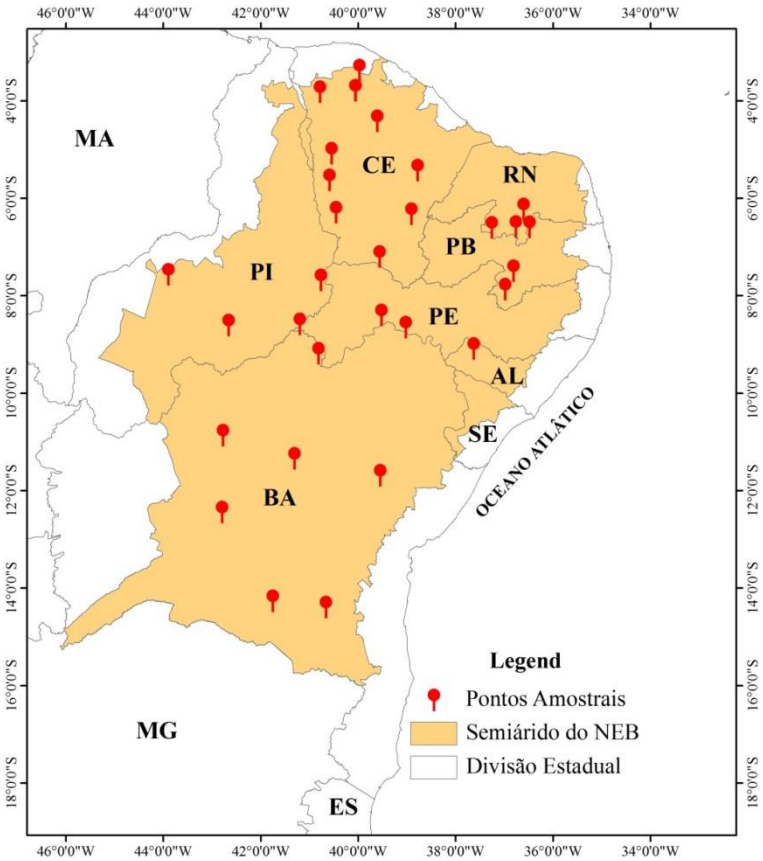
Fonte: Elaboração do autor (com base em Freitas (2011)).

A partir dessa amostragem inicial foi possível calcular o tamanho da amostra definitiva, definida por meio da expressão abaixo (COCHRAN, 1977):

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2;n_0-1} * s}{e}\right)^2 \qquad (3.2)$$

em que $\boldsymbol{n}$ é o tamanho da amostra que se pretende determinar; $\boldsymbol{t_{\alpha/2}}$ corresponde ao valor de t crítico de acordo com o nível de significância $\boldsymbol{\alpha}$ (5%) e $\boldsymbol{n_0 - 1}$ graus de liberdade; $\boldsymbol{e}$ (0,094) é o erro de estimativa da média da população com base na amostra inicial de tamanho $\boldsymbol{n_0}$ (7); e $\boldsymbol{s}$ é o desvio padrão da amostra piloto. Após o cálculo do tamanho definitivo da amostra, completou-se $\boldsymbol{n}$ com a seleção de mais $\boldsymbol{n - n_0}$ elementos, totalizando 35 elementos, distribuídos em áreas que se apresentavam características de degradação/desertificação, como apresentado na Figura 3.4.

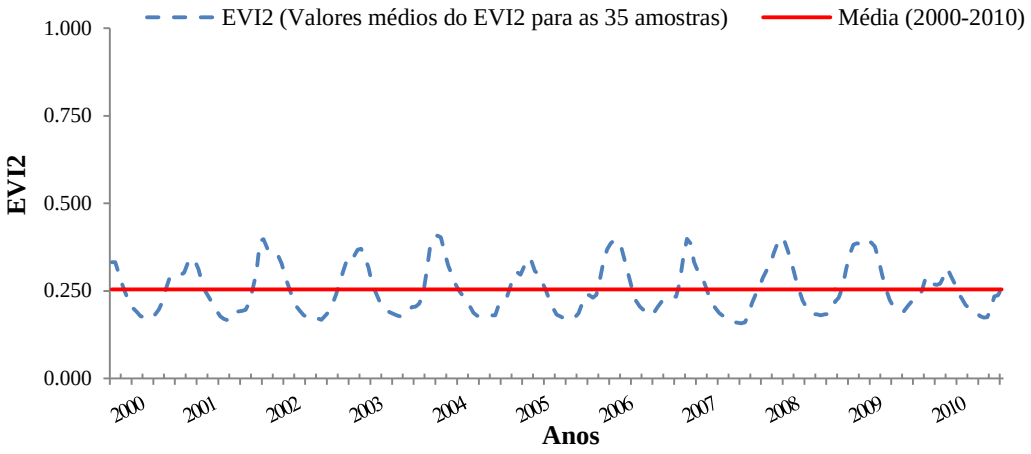
Figura 3.4 – Localização dos pontos amostrais (elementos).



Fonte: Elaboração do autor.

Após analisar de métricas para determinar o limiar para a classificação das APDs (por exemplo: a diferença entre o máximo e o mínimo valor anual observado do EVI2; análise dos valores do EVI2 da época seca, entre outros), optou-se por utilizar a média anual do EVI2 conforme será detalhado na *Seção 3.3.2.2*. O limiar estimado foi calculado a partir da média dos 35 pontos da amostra. O limiar de classificação das APDs para o semiárido do NEB foi estimado em EVI2 = **0,254**, ou seja, as áreas que apresentaram valor inferior ou igual ao limiar foram classificadas como áreas potencialmente em processo de desertificação. A Figura 3.5 traz o valor médio do índice de EVI2 para as 35 amostras. Pode-se observar que, não obstante as variações sazonais, os valores de EVI2 permanecem próximos do valor da média anual histórica. Os valores mais elevados são encontrados durante o período chuvoso (fevereiro e março), enquanto os mais baixos são encontrados durante a estação seca (agosto e outubro).

Figura 3.5 – Valor do índice EVI2 para as 35 amostras.



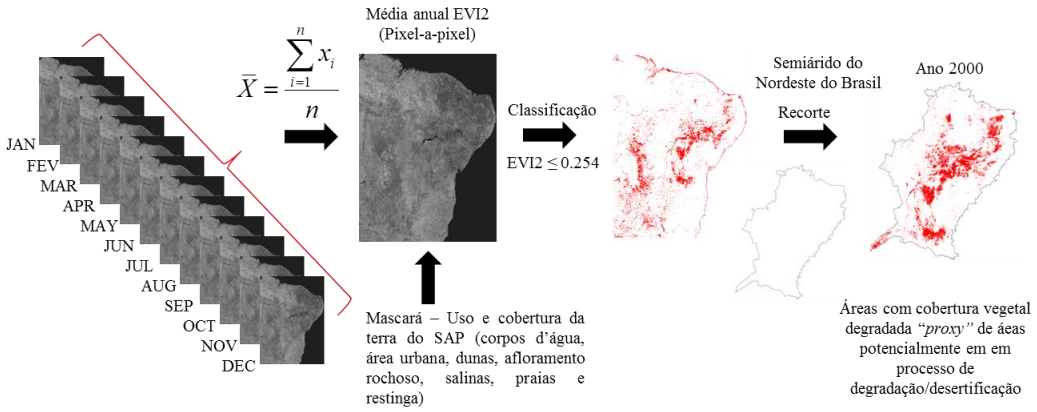
Fonte: Elaboração do autor.

3.3.2.2 Passo 2 - Classificação

Depois de calcular o limiar, processaram-se as imagens referentes aos anos de 2000 e 2010 para identificar as áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. Os anos 2000 e 2010 foram escolhidos devido à disponibilidade dos dados censitários utilizados na análise estatística, bem como por apresentarem condições de neutralidade em relação aos fenômenos El Niño e La Niña. Com vistas a ter informações de cobrir toda a área, utilizaram-se quatro tiles (*h13v9, h13v10, h14v9* e *h14v10*) para cada data. Os dados foram obtidos a partir do site http://reverb.echo.nasa.gov/reverb. Inicialmente, as composições de imagens foram convertidas do formato original HDF (*Hierarchical Data Format*), projeção sinusoidal (*Datum WGS84*), para o formato *GeoTIFF* e sistema de coordenadas geográficas, mantendo-se o mesmo *datum*, conforme recomendado por Freitas (2011).

A Figura 3.6 apresenta o fluxo do procedimento de identificação das APDs. Primeiramente, aplicou-se uma máscara para remover pixels contendo água, áreas urbanas, dunas, afloramentos rochosos, salinas, praia e restinga (SAP, 2015). Após esse processo, obtiveram-se duas imagens com valores médios anuais para os anos de 2000 e 2010.

Figura 3.6 – Diagrama genérico do fluxo para a identificação de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação.



Fonte: Elaboração do autor.

em que $\bar{X}$ é a média aritmética anual dos valores de EVI2, oriunda da soma dos x_i valores das composições de imagens do EVI2, com ***i*** composições analisadas variando de ***1***,..., ***n***, dividida por ***n*** números de composições de imagens do EVI2.

3.3.2.3 Passo 3 - Validação

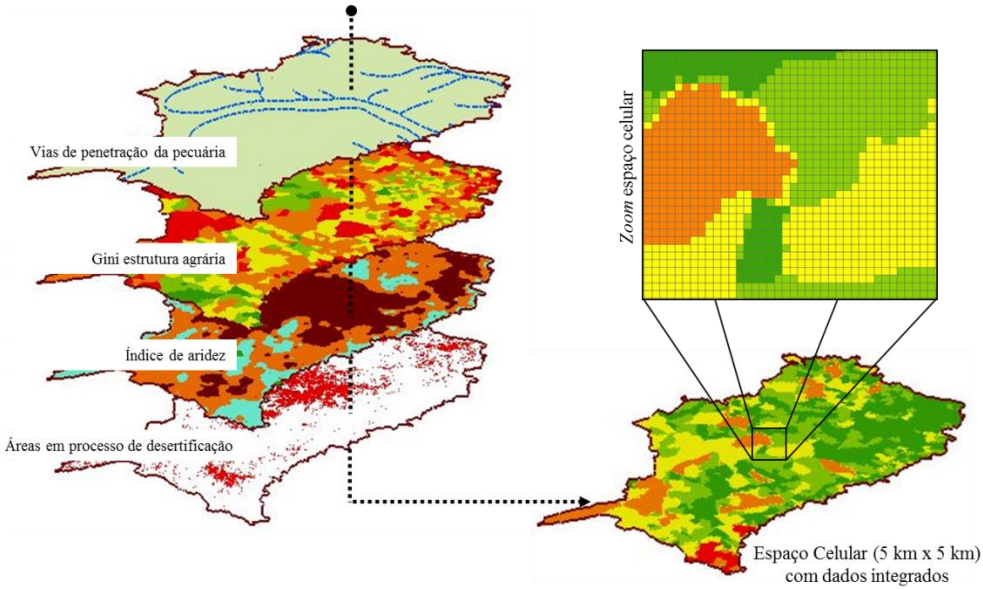
A fim de validar os mapas de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação, utilizou-se o método proposto por Ginevan (1979), que se baseia no conceito de tamanho mínimo da amostra e que foi inicialmente apresentado por Van Genderen, Lock e Vass (1978). Esse método leva em consideração a chance do mapa de boa qualidade ser recusado indevidamente (Risco do produtor - Rp), a chance de um mapa de qualidade inferior ser aceito pelo usuário (Risco do usuário - Ru), bem como as exatidões especificadas pelo produtor (Probabilidade do produtor - Pp) e usuário (Probabilidade do usuário - Pu).

Considerou-se o valor de exatidão requerida pelo usuário de 85% (Pu = 0,85), com um risco do usuário de aceitar um mapa de qualidade inferior de no máximo 5% (Ru = 0,05), além de considerar que o mapa das APDs apresenta uma exatidão de 95% (Pp = 0,95) e um risco de ser rejeitado menor ou igual a 5% (Rp ≤ 0,05). A partir desses parâmetros constatou-se que o tamanho ***n*** mínimo e ***x*** erros que atenderiam ambas as partes seria ***n*** = 93 e ***x*** = 8 (GINEVAN, 1979). Os pontos de amostragem foram escolhidos aleatoriamente para as áreas identificadas.

3.4 **Fatores determinantes das mudanças do uso e cobertura nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação.**

Com base na revisão da literatura apresentada no Capítulo 2, selecionou-se um conjunto de variáveis candidatas (ver APÊNDICE A). Após a compilação dos fatores candidatos, a fim de integrar e homogeneizar as informações provenientes de diferentes fontes e formatos distintos (dados vetoriais, matriciais etc), agregaram-se os dados em um espaço celular com resolução espacial de 5 km x 5 km (Figura 3.7).

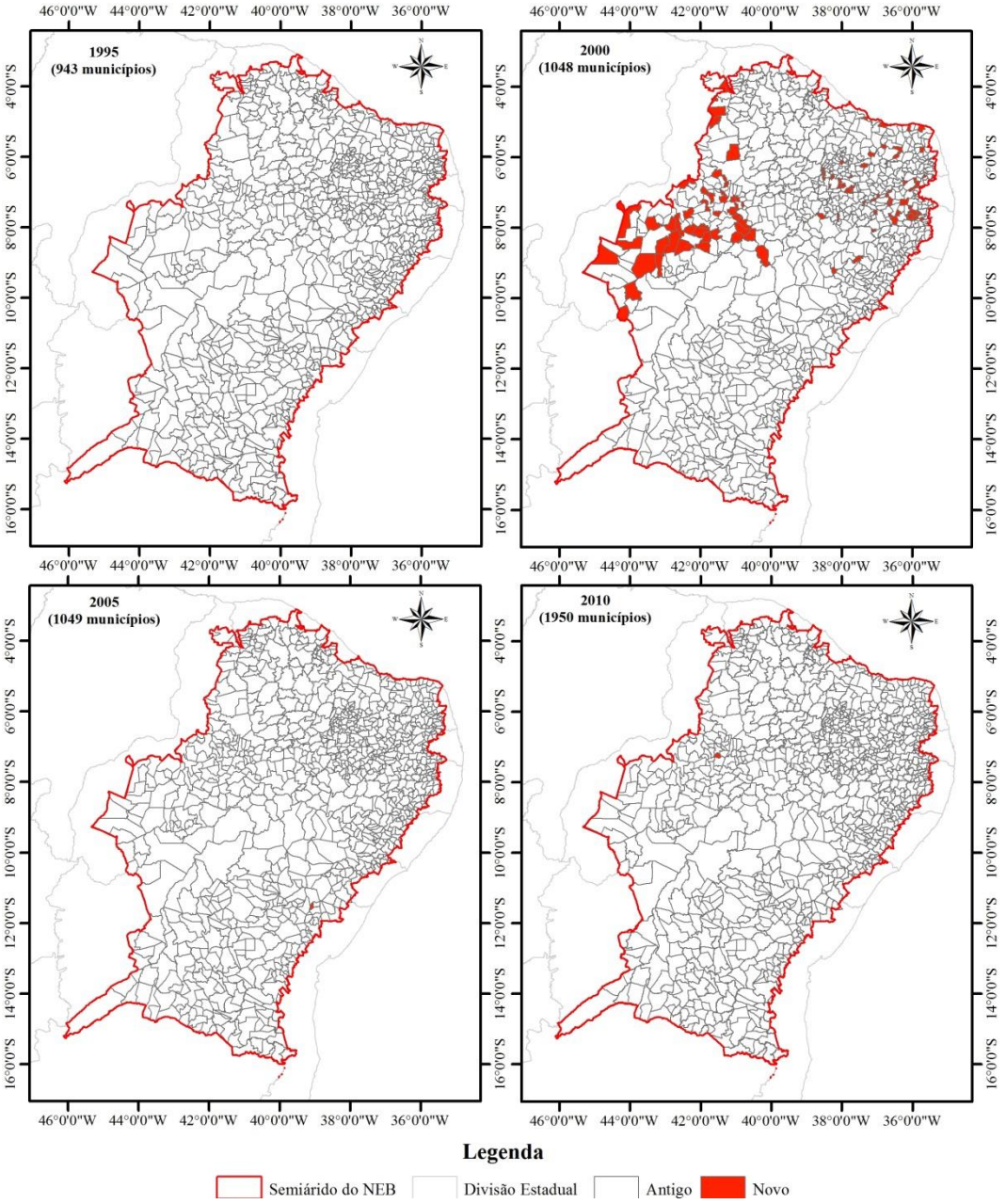
Figura 3.7 – Integração dos fatores candidatos no Plano Celular.



Fonte: Elaboração do autor.

Para tanto, utilizou-se o *plugin* **Preenchimento de Células** (AGUIAR; ANDRADE; FERRARI, 2008) presente no software Terraview. De acordo com a representação geométrica e a semântica dos atributos dos dados de entrada, diferentes operadores foram aplicados (por exemplo: Porcentagem de cada classe, Média ponderada por área, Distância mínima, etc). A utilização do espaço celular permitiu, ainda, a compatibilização das malhas municipais, visto que durante o período de estudo surgiram novos municípios. A Figura 3.8 apresenta a evolução da divisão política dos municípios do SANEB.

Figura 3.8 – Evolução da Divisão Política dos municípios do SANEB entre 1995 a 2010.



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (2015b) e BRASIL (2015)).

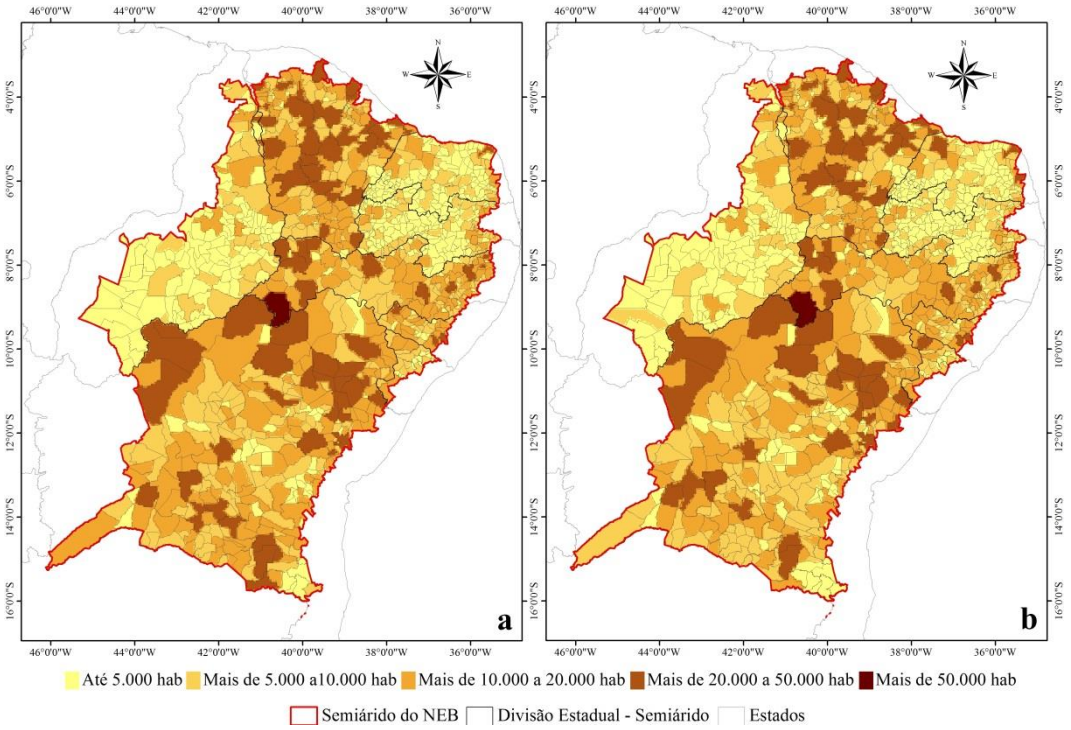
Objetivando evitar um alto grau de correlação entre os fatores candidatos, realizou-se, previamente, a correlação de Spearman entre todos os fatores candidatos, objetivando selecionar apenas os fatores que apresentaram coeficiente de correlação abaixo ou igual a 0,60 (Apêndice B). Após a análise de correlação, os fatores determinantes candidatos foram classificados segundo as seguintes categorias: a) População Residente; b) Desenvolvimento regional e humano; c) Estrutura Agrária; d) Utilização da terra; e) Tecnologia; f) Atividades

Econômicas; g) Instrumentos de planejamento e políticas públicas; e h) Ambientais e climáticos, os quais serão abordados a seguir.

3.4.1 Fator de população residente

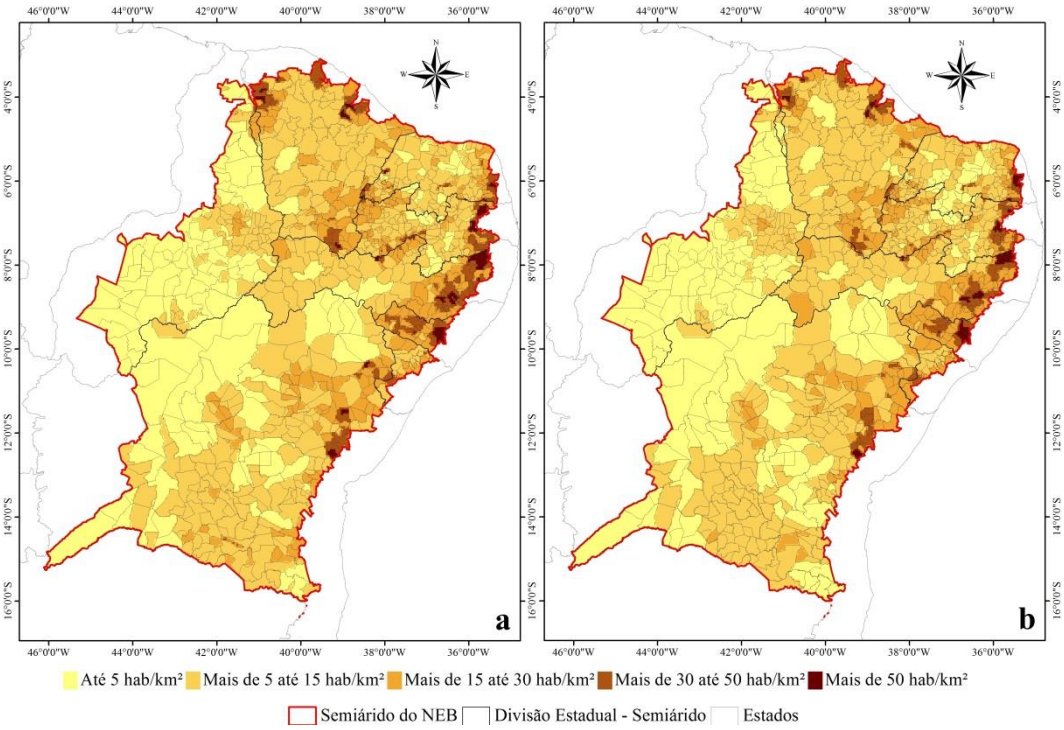
Esta categoria corresponde à ***população rural (pop_rural)*** e ***densidade da população rural (dens_pop_rural)***. Os dados são oriundos dos censos demográficos de 2000 e de 2010 do IBGE e foram integrados ao plano celular por meio da média dos valores ponderada pela área do município presente na célula. A Figura 3.9 apresenta a distribuição espacial destas variáveis para os anos analisados.

Figura 3.9 – População rural municipal em 2000 e 2010.



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (2000, 2010)).

Figura 3.10 – Densidade da população rural municipal em 2000 e 2010.



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (2000, 2010)).

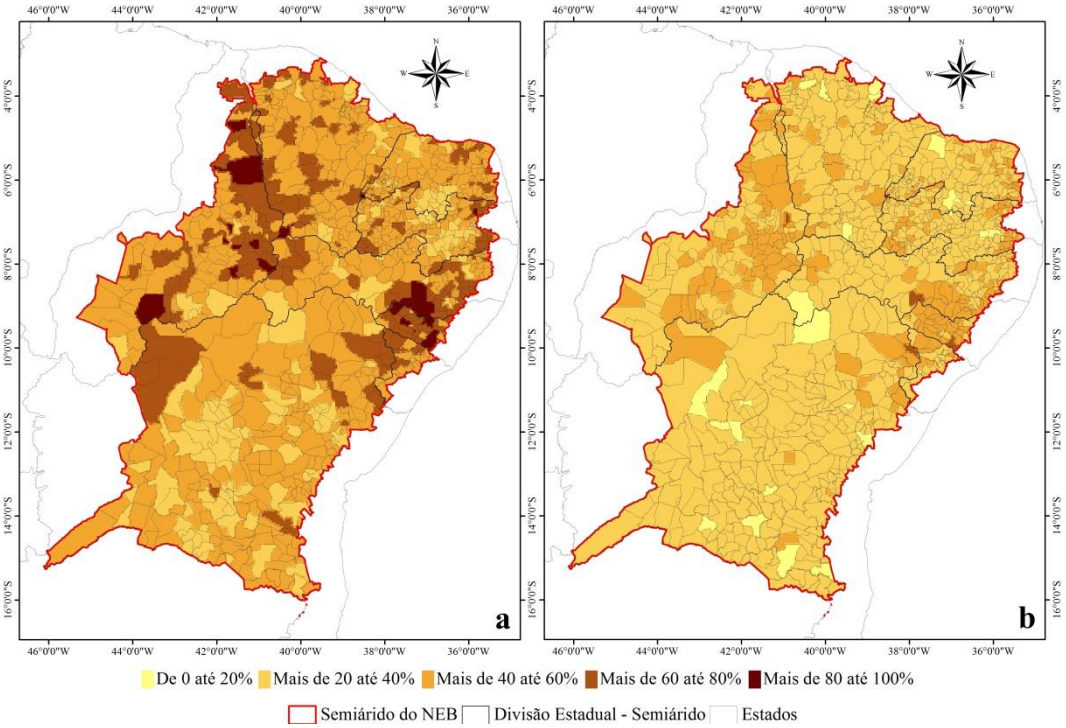
A relação estabelecida entre este fator e o processo de degradação/desertificação, no presente estudo, é diretamente proporcional, uma vez que se estima que quanto maior for o número e a densidade populacional no meio rural, maior será o incremento da degradação e da desertificação. Essa relação ocorre principalmente devido a pressão exercida pela população sobre o meio em que habitam, ou seja, a pressão atual de uso dos recursos.

3.4.2 Fator de desenvolvimento regional e humano

Estão compreendidas nesse fator as variáveis ***taxa de analfabetismo das pessoas de 11 anos ou mais (tx_analfabetismo)***, ***proporção de vulneráveis à pobreza (prop_vulne_pobreza)*** e ***índice de gini de renda (gini_renda)*** (Figuras 3.11 a 3.13). Esse fator busca analisar a sensibilidade da população ao processo de desertificação e qual a contribuição do nível de sensibilidade da população para a intensificação do processo de degradação e desertificação. Neste sentido, espera-se que quanto maior for a sensibilidade, maior será a degradação/desertificação. O analfabetismo, por exemplo, associado a um quadro de concentração de renda, que gera consequentemente mais pobreza, induz por parte da população a busca

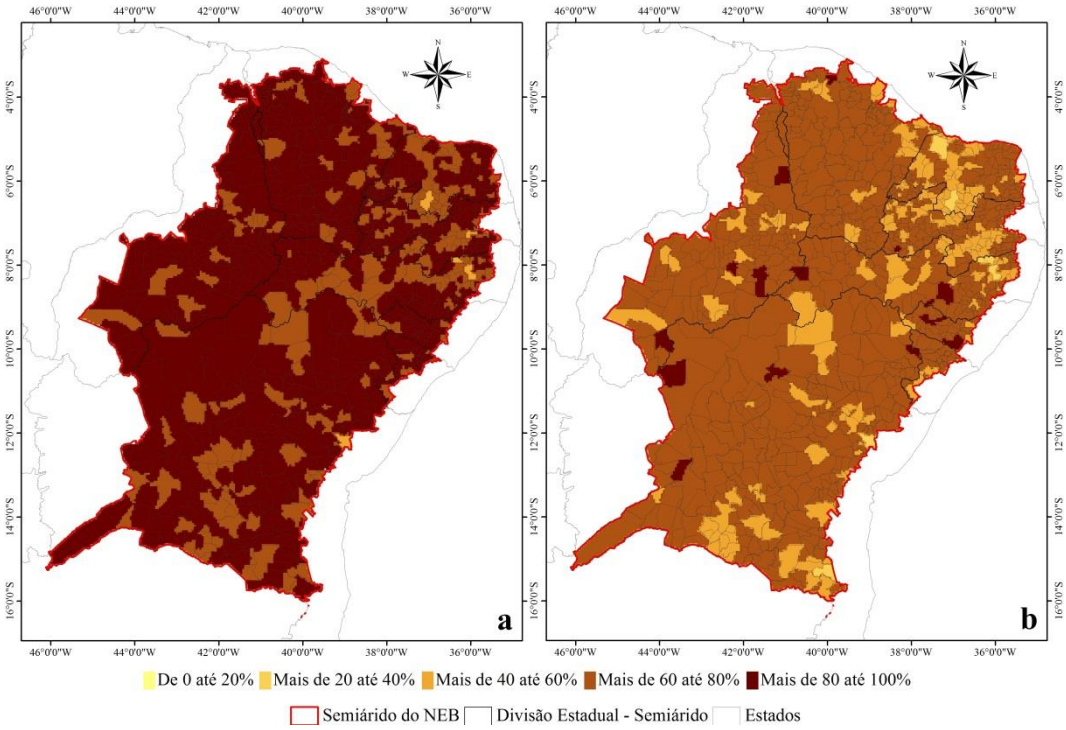
da recomposição do capital por meio da intensificação dos usos da terra, devido principalmente à falta de alternativas.

Figura 3.11 – Taxa de analfabetismo das pessoas de 11 anos ou mais em 2000 (a) e 2010 (b).



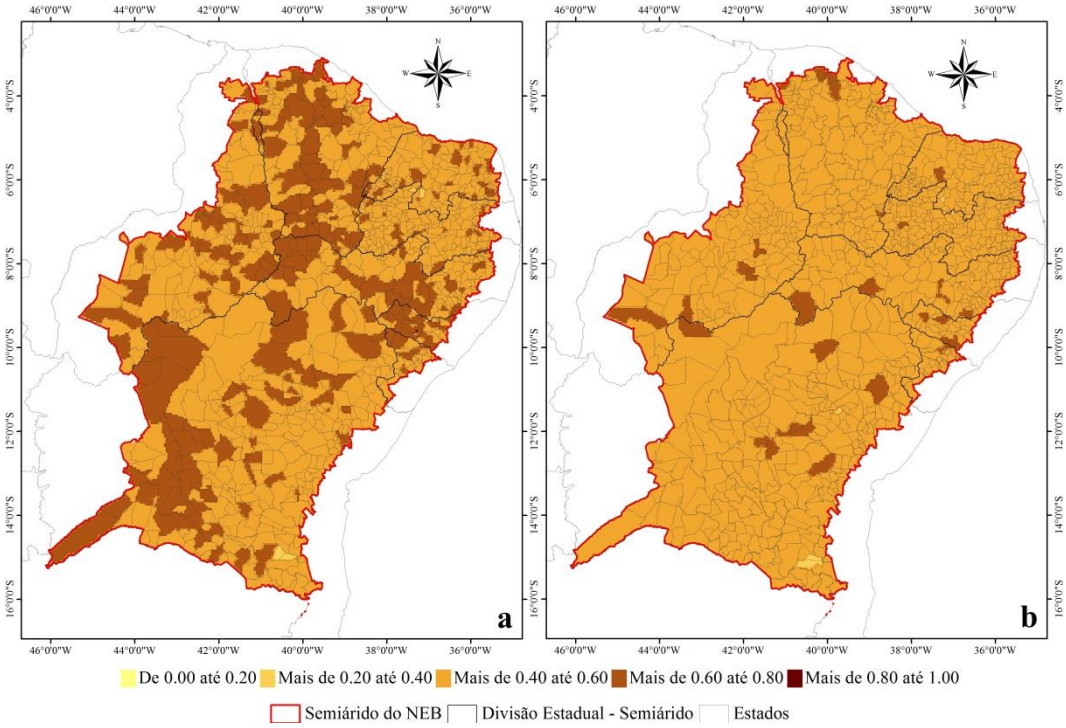
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do PNUD (2015)).

Figura 3.12 – Proporção de vulneráveis à pobreza em 2000 (a) e 2010 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do PNUD (2015)).

Figura 3.13 – Índice de gini de renda em 2000 (a) e 2010 (b).

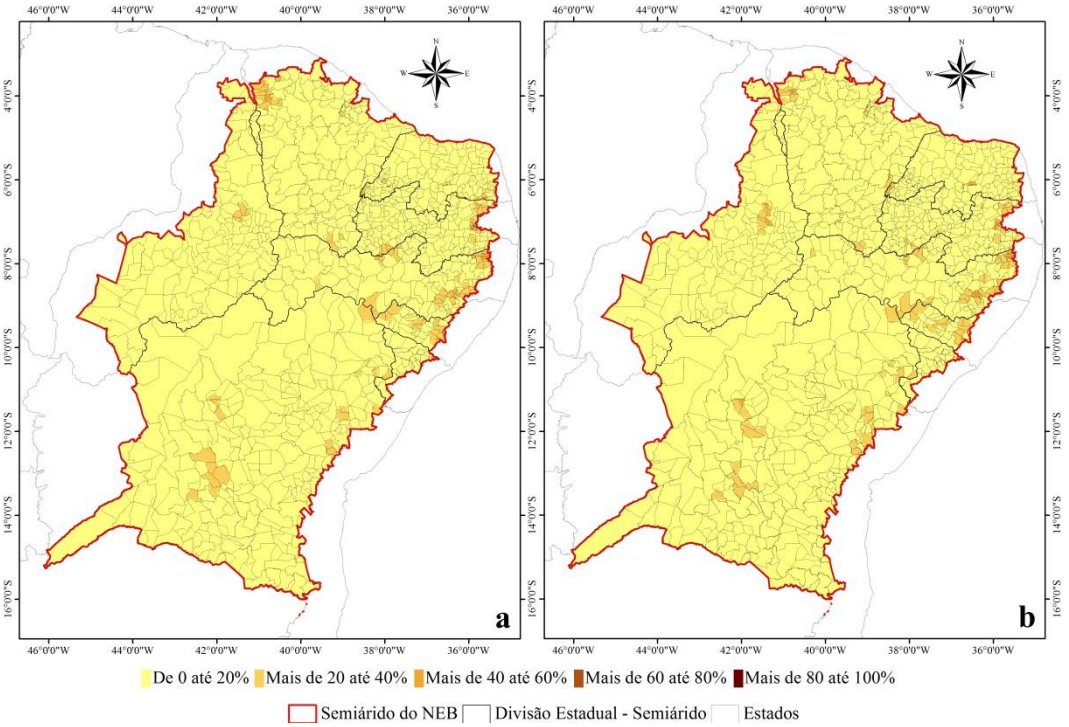


Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (2000, 2010)).

3.4.3 Fatores de estrutura agrária

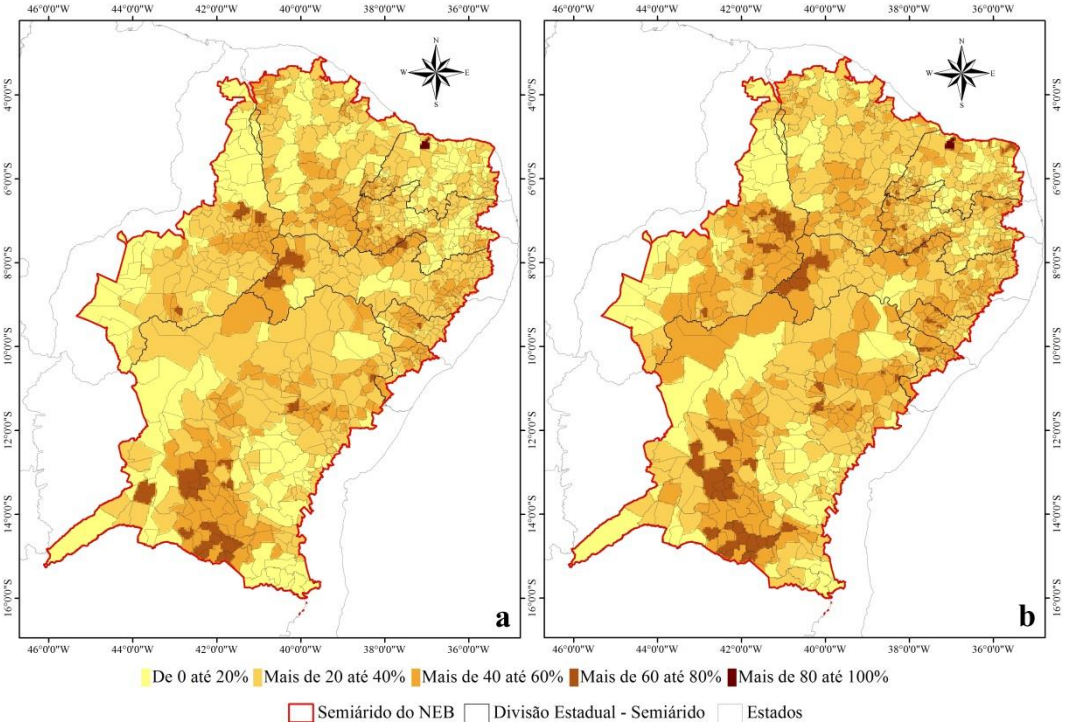
A região semiárida do Nordeste do Brasil tem mantido ao longo dos tempos uma estruturação agrária concentradora, que tem contribuído para o processo de minifundização dos estabelecimentos agropecuários no SANEB. Esse fato pode ser compreendido como um dos determinantes do processo de degradação e desertificação, à medida que os produtores intensificam o uso das áreas sem considerar, necessariamente, a capacidade produtiva das mesmas. Para analisar essa relação, utilizaram-se as variáveis: ***percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 ha (perc_estab_agro_<10_ha)***, ***com 10 ha a menos de 100 ha (perc_estab_agro_10_>_100_ha), com 100 ha a mais (perc_estab_agro_>100_ha), percentual da área dos estabelecimentos agropecuários de não proprietários (perc_estab_agro_n_prop)*** e ***índice de gini da estrutura agrária (gini_estrut_agraria)***, de acordo com as Figuras 3.14 a 3.18.

Figura 3.14 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 ha 1995/96 (a) e 2006 (b).



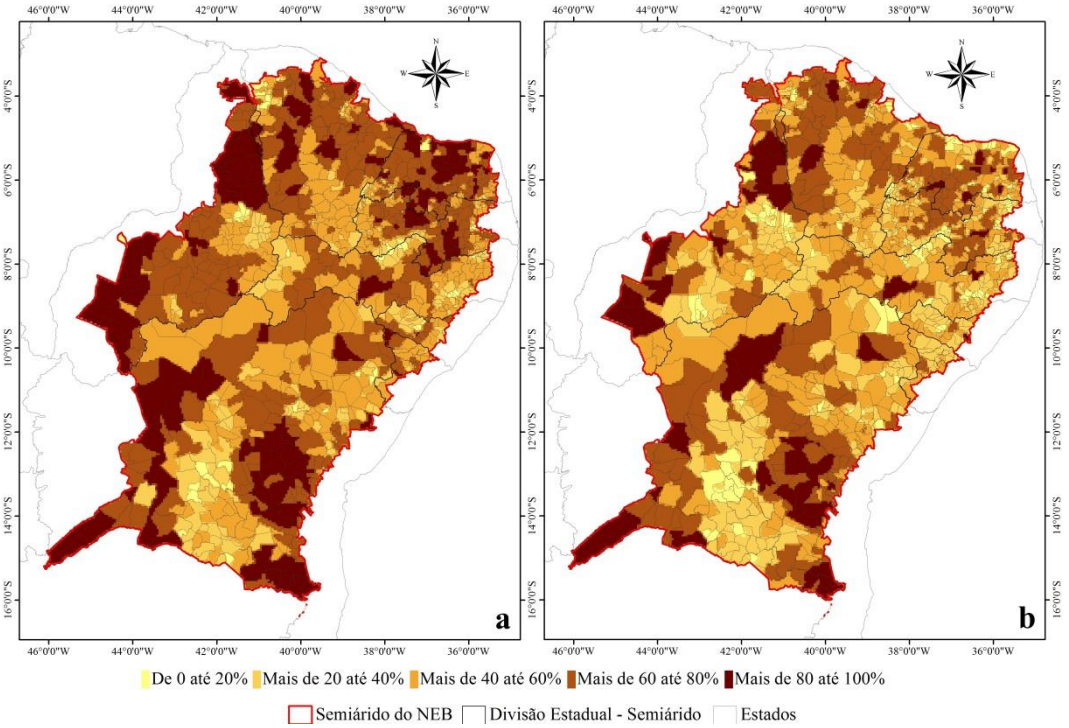
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.15 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 10 ha a menos de 100 ha em 1995/96 (a) e 2006 (b).



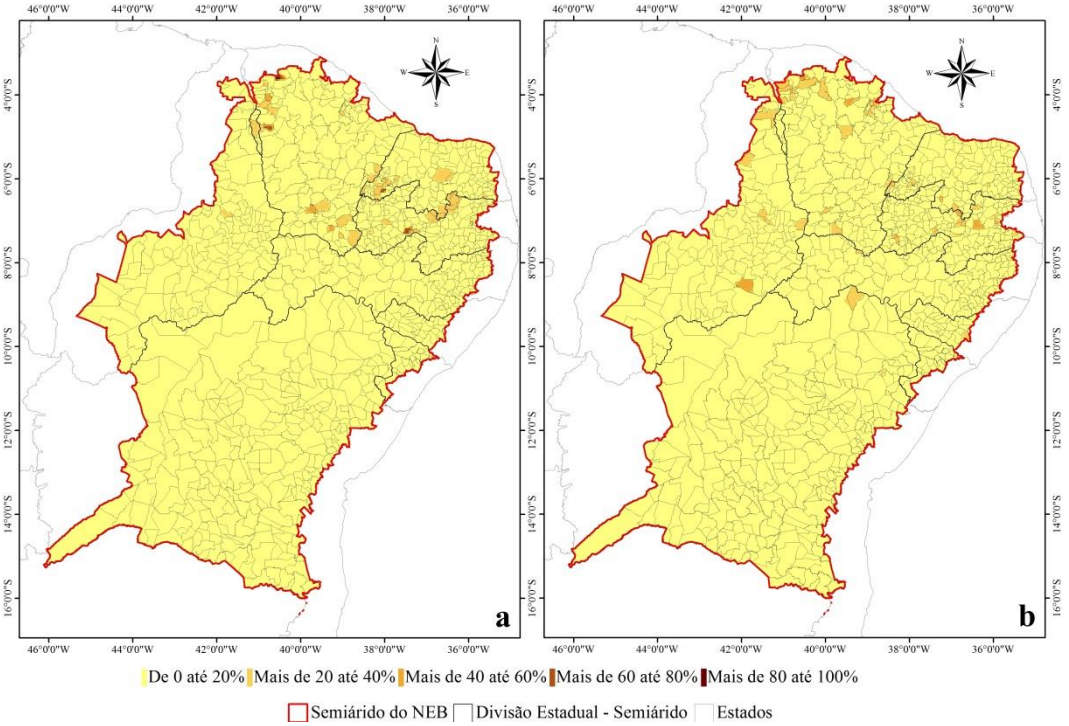
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.16 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais em 1995/96 (a) e 2006 (b).



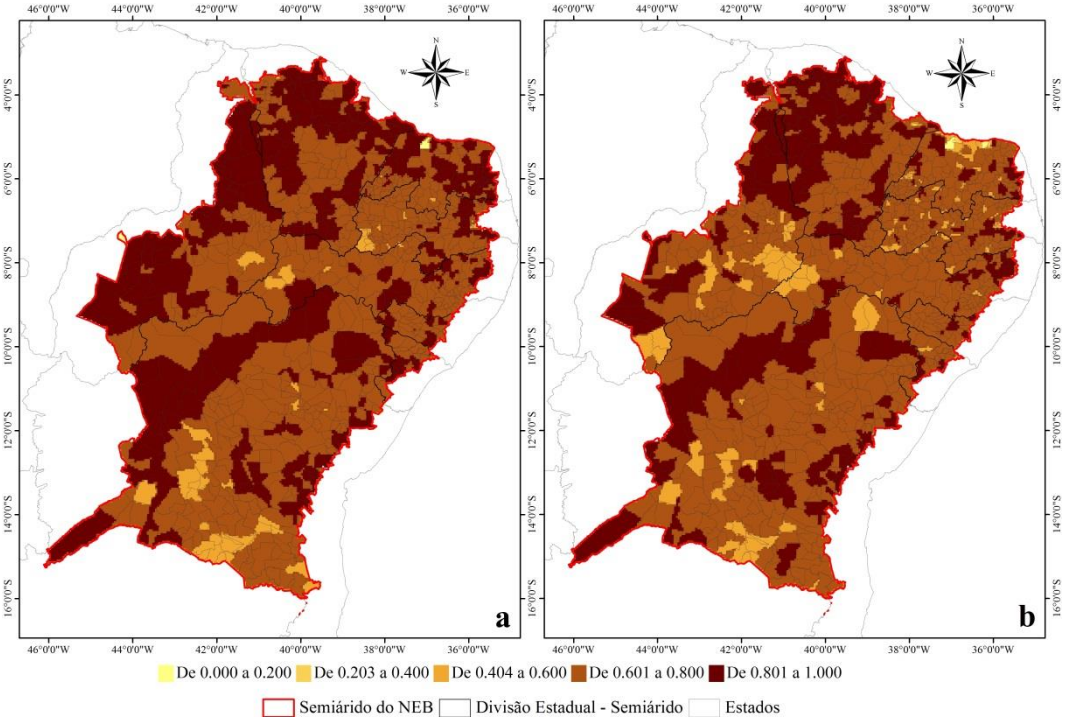
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.17 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários de não proprietários em 1995/96 (a) e 2006 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.18 – Índice de gini da estrutura agrária em 1995/96 (a) e 2006 (b).

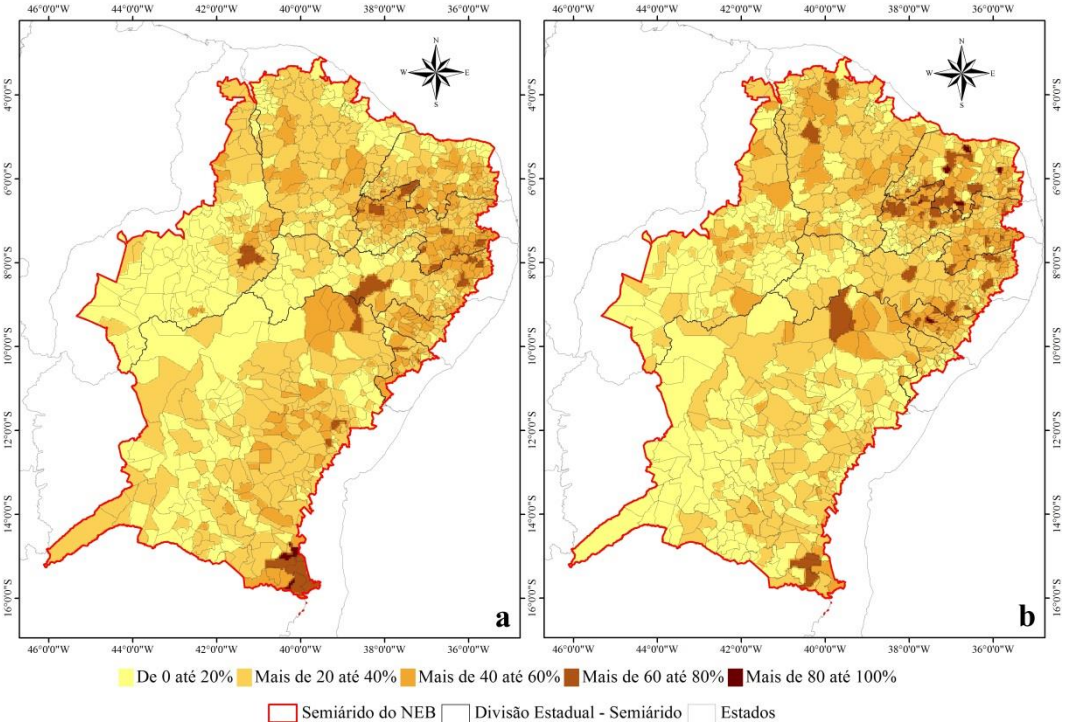


Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

3.4.4 Fatores de utilização da terra

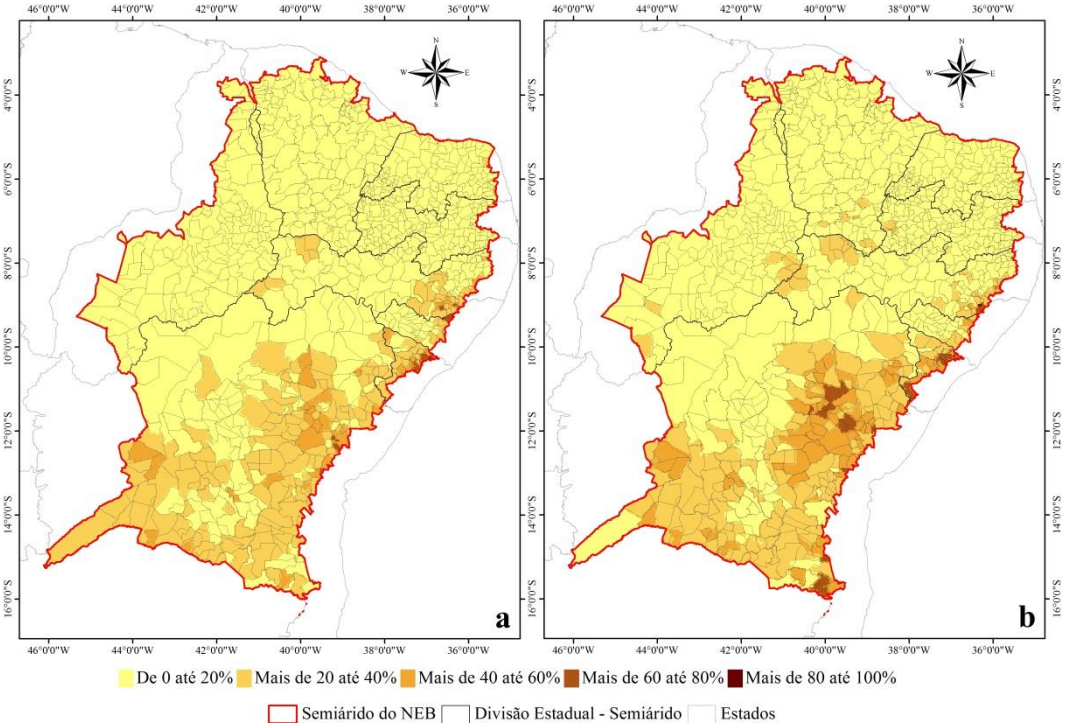
Os processos de degradação e desertificação estão intrinsecamente relacionados aos usos da terra. Assim, baseado nos valores de ***percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada (prop_past_plant)*** e ***natural (prop_past_natu)***, ***com pecuária (perc_estab_agro_pec)***, ***com lavoura temporária (perc_area_estab_agro_lav_temp)***, ***proporção de área com pastagem natural e plantada em relação às áreas com lavoura temporária (prop_pastagem_x_lav_temp)*** e ***taxa de lotação (carga animal) em relação às áreas de pastagem natural e plantada (tx_lotacao_animal)***, buscou-se verificar a contribuição desses usos para a intensificação do processo de degradação e desertificação. Essa analise possibilita indicar possíveis práticas de manejo que podem ser determinantes para o processo de degradação/desertificação, a partir do estudo do manejo adotado para cada uso. Analisou-se ainda a intensidade dos usos com pecuária em relação às lavouras temporárias, a fim de verificar se as áreas com maior intensificação da pecuária apresentaram maior grau de degradação ou vice-versa. Nas Figuras 3.19 a 3.24 são apresentadas a distribuição espacial das variáveis que compõem esse fator.

Figura 3.19 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada em 1995/96 (a) e 2006 (b).



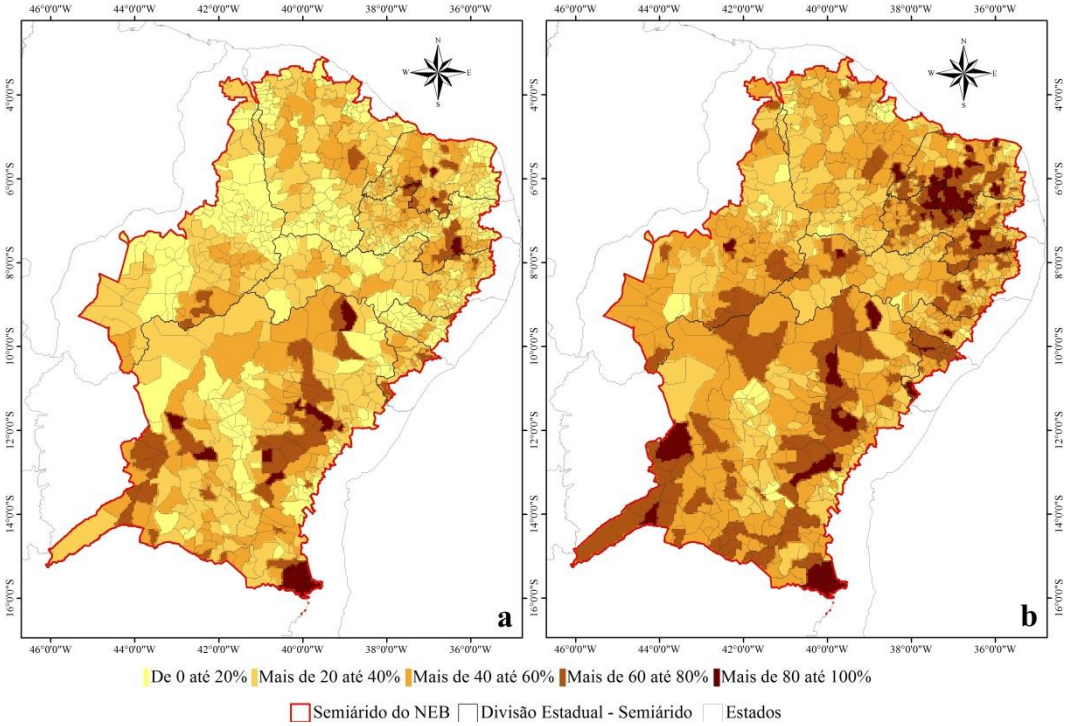
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.20 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em 1995/96 (a) e 2006 (b).



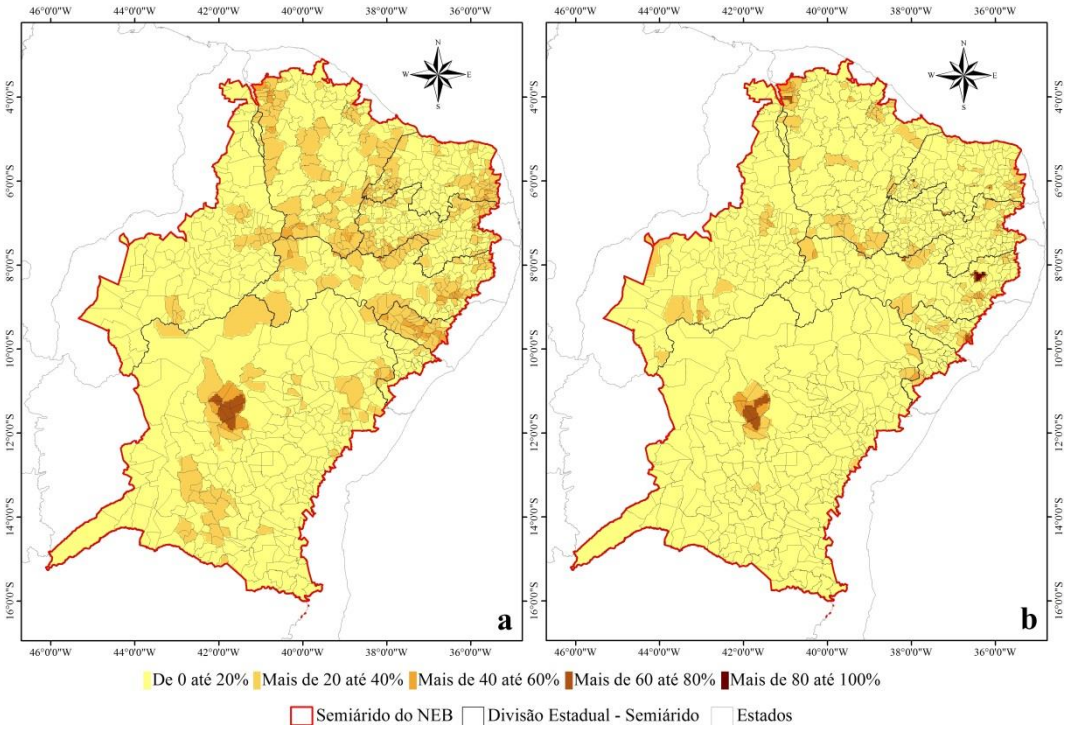
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.21 – Percentual dos estabelecimentos agropecuários com pecuária em 1995/96 (a) e 2006 (b).



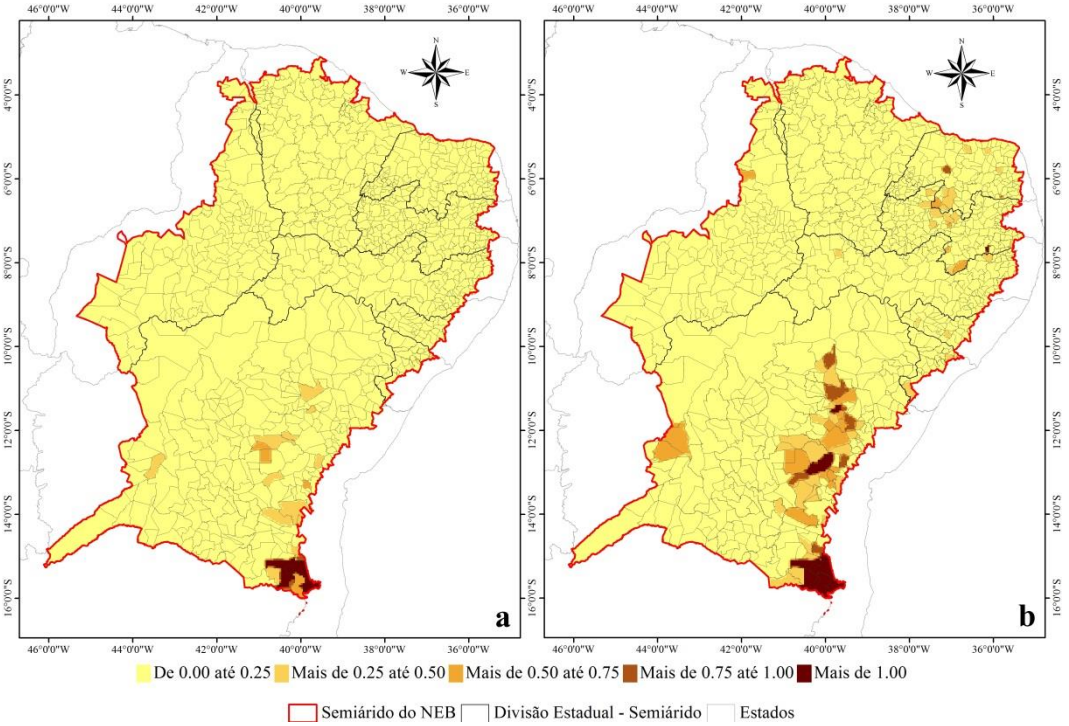
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.22 – Percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária em 1995/96 (a) e 2006 (b).



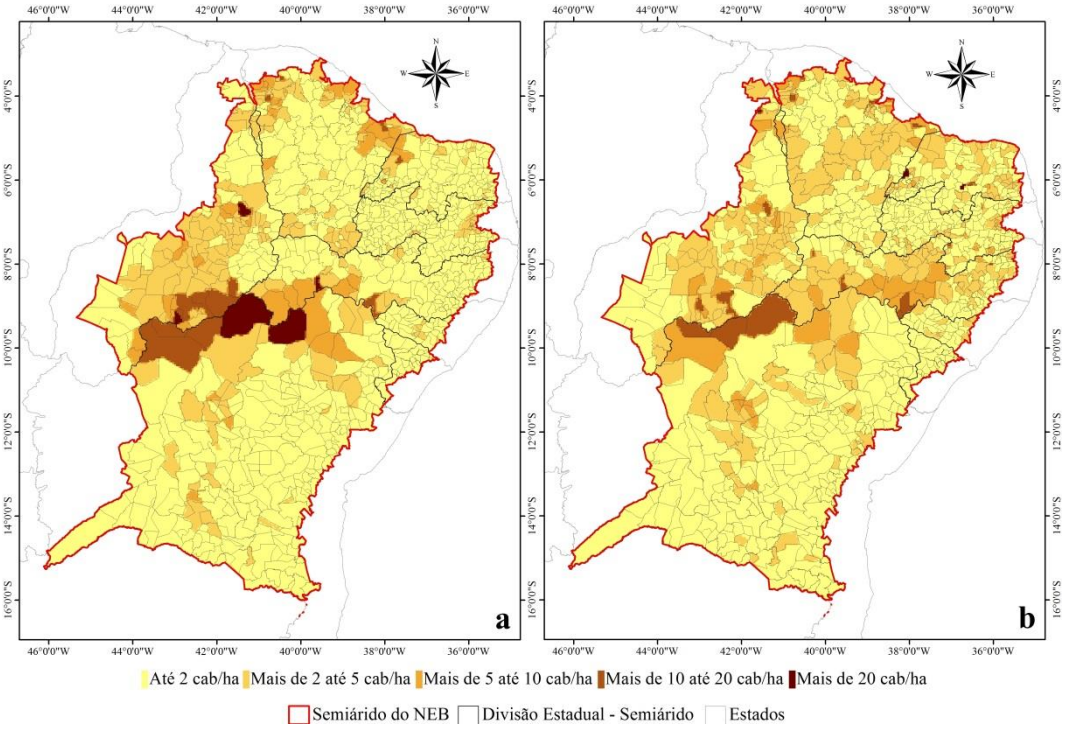
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.23 – Proporção de área com pastagem natural e plantada em relação às áreas com lavoura temporária em 1995/96 (a) e 2006 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.24 – Taxa de lotação (carga animal) em relação às áreas de pastagem natural e plantada em 1995/96 (a) e 2006 (b).

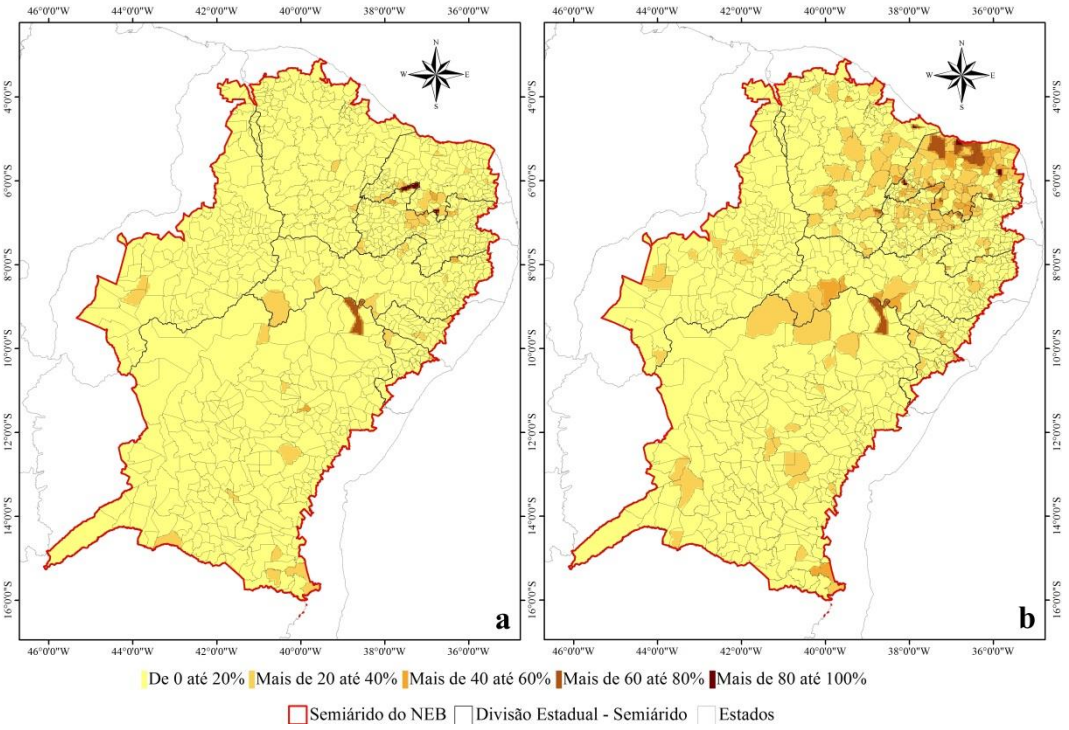


Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

3.4.5 Fatores de tecnologia

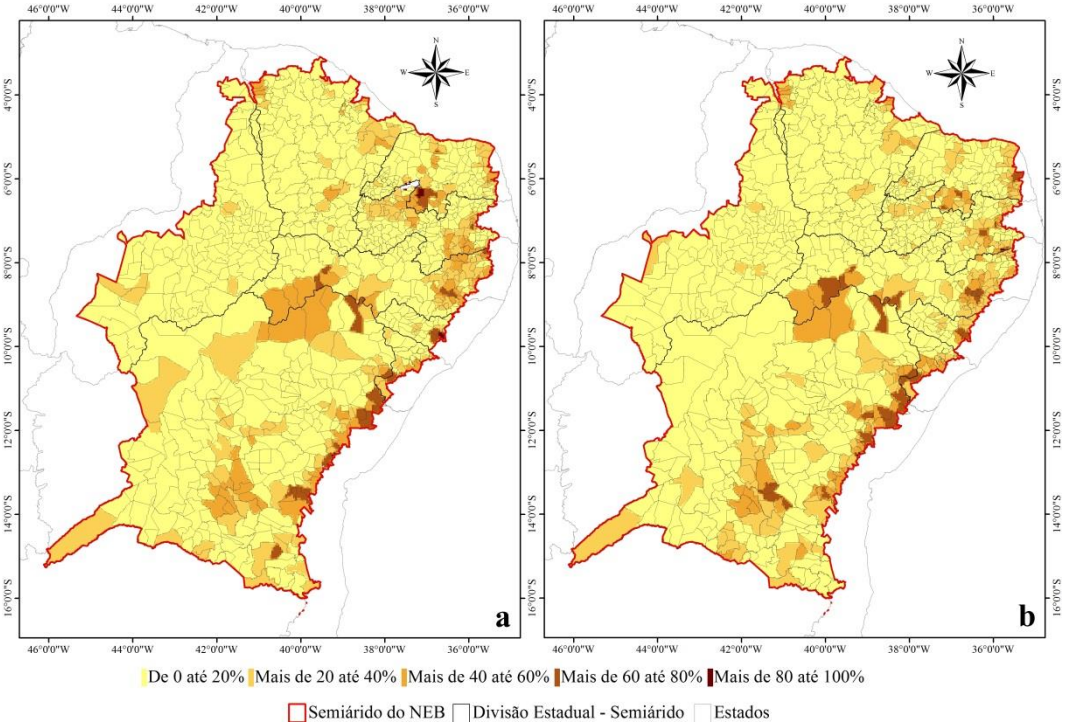
As variáveis que visam representar o nível tecnológico dos sistemas de produção foram: ***percentual de estabelecimentos com informação de uso de assistência (perc_estab_agro_assitencia), uso de adubação (perc_estab_agro_adubacao)*** e ***uso de conservação (perc_estab_agro_conservacao)***, cujas distribuições são apresentadas nas Figuras 3.25 a 3.27. Essas variáveis estabelecem uma relação inversa aos processos de degradação e desertificação; assim, quanto maior o número de estabelecimentos que declararam fazer uso dessas variáveis, menor será o risco da propriedade sofrer com os processos de degradação/desertificação.

Figura 3.25 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de assistência técnica em 1995/96 (a) e 2006 (b).



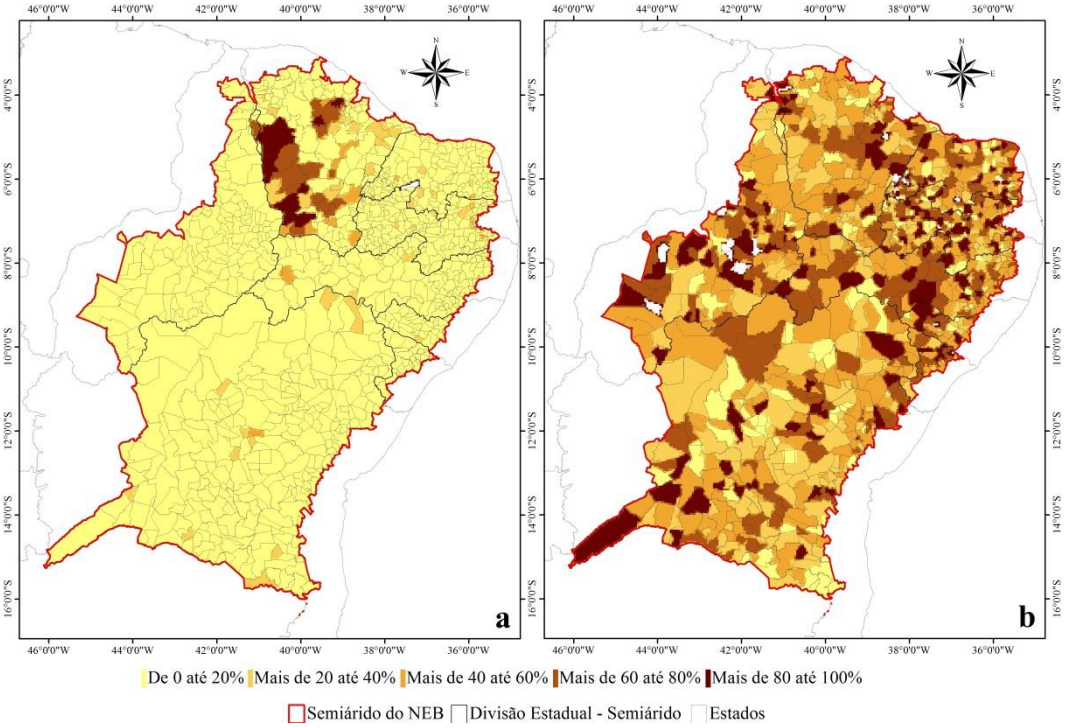
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.26 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de adubação em 1995/96 (a) e 2006 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.27 – Percentual de estabelecimentos com informação de uso de conservação em 1995/96 (a) e 2006 (b).

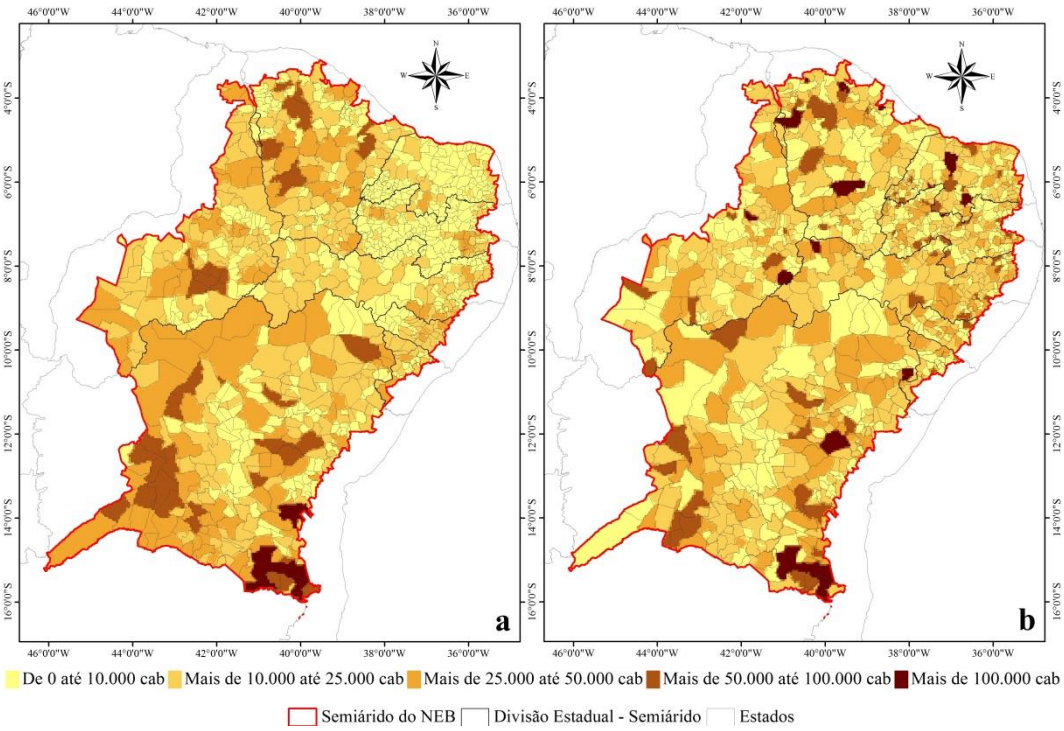


Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

3.4.6 Fatores de atividades econômicas

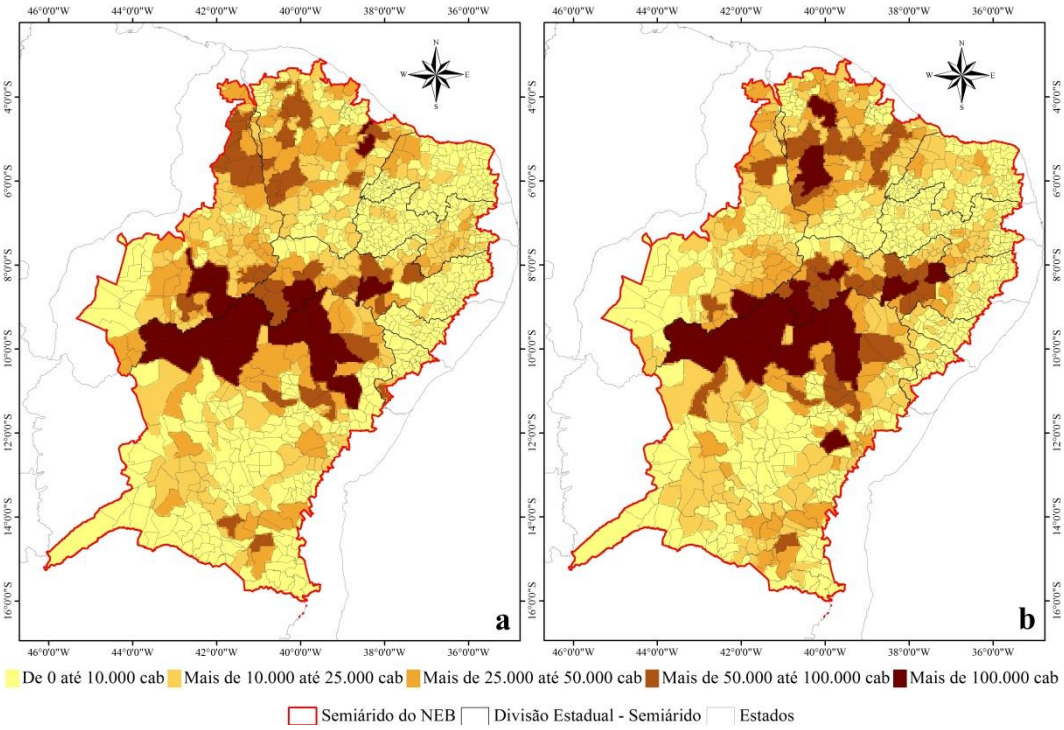
Nesta categoria estão incluídos: ***efetivo total do rebanho bovino (efet_reb_bovino)*** e ***caprino e ovino (efet_reb_capri_ovin)***, ***proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino (prop_efet_reb_capr_ovin)*** e ***número de focos de queimadas (focos_queimada)***. Neste contexto, buscou-se analisar a relação dessas variáveis com a demanda por terras. Assim, estima-se que uma maior densidade animal associada a uma matriz energética baseada, ainda, na queima da lenha, levará a uma maior pressão sobre essa região e, assim, em intensificação dos processos que levam à degradação da cobertura vegetal e à desertificação. As Figuras 3.28 a 3.31 apresentam as variáveis especializadas.

Figura 3.28 – Efetivo total do rebanho bovino em 1995/96 (a) e 2006 (b).



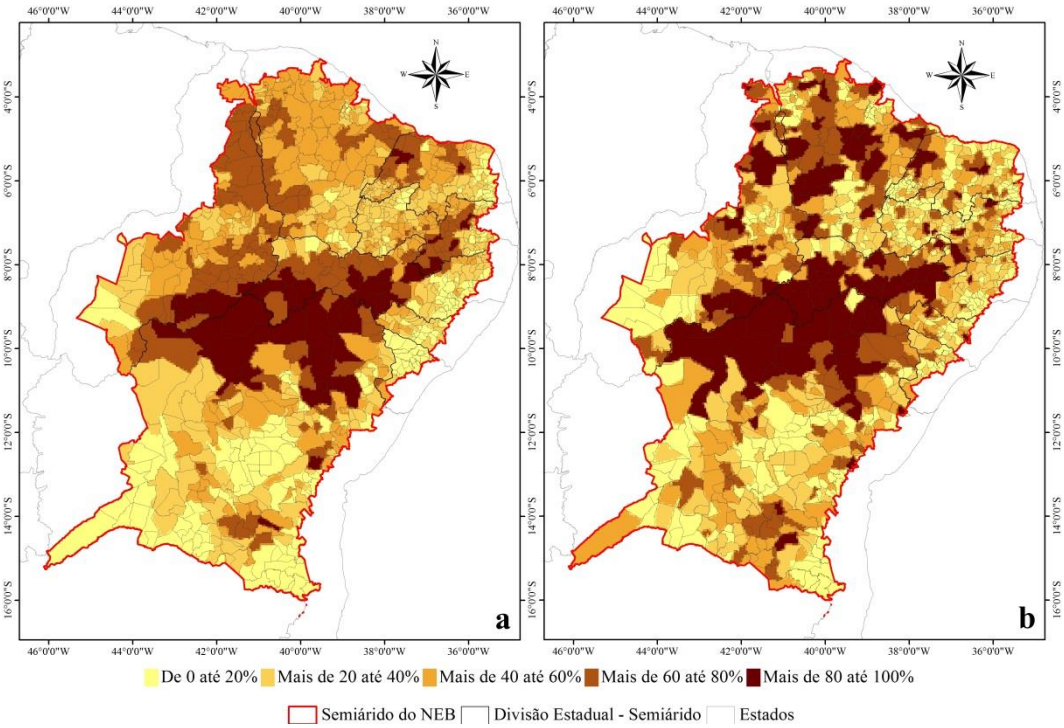
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.29 – Efetivo total do rebanho caprino e ovino em 1995/96 (a) e 2006 (b).



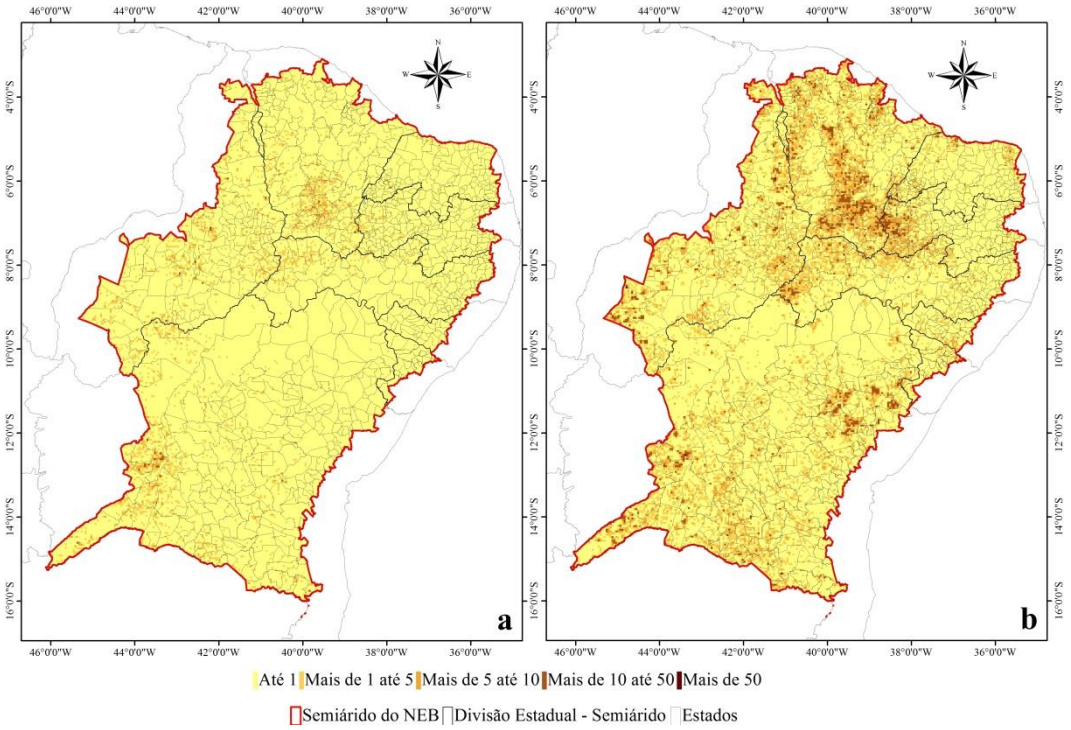
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.30 – Proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em relação ao efetivo total do rebanho em 1995/96 (a) e 2006 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do IBGE (1996, 2006)).

Figura 3.31 – Número de focos de queimadas em 2000 (a) e 2010 (b).



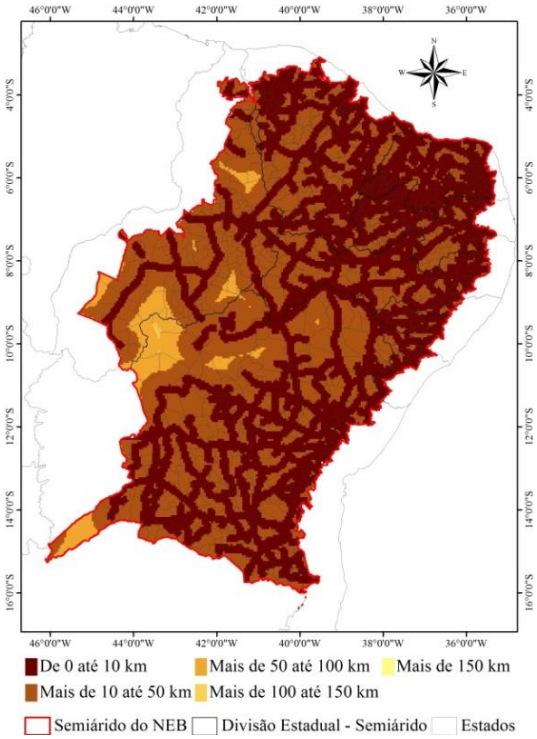
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do INPE (2015)).

3.4.7 Fatores de instrumentos de planejamento e políticas públicas

As variáveis escolhidas para comporem esse fator foram: ***distância mínima às rodovias pavimentadas (dist_rodovias)***, ***percentual de área com unidade de conservação (prop_area_unid_conserv)***, ***distância mínima aos núcleos de desertificação (dist_nucleos)*** e ***percentual do crédito destinado à pecuária oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR (cred_pec)*** e ***oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE (cred_pec_FNE)***. Além das variáveis mencionadas anteriormente, estudou-se a relação da ***distância aos principais rios (dist_rios)*** e as ***vias de penetração da pecuária (dist_vias)*** que deram suporte à colonização do Nordeste. A análise desses fatores visa contribuir para o entendimento de como a infraestrutura e políticas públicas de conservação dos recursos naturais e incentivos à produção desenvolvidas no SANEB estão sendo conduzidas, bem como qual sua relação no contexto da degradação e desertificação da terra. A escolha da análise das vias de penetração da pecuária e da distância a cursos d'água visa identificar se o modelo de produção nessas regiões, onde a atividade pecuária se originou, foi capaz de contribuir para a degradação da mesma, além de estabelecer uma relação de áreas mais antigas de

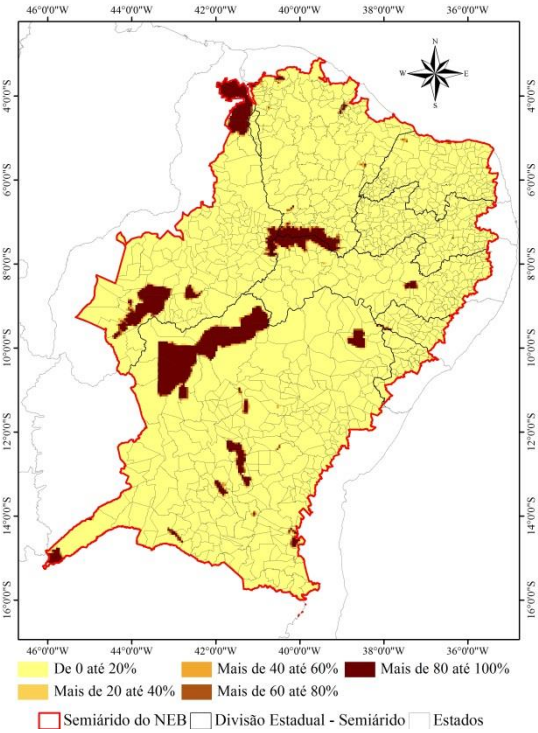
povoamento. As Figuras 3.32 a 3.37 apresentam a distribuição espacial dessas variáveis, respectivamente.

Figura 3.32 – Distância mínima às rodovias pavimentadas em 2015.



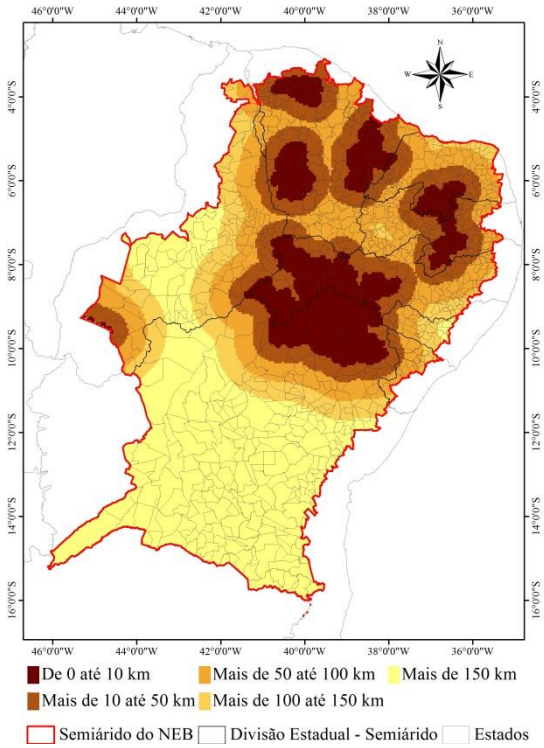
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do MMA (2015)).

Figura 3.33 – Percentual de área com unidade de conservação.



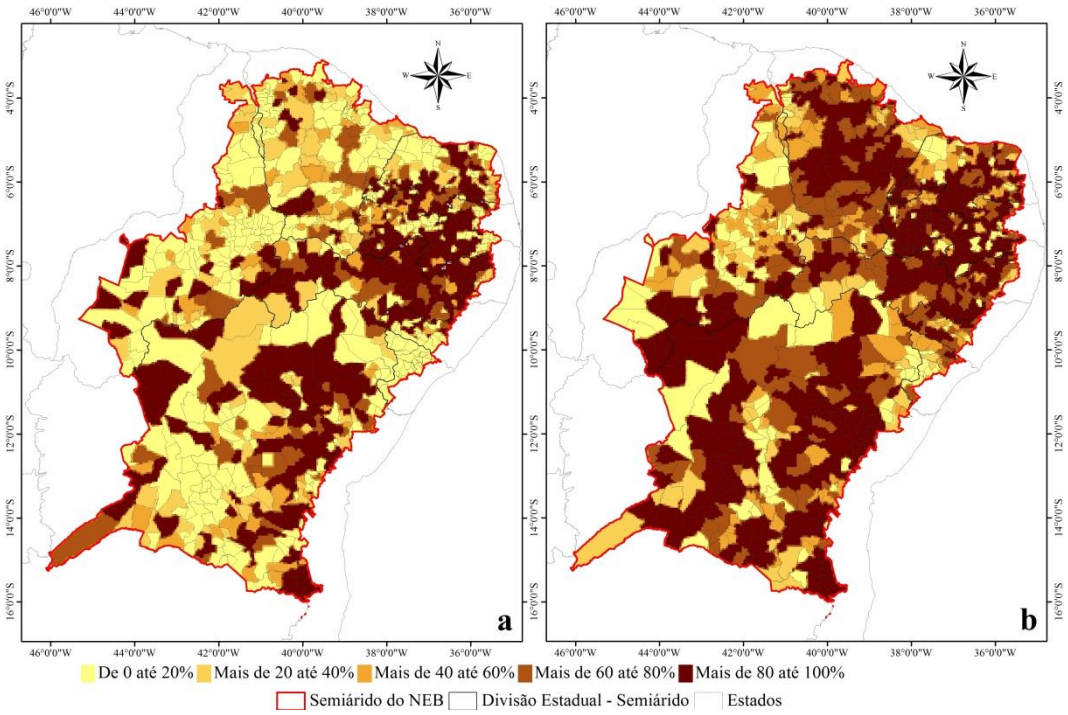
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do MMA (2015)).

Figura 3.34 – Distância mínima aos núcleos de desertificação.



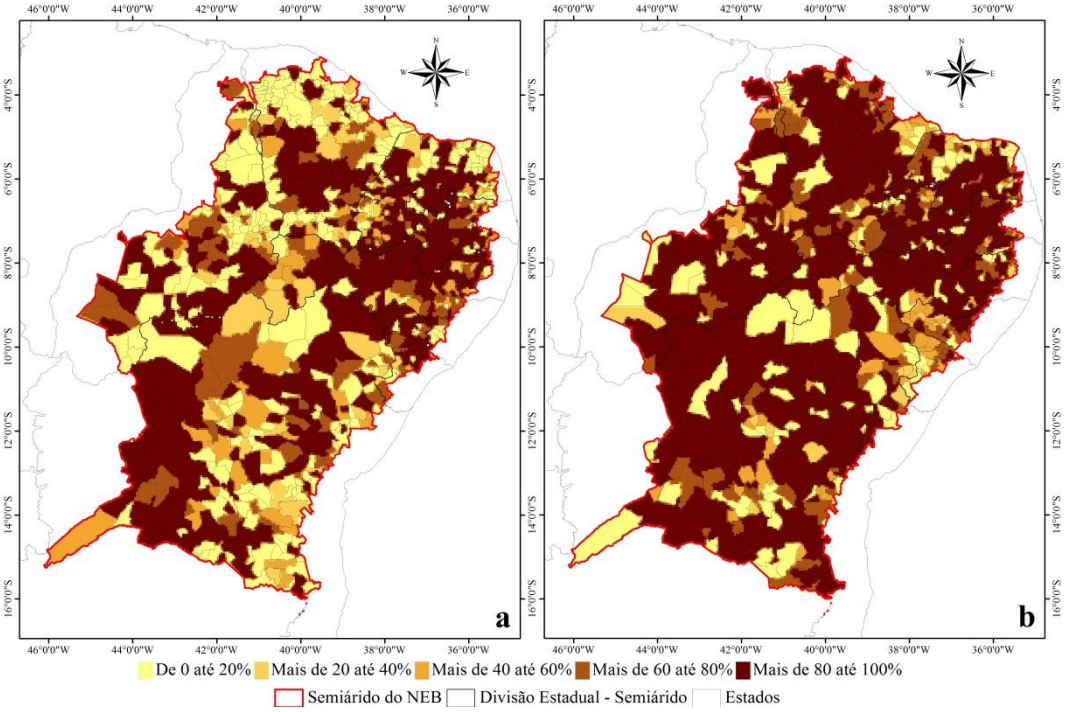
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do MMA (1998)).

Figura 3.35 – Percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em 2000 e 2010.



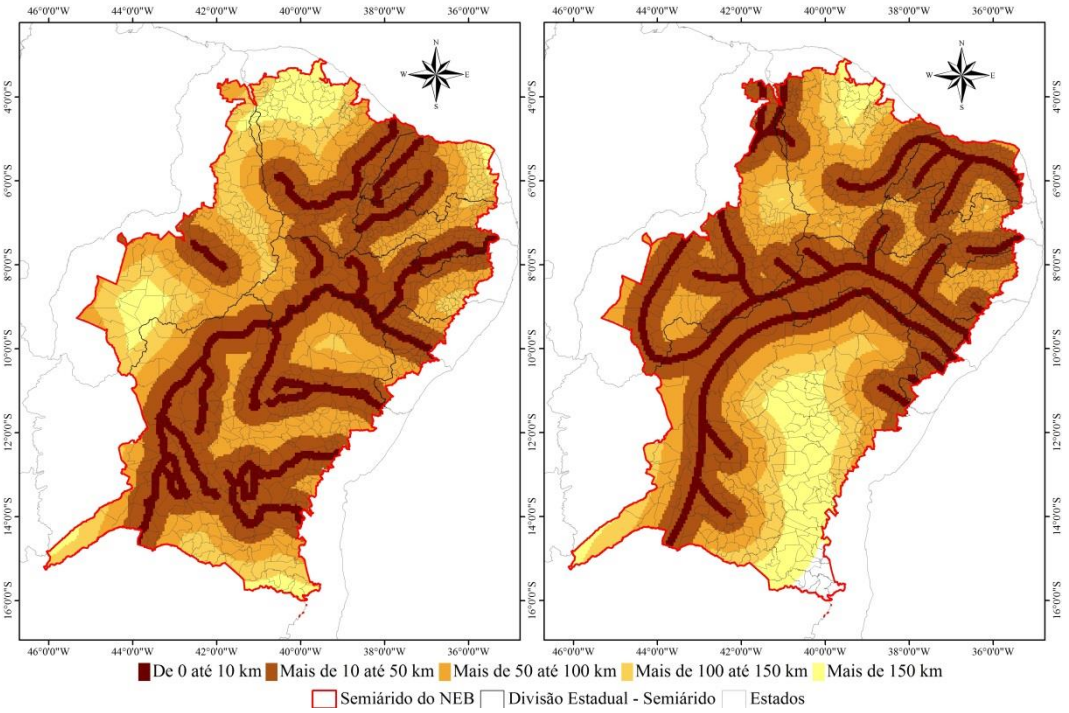
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do BCB (2000, 2010)).

Figura 3.36 – Percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em 2000 (a) e 2010 (b).



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do BNB (2014)).

Figura 3.37 – Distância mínima aos principais rios (a) e vias de penetração da pecuária (b) que deram suporte à colonização do Nordeste.

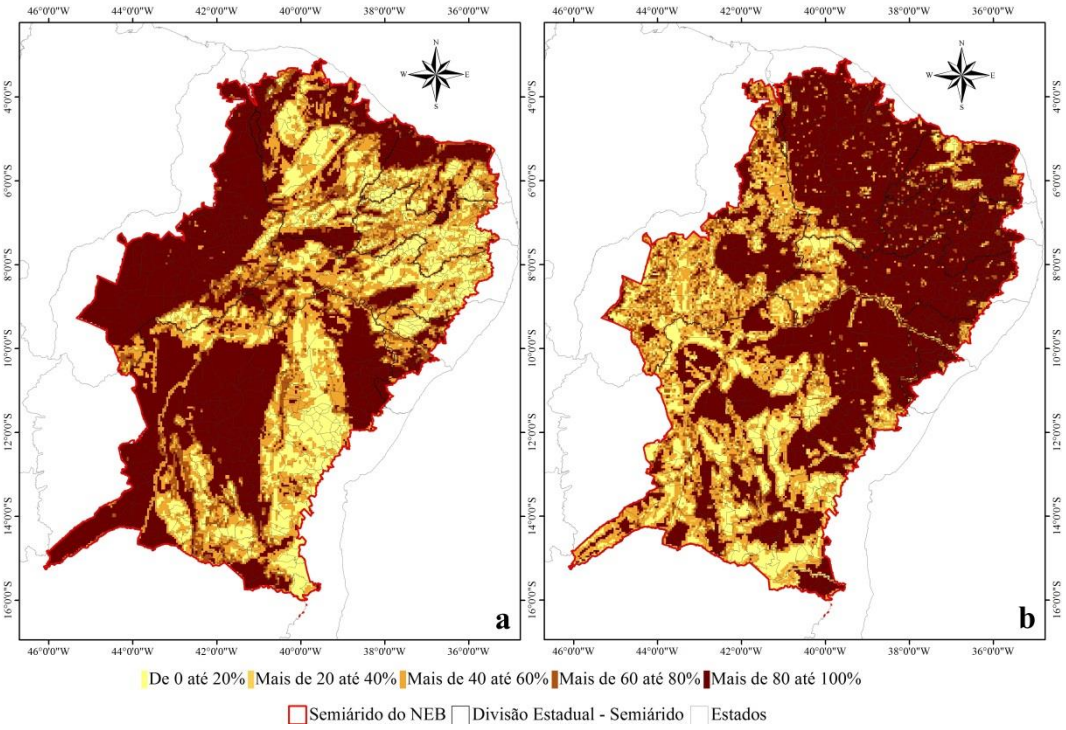


Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do Valverde (1967), Andrade, (1973, 2004), Souza (1989) e Jucá (1994)).

3.4.8 Fatores ambientais e climáticos

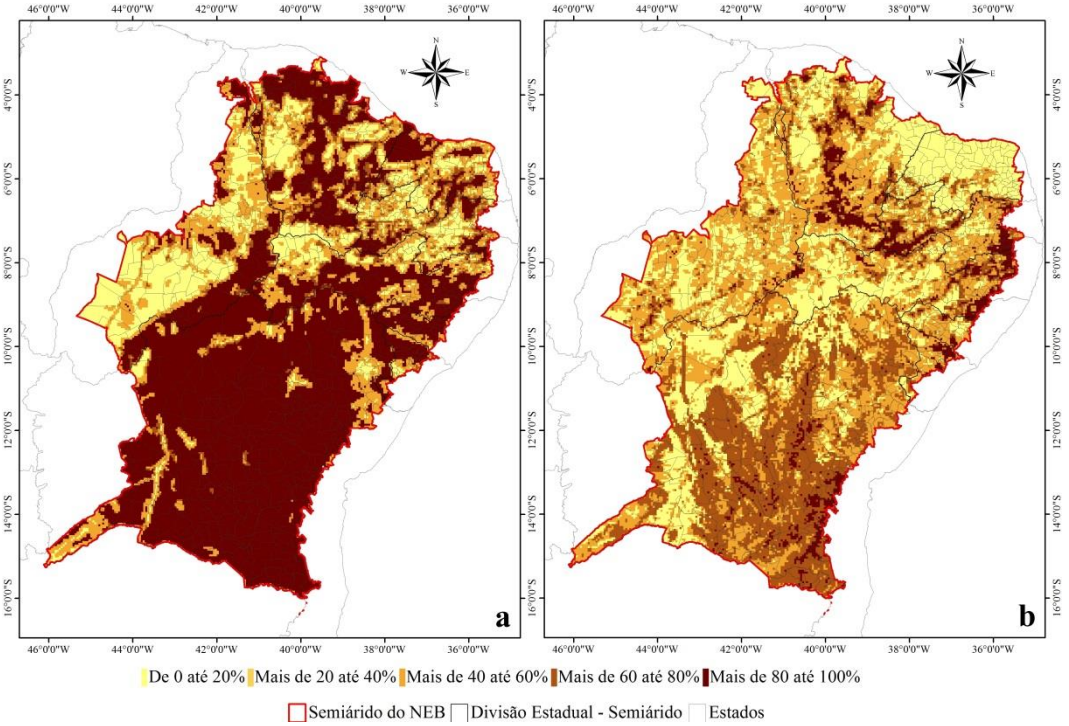
As variáveis ambientais e climáticas que compõem esse fator são: o ***percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia (geol_media_alta), pedologia (pedol_media_alta), geomorfologia (geom_media_alta)*** e ***declividade (decliv_media_alta), percentual de área com mais de 40% de incidência de seca (seca_>_40%)*** e ***classificada com o índice de aridez semiárido (índ_aridez_semiarido)*** (Figuras 3.38 a 3.40). A análise desses fatores contribui para o entendimento da suscetibilidade natural da região aos processos de degradação e desertificação.

Figura 3.38 – Percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação – (a) Geologia e (b) Pedologia.



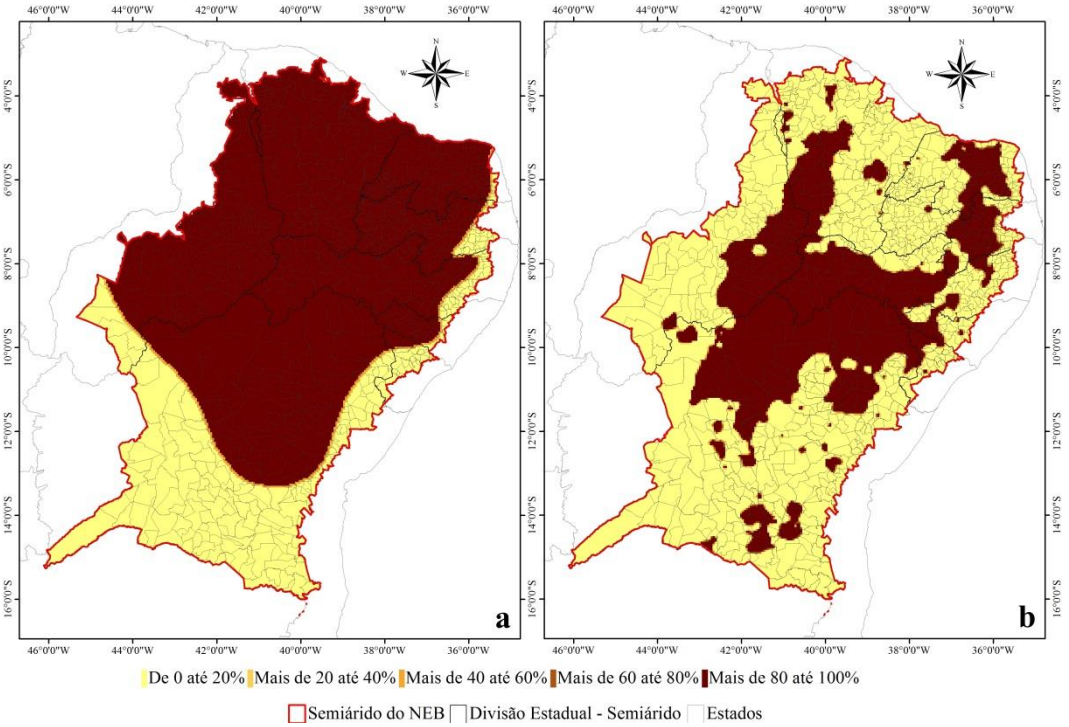
Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do SAP (2015) e Vieira (2015)).

Figura 3.39 – Percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação – (a) Geomorfologia e (b) Declividade.



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados do SAP (2015) e Vieira (2015)).

Figura 3.40 – Percentual de área com (a) mais de 40% de incidência de seca e (b) classificada com o índice de aridez semiárido.



Fonte: Elaboração do autor (com base em dados de Carvalho (1973), do SAP (2015) e Vieira (2015)).

3.5 **Construção e seleção dos modelos de regressão dos fatores relacionados da mudança do uso e cobertura nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no SANEB.**

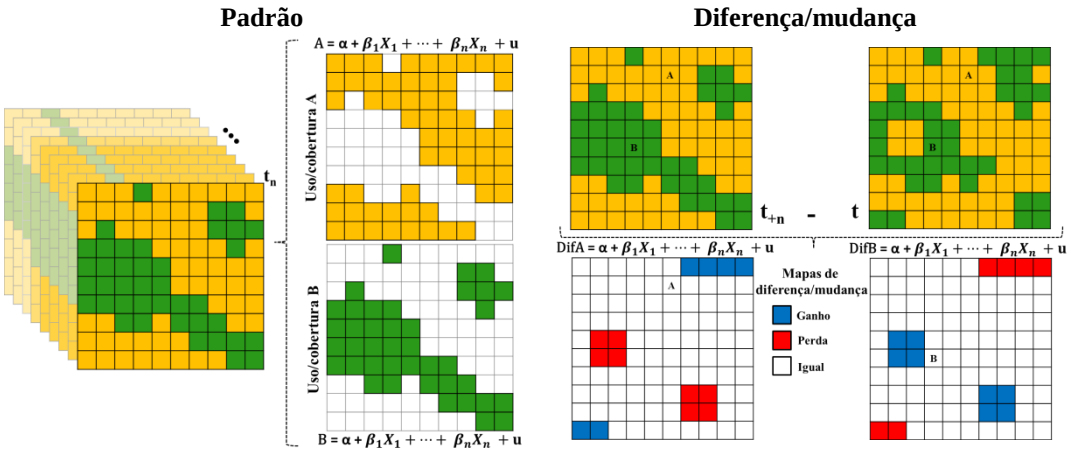
Modelo de regressão linear múltipla foi utilizado para determinar a escolha e a importância relativa dos fatores relacionados das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. Assim, o modelo não regionalizado adotado foi escrito da seguinte forma:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n + u \qquad (3.3)$$

em que $\boldsymbol{Y}$ é o fenômeno que se pretende estudar (porcentagem da célula com áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação), $\boldsymbol{\alpha}$ representa o intercepto (constante), $\boldsymbol{\beta_k}$ (k = 1, 2,..., n) são os coeficientes angulares de cada variável, $\boldsymbol{X_k}$ são as variáveis explicativas (variável independente) e o $\boldsymbol{u}$ é o erro (resíduo). Sendo que $\boldsymbol{Y}$ = f(PR, DRH, EA, UT, TEC, AE, IPPP, AC), onde: PR = População Residente; DRH = Desenvolvimento Regional e Humano; EA = Estrutura Agrária; UT = Utilização da Terra; TEC = Tecnologia; AE = Atividades Econômicas; IPPP = Instrumentos de Planejamento e Políticas Públicas e AC = Ambientais e Climáticos.

Como exposto na *Seção 3.4*, optou-se por inserir na análise somente as variáveis que não apresentam alta correlação entre si, para evitar a redundância de informação, ou seja, para que não ocorra multicolinearidade. Utilizou-se o procedimento *stepwise* a fim de avaliar a significância estatística das variáveis estudadas e remover aquelas não-significativas. Os modelos foram escolhidos a partir da análise do valor do coeficiente de determinação (R^2). A análise de regressão foi desenvolvida para o padrão (ou seja, baseado na estrutura de um determinado uso) e para a mudança nos usos da terra (correspondente à diferença do uso entre o ano final e o ano inicial em cada célula) (Figura 3.41).

Figura 3.41 – Representação esquemática geral das abordagens de análise do *padrão* (estrutura da paisagem) e da *diferença/mudança* na estrutura entre duas datas.



Fonte: Elaboração do autor.

Ao se analisar o padrão de um determinado uso em um dado momento, busca-se capturar os fatores e suas relações que contribuem para a manutenção dessa estrutura analisada, o que possibilita desenvolver cenários futuros com base nessas relações. Quando se opta por estudar o processo sobre a ótica da mudança, pretende-se entender quais fatores contribuíram com a mudança de usos da terra, positiva ou negativa, em um determinado período de tempo. Verburg et al. (2004) ressaltaram que neste último caso as relações estabelecidas são válidas somente para o intervalo de tempo analisado.

A análise de regressão foi considerada em duas etapas para cada abordagem (padrão ou mudança): 1) considerando-se toda a área de estudo (SANEB) e 2) considerando-se quatro sub-regiões ambientalmente semelhantes à suscetibilidade aos processos de desertificação, em conformidade com o exposto na *Seção 3.5.1*. Esse procedimento objetivou identificar regiões que apresentaram, ambientalmente, o mesmo potencial para degradação e desertificação, além de estabelecer possíveis relações regionais, que poderiam ser comprometidas quando se opta por estudar a região como um todo. Além da complexidade dos processos de desertificação, a própria região semiárida do Nordeste do Brasil é muito heterogênea, tanto do ponto de vista ambiental, quanto socioeconômico; assim, identificar tais regiões contribuirá para reduzir a complexidade do processo.

3.5.1 Agrupamento (*clusters analysis*) e identificação de regiões ambientalmente semelhantes em relação à suscetibilidade aos processos de desertificação no SANEB.

A análise de agrupamento é uma técnica exploratória de análise multivariada que tem como principal objetivo identificar e segmentar as observações, agrupando-as em grupos homogêneos internamente e heterogêneos entre si, ou seja, a partir de suas semelhanças ou diferenças (MAROCO, 2003; HAIR JR et al., 2005; FÁVERO et al., 2009).

A identificação dessas regiões teve como objetivo reduzir o erro na construção dos modelos de regressão, uma vez que a análise foi realizada por região. Assim, a análise é realizada considerando as áreas que possuem a mesma suscetibilidade ambiental à desertificação, mas não sofrem com o processo de desertificação de forma homogênea.

Para a análise de agrupamento, no presente estudo, levou-se em consideração a porcentagem da área de cada célula com média e alta suscetibilidade à desertificação em relação à: (i) geologia, (ii) geomorfologia, (iii) pedologia e (iv) declividade, bem como a porcentagem da área de cada célula com: (v) índice de aridez semiárido, (vi) índice de aridez subúmido-seco e (vii) índice de aridez subúmido-úmido e úmido. As classes de suscetibilidade à desertificação foram determinadas por Vieira et al. (2015) (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Classes de suscetibilidade à desertificação.

Classe de suscetibilidade	
	Geologia
Baixa	Quartzito, metaquartzito, formação ferrífera bandada, metagranodiorito, metatonalito
	Riólito, granito, dacito, metassienogranito, metamonzogranito, sienogranito, magnetito, metadiorito, metagabro
	Granodiorito, quartzo-diorito, granulito
	Migmatito, gnaisses, ortognaisse
	Nefelina sienito, traquito, quartzo-monzonito, quartzo-sienito
	Andesito, basalto
	Gabro, anortosito
Moderada	Biotita, quartzo-muscovita, itaberito, metabasito, mica xisto
	Anfibolito, kimberlito
	Hornblenda, tremolita
	Xisto
Alta	Filito, metassiltito
	Ardosia, metargilito
	Marmore
	Arenitos quartzosos, ortoquartizitos
	Conglomerados
	Subgrauvacas, grauvacas, arcózios
	Siltito, argilitos, calcilutito
	Folhelhos
	Calcários, dolomitos, margas, evaporitos
	Sedimentos inconsolidados: aluviões, coluvios etc.
	Pedologia
Baixa	Latossolos, organossolos, espodossolos e gleissolos
Moderada	Argissolos, chernossolos, planossolos e nitossolos
Alta	Cambissolo
	Solos não-coesivos, solos imaturos, laterita, afloramento rochoso
	Geomorfologia
Baixa	Formações estruturais de topos tabulares, terraços. A rugosidade do relevo se caracteriza por ser fracamente dissecada; relevo plano e superfície aplainada sem intensa ação erosiva (pediplanos)
	Formas de relevo plano a convexo; a rugosidade do relevo é caracterizada por ser moderadamente dissecado; superfície aplainada com ação erosiva significativa; relevo ligeiramente ondulado, com declives suaves (colinas baixas e suaves)

(Continua)

Tabela 3.1 – Conclusão.

Classe de suscetibilidade	
Moderada	Formas de topos convexos; a rugosidade do relevo é caracterizada por ser moderadamente dissecada; relevo ondulado, com declives acentuados (morros de maior declive) Topos convexos a pontiagudos; a rugosidade do relevo se caracteriza por ser altamente dissecada; relevo fortemente ondulado, com declives muito íngremes, formas cársticas (relevo em calcário)
Alta	Relevo que apresenta vales encaixados e com topos muito aguçados; perfis íngremes de declive; a rugosidade do relevo se caracteriza por ser altamente dissecada; colúvios; depósito eólicos(relevos escarpados, serras, dunas)
	Declividade
Baixa	2- 6
Moderada	6 – 18
Alta	> 18
	Índice de Aridez
Baixa	Subúmido–úmido e úmido (IA acima 0, 65)
Moderada	Subúmido–seco (IA entre 0,51 a 0, 65)
Alta	Semiárido (IA entre 0, 21 a 0, 50)

Fonte: Adaptada de Vieira et al. (2015).

O método utilizado para a determinação dos *clusters* foi o de *k-médias* (agrupamento não-hierárquico), uma vez que este método é mais indicado quando se trabalha com um grande conjunto de observações (MAROCO, 2003; FÁVERO et al., 2009). No presente estudo foram consideradas 35.124 células (indivíduos).

A determinação do número de regiões se deu por meio da análise do valor do coeficiente de determinação (**R^2**) da Anova *one-way*, obtido por meio da razão entre a soma dos quadrados entre os grupos e a soma dos quadrados totais para cada uma das variáveis utilizadas na análise (MAROCO, 2003). Na Tabela 3.2, são apresentados os valores de R^2 da Anova *one-way* para cada número de *clusters* e seus correspondentes ganhos de variabilidade. Observa-se que o ganho de variabilidade ao se considerar mais de quatro *clusters* é relativamente pequeno.

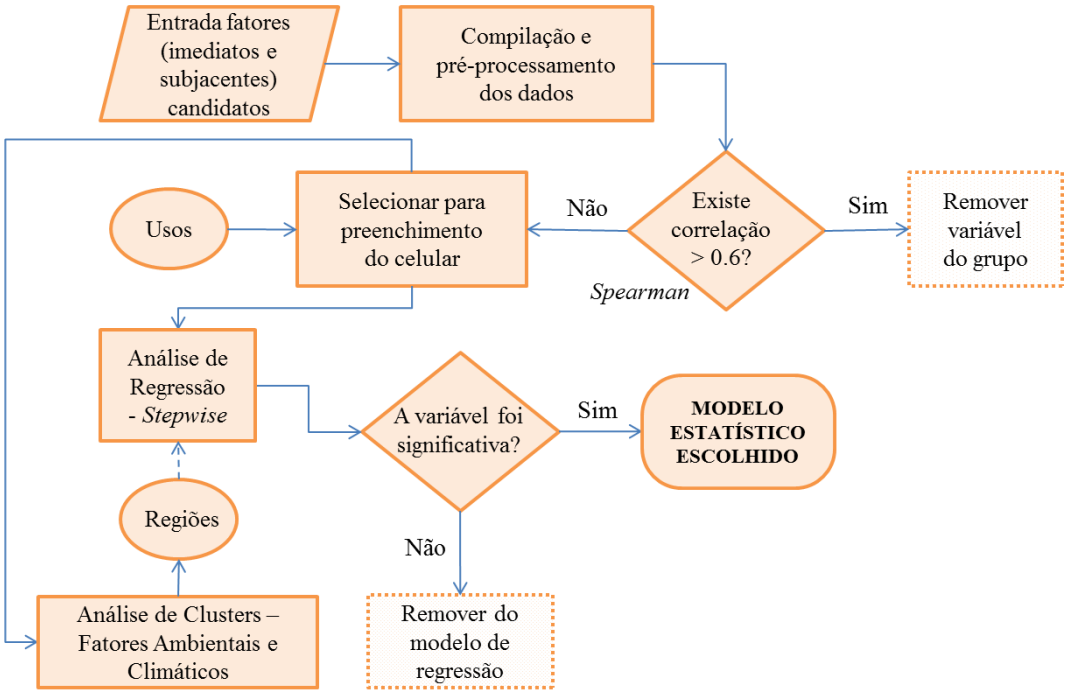
Tabela 3.2 – Relação entre número de *clusters* e o ganho de variabilidade.

Nº de *Clusters*	R^2	Ganho de variabilidade
3	0,27	-
4	0,38	0,11
5	0,41	0,03

Fonte: Elaboração do autor.

A Figura 3.42 apresenta, de forma sintética, o fluxograma da escolha e análise estatística dos fatores determinantes candidatos do processo de desertificação estudados.

Figura 3.42 – Fluxograma da análise de regressão dos fatores determinantes candidatos.



Fonte: Elaboração do autor.

3.6 Modelo dinâmico espacialmente explícito da degradação da cobertura vegetal como "*proxy*" do processo de desertificação no SANEB.

O modelo dinâmico da degradação da cobertura vegetal como "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB foi desenvolvido a partir do arcabouço de modelagem de uso da terra espacialmente explícita *Land Use and*

Cover Change Modelling Enviroment (LuccME)[2] (AGUIAR et al., 2012), com base nos resultados provenientes da etapas metodológicas descritas nas *Seções 3.3 a 3.5*. A seguir são descritos os componentes, bem como as parametrizações e métrica de validação do modelo.

3.6.1 Demanda.

Esta etapa é responsável por determinar a quantidade/intensidade das mudanças de cada uso que se pretende alocar para cada passo de tempo. Neste caso, a demanda anual foi calculada com base nos valores de área com cobertura vegetal degradas "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação para os anos de2000 e 2010, de acordo com a equação 3.4:

$$\text{Demanda}_{\text{anual}} = \frac{\text{Uso}_{\text{ano}_{\text{final}}} - \text{Uso}_{\text{ano}_{\text{inicial}}}}{\text{n}_{\text{anos}}} \tag{3.4}$$

3.6.2 Potencial.

O cálculo do potencial se baseia nas regressões lineares, provenientes da análise dos fatores determinantes estudados. O potencial corresponde à adequação que cada célula do espaço celular possui para mudar a cada passo de tempo. Assim sendo, essa relação pode ser representada por meio das seguintes equações:

Para o padrão:

$$\text{Potencial}_{\text{x,y,t,u}} = \%\ \text{uso}_{\text{x,y,t}}\ \text{estimado} - \%\ \text{uso}_{\text{x,y,t}-1} \tag{3.6}$$

Para a mudança/diferença:

$$\text{Potencial}_{\text{x,y,t,u}} = \%\ \text{uso}_{\text{x,y,t}}\ \text{estimado} \tag{3.7}$$

em que ***u*** está relacionado ao tipo de uso ou cobertura do solo; ***x*** e ***y*** correspondem à localização da célula no plano celular no tempo ***t***.

---

[2] O LuccME foi desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST/INPE) e colaboradores e está disponível no site: http://luccme.ccst.inpe.br/.

3.6.3 Alocação.

De acordo com Verburg et al. (2004) e Aguiar et al. (2015), esta componente visa distribuir espacialmente e de forma interativa as mudanças de usos e cobertura da terra de acordo com os componentes anteriores (demanda e potencial), baseado na competição entre os tipos de usos da terra em cada célula e dentro de um erro máximo estabelecido previamente. O processo de alocação de cada tipo de uso ou cobertura da terra pode ser descrito por meio da equação 3.8.

$$\mathrm{Usoalocado}_{x,y,t,u} = \%\,\mathrm{uso}_{x,y,t-1} + \mathrm{Potencial}_{x,y,t,u} * \mathrm{ITF}_u \qquad (3.8)$$

em que ***u*** está relacionado ao tipo de uso ou cobertura do solo; ***x*** e ***y*** correspondem à localização da célula no plano celular no tempo ***t***; e $\boldsymbol{ITF_u}$ é o fator de ajuste proporcional à diferença entre a área alocada, a demanda informada e a direção da mudança.

3.6.4 Parametrização dos modelos.

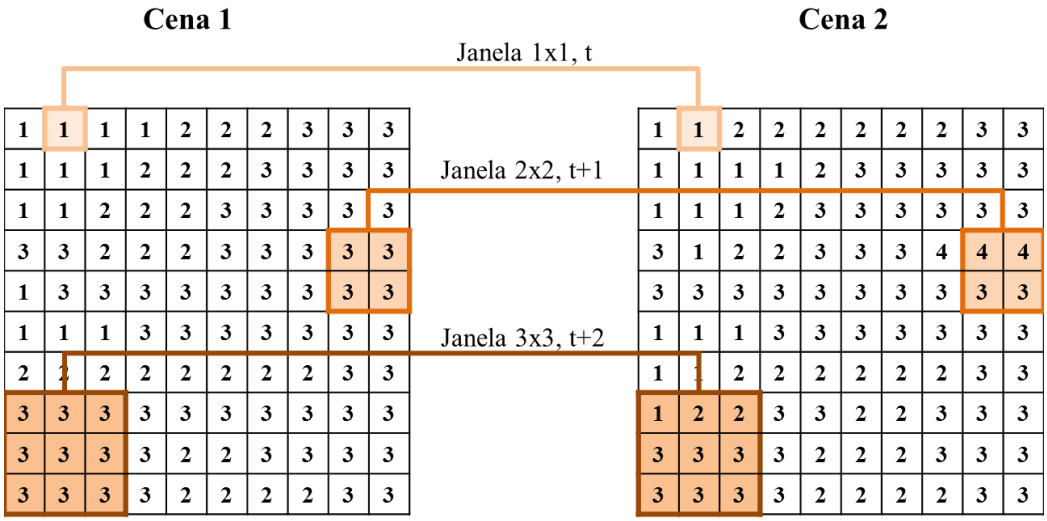
As parametrizações dos modelos espacialmente explícitos da desertificação para a região semiárida do Nordeste do Brasil consideraram os modelos de regressão linear multivariados dos fatores determinantes, segundo a análise por padrão e mudança. Os usos considerados foram: ***Percentual de*** *(i)* ***área com cobertura vegetal degradas "proxy" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação***; *(ii)* ***áreas não classificadas como área com cobertura vegetal não degradada degradas "proxy" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação*** e ***outros*** (água, áreas urbanas, dunas, afloramentos rochosos, salinas, praia e restinga) em cada célula de 5 km x 5 km, para os anos 2000 e 2010. O detalhamento das parametrizações segundo o Potencial (*LinearRegression*), Alocação (*AllocationClueLike*) e Demanda (*PreComputedValues*) é apresentado no APÊNDICE C.

3.6.5 Métrica de validação do modelo (nível de similaridade).

Os resultados das simulações foram validados pela métrica da validação de ajuste por múltiplas resoluções, adaptada de Costanza (1989). Essa métrica permite estabelecer o nível de similaridade entre os mapas simulado e real em diferentes

resoluções, por meio de janelas de amostragem que aumentam a cada passo de tempo, conforme ilustrado na Figura 3.59.

Figura 3.43 – Exemplo de validação por múltipla resolução (agregação de células por meio de janelas de amostragem).



Fonte: Adaptado de Costanza (1989).

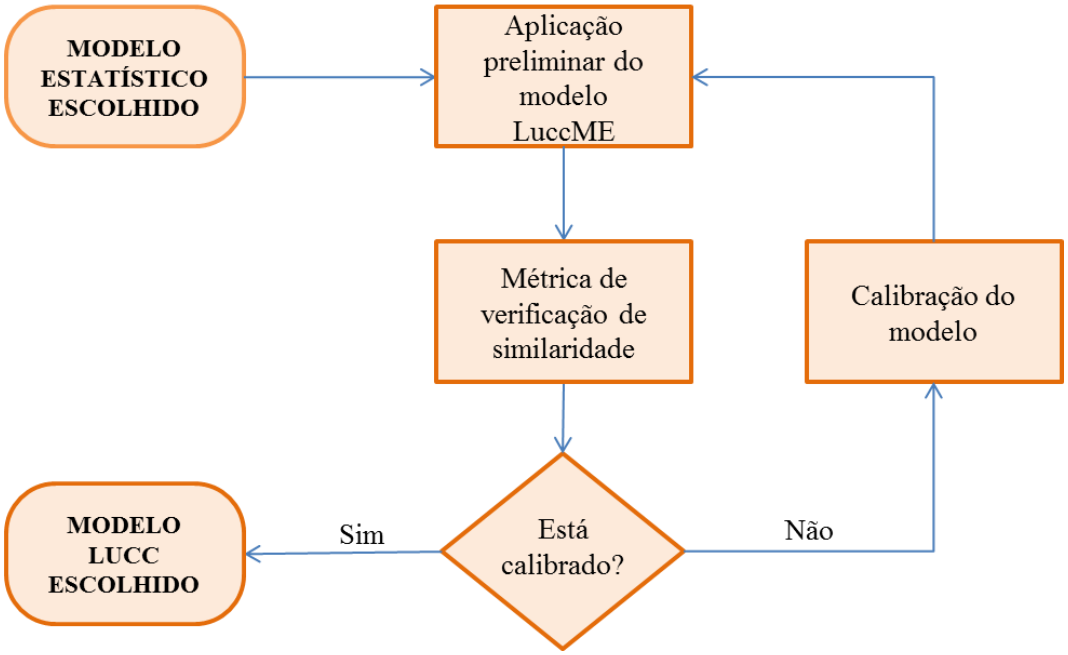
O cálculo do nível de similaridade pode ser descrito segundo a equação 3.9:

$$NS_i = 1 - \left[\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(\left|\sum_{c=1}^{k} dif_{sim,c} - \sum_{c=1}^{k} dif_{real,c}\right|\right)}{2 * \sum_{j=1}^{n}\sum_{c=1}^{k} dif_{real,c}}\right] * 100 \qquad (3.9)$$

em que ***NS*** corresponde ao nível de similaridade entre os mapas real e simulado em uma determinada resolução ***i***; ***j*** é a janela considerada; ***n*** estabelece o número de janelas a ser considerado; ***c*** é a quantidade de células em uma resolução ***k*** (*i***i*); e $\boldsymbol{dif_{real}}$ = % $real_{tf}$ - % $real_{ti}$ e $\boldsymbol{dif_{sim}}$ = % sim_{tfinal} - % $real_{tinicial}$ sendo ***ti*** e ***tf*** os anos inicial e real, respectivamente, considerados na validação.

A Figura 3.44 apresenta o fluxograma da modelagem dinâmica espacialmente explícita fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação estudados.

Figura 3.44 – Fluxograma da modelagem dinâmica espacialmente explícita fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação.



Fonte: Elaboração do autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

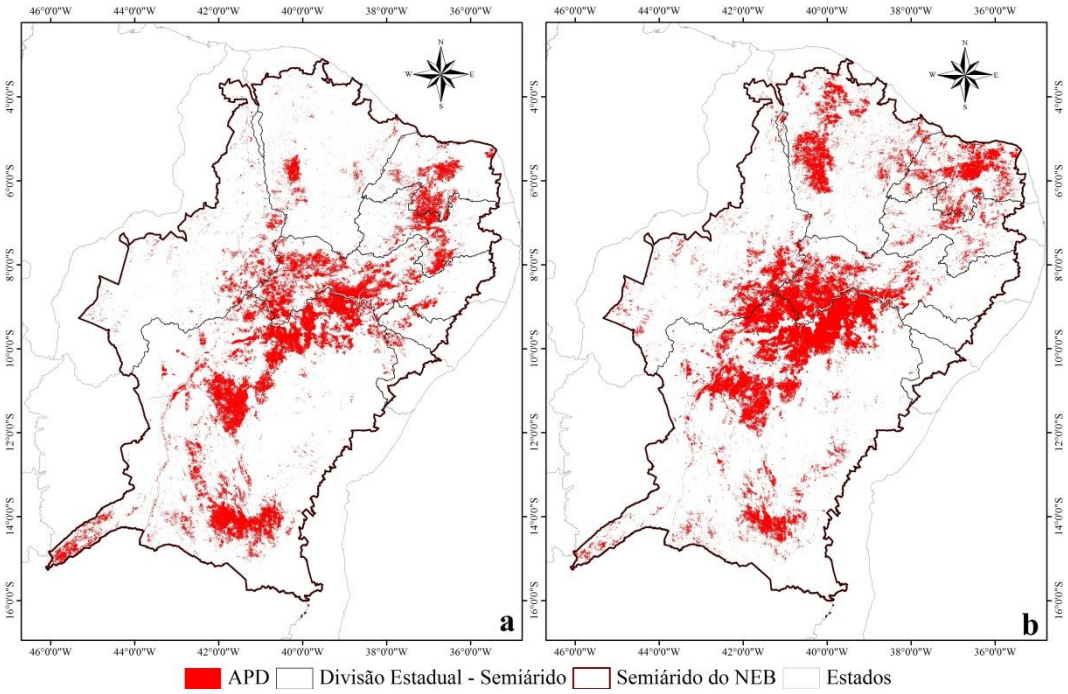
4.1 Análise de áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil utilizando séries multitemporais EVI2 MODIS.

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos considerando áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação em 2000 e em 2010, organizados da seguinte forma: na *Seção 4.1.1* analisa-se o comportamento dos valores de EVI2 nas áreas identificadas; enquanto na *Seção 4.1.2* apresenta-se uma análise das mudanças identificadas entre 2000 e 2010.

4.1.1 Resultados da classificação obtida para os anos 2000 e 2010

A Figura 4.1 ilustra a distribuição espacial das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no semiárido do NEB durante os anos de 2000 e 2010, identificadas a partir da análise multitemporal dos valores de EVI2. Pode-se observar que a maioria das áreas está localizada na parte central da área de estudo, caracterizada por climas tropical-árido ou semiárido-tropical, onde predomina principalmente a caatinga.

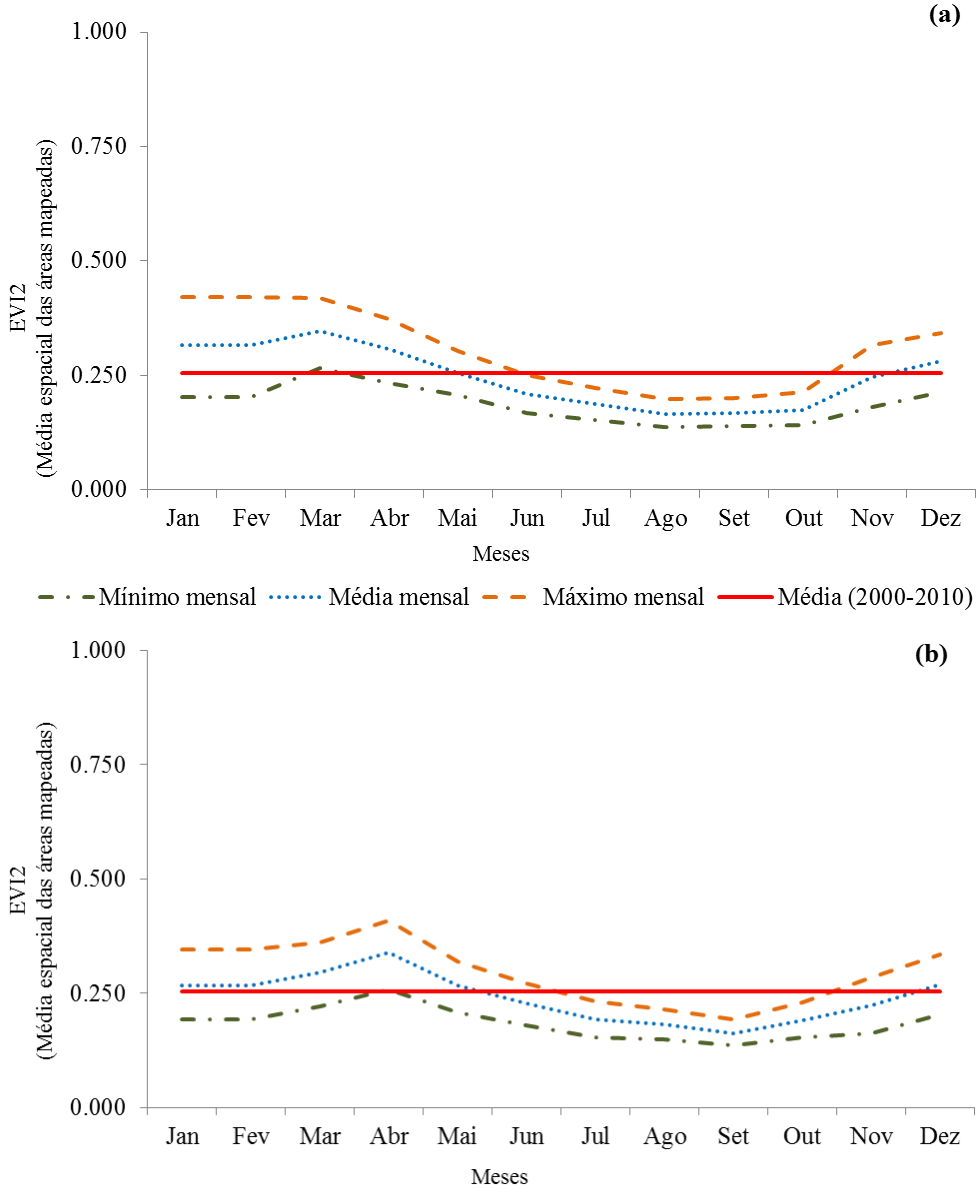
Figura 4.1 – Áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD) em 2000 (a) e 2010 (b).



Fonte: Elaboração do autor.

Os valores médios de EVI2 mensais para todos os pixels das áreas degradadas em 2000 e em 2010 são apresentados na Figura 4.2. Tal como observado na análise dos pontos da amostra utilizada para estimar o limiar para classificação (Figura 3.4), apesar das variações sazonais, os valores de EVI2 permanecem próximos à média histórica em ambos os casos. Os valores apresentados correspondem às médias mensais de 18.676 e 20.994 células de 25 km² em 2000 e em 2010, respectivamente, classificadas como áreas de cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no presente estudo (Figura 4.1).

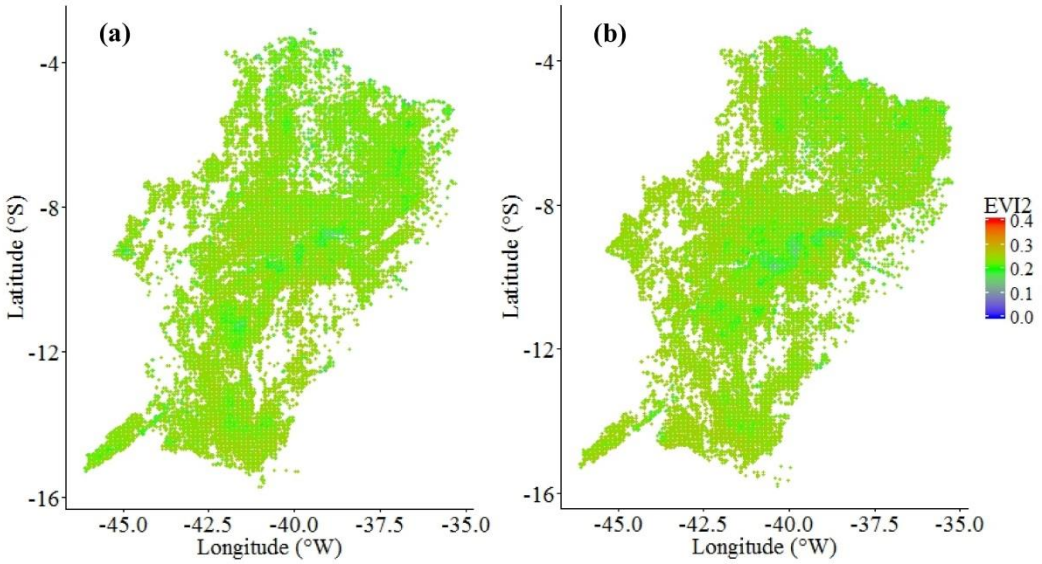
Figura 4.2 – Curvas dos padrões médios mensais (mínimo, média, máximo) de EVI2 nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" das áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação na região do SANEB para os anos de 2000 (a) e 2010 (b). Curva da média anual para o período de 2000 a 2010.



Fonte: Elaboração do autor.

Os valores de EVI2 nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação não apresentaram variações significativas em relação à latitude e longitude (Figura 4.3) nos anos de 2000 e 2010. Observaram-se valores baixos do coeficiente de determinação em 2000 e 2010 (R^2 = 0,07 e R^2 = 0,06, respectivamente), que podem estar associadas ao fato das áreas identificadas apresentarem uma baixa sensibilidade às variações intra-regionais do regime de precipitação.

Figura 4.3 – Relação entre os valores médios de EVI2, Latitude e Longitude em áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no SANEB para os anos 2000(a) e 2010(b).



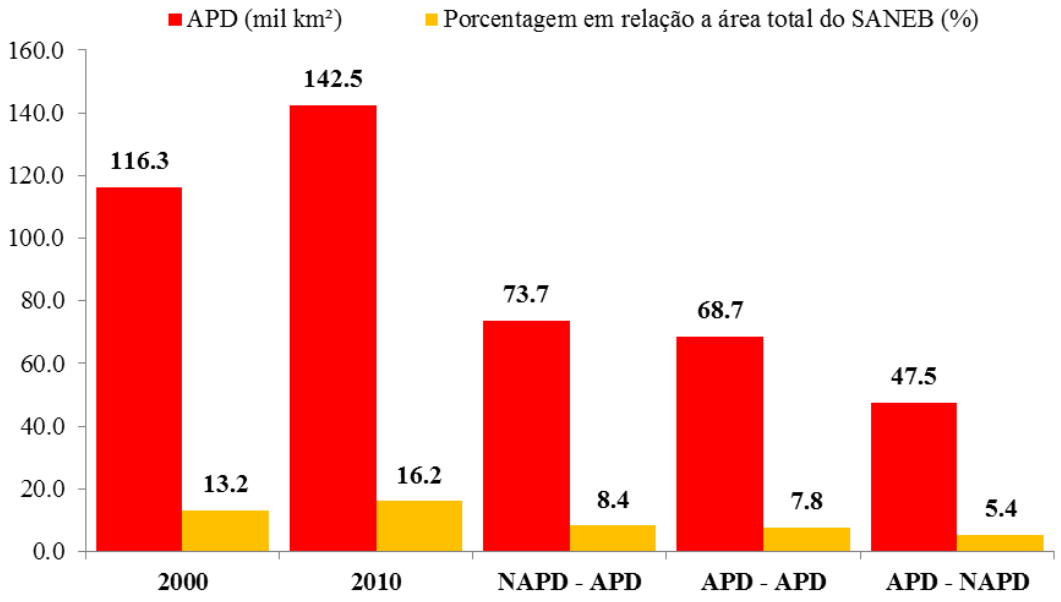
Fonte: Elaboração do autor.

4.1.2 Mudanças nos padrões de degradação/desertificação entre 2000 e 2010

Em 2000, aproximadamente 13% (116.257,4 km²) da área da região SANEB foi classificada como potencialmente degradada. No período entre 2000 e 2010 houve um aumento de 23% (26.222,7 km²) das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação (APD), totalizando, assim, 142.480,1 km² (área que corresponde a 16,2% da região SANEB - Figura 4.4). Este aumento ocorreu principalmente nos Estados do Ceará, Piauí e Bahia, como mostrado na Figura 4.5.

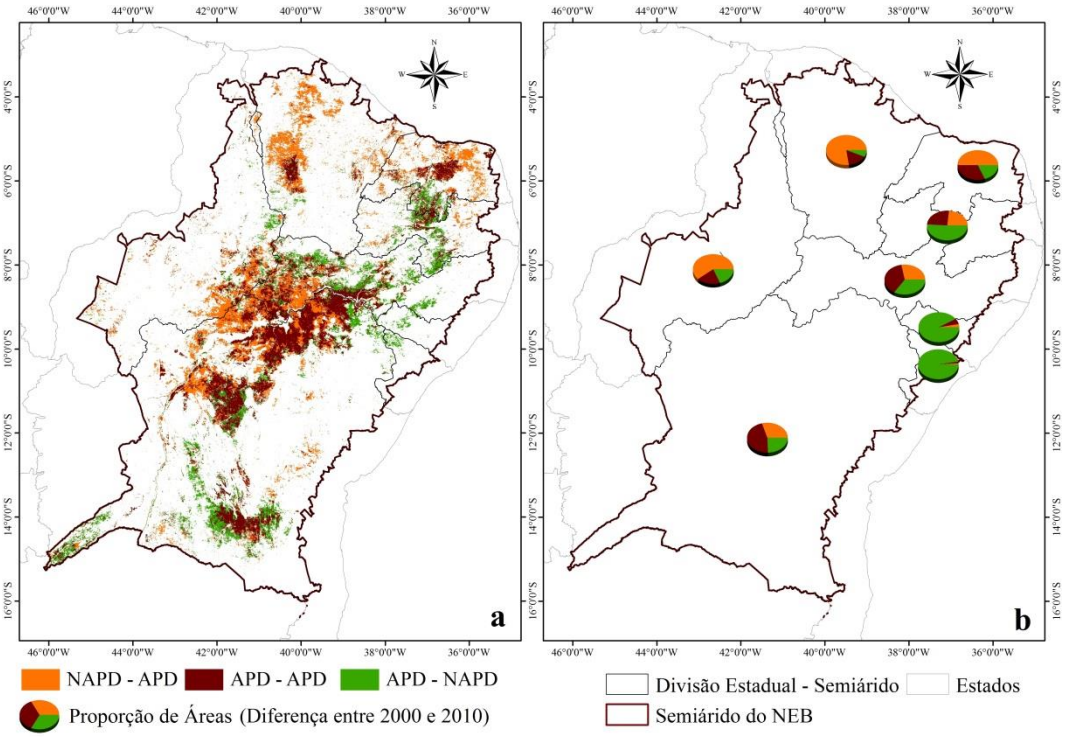
As Figuras 4.4 e 4.5 mostram as diferenças na identificação das APDs entre os anos de 2000 e 2010, respectivamente, nas quais podem ser observadas três situações: a) áreas que em 2000 foram classificados como "Áreas Não Potencialmente em Processo de Degradação/Desertificação (NAPD)" e foram consideradas APDs em 2010 (NAPD - APD); b) áreas que permaneceram como APDs em ambos os anos analisados (APD-APD); e c) áreas que migraram da categoria APD em 2000 para NAPD em 2010 (APD-NAPD).

Figura 4.4 – Estimativa de APD no SANEB (mil km²) em ambos os anos avaliados; diferenças entre anos e porcentagem da área do SANEB afetada (%).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 4.5 – Mapas da (a) diferença e semelhança de APD entre 2000 e 2010; (b) distribuição proporcional entre os vários estados da região.



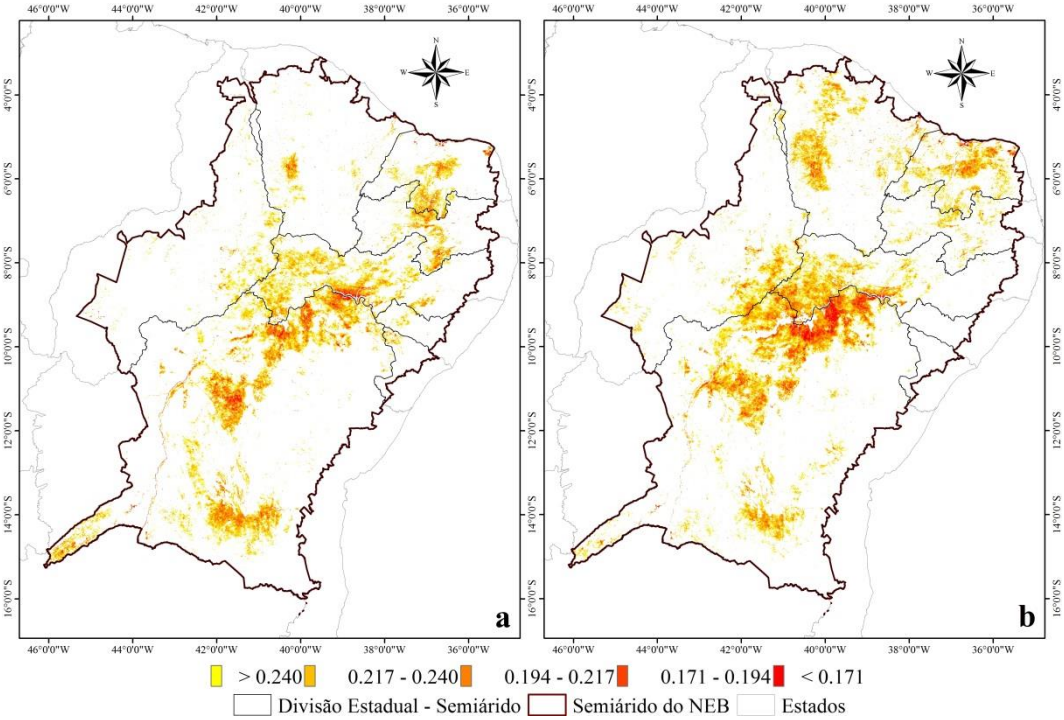
Fonte: Elaboração do autor.

De acordo com as Figuras 4.4 e 4.5, aproximadamente 5,4% das áreas do semiárido nordestino, consideradas como APDs em 2000, não se mantiveram em 2010. Esta alteração pode ser explicada, em parte, por dois fatores principais: mudanças de usos da terra e recuperação/utilização de áreas abandonadas. De acordo com dados do IBGE (IBGE, 2015c), os usos e coberturas predominantes nesta região incluem pastagem natural, áreas agrícolas e pastagens plantadas.

Na Figura 4.5, os Estados de Pernambuco e Bahia se destacam por apresentar uma maior variação na dinâmica das áreas estudadas, que pode está associada à produção de frutos, principalmente na região em torno do Vale do São Francisco. Por exemplo, nesta região houve um aumento na área destinada para a produção de uvas, que passou de 305 km² para 626 km², um aumento de 105% em 10 anos (IBGE, 2015a). Além do aumento da fruticultura no Estado da Bahia, um aumento em áreas de pastagens plantadas tem contribuído para a transformação e a dinâmica da cobertura e usos da terra no sudoeste da Bahia. De acordo com os primeiros resultados do estudo sobre Mudança de Uso e Cobertura no Brasil, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, considerando-se o período entre 2000 e 2010 (IBGE, 2015c), esta dinâmica de expansão agrícola, associada à expansão das pastagens plantadas, tem contribuído para a redução da pastagem natural.

Aproximadamente 7,8% da área total do SANEB identificadas como APDs em 2000 mantiveram-se em 2010, indicando que elas têm estado sob processos de degradação por um longo período de tempo. Na Figura 4.6 é possível ver a intensidade da degradação nestas áreas em relação aos valores de EVI2. Nessas áreas há a predominância de vegetação natural não-arbórea, sujeitas ao pastejo (pastagens naturais). O Estado da Bahia apresentou maior extensão de APDs nesse período (42.547,7 km²), seguido de Pernambuco (11.321,9 km²) e Rio Grande do Norte (5.302,9 km²). Apesar da Bahia apresentar maior extensão de APDs, o Estado do Rio Grande do Norte, em relação a área do Estado, é o mais afetado, aproximadamente 27,4% foi classificado como APD, corroborando os resultados do estudo sobre desertificação, degradação da terra e secas no Brasil realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e colaboradores CGEE (2016).

Figura 4.6 – A intensidade da degradação das APDs em relação ao EVI2 em 2000(a) e 2010(b).



Fonte: Elaboração do autor.

A análise do incremento, considerando-se a área semiárida total de cada Estado em relação às APDs, mostra que os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte apresentaram o maior percentual, com 11,4% e 10,7% de suas terras caracterizadas por APDs, respectivamente. Considerando o percentual de APDs que se mantiveram entre 2000 e 2010, o Estado de Pernambuco foi o que apresentou maior valor, com 13,1% (Tabela 4.1), além de ser o terceiro Estado com maior densidade populacional do NEB, o que pode agravar essa situação.

Tabela 4.1 – Percentual da área dos Estados identificada como APD em 2000 e 2010.

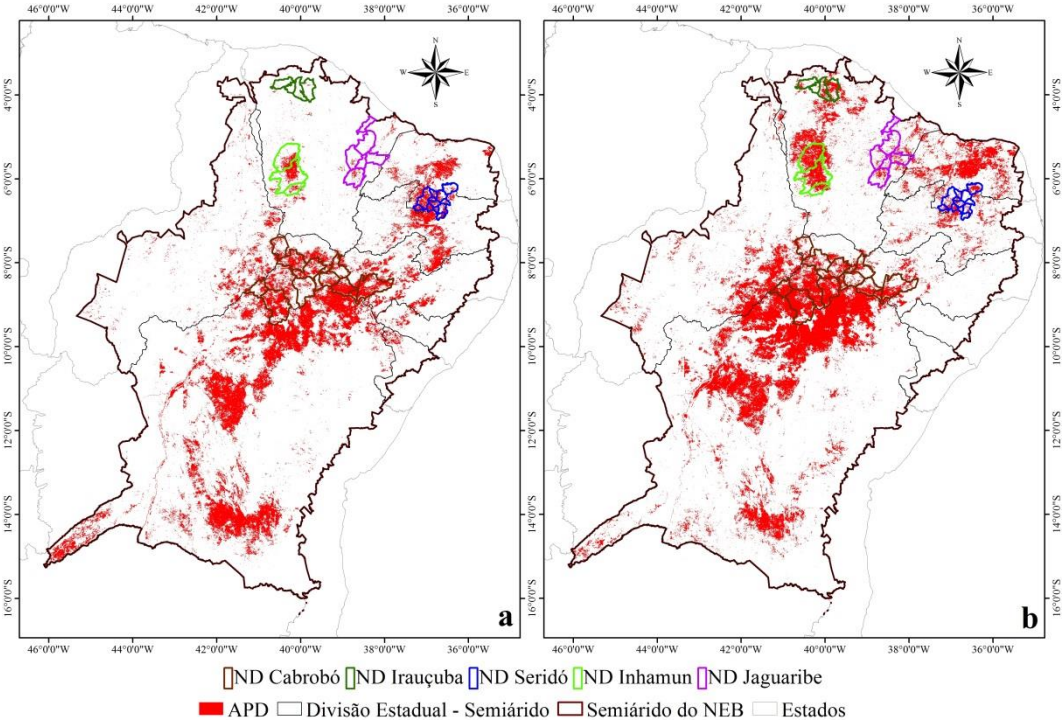
Estados	2000	2010	Variação percentual entre 2000 e 2010	
	Percentual da área do Estado com APD (%)			
Alagoas - AL	0.10	0.56	↗	0.20
			→	0.36
			↘	6.39
Bahia - BA	7.45	18.13	↗	7.28
			→	10.85
			↘	5.84
Ceará - CE	0.53	15.03	↗	12.41
			→	2.62
			↘	0.98
Paraíba - PB	0.83	9.60	↗	4.56
			→	5.03
			↘	9.98
Pernambuco - PE	2.54	23.34	↗	10.19
			→	13.15
			↘	12.75
Piauí - PI	0.76	9.12	↗	6.67
			→	2.45
			↘	2.02
Rio Grande do Norte - RN	0.94	27.54	↗	16.73
			→	10.81
			↘	6.04
Sergipe - SE	0.08	0.16	↗	0.07
			→	0.09
			↘	6.52

* ↗ = NAPD-APD; → = APD-APD; e ↘ = APD-NAPD

Fonte: Elaboração do autor.

Os resultados apresentados, mostram um aumento das APDs no SANEB durante o período de 2000 a 2010, na ordem de 22,5%, com marcadas variações intra-regionais. Os resultados obtidos também destacam o aumento das APDs nos núcleos de desertificação de Cabrobó (Pernambuco), Irauçuba (Ceará) e Seridó (Paraíba e Rio Grande do Norte) (Figura 4.7). Além dos três núcleos oficialmente reconhecidos pelo Ministério do Meio Ambiente apresentados anteriormente, o Instituto Nacional do Semiárido - INSA considera que outras duas áreas também podem ser denominadas núcleos de desertificação, Inhamuns e Jaguaribe, ambas no Estado do Ceará (Figura 4.7) Nestas duas áreas, foi observado um aumento significativo na APDs, principalmente na área circundante ao núcleo dos Inhamuns.

Figura 4.7 – APDs em 2000(a) e 2010(b) *versus* Núcleos de Desertificação no Semiárido do Nordeste do Brasil.

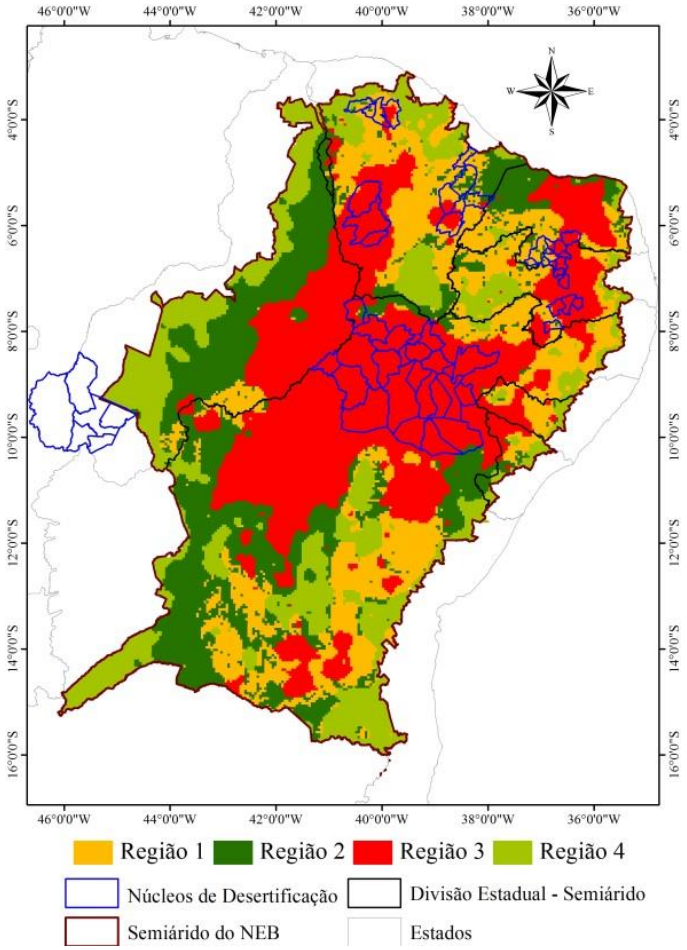


Fonte: Elaboração do autor.

4.2 Análise das regiões ambientalmente semelhantes em relação à suscetibilidade aos processos de desertificação no SANEB.

A partir da análise de agrupamento (*"cluster analysis"*) foram identificadas quatro sub-regiões ambientalmente semelhantes conforme suas suscetibilidades à desertificação (Figura 4.8), descritas a seguir.

Figura 4.8 – Distribuição das sub-regiões ambientalmente semelhantes ao nível de suscetibilidade à desertificação.



Fonte: Elaboração do autor.

4.2.1 Região 1

A Região 1 corresponde a uma área de 188.000 km², sendo que 9% (17.088km²) desse total corresponde a área em processo de desertificação. Essa região encontra-se distribuída, em sua maioria, entre o norte, nordeste e sul do semiárido. Aproximadamente 64% desta região estão compreendidos entre os Estados da

Bahia (38%) e Ceará (26%). A mesma apresenta suscetibilidade média à desertificação, apresentando predominantemente: a) índice de aridez subúmido-seco; b) geologia com baixo nível de suscetibilidade; c) pedologia com nível médio, com a presença de solos do tipo podzólico, brunizém, planossolos e terra roxa estruturada; d) geomorfologia com nível médio, com ocorrência em formas de topo convexos a pontiagudos; e e) declividade variando entre 6 a 18%, conferindo-lhe uma média suscetibilidade.

Nesta região estão inseridos os núcleos de desertificação de Irauçuba – CE (Forquilha, Irauçuba e Sobral), de Jaguaribe – CE (Alto Santo, Jaguarema, Jaguaribara, Jaguaribe e Morada Nova) e, em menor parte, os núcleos de Seridó – RN (Caicó, Cruzeta, Jardim do Seridó, Ouro Branco e São João do Sabugi) e Cariris Velhos – PB (Camalaú).

4.2.2 Região 2

Distribuída principalmente ao longo da porção oeste do semiárido do Nordeste, a Região 2 engloba cerca de 198.175 km², aproximadamente 23% da área total e apresenta, aproximadamente 8.420 km² de áreas potencialmente em processo de desertificação. As maiores extensões de área nesta região estão nos Estados da Bahia e Piauí, correspondendo a 101.475 (51%) e 54.175 (27%) km², respectivamente. Apesar de apresentar alta suscetibilidade em relação à geologia, essa região é classificada como de média suscetibilidade. Assim como na Região 1, o índice de aridez predominante é o subúmido-seco, com pedologias e geomorfologias classificadas como de média suscetibilidade. Aproximadamente 63% da região apresenta declividade entre 2 e 6%, considerada de baixa suscetibilidade. Apenas os municípios de Morada Nova e Alto Santo (ND Jaguaribe), Araripina (ND Cabrobó) e Jeremoabo (ND Sertão do São Francisco), pertencentes a núcleos de desertificação, apresentam áreas classificadas nesta região.

4.2.3 Região 3

Considerada como de alta suscetibilidade à desertificação, a Região 3 está localizada, principalmente, na porção central (sertão) do SANEB, com uma extensão de aproximadamente 312.175 km² (36% do SANEB). Os resultados

indicam que cerca de 26% (81.823 km²) são definidas como APDs. O Estado da Bahia é o que apresenta maior extensão, com 47% do seu território inserido nesta região, seguido pelos Estados de Pernambuco (17%), Piauí (13%), Ceará (11%) e Rio Grande do Norte (6%). Aproximadamente 99% da região apresenta índice de aridez semiárido, além de apresentar, ainda, geologia e pedologia classificadas como de alta suscetibilidade. Assim como a Região 2, apresenta maior percentual de áreas com geomorfologia e declividade classificadas como de média e baixa suscetibilidade.

A Região 3 é a única que perpassa todos os núcleos de desertificação pertencentes ao SANEB; quase que 100% da terra dos núcleos de **Cabrobó** – PE (Cabrobó, Orocó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco, Salgueiro, Parnamirim, Itacuruba, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e Floresta), **Sertão do São Francisco** – BA (Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Juazeiro, Canudos) e **Inhamuns** – CE (Arneiroz, Independência e Tauá) pertencem a essa região. Além desses, porções significativas dos núcleos de **Cariris Velhos** – PB (Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras, Camalaú), **Seridó** – RN (Acari, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Cruzeta, Equador, Parelhas e Santana do Seridó), Jaguaribe – CE (Alto Santo, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe) e Irauçuba - CE (Irauçuba e Sobral) integram esta região.

4.2.4 Região 4

A Região 4 se distribui ao longo das porções oeste e leste do SANEB, em sua maioria, e compreende cerca de 179.750 km², sendo que 86% dessa área estão nos Estados da Bahia (43%), Piauí (26%) e Ceará (17%). Apesar de apresentar baixa suscetibilidade à desertificação, aproximadamente 7.027km² são consideradas APDs. Quanto aos aspectos ambientais analisados, apenas a geomorfologia apresenta maior área com média suscetibilidade. O índice de aridez subúmido–úmido está presente em aproximadamente 97% da região. Nenhum dos municípios pertencentes aos ND faz parte dessa região.

4.3 **Análise dos determinantes do padrão e da mudança nas áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação.**

Nesta seção são apresentados os principais resultados referentes à análise dos fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação. Na *Seção 4.3.1* apresenta-se a comparação entre as abordagens de análises segundo o padrão e a mudança, para toda a região do SANEB. As *Seções 4.3.2 a 4.3.4* apresentam as relações e contribuições das principais variáveis segundo as dimensões ambiental, socioeconômica e pecuária, ao longo da área estudada e das regiões detalhadas na *Seção 4.2*.

4.3.1 Comparação das abordagens de análise do padrão e da mudança ao longo do SANEB.

A degradação da terra na região semiárida é resultado da combinação de fatores ambientais e climáticos associados a um contexto socioeconômico que corroboram entre si para potencializar os processos de desertificação nesta região. As Tabelas 4.2 e 4.3 apresentam os fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB, segundo análise da estrutura das áreas (padrão) e das mudanças, respectivamente, ocorridas entre os anos de 2000 e de 2010.

Tabela 4.2 – Fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB, segundo o padrão.

Fator	Variável	Descrição	Unidade	Fonte
População residente	pop_rural	Média da população rural em cada célula	habitantes	IBGE (2000, 2010)
	dens_pop_rural	Média da densidade da população rural em cada célula	hab/km²	IBGE (2000, 2010)
Desenvolvimento regional e humano	tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula	%	PNUD (2015)
	prop_vulne_pobreza	Média da proporção da população vulnerável à pobreza em cada célula	%	PNUD (2015)
	gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula	-	IBGE (2000, 2010)
Estrutura agrária	perc_estab_agro_<10_ha	Média do percentual de estabelecimentos com menos de 10 ha em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_>100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com mais de 100 ha em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos agropecuários de não proprietários em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	gini_estrut_agraria	Média do índice de gini de estrutura agrária em cada célula	-	IBGE (1996, 2006)
Utilização da terra	prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_area_estab_agro_lav_temp	Porcentagem da área da célula com áreas dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária.	%	IBGE (1996, 2006)
	prop_pastagem_x_lav_temp	Média da proporção de área com pastagem natural e plantada em relação à áreas com lavoura temporária em cada célula	-	IBGE (1996, 2006)
	tx_lotacao_animal	Média da taxa de lotação animal em cada célula	-	IBGE (1996, 2006)
Tecnologia	perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_assitencia	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de assistência em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)

(Continua)

Tabela 4.2 – Conclusão.

Fator	Variável	Descrição	Unidade	Fonte
Atividades econômicas	efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula	cabeças	IBGE (1996, 2006)
	efet_reb_capri_ovin	Média do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula	cabeças	IBGE (1996, 2006)
	prop_efet_reb_capr_ovin	Média da proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
Instrumentos de planejamento e políticas públicas	dist_rodovias	Distância euclidiana às rodovias pavimentadas mais próximas	km	MMA (2015)
	cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula	%	(BNB, 2014)
	dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização	km	VALVERDE (1967), ANDRADE, (1973, 2004), SOUZA (1989) e JUCÁ (1994)
	dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização	km	VALVERDE (1967), ANDRADE, (1973, 2004), SOUZA (1989) e JUCÁ (1994)
Ambientais e climáticos	decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	pedol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à pedologia em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca	%	CARVALHO (1973)

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 4.3 – Fatores relacionados à degradação da cobertura vegetal "*proxy*" do processo de degradação/desertificação no SANEB, segundo a mudança.

Fator	Variável	Descrição	Unidade	Fonte
População residente	pop_rural	Média da população rural em cada célula	habitantes	IBGE (2000, 2010)
	dens_pop_rural	Média da densidade da população rural em cada célula	hab/km²	IBGE (2000, 2010)
Desenvolvimento regional e humano	tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula	%	PNUD (2015)
	prop_vulne_pobreza	Média da proporção da população vulnerável à pobreza em cada célula	%	PNUD (2015)
	gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula	-	IBGE (2000, 2010)
Estrutura agrária	perc_estab_agro_<10_ha	Média do percentual de estabelecimentos com menos de 10 ha em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_n_prop	Média da porcentagem de estabelecimentos agropecuários de não proprietários em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
Utilização da terra	prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_area_estab_agro_lav_temp	Porcentagem da área da célula com áreas dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária.	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_pec	Média da porcentagem de estabelecimentos com pecuária em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	tx_lotacao_animal	Média da taxa de lotação animal em cada célula	-	IBGE (1996, 2006)
Tecnologia	perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_assitencia	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de assistência em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)

(Continua)

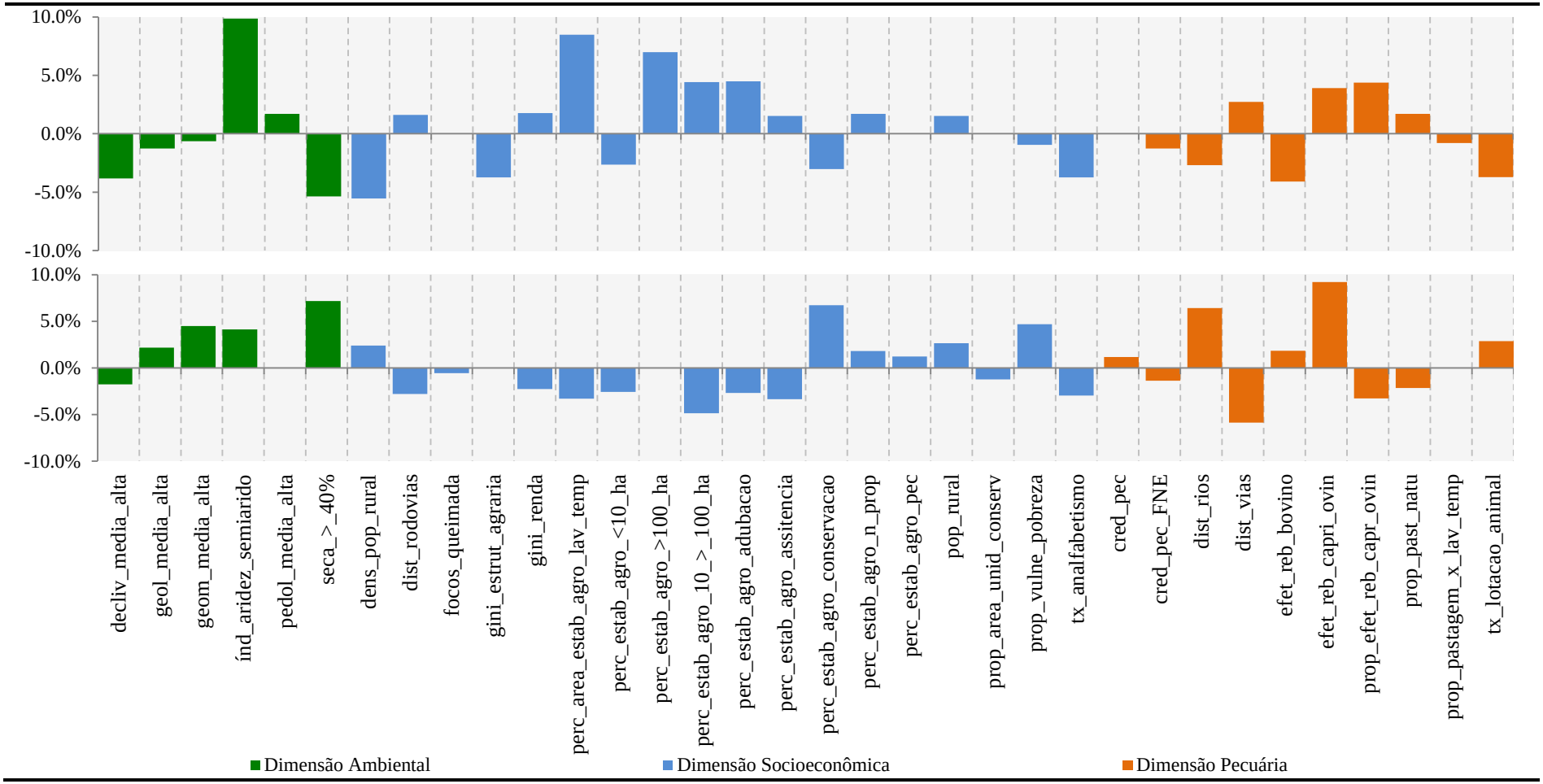
Tabela 4.3 – Conclusão.

Fator	Variável	Descrição	Unidade	Fonte
Atividades econômicas	efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula	cabeças	IBGE (1996, 2006)
	efet_reb_capri_ovin	Média do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula	cabeças	IBGE (1996, 2006)
	prop_efet_reb_capr_ovin	Média da proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula	%	IBGE (1996, 2006)
	focos_queimada	Número de focos de queimadas em cada célula	-	(INPE, 2015)
Instrumentos de planejamento e políticas públicas	dist_rodovias	Distância euclidiana às rodovias pavimentadas mais próximas	km	MMA (2015)
	cred_pec	Média do percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em cada célula		BCB (2000, 2010)
	cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula	%	BNB (2014)
	prop_area_unid_conserv	Porcentagem da área da célula com unidades de conservação	%	MMA (2015)
	dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização	km	VALVERDE (1967), ANDRADE, (1973, 2004), SOUZA (1989) e JUCÁ (1994)
	dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização	km	VALVERDE (1967), ANDRADE, (1973, 2004), SOUZA (1989) e JUCÁ (1994)
Ambientais e climáticos	decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido	%	SAP (2015) e VIEIRA (2015)
	seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca	%	CARVALHO (1973)

Fonte: Elaboração do autor.

As análises dos fatores mostraram que, de acordo com abordagem considerada (padrão ou mudança), há diferenciação entre as principais variáveis explicativas, bem como a inversão das relações de algumas destas com a variável dependente (percentual de APDS em cada célula) (Figura 4.9). Por exemplo, ao considerarmos a variável **efetivo do rebanho bovino** (*efet_reb_bovino*), observou-se que a mesma apresentou relações diferenciadas quanto à análise do padrão e da mudança. Na primeira, a relação foi inversamente proporcional às APDs, ou seja, quanto menor o efetivo, maior é o percentual de APD. Isto não traduz, efetivamente, a realidade empírica existente. Na análise da mudança, esta variável é diretamente proporcional às APD, significando que, quanto maior o efetivo do rebanho, maior as APDs.

Figura 4.9 – Análise do padrão (a) e da mudança (b) das variáveis ambientais, socioeconômicas e pecuárias.



Fonte: Elaboração do autor

De modo geral, observou-se que o modelo de regressão segundo a análise do padrão capturou essencialmente a situação presente (como um retrato) do ano de análise, não deixando margem às inferências sobre as relações que levaram àquele estado, como preconizado na *Seção 3.5*. Complementando o exemplo citado, examinando a situação presente (apenas) pode-se inferir que a diminuição do efetivo de rebanho é uma "consequência" proporcional ao aumento das APDs.

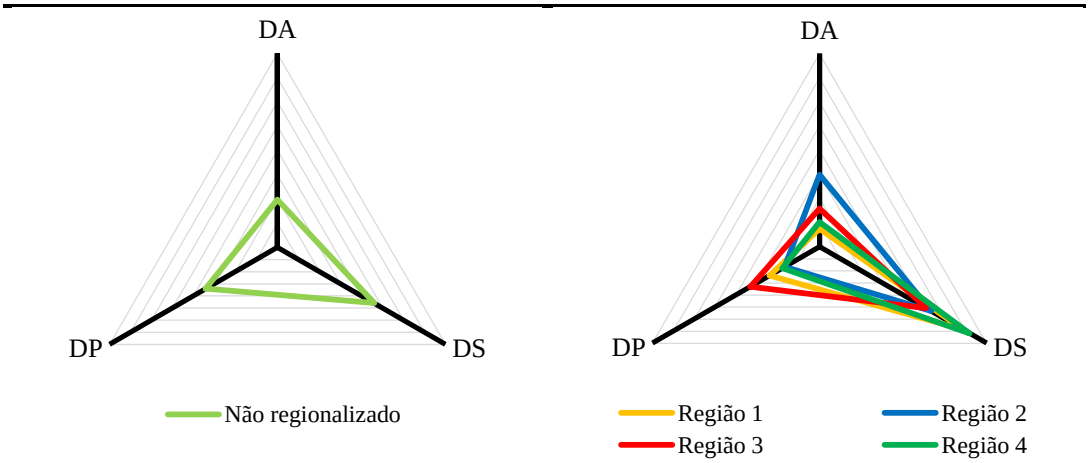
Além da divergência nas relações entre as variáveis explicativas e a dependente nos dois modelos de regressão, observou-se que ocorre, ainda, diferenciação no nível de significância e de contribuição das variáveis. Na análise do padrão, 52% da variância total são explicados pelas variáveis socioeconômicas, seguida das variáveis ambientais (23%) e das variáveis da pecuária (25%). Na análise da mudança, observou-se uma redução na contribuição das variáveis ambientais (20%) e socioeconômicas (46%) e aumento nas variáveis da pecuária (34%). Assim, pode-se constatar que variáveis com maior dinâmica, ou seja, as socioeconômicas e as da pecuária apresentam maiores valores de contribuição em relação à variância total, quando comparadas as ambientais. Em parte esses resultados podem ser explicados pelo processo de degradação/desertificação ser dinâmico, porém lento, diferentemente do que ocorre, por exemplo, com o desmatamento, a expansão agrícola entre outros que, de modo geral, ocorrem de forma mais rápida.

A partir dessa análise preliminar, constatou-se que a análise da mudança permite uma melhor compreensão do processo de degradação/desertificação e das relações estabelecidas entre os fatores determinantes. Desta forma, os resultados apresentados nas seções seguintes, concentram-se naqueles obtidos por meio da análise da mudança das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação. Os resultados são apresentados segundo a análise do processo considerando o modelo não regionalizado e os modelos regionalizados, destacando-se os resultados da Região 3, identificada como a região de maior suscetibilidade e ocorrência de APDs.

A Figura 4.10 apresenta a contribuição das dimensões ambiental, socioeconômica e pecuária segundo a mudança. Como destacado anteriormente, pode-se observar que a dimensão socioeconômica apresentou maior contribuição em comparação

com as demais em todos os modelos (não regionalizado e regionalizado). A dimensão pecuária, com exceção da Região 2, apresentou valores de contribuição maiores em comparação com a dimensão ambiental. Deve-se destacar, que nas Regiões 1 e 3, em que o processo de degradação/desertificação ocorre como maior intensidade, a contribuição da pecuária se mostrou significativamente superior a contribuição da dimensão ambiental.

Figura 4.10 – Distribuição da contribuição *percentual* das dimensões ambiental (DA), socioeconômica (DS) e pecuária (DP) para o processo de desertificação no SANEB.



Dimensão	%				
	Não regionalizado	Região			
		1	2	3	4
Ambiental	19,7	7,4	29,9	15,9	10,3
Socioeconômica	46,1	68,6	53,4	51,0	71,9
Pecuária	34,2	23,9	16,7	33,1	17,8

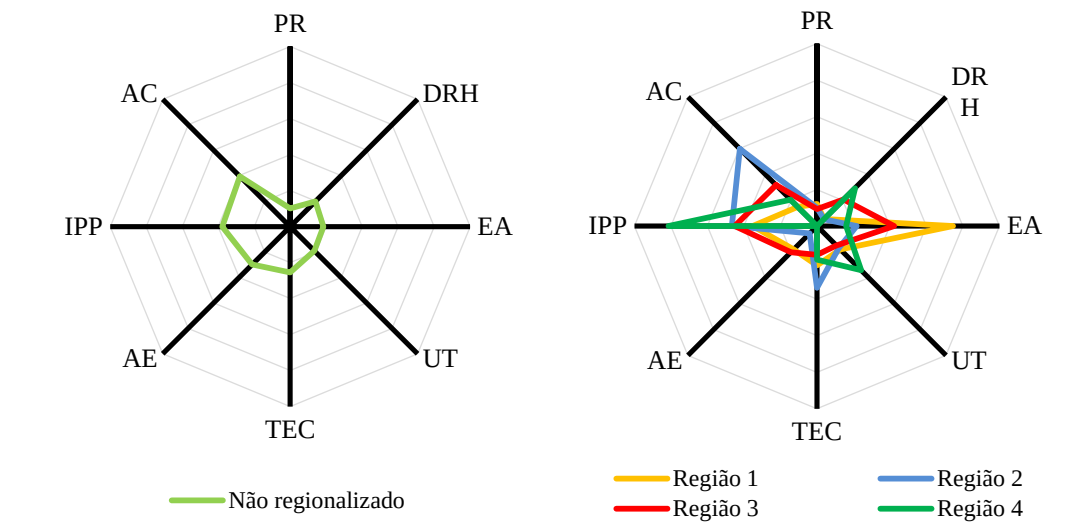
Fonte: Elaboração do autor.

A Figura 4.11 detalha a contribuição dos fatores que compõem as dimensões ambiental, socioeconômica e pecuária. Observa-se que os fatores **instrumentos de planejamento e políticas públicas** (25%), **estrutura agrária** (17%) **ambientais e climáticos** (17%), **tecnologia** (12%) e **utilização da** terra (10%) são os mais importantes para a determinação das mudanças das APDs. Corroborando com esses resultados, Perez-Marin et al. (2012) relacionaram as condições climáticas, edáficas, ocupação e uso da terra, sistemas de produção e estrutura

agrária como fatores relevantes da degradação da terra na região Nordeste, em especial nos núcleos de desertificação.

Os resultados mostram que a maior parte dos fatores relacionados aos processos de degradação e desertificação, está relacionada às ações de natureza antrópica, indicando, assim, que além do estudo em longo prazo do processo, torna-se fundamental o estudo das relações de curto prazo que podem agravar ou suprimir os processos de degradação e desertificação no SANEB. Nesse sentido, buscou-se desmembrar os fatores, a fim de detalhar as relações entre as diferentes categorias e o processo de degradação/desertificação no SANEB. Na seção seguinte são detalhadas as variáveis, suas relações e contribuições ao processo.

Figura 4.11 – Contribuição percentual dos fatores relacionados aos processos de degradação/desertificação no SANEB.



Fator	%				
	Não regionalizado	Região			
		1	2	3	4
População residente	5,0	6,0	5,0	4,7	-
Desenvolvimento regional e humano	9,9	2,8	2,7	10,3	14,7
Estrutura agrária	9,2	37,3	10,9	21,1	8,0
Utilização da terra	9,5	9,1	8,5	7,5	17,1
Tecnologia	12,8	10,7	16,9	7,9	9,2
Atividades econômicas	14,9	9,1	2,8	10,1	-
Instrumento de planejamento e políticas públicas	18,9	17,6	23,3	22,6	40,7
Ambientais e climáticos	19,7	7,4	29,9	15,9	10,3

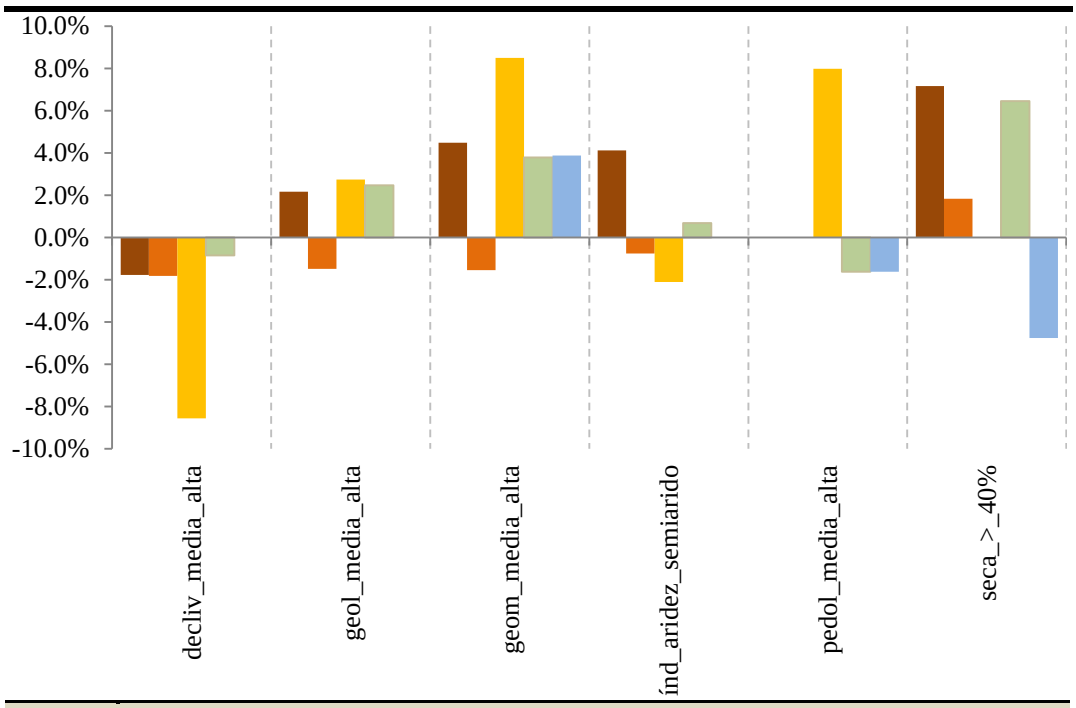
PR = População residente; DRH = Desenvolvimento regional e humano; EA = Estrutura agrária; UT = Utilização da terra; TEC = Tecnologia; AE = Atividades econômicas; IPP = Instrumento de planejamento e políticas públicas e AC = Ambientais e climáticos.

Fonte: Elaboração do autor.

4.3.2 Dimensão ambiental

Na Figura 4.12 são apresentadas as variáveis ambientais e climáticas consideradas significativas na análise de regressão, bem como a contribuição de cada uma para as áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação.

Figura 4.12 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão ambiental, para os modelos não regionalizado e regionalizado.



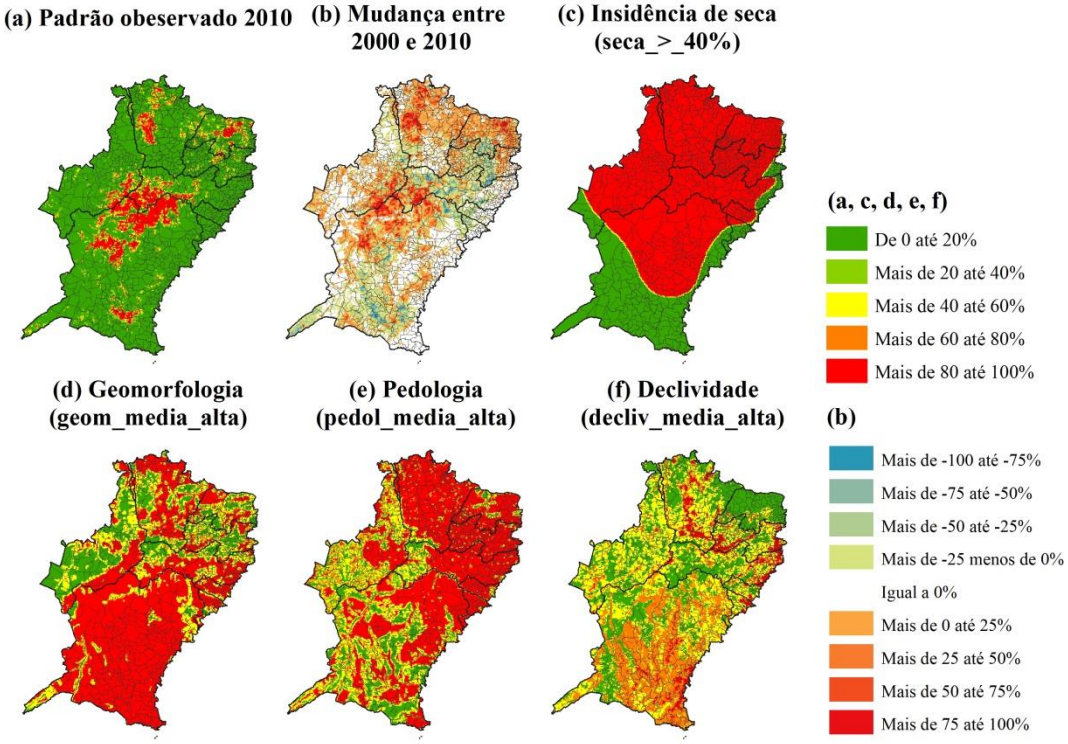
	%					
N_Reg	-1.8	2.2	4.5	4.1	-	7.2
Reg_1	-1.8	-1.5	-1.5	-0.8	-	1.8
Reg_2	-8.6	2.7	8.5	-2.1	8.0	-
Reg_3	-0.8	2.5	3.8	0.7	-1.6	6.5
Reg_4	-	-	3.9	-	-1.6	-4.8

N_Reg = não regionalizado; Reg_ = regionalizado.

Fonte: Elaboração do autor.

Aproximadamente, 80% da variância da dimensão ambiental e 16% da variância total são explicadas pelas variáveis ***percentual de área com mais de 40% de incidência de seca*** (seca_>_40%), ***percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia*** (geom_media_alta) e ***pedologia*** (pedol_media_alta). A Figura 4.13 apresenta a distribuição espacial das principais que contribuíram nesta dimensão.

Figura 4.13 – Distribuição espacial das principais variáveis que contribuíram para a dimensão ambiental.



Fonte: Elaboração do autor.

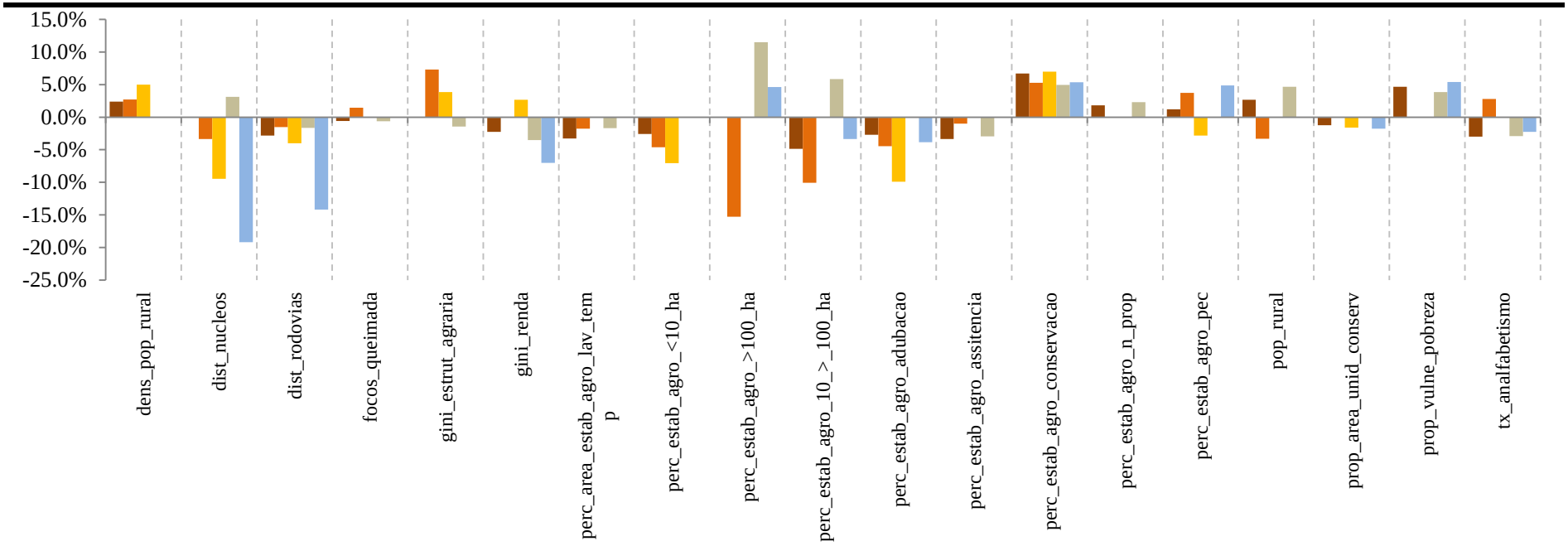
4.3.3 Dimensão socioeconômica

Na Figura 4.14 apresentam-se as variáveis que compõem a dimensão socioeconômica consideradas significativas nas análises de regressão, além de suas respectivas contribuições para a mudança nas APDs. De acordo com os resultados, observou-se que, a variável ***percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais*** (perc_estab_agro_>100_ha) apresentou maior contribuição, sendo que esta a mesma responde por, aproximadamente, 13% da variância média desta dimensão. Observou-se, ainda, que a mesma apresentou relação inversamente proporcional na Região 1.

Na região semiárida, esses estabelecimentos tem um papel importante na transformação da paisagem, uma vez que neles há substituição da cobertura natural por extensas áreas com pastagens naturais e/ou plantadas, ou, ainda, por grandes áreas de monoculturas. Apesar dos estabelecimentos maiores de 10 e menores de 100 ha apresentarem relação inversamente proporcional no modelo não regionalidade e na Região 1, deve-se destacar que na Região 3 tanto os

estabelecimentos com maiores extensões como os de menor área, contribuem positivamente para a transformação do espaço natural.

Figura 4.14 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão socioeconômica, para os modelos geral e regionalizado.



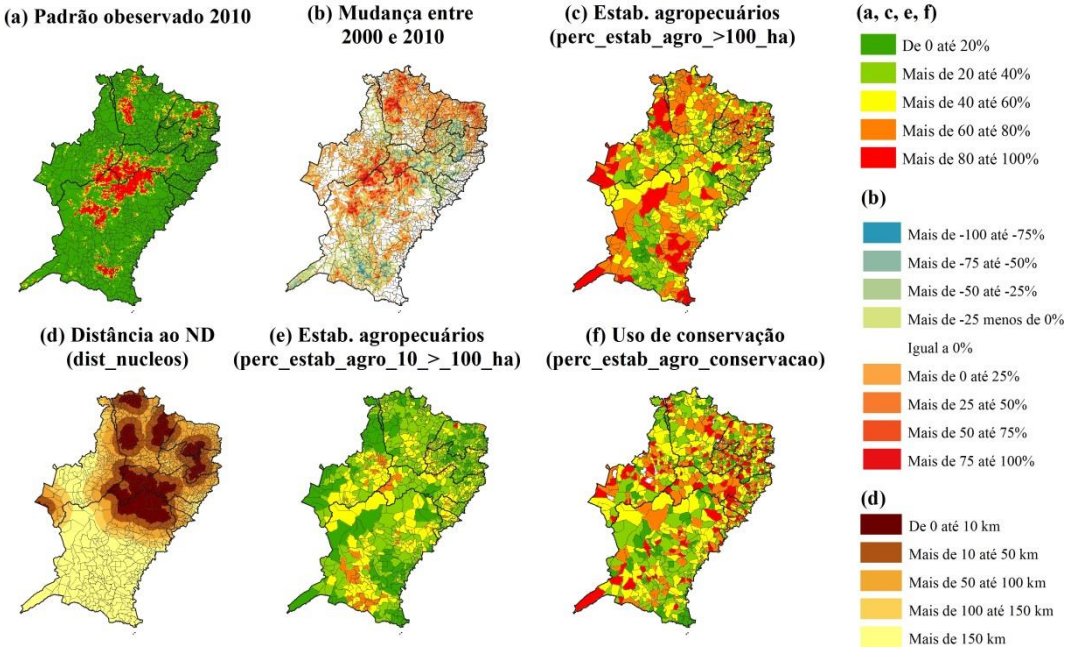
	%																		
N_Reg	2.4	-	-2.8	-0.6	-	-2.3	-3.3	-2.6	-	-4.9	-2.7	-3.4	6.7	1.8	1.2	2.7	-1.2	4.7	-3.0
Reg_1	2.7	-3.3	-1.5	1.4	7.3	-	-1.8	-4.6	-15.3	-10.1	-4.5	-1.0	5.3	-	3.7	-3.3	-	-	2.8
Reg_ 2	5.0	-9.5	-4.0	-	3.8	2.7	-	-7.1	-	-	-9.9	-	7.0	-	-2.8	-	-1.6	-	-
Reg_ 3	-	3.1	-1.6	-0.6	-1.5	-3.5	-1.7	-	11.5	5.9	-	-2.9	4.9	2.3	-	4.7	-	3.9	-2.9
Reg_ 4	-	-19.2	-14.2	-	-	-7.0	-	-	4.6	-3.4	-3.8	-	5.3	-	4.9	-	-1.8	5.4	-2.3

N_Reg = não regionalizado; Reg_ = regionalizado.

Fonte: Elaboração do autor.

Aproximadamente 39% da variância média total desta dimensão e 31% da variância total correspondem às variáveis ***percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 10 ha a menos de 100 ha*** (perc_estab_agro_10_>_100_ha), ***com 100 ha a mais*** (perc_estab_agro_>100_ha), ***distância mínima aos núcleos de desertificação*** (dist_nucleos) e ***percentual de estabelecimentos com informação de uso de conservação*** (perc_estab_agro_conservacao), distribuídas espacialmente conforme Figura 4.15.

Figura 4.15 – Distribuição das principais variáveis que contribuíram para a dimensão socioeconômica.

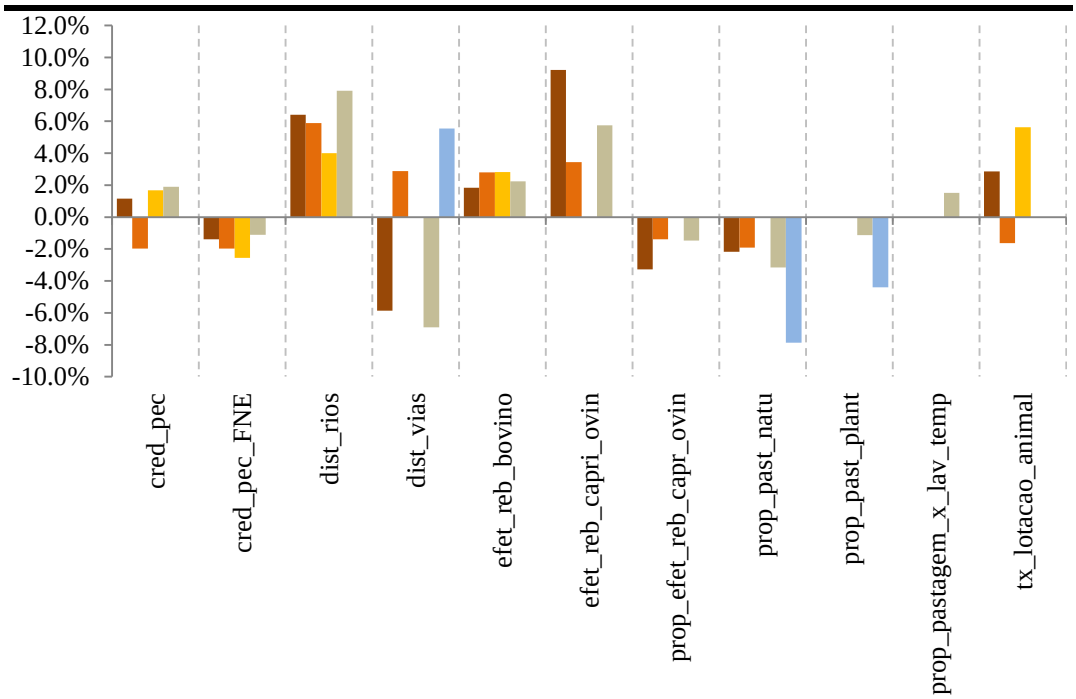


Fonte: Elaboração do autor.

4.3.4 Dimensão pecuária

A Figura 4.16 apresenta as variáveis significativas que compõem a dimensão pecuária consideradas nas análises de regressão, além de suas respectivas contribuições para a mudança.

Figura 4.16 – Comparação gráfica da contribuição percentual de variância dos principais fatores determinantes da mudança, segundo a dimensão pecuária, para os modelos geral e regionalizado.



	%										
N_Reg	1.2	-1.4	6.4	-5.9	1.8	9.2	-3.3	-2.2	-	-	2.9
Reg_1	-2.0	-2.0	5.9	2.9	2.8	3.4	-1.4	-1.9	-	-	-1.6
Reg_2	1.7	-2.6	4.0	-	2.8	-	-	-	-	-	5.6
Reg_3	1.9	-1.1	7.9	-6.9	2.2	5.8	-1.5	-3.2	-1.1	1.5	-
Reg_4	-	-	-	5.6	-	-	-	-7.9	-4.4	-	-

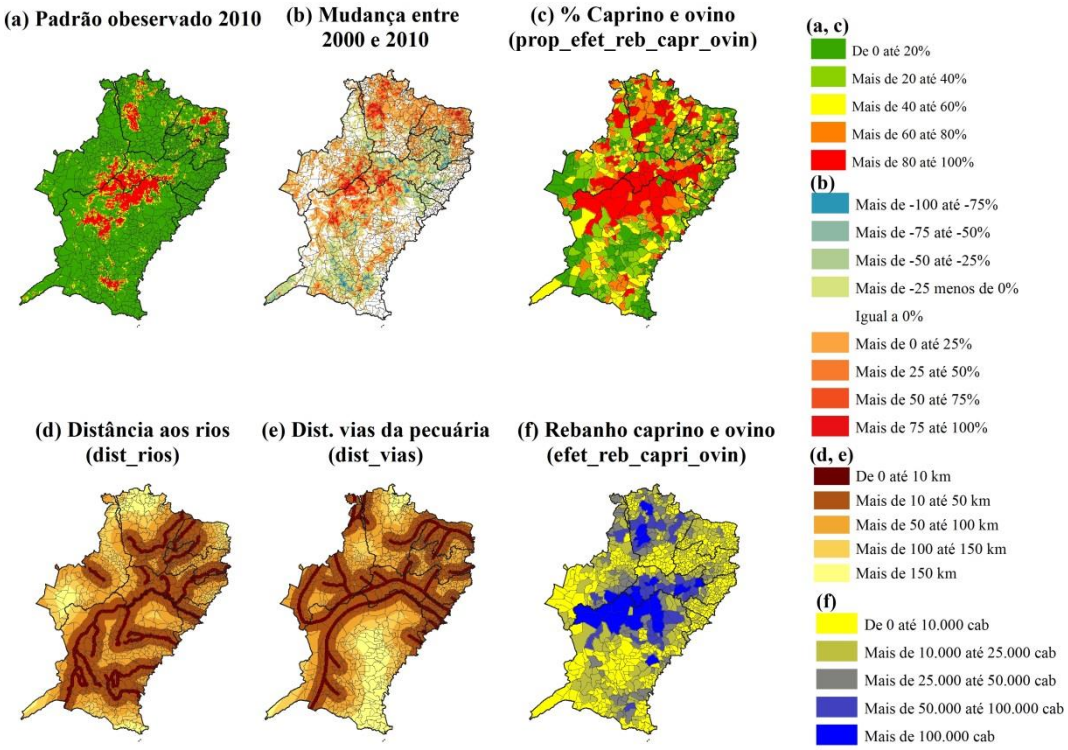
N_Reg = não regionalizado; Reg_ = regionalizado.

Fonte: Elaboração do autor.

Na análise das variáveis que compõem a dimensão pecuária, observou-se que 58% da variação total desta dimensão são explicados pelas variáveis ***proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino*** (prop_efet_reb_capr_ovin), ***distância aos principais rios*** (dist_rios) e as ***vias de penetração da pecuária*** (dist_vias) e

efetivo total do rebanho caprino e ovino (efet_reb_capri_ovin). A distribuição dessas variáveis pode ser observada na Figura 4.17.

Figura 4.17 – Distribuição das principais variáveis que contribuíram para a dimensão pecuária.



Fonte: Elaboração do autor.

Observou-se que no período analisado o estudo da ***distância aos principais rios*** (dist_rios), indicou que as maiores mudanças têm ocorrido em áreas mais distantes dos rios. Isso pode ser explicado devido às áreas próximas aos rios apresentarem um maior grau de degradação, oriundo, principalmente, do processo de ocupação e exploração das áreas dos vales dos rios ao longo dos tempos. Neste contexto, observou-se que há uma tendência de expansão e não somente de manutenção das atuais áreas já degradadas.

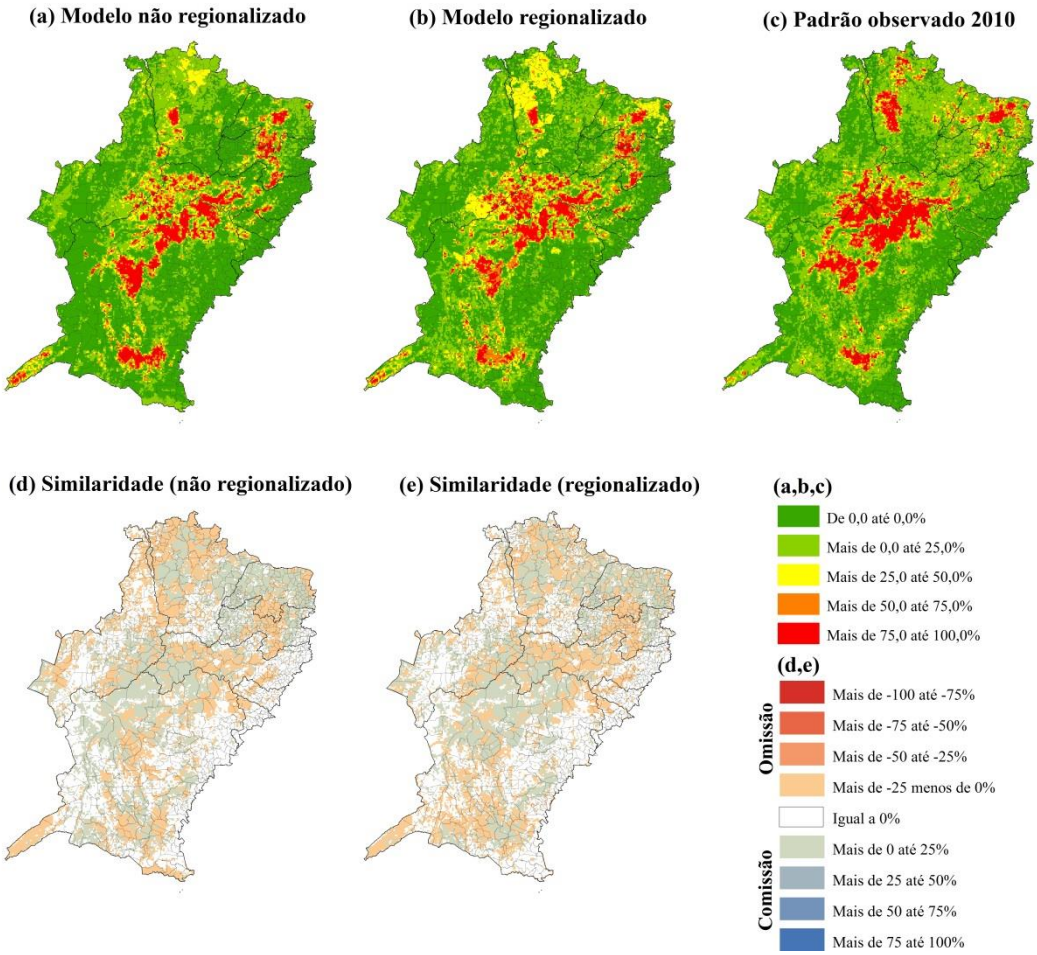
A caprinovinocultura e a bovinocultura, apresentaram contribuição positiva para as mudanças das APDs ocorridas (Figura 4.16), principalmente na Região 1 e 3, que apresenta maiores extensões de APDs. Em algumas áreas que passaram da classificação APD para NAPD, verificou-se um aumento das pastagens plantadas. Assim, constatou-se que as mesmas contribuem mais para a mudança do que as pastagens naturais, principalmente porque as áreas com pastagem natural já

apresentam alto grau de degradação. A recuperação de áreas abandonadas e/ou degradadas para uso como áreas de pastagem, ou até agricultura, pode ser importante no combate à desertificação; entretanto, o que ocorre em diversas regiões é o fluxo contrário, onde se explora e depois há abandono.

4.4 Modelagem das áreas com cobertura vegetal degradada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de desertificação no SANEB.

Nesta seção são apresentados os resultados da modelagem dinâmica espacialmente explícita no arcabouço de modelagem LuccME. A análise desses modelos que visam avaliar o potencial das variáveis selecionadas na *Seção 4.3* para representação do processo de degradação/desertificação no SANEB, bem como inferir sobre a localização, intensidade e a direção da mudança nas APDs, em conformidade com o estabelecido no modelo conceitual. Os resultados apresentados são oriundos de dois modelos desenvolvidos conforme o estudo dos determinantes da mudança: **Não regionalizado** e **Regionalizado**. O Apêndice C detalha a parametrização dos modelos. A Figura 4.18 apresenta a distribuição do percentual de APDs segundo os dois modelos, bem como os mapas de similaridade.

Figura 4.18 – Percentual de APDs em cada célula, segundo o modelo (a) não regionalizado, o (b) modelo regionalizado e o (c) padrão observado no de 2010 e os mapas de similaridade (em relação ao observado) para os modelos (d) não regionalizado e (e) regionalizado.



Fonte: Elaboração do autor.

Pode-se observar que o modelo foi capaz de reproduzir o padrão das APDs; no entanto, apresentou casos de omissão (valores subestimados) e comissão (valores superestimados). Em consonância com a métrica de validação adotada, observou-se que o modelo regionalizado apresentou um nível médio de similaridade maior do que o geral (entre os mapas simulado e real), em torno de 60% e 54%, respectivamente (Tabela 4.4). Na Região 3, especificamente, o nível médio de similaridade foi de 57% para o modelo não regionalizado e de 62% para o modelo regionalizado, corroborando com todas as demais análises apresentadas anteriormente.

Tabela 4.4 – Nível de similaridade entre os mapas simulado e real para o ano de 2010, segundo os modelos não regionalizado e regionalizado.

Janela considerada	Nível de similaridade (%)			
	Não regionalizado	Regionalizado	Região 3	
			Não regionalizado	Regionalizado
1	48,07	51,29	52,09	54,88
2	49,35	53,46	52,92	56,41
3	50,16	54,90	53,93	57,80
4	51,56	56,77	54,27	58,14
5	52,51	57,87	55,32	59,52
6	52,68	58,00	55,88	60,40
7	53,22	59,16	56,07	61,25
8	53,43	59,03	55,77	60,84
9	54,15	60,36	56,14	61,54
10	54,19	59,62	58,00	62,08
11	55,04	61,15	58,28	62,04
12	55,99	61,96	58,61	63,02
13	56,00	62,79	57,94	62,87
14	55,68	63,51	58,22	62,78
15	55,95	63,12	58,60	63,36
16	56,04	63,65	58,51	64,05
17	57,19	64,45	59,20	65,26
18	57,29	64,30	59,53	66,92
19	57,00	64,39	59,60	67,82
20	58,39	66,26	60,12	68,24

Fonte: Elaboração do autor.

Como pode ser observado na Tabela 4.4, os modelos apresentam diferenças no nível de similaridade de acordo como o percentual de APDs identificado nas células. Assim, realizou-se a análise da similaridade segundo a intensidade do processo, adotando-se para tanto, os níveis de 0 a 25%, de 25 a 50%, de 50 a 75% e de 75 a 100% de APDs, conforme apresentado na Tabela 4.5. Pode-se verificar que em ambos os modelos, quanto maior o percentual de APDs, maior o nível de similaridade.

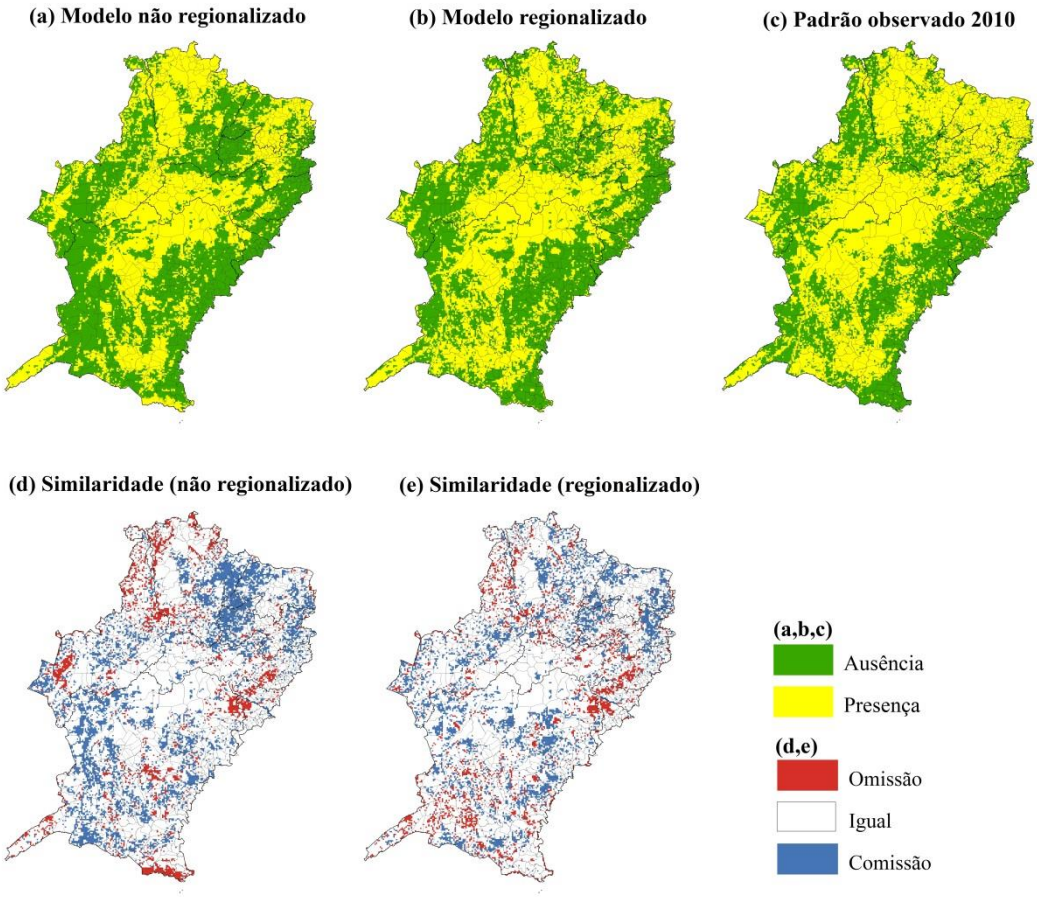
Tabela 4.5 – Nível de similaridade entre os mapas simulado e real para o ano de 2010, segundo os modelos não regionalizado e regionalizados.

Janela considerada	Nível de similaridade (%)							
	Geral				Regionalizado			
	Porcentagem da célula com APD							
	0 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	75 a 100%	0 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	75 a 100%
1	34,72	56,50	56,27	56,92	39,07	58,59	60,55	58,73
2	40,94	56,64	57,22	57,93	45,83	59,31	61,51	60,70
3	44,19	56,85	57,53	58,53	49,48	60,56	62,15	61,96
4	47,20	57,13	58,93	58,89	53,42	61,24	63,38	62,57
5	48,18	58,04	59,19	59,35	55,00	61,93	62,85	63,58
6	49,62	58,45	59,49	59,81	56,70	62,53	63,63	64,62
7	50,10	59,22	60,65	60,41	57,58	63,57	65,79	65,54
8	50,99	59,58	60,34	60,81	58,82	64,07	65,14	64,98
9	52,41	60,05	60,13	59,91	58,22	64,30	65,86	65,54
10	53,28	59,72	60,00	59,77	58,75	63,68	65,82	66,39
11	54,52	59,61	61,17	60,29	60,38	64,15	66,45	66,58
12	54,34	60,39	60,60	61,99	61,19	65,94	65,23	66,94
13	55,98	60,07	61,96	62,99	63,41	64,22	65,29	67,97
14	55,93	60,23	63,37	62,58	64,22	63,64	67,64	67,42
15	54,85	61,68	62,35	62,09	63,87	65,32	67,65	66,27
16	55,73	60,59	61,88	60,87	64,43	64,72	67,38	66,01
17	55,69	57,94	62,19	61,79	63,29	64,22	67,07	66,06
18	56,14	60,23	61,98	61,20	63,56	65,34	69,28	65,92
19	56,31	59,97	60,92	62,80	65,35	66,62	68,21	67,67
20	57,70	60,82	63,51	63,25	66,63	67,21	68,69	67,21

Fonte: Elaboração do autor.

Além da intensidade, verificou-se ainda se os modelos foram capazes de indicar a localização das áreas em processo de desertificação. Assim, foram consideradas a presença ou ausência de áreas em processo de desertificação em cada célula, entre os mapas simulado e real (Figura 4.19). Segundo a localização, o modelo não regionalizado apresentou nível de similaridade igual a 72%, enquanto que o modelo regionalizado apresentou 76%. Na Região 3, o nível de similaridade foi de 80% e 77% para os modelos não regionalizado e regionalizado, respectivamente. Assim como para a análise da intensidade, as áreas com maior nível de degradação (de 75 a 100% de ADP) apresentaram valores mais altos de similaridade entre o mapa simulado e o real, com ambos os modelos apresentando 97% de similaridade.

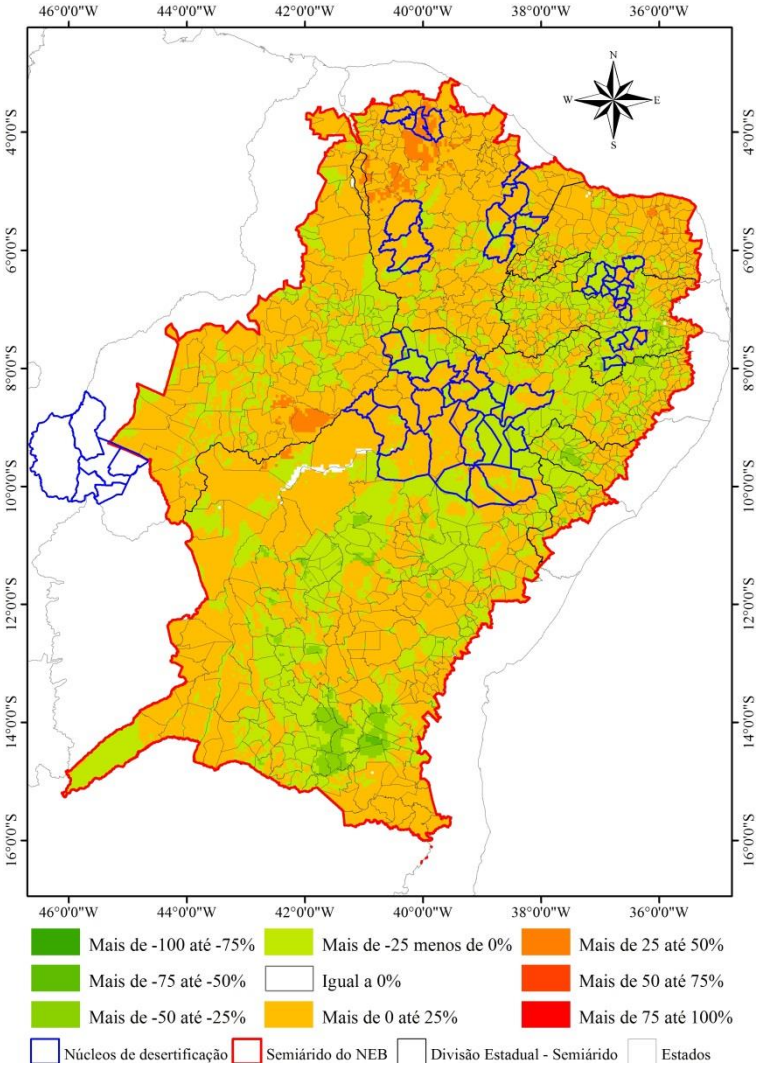
Figura 4.19 – Distribuição da presença e ausência de APDs segundo o (a) modelo não regionalizado, (b) modelo regionalizado e o (c) padrão observado no de 2010 e os mapas de similaridade para os modelos (d) não regionalizado e (e) regionalizado.



Fonte: Elaboração do autor.

Por fim, a Figura 4.20 apresenta-se o mapa da distribuição do potencial de ocorrência de mudança nas células. O mapa de potencial é um indicador das áreas que no futuro poderão ser afetadas pelo processo de desertificação.

Figura 4.20 – Distribuição do potencial de mudança de APDs segundo o modelo regionalizado.



Fonte: Elaboração do autor.

Pode-se observar na Figura 4.20 que os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Bahia apresentam maior potencial de mudança na direção do aumento de APDs, principalmente nas regiões próximas aos núcleos de desertificação. A Tabela 4.6 apresenta a hierarquização dos municípios do semiárido do Nordeste do Brasil segundo o menor (negativo) e o maior (positivo) potencial médio de ocorrência de áreas em processo de desertificação.

Tabela 4.6 – Hierarquização dos 16 municípios com menor (a esquerda) e maior (a direita) potencial médio de ocorrência de áreas em processo de desertificação no SANEB.

Ordem	Município	$\bar{x}$	Município	$\bar{x}$
1	Caetanos - BA	-0.494	Dom Inocêncio - PI	0.284
2	Santa Cruz do Capibaribe - PE	-0.323	Nova Russas - CE	0.276
3	Maetinga - BA	-0.305	Irauçuba – CE*	0.269
4	Dom Basílio - BA	-0.294	Santa Quitéria - CE	0.267
5	Aracatu - BA	-0.288	Jandaíra - RN	0.263
6	São José da Tapera - AL	-0.281	Tamboril - CE	0.262
7	Presidente Dutra - BA	-0.259	Parazinho - RN	0.252
8	Bom Jesus da Serra - BA	-0.257	Jardim de Angicos - RN	0.240
9	Mirante - BA	-0.256	Crateús - CE	0.239
10	Presidente Jânio Quadros - BA	-0.249	Ararendá - CE	0.237
11	Brumado - BA	-0.244	Ipaporanga - CE	0.223
12	Caraíbas - BA	-0.244	Sobral – CE*	0.208
13	Ibititá - BA	-0.225	Bento Fernandes - RN	0.207
14	Senador Rui Palmeira - AL	-0.223	Miraíma - CE	0.205
15	Umburanas - BA	-0.213	Forquilha – CE*	0.204

* Núcleo de Irauçuba; ** Núcleo de Cabrobó

Fonte: Elaboração do autor.

Os municípios de Caetanos (BA), Santa Cruz do Capibaribe (PE) e Maetinga (BA) foram os que apresentaram os menores valores de potencial. Os municípios que apresentaram os maiores valores de potencial foram Dom Inocêncio (PI), Nova Russas e Irauçuba (CE), ou seja, são aqueles que têm grandes possibilidades de apresentarem APD. Por essa razão, devem ser áreas-pilotos para inserção em políticas públicas para o combate à degradação/desertificação.

5 CONCLUSÕES

5.1 **Síntese dos resultados e hipóteses de pesquisa.**

A partir dos registros de séries multitemporais de índices de vegetação (EVI2) oriundas de dados do sensor MODIS/TERRA, foi possível identificar as áreas com cobertura vegetal degrada "*proxy*" de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação na região semiárida do Nordeste do Brasil, além de colaborar para uma melhor compreensão do grau da degradação da região.

Segundo os resultados obtidos, constatou-se que a dinâmica dos processos de degradação da terra na região não é homogênea, uma vez que cada Estado integrante da região apresentou uma dinâmica própria no que se refere à espacialização e localização das áreas APDs. A análise multitemporal das composições de imagem do EVI2 indicou um aumento de 23% (26.222,7 km²) nas APDs entre 2000 e 2010, distribuídos, principalmente, entre os Estados do Ceará, Piauí e Bahia, todavia o Estado do Rio Grande do Norte, em relação é o mais afetado considerando a área total do Estado, aproximadamente 27% do território foi classificado como APD em 2010.

A análise dos fatores relacionados à mudança indicou que, no período analisado, as variáveis que contribuíram de forma mais expressiva para as mudanças no padrão de áreas potencialmente em processo de degradação/desertificação no semiárido, entre 2000 e 2010, foram as variáveis relacionadas às ações humanas. Aproximadamente 25% da variância total são explicados pelas variáveis ***percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais*** (perc_estab_agro_>100_ha), ***distância mínima aos núcleos de desertificação*** (dist_nucleos) e ***efetivo total do rebanho caprino e ovino*** (efet_reb_capri_ovin).

Por outro lado, os resultados da análise para o padrão observado em 2000, mostram que as variáveis ***percentual da área dos estabelecimentos agropecuários com 100 ha a mais*** (perc_estab_agro_>100_ha), ***com lavoura temporária*** (perc_area_estab_agro_lav_temp) e ***distância mínima aos núcleos de desertificação***, que juntas explicam 28% da variância total.

Os resultados apontam que as variáveis em ambas as abordagens (padrão ou mudança) são praticamente as mesmas. Porem o significado entre as mesmas foi consideravelmente diferente. Os resultados mostram, ainda, a importância de combinar variáveis ambientais e socioeconômicas em estudos sobre as alternativas para o combate a degradação e desertificação, assim como a relevância de combinar a análise por mudança e por padrão para elucidar diferenças nos determinantes de curto e longo prazo.

As análises confirmaram a hipótese de que o modelo de exploração dos recursos naturais tradicionalmente desenvolvido no semiárido do Nordeste do Brasil, em especial a pecuária, pode ser considerado um fator decisivo para o aumento da suscetibilidade aos processos de degradação e desertificação. Deve-se destacar que o modelo de exploração dos recursos naturais nesta região é constituído de complexos sistemas de produção desenvolvidos historicamente em meio a condições socioeconômicas, culturais e ambientais específicas que corroboram para que esses sistemas de produção atuem significativamente nos processos de degradação da terra no SANEB.

Outro ponto importante corresponde ao fato desses sistemas de produção se basearem em modelos de desenvolvimento regionais que visam, principalmente, a obtenção imediata de resultados. Isso acentua ainda mais a exploração equivocada dos recursos naturais em terras com alta suscetibilidade à degradação, sem que ocorram transformações substanciais para o desenvolvimento sustentável das atividades produtivas e, consequentemente, do SANEB.

5.2 **Considerações sobre os métodos**

Percebe-se, então, que o emprego de ferramentas robustas para compreender melhor a complexidade dos processos que levam à degradação e desertificação de terra é fundamental. A metodologia baseada em dados EVI2 proposta, mostrou-se útil, oportuna e eficiente para a identificação e monitoramento de áreas que estão sob a influência de processos de degradação e desertificação e que podem levar futuramente a inutilização das áreas produtivas e prioritárias para a manutenção dos ecossistemas de tão importante região do Brasil. No entanto, ressalta-se que a

identificação das APDs é uma parte fundamental, mas não suficientemente completa para descrever o processo de degradação e desertificação na região semiárida brasileira. Deve-se destacar, ainda, que o método de análise de séries multitemporais de índices de vegetação é importante, todavia deve ser complementado com outras informações, por exemplo: climáticas, de uso e cobertura da terra, erosão do solo, reconhecimento de campo etc.

A modelagem estatística e espacialmente explicita corroborou para o estabelecimento e entendimento dos fatores determinantes da mudança no SANEB, permitindo testar as relações entre as variáveis e as áreas em processo de desertificação. Todavia, deve-se ressaltar que dependendo da resolução espacial escolhida pode ocorrer mudança na ordem de importância dos fatores, apesar de não acarretar mudanças significativas na composição dos fatores mais importantes (HOSHINO, 2001; KOK; VELDKAMP, 2001; AGUIAR, 2006).

Apesar da maior parte das variáveis terem contribuído significativamente tanto para o padrão como para a mudança das áreas em processo de desertificação, os resultados apontam que há a necessidade de estudos mais aprofundados sobre quais variáveis candidatas selecionar para uma análise do padrão e ou processo de mudança em determinado período. Por exemplo, observou-se que a relação das variáveis ambientais, foi melhor captada pela análise do padrão, em detrimento das socioeconômicas, já na análise da mudança, observou-se a relação contrária.

5.3 **Considerações para políticas públicas**

Na região semiárida, as relações de produção e exploração dos recursos naturais não sofreram transformações significativas ao longo do tempo. Além de ter contribuído para o atual estado de degradação desta região, esse modelo de uso da terra continua atuando como agente catalisador dos processos de desertificação no SANEB.

Essa estrutura contribuiu (e contribui) para o aumento das desigualdades sociais e de renda no campo, o que pode gerar conflitos sociais, além da intensificação do uso da terra, principalmente em pequenas propriedades, visto que mais da metade

das propriedades (64%, aproximadamente) possuem até 10 ha, ocasionando, geralmente, a perda da produtividade e o êxodo rural. Segundo Perez-Marin et al. (2012), além do predomínio dessas pequenas propriedades na região, que sugere o uso intenso do solo, o que se percebe, ainda, são práticas de manejo inadequadas e baixos níveis socioeconômicos, apesar de nas últimas décadas terem ocorrido uma melhoria nos indicadores sociais.

Os esforços despendidos, principalmente por parte do poder público, como adoção de medidas de combate a fome e a pobreza, incentivos e subvenções às atividades produtivas no intuito de transformar essa realidade, não tem surtido o efeito na proporção e na direção desejada, principalmente por não conseguir romper com as relações sociais de produção existentes. Ao analisarmos os mapas das APDs, identificadas nesse estudo, é possível observar uma relação entre intensificação das atividades produtivas (agricultura e pecuária) e a degradação da terra, principalmente na região central do semiárido, onde verificou-se uma maior intensidade do processo. Segundo Nascimento (2013):

> A não observância de formas de políticas ambientais na ocupação do território e as politicas de desenvolvimento das atividades produtivas, principalmente da agricultura de pequeno e médio porte, tendem a produzir sérios problemas de deterioração ambiental, pondo em risco a capacidade pedobioclimática, a manutenção da vegetação, a higidez dos recursos hídricos e, portanto, a qualidade ambiental.

A expansão das áreas agrícolas tem suprimido principalmente áreas de pastagem natural e de remanescentes florestais. Além disso, observou-se que grande extensão do SANEB tem ao longo dos anos apresentado uma condição de degradação, merecendo atenção especial por parte dos gestores públicos e privados, a fim de melhorar o gerenciamento das áreas, com vistas a evitar que a situação não se torne irreversível. Parte das áreas identificadas no presente estudo tem se mantido por um período maior de tempo sob a influência dos processos de degradação e desertificação, comprometendo significativamente a sua capacidade produtiva e resiliência. Caso essas áreas permaneçam durante muito tempo sob a influência desses processos, a recuperação das mesmas pode se tornar irreversível, principalmente se considerarmos a qualidade das condições do solo.

Em termos de políticas públicas, o que se deve ser estabelecido, fundamentalmente, além dos planos de combate a desertificação, são ações que visam a recuperação das áreas já degradadas e de áreas suscetíveis à degradação, por meio, por exemplo, de estratégias combinadas, como liberação de crédito e incentivos fiscais atrelados a necessidade do emprego de medidas de conservação, bem como capacitação técnica, difusão de tecnologias sociais, verticalização da produção, dentre outras. O zoneamento das áreas degradadas, a partir da identificação e estudo dos fatores determinantes da degradação, a fim de subsidiar a implantação de atividades segundo a aptidão dessas áreas, é fundamental para que não ocorra, como destacado por Nascimento (2013), o uso desregrado do solo que compromete a capacidade de suporte dos recursos naturais renováveis.

5.4 **Sugestões para futuros trabalhos**

O estudo corroborou para o avanço do conhecimento dos processos de desertificação, principalmente na região semiárida do Nordeste do Brasil, além de inovar ao propor e elaborar um modelo dinâmico espacialmente explícito, capaz de simular áreas em processo de degradação/desertificação, além de indicar áreas com maior potencial de ocorrência do processo. Todavia, os resultados apresentados não esgotaram as questões relacionadas ao objeto de estudo. Neste sentido, sugere-se como futuros trabalhos:

a) O monitoramento de mudanças de uso e cobertura da terra por análise de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto, com uma maior frequência e por um período de tempo maior. Apesar do processo de desertificação ocorrer numa escala de tempo maior, o monitoramento com intervalos de tempo menores, possibilitará a identificação de algum possível fator de mudança mais abrupta;

b) Identificar níveis de degradação do solo que possam estabelecer limiares que sirvam de alerta e indicativo de orientação, principalmente, das políticas de combate e mitigação do processo de desertificação no SANEB;

c) Estudar, em escala local, os fatores determinantes do processo de desertificação a fim de identificar como as práticas de diferentes atores na atividade pecuária estão associadas a uma maior ou menor vulnerabilidade a este processo; e

d) Desenvolver cenários espacialmente explícitos que possibilitem avaliar o impacto de mudanças ambientais e socioeconômicas nas áreas em processo de desertificação, incluindo a exploração dos efeitos de possíveis medidas de mitigação e combate aos processos de degradação/desertificação, além de contribuir para uma tomada de decisão mais assertivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Os sertões: a originalidade da terra. **Ciência Hoje**, v. 3, n. 18, p. 42–47, 1985.

AB'SABER, A. N. Sertões e sertajenos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7–59, 1999.

ADEEL, Z.; BOGARDI, J.; BRAEUEL, C.; CHASEK, P.; NIAMIR-FULLER, M.; GABRIELS, D.; KING, C.; KNABE, F.; KOWSAR, A.; SALEM, B.; SCHAAF, T.; SHEPHERD, G.; THOMAS, R. **Overcoming one of the greatest environmental challenges of our times:** re-thinking policies to cope with desertification. Hamilton. 2007. Disponível em: <http://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2013/05/Re-thinkingPolicietoCopewithDesertification.pdf>.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na amazônia:** explorando a heterogeneidade intra-regional. 2006. 182 p. (sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.10.18.21-TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Modelagem+de+mudança+do+uso+da+terra+na+Amazônia:+explorando+a+heteregeneidade+intrarregional#0>. Acesso em: 14 set. 2014.

AGUIAR, A. P. D.; ANDRADE, P. R.; FERRARI, P. G. **"Preenchimento de células"**. São José dos Campos: INPE/DPI, Publicação Interna: 2008.

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v. 209, n. 2-4, p. 169–188, dez. 2007.

AGUIAR, A. P. D.; CARNEIRO, T.; ANDRADE, P.; ASSIS, T. LuccME-TerraMe: an open-source framework for spatially explicit land use change modelling. **GLP News**, v. 8, p. 21–23, 2012.

AGUIAR, A. P. D.; LEAL, B.; MELO, D.; DALLA-NORA, E. L.; ASSIS, T. O. **Trabalhando com LuccME 2.1 -** guia do usuário. São José dos Campos: CCST/INPE, 2015. 25 p.

ALBALAWI, E. K.; KUMAR, L. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification: A review. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 11, p. 791–797, 2013.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. DE; NASCIMENTO, S. S. DO. Degradação da

caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126–135, 2009.

ANDRADE, M. C. DE. **A Terra e o homem no Nordeste**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1973. 249 p.

ANDRADE, M. C. DE. **A questao do tetrritorio no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 2004. 135 p. ISBN(85-271-0318-4).

ANDRADE, M. C. **O Nordeste e a questão regional**. São Paulo: Ática, 1988. 70 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do uso dos solos da caatinga. In: ARAUJO, Q. R. (Ed.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 605.

ARAÚJO, C. E. P.; OLIVEIRA, M. M. **Agricultura de sequeiro, pecuária e pesca interior**. Brasília: EPUSP, 1994. 81 p.

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R. DE; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 320 p.

ASNER, G. P.; ELMORE, A. J.; OLANDER, L. P.; MARTIN, R. E.; HARRIS, A. T. Grazing Systems, Ecosystem Responses, and Global Change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 29, n. 1, p. 261–299, 21 nov. 2004.

AUBRÉVILLE, A. **Climats:** forêts et désertification de l'Afrique tropicale. París: Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1949. 351 p.

BARBOSA, H.; TOTE, C.; LAKSHMI KUMAR, T. V; BAMUTAZE, Y. Harnessing earth observation and satellite information for monitoring desertification , drought and agricultural activities in developing countries. In: SILVERN, S.; YOUNG, S. (Eds.). **Environmental change and sustainability**. 3. ed. Croatia: INTECH, 2013. p. 91–121.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Anuário estatístico do crédito rural 2000**. Brasília: BCB, 2000.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Anuário estatístico do crédito rural 2010**. Brasília: BCB, 2010.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL - BNB. **Operações de crédico com recursos do FNE ao setor agrícola e pecuário**. Fortaleza: BNB, 2014.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 71–86, abr. 2005.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Revista Engenharia**

na Agricultura, v. 1, n. 1, p. 7, 1992.

BEZERRA, F. G. S.; AGUIAR, K. R.; RODRIGUES, I. V.; LIMA, P. V. P. S. Distribuição espacial do superpastejo de ovinos e caprinos no Brasil Super grazing spatial distribution of sheep and goats in Brazil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de acão nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca Pan-Brasil**. Brasília: MMA/SRH, 2004. 220 p.

BRASIL. **Portaria Interministerial N° 1, de 09 de março de 2005**. Brasília: 2005.

BRASIL. **Lei Nº 13.153, de 30 de julho de 2015**. Brasília: 2015a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm>

BRASIL. **DATASUS - Departamento de Informática do SUS**. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060206&item=1>. Acesso em: 01 jan. 2015b.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. DE C. Secas no nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: INTER-AMERICAN DIALOGUE ON WATER MANAGEMENT, 4., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. Disponível em: <http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2001/Secas no Nordeste do Brasil_08 de junho_def.pdf>

CARVALHO, O. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste**. Brasília: MINTER, 1973. 267 p.

CAVALCANTI, E. R.; COUTINHO, S. F. S. Desertification in the Northeast of Brazil : the Natural Resources Use and the Land Degradation. **Sociedade & Natureza**, v. 1, n. 1, p. 891–900, 2005.

CAVALCANTI, E. R.; COUTINHO, S. F. S.; SELVA, V. S. F. Desertificação e desastres naturais na região do semi-árido brasileiro. **Revista Cadernos de Estudos Sociais**, v. 22, n. 1, p. 19–31, 2006.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016. 252 p. ISBN(9788555691126).

CHEN, W.; SAKAI, T.; MORIYA, K.; KOYAMA, L.; CAO, C. X. Estimation of

vegetation coverage in semi-arid sandy land based on multivariate statistical modeling using remote sensing data. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 18, n. 5, p. 547–558, 2013.

CLARKE, K. C.; HOPPEN, S.; GAYDOS, L. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 24, n. 2, p. 247–261, 1997.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3. ed. Canada: John Wiley & Sons, 1977. 428 p. ISBN(0-471-16240-X).

CORNET, A. La Désertification à la croisée de l ' environnement et du développement Un Problème qui nous concerne. In: BARBAULT, R.; CORNET, A.; JOUZEL, J.; MÉGIE, G.; SACHS, I.; WEBER, J. (Eds.). **Johannesburg 2002.** Sommet mondial du développement durable. Quels enjeux ? Quelle contribution des scientifiques ? [s.l.]: Ministère des Affaires étrangères. p. 1–32.

COSTA, J. J. D. Contradições no processo de modernização do semi-árido: da agricultura tradicional à pecuária irracional dependente. In: MARIA, E. (Ed.). **Agricultura Familiar e Desertificação**. João Pessoa: Editora Universitária, 2006. p. 131–148.

COSTANZA, R. Model goodness of fit: a multiple resolution procedure. **Ecological Modelling**, v. 47, n. 3-4, p. 199–215, set. 1989.

COSTANZA, R.; RUTH, M. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. **Environmental Management**, v. 22, n. 2, p. 183–195, 1998.

CUNHA, A. P. M. A. **Avaliação dos impactos das mudanças dos usos e cobertura da terra no clima da região semiárida do Brasil**. 2013. 180 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DTFKHE>. Acesso em: 22 nov.2014.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; KUBOTA, P. Y.; VIEIRA, R. M. S. P. Impacts of land use and land cover changes on the climate over Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v. 16, n. 3, p. 219–227, jul. 2015.

D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. F.; RAVI, S.; RUNYAN, C. W. Global desertification: drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, v. 51, n. November 2015, p. 326–344, 2013.

DALLA-NORA, E. L.; DE AGUIAR, A. P. D.; LAPOLA, D. M.; WOLTJER, G. Why have land use change models for the Amazon failed to capture the amount of

deforestation over the last decade? **Land Use Policy**, v. 39, p. 403–411, jul. 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens :** processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Belém: Edição do Autor, 2011. 215 p. ISBN(978-85-911831-0-4).

DIOUF, A.; LAMBIN, E. F. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. **Journal of Arid Environments**, v. 48, n. 2, p. 129–148, jun. 2001.

DIRMEYER, P. A.; SHUKLA, J. The effect on regional and global climate of expansion of the world's deserts. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 122, n. 530, p. 451–482, jan. 1996.

DREGNE, H. E. Guarded optimism for the future of arid lands: aridity and land degradation. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 27, n. 8, p. 16–33, 1985.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados -** modelagem multivariada para tomada de decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 646 p. ISBN(978-85-352-3046-8).

FREITAS, R. M. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, p. 57–68, 2011.

GARCÍA-GÓMEZ, M.; MAESTRE, F. T. Remote sensing data predict indicators of soil functioning in semi-arid steppes, central Spain. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 5, p. 1476–1481, 2011.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. **What drives tropical deforestation?** A meta-analysis ofproximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case studyevidence. LUCC Repor ed. Belgium: LUCC International Project Office, 2001. 116 p.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Dynamic causal patterns of desertification. **BioScience**, v. 54, n. 9, p. 817, 2004.

GILLESPIE, T. W.; FOODY, G. M.; ROCCHINI, D.; GIORGI, A. P.; SAATCHI, S. Measuring and modelling biodiversity from space. **Progress in Physical Geography**, v. 32, n. 2, p. 203–221, 2008.

GINEVAN, M. E. Testing land-use map accuracy: another look. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 45, n. 10, p. 1371–1377, 1979.

GORSE, J. E.; STEEDS, D. R. **Desertification in the Sahelian and Sudanian**

zones of West Africa. Washington, D.C. 1987.

GRAETZ, R. D. Desertification: A Tale of Two Feedbacks. In: MOONEY, H. A.; MEDINA, E.; SCHINDLER, D. W.; SCHULZE, E. D.; WALKER, B. H. (Eds.). **Ecosystem Experiments**. Chichester: John Wiley & Sons, SCOPE no. 45, 1991. p. 59–87.

GRAINGER, A. **The threatening desert :** controlling desertification. Hoboken: Routledge, 2013. 388 p. ISBN(1134061900).

GROVE, J. M.; SCHWEIK, C. M.; EVANS, T.; GREEN, G. Modeling Human-En vironmental Systems. In: CLARKE, K.; PARKS, B. O.; CRANE, M. P. (Eds.). **Geographic Information Systems and Environmental Modeling**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. p. 160–188.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. I.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p. ISBN(85-363-0482-0).

HALL, K.; REITALU, T.; SYKES, M. T.; PRENTICE, H. C. Spectral heterogeneity of QuickBird satellite data is related to fine-scale plant species spatial turnover in semi-natural grasslands. **Applied Vegetation Science**, v. 15, n. 1, p. 145–157, 2012.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77–92, jan. 1977.

HELLDÉN, U. Desertification: time for an assessment? **Ambio**, v. 20, n. 8, p. 372–383, 1991.

HIGGINBOTTOM, T.; SYMEONAKIS, E. Assessing land degradation and desertification using vegetation index data: current frameworks and future directions. **Remote Sensing**, v. 6, n. 10, p. 9552–9575, 2014.

HOSHINO, S. Multilevel modeling on farmland distribution in Japan. **Land Use Policy**, v. 18, n. 1, p. 75–90, 2001.

IBÁÑEZ, J.; MARTÍNEZ, J.; SCHNABEL, S. Desertification due to overgrazing in a dynamic commercial livestock–grass–soil system. **Ecological Modelling**, v. 205, n. 3-4, p. 277–288, jul. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Censo Demográfico 2000 -** características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **SIDRA –** Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Geociência - Malhas Digitais**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA - IBGE. **Mudanças na cobertura e uso da terra -** 2000 - 2010 - 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2015c. 44 p. ISBN(9788524042225).

IBRAHIM, F. A Reassessment of the Human Dimension of Desertification. **GeoJournal**, v. 31, n. 1, p. 5–10, 1993.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Queimadas e incêndios florestais -** monitoramento orbital e risco de fogo. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2015.

JAVZANDULAM, T.; TATEISHI, R.; SANJAA, T. Analysis of vegetation indices for monitoring vegetation degradation in semi-arid and arid areas of Mongolia. **International Journal of Environmental Studies**, v. 62, n. 2, p. 215–225, 2005.

JIANG, Z.; HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833–3845, 2008.

JOHNSON, D. L. The human dimensions of desertification. **Economic Geograpy**, v. 53, n. 4, p. 317–321, 1977.

JUCÁ, G. N. À guisa de introdução – o espaço nordestino - o papel da pecuária e do algodão. In: SOUZA, S. (Ed.). **História do Ceará**. 2. ed. Fortaleza: Fundação

Demócrito Rocha, 1994. p. 15–23.

KHAN, A. S.; CAMPOS, R. T. Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste. In: MAGALHÃES, A. R. (Ed.). **Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1995. p. 175 –194.

KOK, J. DE; ENGELEN, G.; WHITE, R.; WIND, H. G. Modeling land-use change in a decision-support system for coastal-zone management. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 6, n. 2, p. 123–132, 2001.

KOK, K.; VELDKAMP, A. Evaluating impact of spatial scales on land use pattern analysis in Central America. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 85, n. 1-3, p. 205–221, 2001.

KOSMAS, C.; KIRKBY, M. J.; GEESON, N.; (EDS). **Medalus Project:** mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas. [s.l: s.n.]. 94 p. ISBN(9282863492).

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107, n. 9, p. 1140–1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTE, I. F. A. Eventos Oscilação Sul / El Nino. Características, evolução e anomalias de precipitação. **Revista Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888–1899, 1984.

KOUSKY, V. E.; ELIAS, M. **Meteorologia sinótica:** parte I. São José dos Campos: INPE, 1982. 118 p. (INPE-2605-MD/021). Disponível em:<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3r59YCT/GTt9P>. Acesso em: 17 maio 2015.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 33, n. 6, p. 538–551, 1981.

KROL, M.; JAEGER, A.; BRONSTERT, A.; GÜNTNER, A. Integrated modelling of climate, water, soil, agricultural and socio-economic processes: A general introduction of the methodology and some exemplary results from the semi-arid north-east of Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 328, n. 3-4, p. 417–431, 2006.

LAHSEN, M.; SANCHEZ-RODRIGUEZ, R.; LANKAO, P. R.; DUBE, P.; LEEMANS, R.; GAFFNEY, O.; MIRZA, M.; PINHO, P.; OSMAN-ELASHA, B.; SMITH, M. S. Impacts, adaptation and vulnerability to global environmental change: challenges and pathways for an action-oriented research agenda for middle-income and low-income countries. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5-6, p. 364–374, dez. 2010.

LAMBIN, E. F.; CHASEK, P. S.; DOWNING, T. E.; KERVEN, C.; KLEIDON, A.; LEEMANS, R.; LÜ • DEKE, S. D.; PRINCE, S. D.; XUE, Y. The interplay between international and local processes affecting desertification. In: **Global Desertification:** do humans cause deserts? Berlin: Dahlem University Press, 2002. p. 387–401.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. Global land-use and land-cover change: what have we learned so far? **Global Change Newsletter**, v. 46, n. 6, p. 27–30, 2001.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. Regional differences in tropical deforestation. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 45, n. 6, p. 22–36, 1 jul. 2003.

LAMBIN, E. F.; LINDERMAN, M. Time series of remote sensing data for land change science. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, n. 7, p. 2005–2007, 2006.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P. S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P. S.; RICHARDS, J. F.; SKÅNES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, dez. 2001.

LANFREDI, M.; LASAPONARA, R.; SIMONIELLO, T.; CUOMO, V.; MACCHIATO, M. Multiresolution spatial characterization of land degradation phenomena in southern Italy from 1985 to 1999 using NOAA-AVHRR NDVI data. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 2, p. 1069, 2003.

LAVAUDEN, L. Les forêts du Sahara. **Revue des Eaux et Forêts**, n. 65, p. 329–341, 1927.

LIMA, J. R.; SUERTEGARAY, D. M. A.; SANTANA, M. O. Desertificação e arenização. In: SANTOS, R. F. DOS (Ed.). **Vulnerabilidade Ambiental:** desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. p. 123–142.

LIMA, L. C. Produção do espaço, sistemas técnicos e divisão territorial do trabalho. **Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. VI, n. 119 (63), 2002.

LIMA, P. V. P. S.; QUEIROZ, F. D. DE S.; MAYORGA, M. I. DE O.; CABRAL, N. R. A. J. A propensão à degradação ambiental na mesorregião de Jaguaribe no Estado do Ceará. In: CARVALHO, E. B. S. C.; C, H. M.; BARBOSA, M. P. (Eds.). **Economia do Ceará em Debate 2008**. Fortaleza:

IPECE, 2009. p. 27–43.

LIMA, R. G. S.; BAIARDI, A. Estratégias de sobrevivência dos pequenos caprinocultores do semi-árido baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL - A AGRICULTURA NO LIMIAR DO MILÊNIO, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos...** Rio de Janeiro: SOBER, 2000

LIN, M.-L.; CHEN, C.-W. Application of fuzzy models for the monitoring of ecologically sensitive ecosystems in a dynamic semi-arid landscape from satellite imagery. **Engineering Computations**, v. 27, p. 5–19, 2010.

LIN, M.-L.; CHEN, C.-W.; WANG, Q.-B.; CAO, Y.; SHIH, J.-Y.; LEE, Y.-T.; CHEN, C.-Y.; WANG, S. Fuzzy model-based assessment and monitoring of desertification using MODIS satellite imagery. **Engineering Computations**, v. 26, n. 7, p. 745–760, 2009.

LINIGER, H.; RIMA, M. S.; HAUERT, C.; GURTNER, M. **Sustainable land management in practice:** guidelines and best practices for Sub-Saharan Africa. Rome: WOCAT/FAO, 2011. 246 p. ISBN(978/92/5/0000000/0).

MAGALHÃES, A. R.; REBOUÇAS, O. E. Conclusions. In: MAGALHÃES, A. R.; FILHO, H. C.; GARAGORRY, F. L.; GASQUES, J. G.; MOLION, L. C. B.; AMORIM NETO, M. S.; NOBRE, C. A.; PORTO, E. R.; REBOUÇAS, O. E. (Eds.). **The effects of climatic variations on agriculture in Northeast Brazil**. Laxenburg: IIASA, 1987. p. 97–103.

MAINGUET, M. **Desertification:** natural background and human mismanagement. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994. 314 p. ISBN(978-3-642-86186-4).

MARCOUX, A. **Population and Water Resources**. Rome: FAO, 1994.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149–176, 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. DA S.; MEDEIROS, S. DE S.; GALVÃO, C. DE O. (Eds.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011. p. 383–422.

MAROCO, J. **Análise Estatística -** com utilização do SPSS. Lisboa: Edições Sílabo, 2003. 508 p. ISBN(972-618-331-6).

MARTINS, M. A. **Estimativa de produtividade das culturas do milho e do**

sorgo a partir de modelos agrometeorológicos em algumas localidades da região nordeste do Brasil. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/3BBGU25>. Acesso em: 17 maio 2015.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação :** histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001. 80 p. ISBN(8587853279).

MENDES, B. V. **Condições de uso e conservação da biodiversidade no semi-árido**. Brasília: SEPLAN-PR & IICA, 1994. 65 p.

MMA. **Mapa deocorrência de desertificação e áreas de atenção especial no Brasil**. Brasília: Topografiae Engenharia-Topocar, 1998.

MMA. **Download de dados geográficos -** unidades de conservação. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 20 jul. 2015.

MORALES, C.; PRADA, S. **Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2005. 267 p. ISBN(9786124099076).

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 320 p. ISBN(85-7269-224-X).

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653–2675, 1981.

NASCIMENTO, F. R. DO. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro:** o contexto da Bacia do Rio Acaraú - Ceará. 2006. 325 p. Universidade Federal Fluminense, 2006.

NASCIMENTO, F. R. DO. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Editora UFG, 2013. 240 p. ISBN(978-85-7274-365-5).

NKONYA, E.; WINSLOW, M.; REED, M. S.; MORTIMORE, M.; MIRZABAEV, A. Monitoring and assessing the influence of social, economic and policy factors on sustainable land management in drylands. **Land Degradation & Development**, v. 22, n. 2, p. 240–247, mar. 2011.

OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. **Reconhecimento da susceptibilidade ao desenvolvimento de processos de desertificação no nordeste brasileiro, a partir da integração de indicadores ambientais**. 2001. 280 p. Tese (Doutorado em Geocências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

OLSSON, L.; EKLUNDH, L.; ARDÖ, J. A recent greening of the Sahel—trends, patterns and potential causes. **Journal of Arid Environments**, v. 63, n. 3, p. 556–566, nov. 2005.

OYAMA, M. D. Conseqüências climáticas da desertificação do nordeste brasileiro: novas simulações com o modelo regional MM5. In: CONGRESSO CUBANO DE METEOROLOGIA, 3.,2005, La Habana. **Anais...** La Habana: [s.n,], 2005

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: A GCM simulation study. **Journal of Climate**, v. 17, p. 3203–3213, 2004.

PACHÊCO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A transdisciplinaridade da desertificação. **Geografia**, v. 15, n. 1, p. 5–34, 2006.

PANTALENA, A. F. **Análise dos impactos ambientais no médio e Baixo Jaguaribe a partir da memória histórica da ocupação humana e registros geológicos**. 2012. 173 f. Dissertação (Mestre em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M. Impacto do pastejo no ecossistema caatinga. **Arq. Ciênc. Vet. Zool**, v. 13, n. 2, p. 115–120, 2010.

PARUELO, J. M.; PIÑEIRO, G.; ESCRIBANO, P.; OYONARTE, C.; ALCARAZ, D.; CABELLO, J. Temporal and spatial patterns of ecosystem functioning in protected arid areas in southeastern Spain. **Applied Vegetation Science**, v. 8, n. 1, p. 93–102, 2005.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. DE M. B.; MEDEIROS, S. S. DE; TINÔCO, L. B. DE M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro : ocorrência natural ou antrópica ? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87–106, 2012.

PIAO, S.; FANG, J.; LIU, H.; ZHU, B. NDVI-indicated decline in desertification in China in the past two decades. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. 6, p. L06402, 2005.

PIJANOWSKI, B. C.; BROWN, D. G.; SHELLITO, B. A; MANIK, G. A. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 26, n. 6, p. 553–575, nov. 2002.

PINHEIRO, F. J. Mundos em confrontos: povos nativos e europeus na disputa pelo território. In: SOUZA, S. (Ed.). **Uma nova história do Ceará**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002. p. 17–55.

PINTO, C. A. M.; MENDONÇA, J. C. G. S.; BRAGA, A. P. G.; MOURA, J. N. **Recursos minerais do semi-árido: diagnóstico e perspectivas**. Brasília: Projeto Áridas, 1994. 29 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano dos municípios**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>.

PONTIUS JR, R. G.; CORNELL, J. D.; HALL, C. A. . Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 85, n. 1-3, p. 191–203, jun. 2001.

RADA, N. E.; BUCCOLA, S. T. Agricultural policy and productivity : evidence from Brazilian censuses. **Agricultural Economics**, v. 43, n. 4, p. 355–367, 2012.

RAMANKUTTY, N.; GRAUMLICH, L.; ACHARD, F.; ALVES, D.; CHHABRA, A.; DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; GEIST, H.; HOUGHTON, R. A.; GOLDEWIJK, K. K.; LAMBIN, E. F.; MILLINGTON, A.; RASMUSSEN, K.; REID, R. S.; TURNER II, B. L. Global Land-Cover Change Recent Progress, Remaining Challenges. In: LAMBIN, E. F.; GEIST, H. (Eds.). **Land-use and land-cover change:** local processes and global impacts. Berlin: Springer, 2006. p. 220.

RAPP, A. **A review of desertification in Africa - Water, vegetation and man**. Stockholm: Secretariat for International Ecology 1974.

RÊGO, A. H. DO. **Os sertões e os desertos:** o combate à desertificação e a política externa brasileira. Brasília: FUNAG, 2012. 201 p. ISBN(9788576313809).

REYNOLDS, J. F. Desertification. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 2, 2001.

REYNOLDS, J. F.; SMITH, D. M. S. S. Do humans cause deserts? In: REYNOLDS, J. F.; SMITH, D. M. S. S. (Eds.). **Global desertification:** do humans cause deserts? Berlin: Dahlem University Press, 2002. p. 1–21.

REYNOLDS, J.; MAESTRE, F.; KEMP, P. R.; STAFFORD-SMITH, D. M.; LAMBIN, E. Natural and human dimensions of land degradation in drylands: causes and consequences. In: **Terrestrial ecosystems in a Changing World**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. v. 65p. 247–257.

RODRIGUES, M. I. V. A. **Propensão à desertificação no Estado do Ceará:** aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais. 2006. 103 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; HERIBERTO, A.; TEIXEIRA, D. C.; ANTONIO, M. Desertificação no Semiárido brasileiro. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL INTERNACIONAL: CLIMA, SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS - ICID+18, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2010

SALES, M. C. L. Panorama da Desertificação no Brasil. In: MOREIRA, E. (Ed.). **Agricultura familiar e desertificação**. Universitá ed. João Pessoa: [s.n.]. p. 33–49.

SALVIANO, L. M. C.; OLIVEIRA, M. C.; SOARES, J. G. G.; ALBUQUERQUE, S. G. **Desempenho de bovinos em pastagem de caatinga sob diferentes taxas de lotação**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 16 p.

SAMPAIO, M. G. V. Reflexões sobre o processo histórico de subdesenvolvimento econômico do semi-árido baiano. **Bahia Análise & Dados**, v. 18, n. 2, p. 211–222, 2008.

SAMPAIO, E.; ARAÚJO, M. D. S. B.; SAMPAIO, Y. S. Propensão à desertificação no semi-árido brasileiro. **Revista de Geografia**, v. 22, n. Viii, p. 67–80, 2005a.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. D. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 22, n. Xxx, p. 90–112, 2005b.

SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Perspectivas de uso do solo no semi-árido nordestino. In: ARAUJO, Q. R. DE (Ed.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 605.

SANTIBAÑEZ, F.; PÉREZ, J. **Metodología unificada para la evaluación y monitoreo de la desertificación en América Latina -** indicadores de la desertificación. Chile: FAO/PNUMA/AGRIMED, 1998. 153 p.

SISTEMA DE ALERTA PRECOCE CONTRA A SECA E DESERTIFICAÇÃO - SAP. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2015.

SCHUCKNECHT, A. Assessing vegetation variability and trends in north-eastern Brazil using AVHRR and MODIS NDVI time series. **European Journal of Remote Sensing**, p. 40–59, 2013.

SEELY, M.; DIRKX, E.; HAGER, C.; KLINTENBERG, P.; ROBERTS, C.; OERTZEN, D. VON. Advances in deserti fi cation and climate change research : are they accessible for application to enhance adaptive capacity ? **Global and Planetary Change**, v. 64, p. 236–243, 2008.

SIETZ, D.; LÜDEKE, M. K. B.; WALTHER, C. Categorisation of typical vulnerability patterns in global drylands. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 2, p. 431–440, maio 2011.

SIETZ, D.; UNTIED, B.; WALKENHORST, O.; LÜDEKE, M. K. B.; MERTINS, G.; PETSCHEL-HELD, G.; SCHELLNHUBER, H. J. Smallholder agriculture in Northeast Brazil: assessing heterogeneous human-environmental dynamics. **Regional Environmental Change**, v. 6, n. 3, p. 132–146, 14 maio 2006.

SILVA, V. DE P. R. DA; GUEDES, M. J. F.; LIMA, W. F. A.; CAMPOS, J. H. B. C. Modelo de previsão de rendimento de culturas de sequeiro, no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 83–87, abr. 2002.

SILVA, B. B. **Aplicações Ambientais Brasileiras de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Campina Grande: EDUFCG, 2013. 217 p.

SIMÕES, A. F.; KLIGERMAN, D. C.; ROVERE, E. L. LA; MAROUN, M. R.; BARATA, M.; OBERMAIER, M. Enhancing adaptive capacity to climate change : The case of smallholder farmers in the Brazilian semi-arid region. **Enviromental Science & Policy**, v. 13, p. 801–808, 2010.

SOARES-FILHO, B.; MOTA FILHO, F. O.; NÓBREGA, R. S. Sobre o processo de desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 174–188, 2011.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. DINAMICA - A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, n. 3, p. 217–235, 2002.

SOUSA, E. M. DE O. O "Novo Modelo de Irrigação" e os colonos de Morada Nova. In: TADDEI, R.; GAMBOGGI, A. L. (Eds.). **Depois que a chuva não veio:** respostas sociais às secas no Nordeste, na Amazônia e no Sul do Brasil. Fortaleza: FUNCEME;CIFAS, 2010. p. 264.

SOUZA, D. C. **Consequências climáticas da desertificação parcial do semi-árido do Nordeste brasileiro**. 2009. 126 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. Disponível em:<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/358DHEE>. Acesso em: 17 maio 2015.

SOUZA, H. R.; FIGUEIREDO, A. P.; MACHADO, R. R. T.; RAMOS, A. S. **Agricultura irrigada e desenvolvimento sustentável no Nordeste do Brasil.** Brasília: Projeto Áridas. Brasília: Secretaria de Planejamento, Orçamento e

Coordenação da Presidência da República, 1994.

SOUZA, S. **História do Ceará**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha/UFC, 1989. 430 p.

SOUZA, S. S. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no Semi-árido do Nordeste Brasileiro**. 2006. 211 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em:<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/06.12.13.47>. Acesso em: 17 maio 2015.

STAFFORD SMITH, D. M.; PICKUP, G. Out of Africa, looking in: understanding vegetation change. In: BEHNKE JR, R. H.; SCOONES, I.; KERVEN, C. (Eds.). **Range ecology at disequilibrium:** new models of natural variability and pastoral adaptation in African Savannas. London: Overseas Development Institute, 1993. p. 196–226.

STAFFORD SMITH, D. M.; REYNOLDS, J. F. Desertification: a new paradigm for an old problem. In: REYNOLDS, J.F.; STAFFORD SMITH, D.M. (Eds.). **Global Desertification:** do humans cause deserts? Dahlem: University Press, 2002. p. 403–424.

STERNBERG, T.; TSOLMON, R.; MIDDLETON, N.; THOMAS, D. Tracking desertification on the Mongolian steppe through NDVI and field-survey data. **International Journal of Digital Earth**, v. 4, n. 1, p. 50–64, jan. 2011.

STRINGER, L. C.; DYER, J. C.; REED, M. S.; DOUGILL, A. J.; TWYMAN, C.; MKWAMBISI, D. Adaptations to climate change, drought and desertification: local insights to enhance policy in southern Africa. **Environmental Science and Policy**, v. 12, n. 7, p. 748–765, 2009.

SUD, Y. C.; FENNESSY, M. J. A study of the influence of surface albedo on July circulation in semi-arid regions using the GLAS GCM. **Journal of Climatology**, v. 2, n. 2, p. 105–125, 1982.

SYMEONAKIS, E.; DRAKE, N. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 3, p. 573–592, fev. 2004.

TRICART, J. A. A Geomorfologia dos estudos integrados do Meio Natural. **Boletim Geográfico**, v. 34, n. 251, p. 15–42, 1976.

TRIPATHY, G. K.; GHOSH, T. K.; SHAH, S. D. Monitoring of desertification process in Karnataka state of India using multi-temporal remote sensing and ancillary information using GIS. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 12, p. 2243–2257, 1996.

UNITED NATIONS - UN. **Agenda 21**. 1992. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015

UNITED NATIONS - UN. **United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa**. 1994. Disponível em: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNCOD. **Round-up, plan of action and resolutions**. In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON DESERTIFICATION - UNCOD.1977, Nairobi. Printed in New York: UN, 1978.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Draft plan of action to combat desertification**. Nairobi: UN Conf. on Desertification, Background Document A/CONF, 1977.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **World Atlas of Desertification**. 2. ed. London: Arnold, 1997. 192 p. ISBN(0340691662).

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Latin America and the Caribbean:** environmental outlook. Panama: UNEP, 2010. 375 p. ISBN(9789280729559).

UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. **Climanalise**, v. 4, n. 10, p. 39–48, 1989.

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, v. 2, n. 4, p. 244 – 261, 1967.

VAN GENDEREN, J. L.; LOCK, B. F.; VASS, P. A. Remote Sensing: statistical testing of thematic map accuracy. **Remote Sensing of Environment**, v. 7, n. 1, p. 3–14, 1978.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. O grande deserto central brasileiro. In: **As regiões naturais no Nordeste, o meio e a civilização**. Recife: CONDEPE, 1971. p. 151.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **O grave problema ecológico da desertificação**. Brasília: CNPq, 1978.

VASCONCELOS, R. R.; TORRES FILHO, W. **Impactos ambientais das atividades humanas sobre a base de recursos naturais renováveis no semi-árido**. Brasília: Projeto Áridas, 1994. 152 p.

VERBURG, P. H.; DE KONING, G. H. J.; KOK, K.; VELDKAMP, A.; BOUMA, J. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. **Ecological Modelling**, v. 116, n. 1, p. 45–61, mar. 1999.

VERBURG, P. H.; KOK, K.; PONTIUS JR, R. G.; VELDKAM, A. Modeling land-use and land-cover change. In: LAMBIN, E. F.; GEIST, H. (Eds.). **Land-use and land-cover change:** local processes and global impacts. Berlin: Springer, 2006. p. 117–135.

VERBURG, P. H.; SCHOT, P. P.; DIJST, M. J.; VELDKAMP, A. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, n. 4, p. 309–324, dez. 2004.

VERBURG, P. H.; SOEPBOER, W.; VELDKAMP, A.; LIMPIADA, R.; ESPALDON, V.; MASTURA, S. S. A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental Management**, v. 30, n. 3, p. 391–405, 9 set. 2002.

VERÓN, S. R.; PARUELO, J. M.; OESTERHELD, M. Assessing desertification. **Journal of Arid Environments**, v. 66, n. 4, p. 751–763, set. 2006.

VIDAL, M. D. F.; SILVA, R. G. DA; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, D. S. DA; PEIXOTO, M. J. A. Análise econômica da produção de ovinos em lotação rotativa em pastagem de capim tanzânia (Panicum maximum (Jacq)). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, 2006.

VIEIRA, R. M. S. P. **Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro:** tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 2015. 87 p. 87 p.Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35?metadatarepository=sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35.42&ibiurl.backgroundlanguage=pt&ibiurl.requiredsite=mtc-m21b.sid.inpe.br+804&requiredmirror=sid.inpe.br/mtc-m21b/2013/09.26.14.2>. Acesso em: 19 nov. 2015.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G.; RODRIGUEZ, D. A.; BARBOSA, A. A.; CUNHA, A. P. M. A.; VALLES, G. F.; CREPANI, E.; DE OLIVEIRA, S. B. P.; DE SOUZA, M. S. B.; CALIL, P. M.; DE CARVALHO, M. A.; VALERIANO, D. M.; CAMPELLO, F. C. B.; SANTANA, M. O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347–360, 2015.

WINSLOW, M.; SHAPIRO, B. I.; THOMAS, R.; SHETTY, S. V. R. **Desertification , drought , poverty and agriculture :** research lessons and

opportunities. Aleppo; Patancheru; Roma: ICRISAT/ICARDA/UNCCD GM, 2004. 52 p.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. Tropical cloudiness over South Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 55, n. 2, p. 205–207, 1977.

YENGOH, G. T.; DENT, D.; OLSSON, L.; TENGBERG, A. E.; TUCKER III, C. J. **Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales: current status, future trends, and practical considerations**. New York: Springer International Publishing, 2015. 110 p. ISBN(978-3-319-24110-4).

ZHA, Y.; GAO, J. Characteristics of desertification and its rehabilitation in China. **Journal of Arid Environments**, v. 37, n. 3, p. 419–432, 1997.

ZHANG, Y.; CHEN, Z.; ZHU, B.; LUO, X.; GUAN, Y.; GUO, S.; NIE, Y. Land desertification monitoring and assessment in Yulin of Northwest China using remote sensing and geographic information systems (GIS). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 147, n. 1-3, p. 327–337, 2008.

APÊNDICE A – Fatores determinantes candidatos

Tabela A.1 – Lista inicial de fatores candidatos compilada com base na literatura.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Ambiental	Ambientais e climáticos	Porcentagem da área da célula com baixa suscetibilidade à desertificação em relação à geologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com média suscetibilidade à desertificação em relação à geologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com alta suscetibilidade à desertificação em relação à geologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com baixa suscetibilidade à desertificação em relação à pedologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com média suscetibilidade à desertificação em relação à pedologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com alta suscetibilidade à desertificação em relação à pedologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com baixa suscetibilidade à desertificação em relação à geomorfologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com média suscetibilidade à desertificação em relação à geomorfologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com alta suscetibilidade à desertificação em relação à geomorfologia	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com baixa suscetibilidade à desertificação em relação à declividade	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com média suscetibilidade à desertificação em relação à declividade	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com alta suscetibilidade à desertificação em relação à declividade	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com índice de aridez subúmido-úmido e úmido	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com índice de aridez subúmido-seco	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido	(SAP, 2015; VIEIRA, 2015)
		Distância euclidiana aos focos de queimada mais próximos	(INPE, 2015)
		Porcentagem da área da célula com menos de 40% de incidência de seca	(CARVALHO, 1973)
		Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca	(CARVALHO, 1973)
		Média ponderada por área da precipitação anual acumulada	(PROCLIMA, 2015)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Socioeconômica	População Residente	Densidade Populacional (total, urbana e rural)	(IBGE, 2000, 2010)
		População Urbana	(IBGE, 2000, 2010)
		População Rural	(IBGE, 2000, 2010)
		Proporção da População Residente Urbana no Município	(IBGE, 2000, 2010)
		Proporção da População Residente Rural no Município	(IBGE, 2000, 2010)
	Desenvolvimento regional e humano	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH	(PNUD, 2015)
		IDH - Dimensão Educação	(PNUD, 2015)
		IDH - Dimensão Longevidade	(PNUD, 2015)
		IDH - Dimensão Renda	(PNUD, 2015)
		Taxa de analfabetismo - 11 anos ou mais	(PNUD, 2015)
		Percentual da renda apropriada pelos 20 mais pobres	(PNUD, 2015)
		Percentual da renda apropriada pelos 20 mais ricos	(PNUD, 2015)
		Índice de Gini de Renda	(PNUD, 2015)
		Taxa de frequência líquida ao ensino fundamental	(PNUD, 2015)
		Taxa de frequência líquida ao ensino médio	(PNUD, 2015)
		Proporção da população abaixo da linha da indigência	(PNUD, 2015)
		Proporção da população entre a linha de indigência e a linha de pobreza	(PNUD, 2015)
		Proporção da população acima da linha da pobreza	(PNUD, 2015)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Socioeconômica	Estrutura agrária	Número de Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos Estabelecimentos Agropecuários com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos Estabelecimentos Agropecuários com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos Estabelecimentos Agropecuários com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos Estabelecimentos Agropecuários com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor - PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área/Percentual dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
		Gini estrutra agrária	(IBGE, 1996, 2006)
	Utilização da terra	Área dos Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Mata e Floresta	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção da Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Permanente	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção da Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Temporária	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Permanente com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Permanente com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Permanente com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Permanente com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Temporária com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Temporária com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Temporária com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Lavoura Temporária com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Socioeconômica	Utilização da terra	Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Natural com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Natural com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Natural com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Natural com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Plantada com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Plantada com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Plantada com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Plantada com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Mata e Floresta com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Mata e Floresta com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Mata e Floresta com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Mata e Floresta com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Permanente - PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Permanente - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Permanente - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Permanente - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Temporária- PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Temporária - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Temporária - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Lavoura Temporária - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Natural- PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Socioeconômica	Utilização da terra	Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Natural - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Natural - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Natural - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Plantada- PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Plantada - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Plantada - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Pastagem Plantada - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Mata e Floresta- PROPRIETÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Mata e Floresta - ARRENDATÁRIO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Mata e Floresta - PARCEIRO	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos estabelecimentos agropecuários segundo a condição do produtor com Mata e Floresta - OCUPANTE	(IBGE, 1996, 2006)
	Tecnologia	Estabelecimentos com informação de uso de assistência técnica	(IBGE, 1996, 2006)
		Estabelecimentos com informação de uso adubos e corretivos	(IBGE, 1996, 2006)
		Estabelecimentos com informação de uso de conservação do solo	(IBGE, 1996, 2006)
		Estabelecimentos com informação de uso de irrigação	(IBGE, 1996, 2006)
		Estabelecimentos com informação de uso de energia elétrica	(IBGE, 1996, 2006)
		Distância euclidiana a área de irrigação por pivô central mais próximo	(ANA;EMBRAPA, 2014)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Socioeconômica	Atividades econômicas	População Ocupada em Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Valor da produção com Lavoura Permanente	(IBGE, 2015b)
		Valor da produção com Lavoura Temporária	(IBGE, 2015b)
		Rendimento Feijão	(IBGE, 2015b)
		Rendimento Mandioca	(IBGE, 2015b)
		Rendimento Milho	(IBGE, 2015b)
		Rendimento Arroz	(IBGE, 2015b)
		Rendimento Cana-de-Açucar	(IBGE, 2015b)
		Extação Vegetal - CARVÃO	(IBGE, 2015b)
		Extação Vegetal - LENHA	(IBGE, 2015b)
		Extação Vegetal - MADEIRA	(IBGE, 2015b)
	Instrumentos de planejamento e políticas públicas	Distância euclidiana ao núcleo de desertificação mais próximo	(MMA, 1998)
		Distância euclidiana à unidade de conservação mais próxima	(MMA, 2015)
		Porcentagem da área da célula com unidades de conservação	(MMA, 2015)

(continua)

Tabela A.1– Continuação.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Pecuária	Utilização da terra	Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Natural	(IBGE, 1996, 2006)
		Área dos Estabelecimentos Agropecuários com Pastagem Plantada	(IBGE, 1996, 2006)
		Intensidade de Uso da Terra pelo Rebanho Bovino	(IBGE, 1996, 2006)
		Intensidade de Uso da Terra pelo Rebanho Caprino	(IBGE, 1996, 2006)
		Intensidade de Uso da Terra pelo Rebanho Ovino	(IBGE, 1996, 2006)
		Intensidade da Agropecuária em relação a àrea totoal	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção de área com Pastagem Natural e Plantada em relação à áreas com Lavoura Temporárias	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção de área com Pastagem Natural e Plantada em relação à áreas com Lavoura Temporárias com Menos de 10 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção de área com Pastagem Natural e Plantada em relação à áreas com Lavoura Temporárias com Mais de 10 ha e Menos de 100 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção de área com Pastagem Natural e Plantada em relação à áreas com Lavoura Temporárias com Mais de 100 ha e Menos de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção de área com Pastagem Natural e Plantada em relação à áreas com Lavoura Temporárias com Mais de 1000 ha	(IBGE, 1996, 2006)
	Atividades econômicas	Efetivo do Rebanho Bovino	(IBGE, 1996, 2006)
		Efetivo do Rebanho Caprino	(IBGE, 1996, 2006)
		Efetivo do Rebanho Ovino	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção do Efetivo do Rebanho Bovino	(IBGE, 1996, 2006)

(continua)

Tabela A.1– Conclusão.

Dimensão	Fator	Variável	Fonte
Pecuária	Atividades econômicas	Proporção do Efetivo do Rebanho Caprino	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção do Efetivo do Rebanho Ovino	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Bovino em Relação à Área Total do Município	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Caprino em Relação à Área Total do Município	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Ovino em Relação à Área Total do Município	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Bovino em Relação à Área dos Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Caprino em Relação à Área dos Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Densidade de Ovino em Relação à Área dos Estabelecimentos Agropecuários	(IBGE, 1996, 2006)
		Taxa de lotação animal (bovinos, caprinos e ovinos)	(IBGE, 1996, 2006)
		Proporção do Valor da Produção Pecuária com Leite	(IBGE, 1996, 2006)
	Instrumentos de planejamento e políticas públicas	Proporção de Crédito destinado para a Pecuária	(BCB, 2000, 2010)
		Proporção de Crédito do FNE destinado para a Pecuária	(BNB, 2014)
		Distância euclidiana aos principais rios da colonização	(VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)
		Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização	(VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE B – Matrizes de correlação

Tabela B.1 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 1).

	APD	NOAPD	prop_past_natu	prop_past_plant	area_estab_agro_lav_temp	efet_reb_bovino	efet_reb_capri_ovin	prop_efet_reb_capr_ovin	estab_agro_<10_ha	estab_agro_10_<_100_ha
APD	1,00	-0,92	0,06	-0,08	0,11	-0,07	0,20	0,26	0,03	0,15
NOAPD	-0,92	1,00	-0,05	0,10	-0,09	0,07	-0,23	-0,25	-0,02	-0,12
prop_past_natu	0,06	-0,05	1,00	-0,03	-0,18	0,12	-0,09	-0,10	-0,21	-0,15
prop_past_plant	-0,08	0,10	-0,03	1,00	-0,21	0,21	-0,16	-0,41	0,02	0,18
area_estab_agro_lav_temp	0,11	-0,09	-0,18	-0,21	1,00	-0,30	0,01	0,09	0,27	-0,01
efet_reb_bovino	-0,07	0,07	0,12	0,21	-0,30	1,00	0,18	-0,24	0,15	0,36
efet_reb_capri_ovin	0,20	-0,23	-0,09	-0,16	0,01	0,18	1,00	0,52	0,42	0,33
prop_efet_reb_capr_ovin	0,26	-0,25	-0,10	-0,41	0,09	-0,24	0,52	1,00	0,33	0,20
estab_agro_<10_ha	0,03	-0,02	-0,21	0,02	0,27	0,15	0,42	0,33	1,00	0,56
estab_agro_10_<_100_ha	0,15	-0,12	-0,15	0,18	-0,01	0,36	0,33	0,20	0,56	1,00
estab_agro_>100_ha	0,07	-0,05	0,13	0,03	-0,32	0,56	0,18	0,09	0,18	0,58
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	0,09	-0,08	-0,12	-0,05	0,04	0,01	0,11	0,07	0,28	0,12
intens_agropecuaria	-0,11	0,14	0,36	0,26	0,04	-0,01	-0,32	-0,32	-0,22	-0,09
prop_pastagem_x_lav_temp	-0,03	0,02	0,17	0,01	-0,10	0,16	-0,03	-0,10	-0,07	-0,06
estab_agro_assitencia	0,11	-0,12	0,02	-0,02	0,00	0,33	0,45	0,11	0,30	0,22
estab_agro_adubacao	0,08	-0,10	0,01	0,10	0,00	0,16	0,32	0,01	0,28	0,08
estab_agro_conservacao	-0,03	0,04	0,06	-0,18	0,14	0,10	0,02	0,04	0,17	0,15
estab_agro_energia	-0,06	0,04	0,10	-0,12	0,18	0,19	0,03	-0,07	0,16	0,04
area_estab_agro_nao_prop	-0,01	0,02	-0,04	-0,34	-0,03	0,15	0,01	0,16	0,15	0,33
pop_rural	-0,03	0,08	-0,14	0,12	0,07	-0,13	-0,04	0,09	0,15	0,21
idhm_e	0,13	-0,13	0,14	-0,12	0,06	0,00	-0,04	-0,05	-0,15	-0,14
idhm_r	0,18	-0,14	0,11	0,01	0,04	0,14	0,13	0,01	0,01	0,07
gini_renda	0,02	0,04	-0,16	-0,02	0,15	0,08	0,03	0,05	0,28	0,29
pop_pobre	-0,08	0,11	0,00	-0,07	0,10	-0,19	-0,09	0,15	-0,03	-0,06
val_prod_lav_temp	-0,01	0,00	-0,01	0,12	0,02	-0,03	-0,03	-0,03	0,08	-0,01
rend_feijao	0,09	-0,08	-0,07	0,24	-0,09	0,14	0,08	-0,21	0,01	0,07
rend_mandioca	-0,08	0,11	-0,24	0,31	-0,17	0,27	0,10	-0,08	0,13	0,20
rend_milho	-0,05	0,06	-0,15	0,12	-0,05	0,16	-0,08	-0,32	-0,09	0,10
rend_arroz	-0,02	0,01	-0,14	-0,26	0,08	0,04	0,04	0,00	-0,01	0,00
rend_cana	-0,07	0,08	-0,21	0,08	-0,02	0,30	0,11	-0,26	0,09	0,13
estrat_carvao	-0,02	0,04	-0,02	0,05	-0,05	0,06	-0,06	-0,03	0,05	0,15
extrat_lenha_madeira	-0,05	0,05	-0,03	0,16	-0,09	0,35	-0,05	-0,18	0,06	0,21
cred_pec	0,05	-0,03	0,20	0,18	-0,09	-0,06	-0,06	0,02	-0,05	0,05
cred_pec_FNE	0,02	0,00	0,12	0,12	-0,07	-0,06	-0,10	-0,05	-0,10	0,05
val_prod_leite	0,07	-0,03	0,23	-0,01	-0,06	0,15	0,00	-0,16	-0,16	-0,05

(continua)

Tabela B.1 – Continuação.

	APD	NOAPD	prop_past_natu	prop_past_plant	area_estab_agro_lav_temp	efet_reb_bovino	efet_reb_capri_ovin	prop_efet_reb_capr_ovin	estab_agro_<10_ha	estab_agro_10_<_100_ha
gini_estrut_agraria	-0,10	0,15	-0,01	-0,17	-0,20	0,06	0,02	0,07	0,05	-0,22
índ_aridez_semiarido	0,39	-0,37	0,06	-0,19	0,11	-0,10	0,34	0,51	0,19	0,21
índ_aridez_subumido	-0,19	0,16	0,00	0,09	-0,17	0,09	-0,17	-0,37	-0,22	-0,23
índ_aridez_umido	-0,04	0,01	-0,04	-0,01	0,00	-0,02	-0,03	-0,07	-0,04	-0,07
dist_rodovias	0,01	-0,01	-0,11	0,08	-0,05	0,10	0,00	-0,02	0,04	0,08
dist_unid_conserv	-0,04	0,07	-0,03	0,09	-0,04	0,06	-0,05	-0,02	-0,03	0,11
prop_area_unid_conserv	-0,04	-0,03	-0,12	-0,08	-0,02	0,02	0,14	0,07	0,14	0,00
dist_vias	-0,06	0,08	0,20	0,34	-0,22	0,32	-0,14	-0,28	-0,12	0,03
dist_rios	-0,21	0,22	-0,09	-0,16	-0,06	0,08	-0,10	-0,09	-0,07	-0,13
geol_med	0,04	-0,03	0,11	-0,15	0,07	-0,04	-0,01	0,05	-0,04	-0,02
geol_alta	-0,09	0,10	-0,36	-0,01	-0,06	0,03	-0,04	-0,06	0,02	-0,01
pedo_med	0,00	0,03	0,28	-0,07	0,00	0,06	-0,09	-0,07	-0,15	-0,04
pedo_alta	0,07	-0,05	-0,01	-0,07	0,12	-0,17	0,10	0,18	0,15	-0,05
geom_med	0,07	-0,06	0,09	0,24	-0,05	0,09	0,16	0,08	0,18	0,10
geom_alta	0,00	0,00	-0,03	0,06	0,06	0,02	-0,09	-0,15	-0,10	0,04
decliv_med	-0,12	0,11	0,05	0,10	0,05	-0,03	-0,04	-0,08	0,04	0,01
decliv_alta	-0,08	0,09	0,06	0,29	-0,10	0,15	-0,06	-0,24	0,01	0,02
dist_fogo	0,06	-0,07	0,19	0,10	0,03	-0,09	0,11	0,11	0,12	-0,06
dist_pivo	-0,08	0,11	0,04	-0,26	0,10	-0,17	-0,02	0,26	0,16	0,04
preciptacao	-0,37	0,34	0,00	-0,04	-0,08	0,13	-0,26	-0,39	-0,14	-0,26
seca_<_40%	-0,06	0,06	-0,02	0,42	-0,17	0,27	-0,16	-0,45	-0,10	0,04
seca_>_40%	0,05	-0,05	0,01	-0,32	0,12	-0,20	0,15	0,36	0,10	-0,01
dist_nucleos	-0,06	0,07	-0,06	0,52	-0,19	0,41	-0,20	-0,52	-0,15	0,10
perc_estab_agro_<10_ha	-0,05	0,04	-0,10	0,01	0,62	-0,25	0,03	0,05	0,46	-0,11
perc_estab_agro_10_>_100_ha	0,09	-0,06	-0,13	0,14	0,52	-0,25	0,04	0,09	0,27	0,31
perc_estab_agro_>100_ha	-0,04	0,06	0,16	-0,11	-0,59	0,29	-0,03	-0,05	-0,34	-0,18
perc_estab_agro_n_prop	0,02	-0,04	0,09	-0,13	0,37	-0,19	-0,05	-0,04	0,03	-0,23
perc_area_estab_agro_lav_temp	0,11	-0,09	-0,18	-0,21	1,00	-0,30	0,01	0,09	0,27	-0,01
perc_estab_agro_assitencia	0,18	-0,18	0,18	-0,06	-0,04	0,11	0,09	0,00	-0,11	-0,10
perc_estab_agro_adubacao	0,15	-0,16	0,17	0,01	-0,04	0,00	0,08	-0,08	-0,05	-0,15
perc_estab_agro_conservacao	-0,01	0,02	0,10	-0,19	0,14	0,01	-0,03	0,04	0,01	0,01
perc_estab_agro_pec	0,08	-0,07	0,31	0,31	-0,44	0,25	0,10	-0,01	-0,22	0,10
tx_lotacao_animal	0,12	-0,15	-0,30	-0,24	0,13	0,09	0,84	0,47	0,35	0,16
focos_queimada	-0,06	0,07	-0,08	0,03	-0,02	0,07	-0,06	-0,08	-0,03	0,06
pop_rural	0,09	-0,09	-0,11	0,11	0,11	0,32	0,40	0,17	0,74	0,60
dens_pop_rural	-0,13	0,12	0,10	0,12	0,45	-0,21	-0,17	-0,20	0,10	-0,17
tx_analfabetismo	-0,15	0,18	-0,03	-0,15	0,11	-0,16	-0,06	0,15	0,17	0,00

(continua)

Tabela B.1 – Conclusão.

	APD	NOAPD	prop_past_natu	prop_past_plant	area_estab_agro_lav_temp	efet_reb_bovino	efet_reb_capri_ovin	prop_efet_reb_capr_ovin	estab_agro_<10_ha	estab_agro_10_<_100_ha
geol_media_alta	-0,08	0,09	-0,34	-0,11	-0,02	0,00	-0,05	-0,03	0,00	-0,02
pedol_media_alta	0,07	-0,03	0,27	-0,15	0,13	-0,13	0,02	0,13	0,01	-0,10
geom_media_alta	0,07	-0,07	0,07	0,30	-0,01	0,12	0,11	-0,03	0,12	0,14
decliv_media_alta	-0,14	0,14	0,08	0,27	-0,03	0,08	-0,07	-0,22	0,03	0,02
prop_vulne_pobreza	-0,12	0,21	-0,06	-0,01	0,04	-0,10	-0,07	0,10	0,07	0,06

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.2 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 2).

	estab_agro_>100_ha	estab_agro_<_10_ha _lav_temp	intens_agropecuaria	prop_pastagem_x_lav_temp	estab_agro_assitencia	estab_agro_adubacao	estab_agro_conservacao	estab_agro_energia	area_estab_agro_nao_prop	pop_rural
APD	0,07	0,09	-0,11	-0,03	0,11	0,08	-0,03	-0,06	-0,01	-0,03
NOAPD	-0,05	-0,08	0,14	0,02	-0,12	-0,10	0,04	0,04	0,02	0,08
prop_past_natu	0,13	-0,12	0,36	0,17	0,02	0,01	0,06	0,10	-0,04	-0,14
prop_past_plant	0,03	-0,05	0,26	0,01	-0,02	0,10	-0,18	-0,12	-0,34	0,12
area_estab_agro_lav_temp	-0,32	0,04	0,04	-0,10	0,00	0,00	0,14	0,18	-0,03	0,07
efet_reb_bovino	0,56	0,01	-0,01	0,16	0,33	0,16	0,10	0,19	0,15	-0,13
efet_reb_capri_ovin	0,18	0,11	-0,32	-0,03	0,45	0,32	0,02	0,03	0,01	-0,04
prop_efet_reb_capr_ovin	0,09	0,07	-0,32	-0,10	0,11	0,01	0,04	-0,07	0,16	0,09
estab_agro_<10_ha	0,18	0,28	-0,22	-0,07	0,30	0,28	0,17	0,16	0,15	0,15
estab_agro_10_<_100_ha	0,58	0,12	-0,09	-0,06	0,22	0,08	0,15	0,04	0,33	0,21
estab_agro_>100_ha	1,00	0,01	0,06	0,03	0,24	0,04	0,31	0,10	0,55	-0,04
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	0,01	1,00	-0,02	-0,02	0,16	0,24	-0,03	0,16	0,01	-0,16
intens_agropecuaria	0,06	-0,02	1,00	0,08	-0,08	-0,07	0,10	0,17	0,02	-0,14
prop_pastagem_x_lav_temp	0,03	-0,02	0,08	1,00	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,05
estab_agro_assitencia	0,24	0,16	-0,08	-0,01	1,00	0,51	0,23	0,41	0,12	-0,16
estab_agro_adubacao	0,04	0,24	-0,07	-0,02	0,51	1,00	0,07	0,50	-0,08	-0,12
estab_agro_conservacao	0,31	-0,03	0,10	-0,02	0,23	0,07	1,00	0,35	0,40	-0,04
estab_agro_energia	0,10	0,16	0,17	-0,02	0,41	0,50	0,35	1,00	0,17	-0,22

(continua)

Tabela B.2 – Continuação.

	estab_agro_>100_ha	estab_agro_<_10_ha_lav_temp	intens_agropecuaria	prop_pastagem_x_lav_temp	estab_agro_assitencia	estab_agro_adubacao	estab_agro_conservacao	estab_agro_energia	area_estab_agro_nao_prop	pop_rural
area_estab_agro_nao_prop	0,55	0,01	0,02	-0,04	0,12	-0,08	0,40	0,17	1,00	-0,06
pop_rural	-0,04	-0,16	-0,14	-0,05	-0,16	-0,12	-0,04	-0,22	-0,06	1,00
idhm_e	0,00	0,23	0,18	0,01	0,19	0,12	0,11	0,34	0,08	-0,69
idhm_r	0,12	0,26	0,10	-0,01	0,24	0,21	0,06	0,27	0,05	-0,59
gini_renda	0,15	0,03	-0,09	-0,09	0,08	-0,03	0,13	0,04	0,19	0,04
pop_pobre	-0,04	-0,11	0,06	-0,05	-0,13	-0,11	0,12	-0,02	0,06	0,21
val_prod_lav_temp	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,21	-0,01	0,07	-0,06	0,02
rend_feijao	0,01	0,04	-0,10	0,03	0,13	0,23	-0,15	-0,05	-0,22	-0,03
rend_mandioca	0,14	0,04	-0,17	0,03	0,03	0,17	-0,10	-0,12	-0,13	0,21
rend_milho	0,06	-0,07	-0,09	0,00	0,04	0,03	0,04	0,06	0,03	0,05
rend_arroz	-0,01	0,03	-0,16	-0,05	0,22	0,07	0,16	0,29	0,22	-0,03
rend_cana	0,10	0,07	-0,12	0,07	0,17	0,12	0,10	0,12	0,00	0,01
estrat_carvao	0,19	-0,01	0,13	-0,01	0,03	-0,05	0,23	0,01	0,32	-0,11
extrat_lenha_madeira	0,15	0,07	0,01	-0,01	0,16	-0,03	0,01	-0,01	0,09	-0,08
cred_pec	0,05	-0,12	0,18	0,06	-0,16	-0,14	-0,11	-0,16	-0,09	-0,02
cred_pec_FNE	-0,01	-0,21	0,10	-0,06	-0,08	-0,18	-0,03	-0,14	-0,03	0,03
val_prod_leite	0,12	-0,12	0,20	0,04	0,10	0,02	0,09	0,01	0,06	-0,08
gini_estrut_agraria	0,20	0,02	-0,04	-0,10	0,09	0,12	0,10	0,10	0,22	-0,11
índ_aridez_semiarido	0,13	0,05	-0,17	-0,04	0,08	0,01	0,04	-0,11	0,03	0,07
índ_aridez_subumido	-0,07	0,04	0,03	0,10	-0,09	0,06	-0,05	0,06	-0,08	-0,11
índ_aridez_umido	-0,06	0,05	0,02	0,01	-0,02	0,02	0,00	0,04	-0,03	-0,07
dist_rodovias	0,07	-0,09	-0,15	0,00	-0,01	-0,03	-0,07	-0,16	0,02	0,22
dist_unid_conserv	0,05	-0,05	0,09	0,02	0,03	-0,03	0,01	0,00	0,02	0,09
prop_area_unid_conserv	-0,04	-0,02	-0,25	-0,01	0,00	0,04	-0,05	-0,07	0,02	0,01
dist_vias	0,22	0,04	0,25	0,22	0,03	0,03	0,03	0,01	-0,14	-0,08
dist_rios	-0,01	0,02	-0,06	0,08	-0,13	-0,12	0,01	0,01	0,12	0,02
geol_med	0,06	0,00	0,18	-0,02	-0,04	-0,07	0,22	0,14	0,15	-0,06
geol_alta	-0,06	0,00	-0,39	-0,03	-0,04	0,07	-0,18	-0,12	-0,05	0,12
pedo_med	0,11	-0,01	0,35	0,08	-0,01	-0,08	0,23	0,17	0,13	-0,13
pedo_alta	-0,11	-0,01	-0,13	-0,06	0,06	0,08	-0,08	-0,01	-0,03	0,03
geom_med	0,02	0,06	0,01	0,05	0,12	0,14	-0,06	-0,04	-0,16	0,05
geom_alta	-0,02	-0,02	0,05	-0,01	-0,03	-0,02	0,02	0,00	-0,04	-0,02
decliv_med	-0,04	-0,08	0,06	0,01	-0,03	0,02	0,07	0,03	-0,06	0,10
decliv_alta	-0,01	0,02	0,08	0,06	0,03	0,08	-0,02	-0,01	-0,18	-0,01
dist_fogo	-0,10	0,06	0,03	-0,02	0,03	0,21	-0,10	0,08	-0,15	-0,05
dist_pivo	-0,04	-0,08	-0,01	0,01	-0,15	-0,17	0,13	-0,05	0,16	0,15
preciptacao	0,00	-0,03	0,19	0,13	-0,01	0,06	0,11	0,24	0,07	-0,19

(continua)

Tabela B.2 – Conclusão.

	estab_agro_>100_ha	estab_agro_<_10_ha_lav_temp	intens_agropecuaria	prop_pastagem_x_lav_temp	estab_agro_assitencia	estab_agro_adubacao	estab_agro_conservacao	estab_agro_energia	area_estab_agro_nao_prop	pop_rural
seca_<_40%	-0,02	-0,02	0,06	0,08	0,00	0,15	-0,11	-0,04	-0,20	0,08
seca_>_40%	0,03	0,01	-0,06	-0,06	0,01	-0,11	0,08	0,02	0,13	-0,06
dist_nucleos	0,03	-0,06	0,06	0,14	0,00	0,05	-0,16	-0,12	-0,26	0,09
perc_estab_agro_<10_ha	-0,45	0,17	-0,09	-0,06	0,02	0,21	0,01	0,21	-0,19	0,12
perc_estab_agro_10_>_100_ha	-0,38	0,06	-0,03	-0,10	-0,06	-0,01	-0,01	0,02	-0,20	0,26
perc_estab_agro_>100_ha	0,46	-0,11	0,08	0,09	0,05	-0,06	0,02	-0,08	0,24	-0,21
perc_estab_agro_n_prop	-0,29	0,20	0,02	-0,03	0,10	0,22	0,05	0,45	-0,07	-0,17
perc_area_estab_agro_lav_temp	-0,32	0,04	0,04	-0,10	0,00	0,00	0,14	0,18	-0,03	0,07
perc_estab_agro_assitencia	0,01	0,25	0,03	0,13	0,48	0,12	-0,02	0,10	-0,04	-0,31
perc_estab_agro_adubacao	-0,08	0,25	0,01	0,02	0,21	0,48	-0,06	0,19	-0,13	-0,22
perc_estab_agro_conservacao	0,16	-0,03	0,14	-0,02	0,11	0,00	0,80	0,24	0,25	-0,06
perc_estab_agro_pec	0,19	-0,19	0,15	0,15	0,09	-0,09	-0,08	-0,14	-0,11	-0,03
tx_lotacao_animal	-0,05	0,14	-0,40	-0,03	0,33	0,22	-0,03	0,00	-0,07	-0,01
focos_queimada	0,02	-0,05	0,00	0,02	-0,03	-0,07	0,07	-0,01	0,05	0,06
pop_rural	0,33	0,44	-0,13	-0,04	0,42	0,37	0,22	0,29	0,14	-0,01
dens_pop_rural	-0,32	0,17	0,38	-0,03	-0,04	0,17	0,03	0,33	-0,14	0,00
tx_analfabetismo	-0,02	-0,16	-0,04	-0,03	-0,16	-0,16	0,05	-0,16	0,11	0,46
geol_media_alta	-0,03	0,00	-0,32	-0,05	-0,06	0,03	-0,06	-0,05	0,04	0,10
pedol_media_alta	-0,01	-0,03	0,21	0,01	0,06	0,01	0,14	0,16	0,09	-0,10
geom_media_alta	0,01	0,04	0,05	0,05	0,10	0,13	-0,05	-0,04	-0,21	0,04
decliv_media_alta	-0,04	-0,04	0,10	0,04	0,00	0,07	0,04	0,02	-0,16	0,07
prop_vulne_pobreza	0,00	-0,26	-0,01	-0,02	-0,18	-0,19	0,01	-0,24	0,03	0,65

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.3 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 3).

	idhm_e	idhm_r	gini_renda	pop_pobre	val_prod_lav_temp	rend_feijao	rend_mandioca	rend_milho	rend_arroz	rend_cana
APD	0,13	0,18	0,02	-0,08	-0,01	0,09	-0,08	-0,05	-0,02	-0,07
NOAPD	-0,13	-0,14	0,04	0,11	0,00	-0,08	0,11	0,06	0,01	0,08
prop_past_natu	0,14	0,11	-0,16	0,00	-0,01	-0,07	-0,24	-0,15	-0,14	-0,21

(continua)

Tabela B.3 – Continuação.

	idhm_e	idhm_r	gini_renda	pop_pobre	val_prod_lav_temp	rend_feijao	rend_mandioca	rend_milho	rend_arroz	rend_cana
prop_past_plant	-0,12	0,01	-0,02	-0,07	0,12	0,24	0,31	0,12	-0,26	0,08
area_estab_agro_lav_temp	0,06	0,04	0,15	0,10	0,02	-0,09	-0,17	-0,05	0,08	-0,02
efet_reb_bovino	0,00	0,14	0,08	-0,19	-0,03	0,14	0,27	0,16	0,04	0,30
efet_reb_capri_ovin	-0,04	0,13	0,03	-0,09	-0,03	0,08	0,10	-0,08	0,04	0,11
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,05	0,01	0,05	0,15	-0,03	-0,21	-0,08	-0,32	0,00	-0,26
estab_agro_<10_ha	-0,15	0,01	0,28	-0,03	0,08	0,01	0,13	-0,09	-0,01	0,09
estab_agro_10_<_100_ha	-0,14	0,07	0,29	-0,06	-0,01	0,07	0,20	0,10	0,00	0,13
estab_agro_>100_ha	0,00	0,12	0,15	-0,04	-0,04	0,01	0,14	0,06	-0,01	0,10
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	0,23	0,26	0,03	-0,11	0,00	0,04	0,04	-0,07	0,03	0,07
intens_agropecuaria	0,18	0,10	-0,09	0,06	0,00	-0,10	-0,17	-0,09	-0,16	-0,12
prop_pastagem_x_lav_temp	0,01	-0,01	-0,09	-0,05	-0,01	0,03	0,03	0,00	-0,05	0,07
estab_agro_assitencia	0,19	0,24	0,08	-0,13	0,00	0,13	0,03	0,04	0,22	0,17
estab_agro_adubacao	0,12	0,21	-0,03	-0,11	0,21	0,23	0,17	0,03	0,07	0,12
estab_agro_conservacao	0,11	0,06	0,13	0,12	-0,01	-0,15	-0,10	0,04	0,16	0,10
estab_agro_energia	0,34	0,27	0,04	-0,02	0,07	-0,05	-0,12	0,06	0,29	0,12
area_estab_agro_nao_prop	0,08	0,05	0,19	0,06	-0,06	-0,22	-0,13	0,03	0,22	0,00
pop_rural	-0,69	-0,59	0,04	0,21	0,02	-0,03	0,21	0,05	-0,03	0,01
idhm_e	1,00	0,74	0,10	-0,17	0,02	0,06	-0,32	0,04	0,20	-0,01
idhm_r	0,74	1,00	0,21	-0,19	0,03	0,16	-0,13	0,00	0,10	0,01
gini_renda	0,10	0,21	1,00	-0,09	0,01	0,05	0,09	0,04	0,03	0,10
pop_pobre	-0,17	-0,19	-0,09	1,00	0,03	-0,24	-0,02	0,04	0,04	-0,10
val_prod_lav_temp	0,02	0,03	0,01	0,03	1,00	0,05	0,02	-0,06	-0,09	-0,10
rend_feijao	0,06	0,16	0,05	-0,24	0,05	1,00	0,15	0,45	0,04	0,20
rend_mandioca	-0,32	-0,13	0,09	-0,02	0,02	0,15	1,00	0,11	-0,12	0,24
rend_milho	0,04	0,00	0,04	0,04	-0,06	0,45	0,11	1,00	0,35	0,28
rend_arroz	0,20	0,10	0,03	0,04	-0,09	0,04	-0,12	0,35	1,00	0,19
rend_cana	-0,01	0,01	0,10	-0,10	-0,10	0,20	0,24	0,28	0,19	1,00
estrat_carvao	0,09	0,06	0,11	-0,05	-0,03	0,00	-0,02	0,09	-0,06	-0,03
extrat_lenha_madeira	0,09	0,03	0,16	-0,11	0,01	0,08	0,07	0,18	0,07	0,02
cred_pec	0,02	-0,01	0,03	-0,04	0,01	0,04	-0,09	-0,07	-0,24	-0,13
cred_pec_FNE	0,03	-0,03	0,12	0,01	0,00	0,01	-0,08	-0,01	-0,12	-0,12
val_prod_leite	0,09	0,10	0,09	-0,01	0,01	0,14	-0,10	-0,04	0,04	-0,06
gini_estrut_agraria	0,09	0,10	0,17	0,06	-0,04	0,01	0,07	0,03	0,06	-0,01
índ_aridez_semiarido	-0,03	0,07	0,08	0,02	0,03	-0,06	-0,06	-0,25	-0,17	-0,30
índ_aridez_subumido	0,00	-0,09	-0,14	0,02	-0,06	0,07	0,09	0,24	0,05	0,25
índ_aridez_umido	0,04	-0,03	-0,06	0,00	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	0,06
dist_rodovias	-0,25	-0,22	0,03	0,04	-0,02	0,03	0,12	0,10	-0,04	0,05
dist_unid_conserv	0,00	-0,04	-0,02	0,13	0,01	-0,06	0,09	0,04	0,04	-0,01
prop_area_unid_conserv	-0,16	-0,11	0,08	-0,05	-0,01	0,00	0,12	0,00	0,02	0,11
dist_vias	-0,04	0,04	-0,17	-0,08	0,01	0,14	0,23	0,00	-0,24	0,19
dist_rios	-0,14	-0,15	-0,04	0,09	-0,06	-0,20	0,02	0,06	-0,04	0,16

(continua)

Tabela B.3 – Conclusão.

	idhm_e	idhm_r	gini_renda	pop_pobre	val_prod_lav_temp	rend_feijao	rend_mandioca	rend_milho	rend_arroz	rend_cana
geol_med	0,11	0,03	0,01	0,02	-0,02	-0,13	-0,21	-0,10	0,05	-0,07
geol_alta	-0,20	-0,14	0,01	0,03	-0,03	0,20	0,32	0,26	0,06	0,18
pedo_med	0,14	0,08	-0,05	-0,01	-0,05	-0,16	-0,23	-0,05	0,03	-0,06
pedo_alta	0,03	-0,03	0,06	0,07	0,02	-0,02	-0,05	-0,06	-0,01	-0,13
geom_med	-0,03	0,02	0,09	-0,10	0,09	0,07	0,13	-0,18	-0,17	-0,04
geom_alta	0,04	0,02	-0,01	-0,05	0,01	0,17	0,03	0,11	-0,01	0,12
decliv_med	-0,13	-0,08	0,02	0,10	0,01	-0,07	0,07	0,01	-0,06	0,02
decliv_alta	-0,03	0,03	-0,05	-0,12	0,03	0,17	0,17	-0,01	-0,13	0,19
dist_fogo	0,03	0,08	-0,10	-0,07	0,09	-0,01	-0,07	-0,22	-0,24	-0,25
dist_pivo	-0,15	-0,14	0,15	0,19	-0,06	-0,43	-0,04	-0,22	-0,01	-0,12
preciptacao	0,08	-0,12	-0,10	0,05	-0,03	-0,01	-0,02	0,20	0,09	0,28
seca_<_40%	-0,08	-0,02	-0,03	-0,19	0,06	0,28	0,25	0,20	-0,04	0,31
seca_>_40%	0,05	0,03	0,03	0,14	-0,05	-0,20	-0,18	-0,16	0,02	-0,25
dist_nucleos	-0,15	-0,01	-0,09	-0,22	0,06	0,37	0,38	0,26	-0,08	0,41
perc_estab_agro_<10_ha	-0,01	-0,01	0,09	0,04	0,15	-0,07	-0,04	-0,10	0,01	-0,03
perc_estab_agro_10_>_100_ha	-0,05	0,04	0,14	0,08	0,07	-0,05	-0,02	-0,07	0,03	-0,01
perc_estab_agro_>100_ha	0,08	0,05	-0,04	-0,06	-0,10	0,08	0,04	0,09	-0,02	0,01
perc_estab_agro_n_prop	0,30	0,22	-0,03	-0,06	0,07	-0,08	-0,22	-0,03	0,21	-0,07
perc_area_estab_agro_lav_temp	0,06	0,04	0,15	0,10	0,02	-0,09	-0,17	-0,05	0,08	-0,02
perc_estab_agro_assitencia	0,34	0,32	-0,08	-0,18	-0,03	0,09	-0,19	-0,02	0,10	-0,04
perc_estab_agro_adubacao	0,26	0,29	-0,16	-0,14	0,06	0,20	-0,10	0,00	0,08	-0,03
perc_estab_agro_conservacao	0,12	0,04	0,07	0,13	-0,01	-0,15	-0,13	0,02	0,15	0,06
perc_estab_agro_pec	0,11	0,12	-0,06	-0,07	0,05	0,11	0,03	0,03	-0,15	-0,05
tx_lotacao_animal	-0,05	0,08	0,04	-0,10	-0,05	0,05	0,08	-0,06	0,13	0,17
focos_queimada	-0,05	-0,07	0,07	0,03	-0,03	-0,02	0,04	0,12	0,10	0,12
pop_rural	0,11	0,24	0,32	-0,17	0,08	0,11	0,10	-0,06	0,04	0,19
dens_pop_rural	0,12	0,07	0,00	0,02	0,11	-0,13	-0,15	-0,12	-0,04	-0,09
tx_analfabetismo	-0,62	-0,50	0,19	0,24	-0,05	-0,24	0,03	-0,12	-0,04	-0,11
geol_media_alta	-0,15	-0,14	0,02	0,05	-0,05	0,13	0,22	0,23	0,10	0,16
pedol_media_alta	0,17	0,04	0,01	0,06	-0,03	-0,18	-0,29	-0,12	0,02	-0,21
geom_media_alta	0,00	0,04	0,09	-0,14	0,10	0,21	0,16	-0,11	-0,19	0,05
decliv_media_alta	-0,12	-0,03	-0,02	-0,01	0,03	0,07	0,17	0,00	-0,13	0,14
prop_vulne_pobreza	-0,60	-0,58	0,20	0,31	0,00	-0,09	0,18	0,03	-0,05	0,00

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.4 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 4).

	estrat_carvao	extrat_lenha_madeira	cred_pec	cred_pec_FNE	val_prod_leite	gini_estrut_agraria	índ_aridez_semiarido	índ_aridez_subumido	índ_aridez_umido	dist_rodovias
APD	-0,02	-0,05	0,05	0,02	0,07	-0,10	0,39	-0,19	-0,04	0,01
NOAPD	0,04	0,05	-0,03	0,00	-0,03	0,15	-0,37	0,16	0,01	-0,01
prop_past_natu	-0,02	-0,03	0,20	0,12	0,23	-0,01	0,06	0,00	-0,04	-0,11
prop_past_plant	0,05	0,16	0,18	0,12	-0,01	-0,17	-0,19	0,09	-0,01	0,08
area_estab_agro_lav_temp	-0,05	-0,09	-0,09	-0,07	-0,06	-0,20	0,11	-0,17	0,00	-0,05
efet_reb_bovino	0,06	0,35	-0,06	-0,06	0,15	0,06	-0,10	0,09	-0,02	0,10
efet_reb_capri_ovin	-0,06	-0,05	-0,06	-0,10	0,00	0,02	0,34	-0,17	-0,03	0,00
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,03	-0,18	0,02	-0,05	-0,16	0,07	0,51	-0,37	-0,07	-0,02
estab_agro_<10_ha	0,05	0,06	-0,05	-0,10	-0,16	0,05	0,19	-0,22	-0,04	0,04
estab_agro_10_<_100_ha	0,15	0,21	0,05	0,05	-0,05	-0,22	0,21	-0,23	-0,07	0,08
estab_agro_>100_ha	0,19	0,15	0,05	-0,01	0,12	0,20	0,13	-0,07	-0,06	0,07
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	-0,01	0,07	-0,12	-0,21	-0,12	0,02	0,05	0,04	0,05	-0,09
intens_agropecuaria	0,13	0,01	0,18	0,10	0,20	-0,04	-0,17	0,03	0,02	-0,15
prop_pastagem_x_lav_temp	-0,01	-0,01	0,06	-0,06	0,04	-0,10	-0,04	0,10	0,01	0,00
estab_agro_assitencia	0,03	0,16	-0,16	-0,08	0,10	0,09	0,08	-0,09	-0,02	-0,01
estab_agro_adubacao	-0,05	-0,03	-0,14	-0,18	0,02	0,12	0,01	0,06	0,02	-0,03
estab_agro_conservacao	0,23	0,01	-0,11	-0,03	0,09	0,10	0,04	-0,05	0,00	-0,07
estab_agro_energia	0,01	-0,01	-0,16	-0,14	0,01	0,10	-0,11	0,06	0,04	-0,16
area_estab_agro_nao_prop	0,32	0,09	-0,09	-0,03	0,06	0,22	0,03	-0,08	-0,03	0,02
pop_rural	-0,11	-0,08	-0,02	0,03	-0,08	-0,11	0,07	-0,11	-0,07	0,22
idhm_e	0,09	0,09	0,02	0,03	0,09	0,09	-0,03	0,00	0,04	-0,25
idhm_r	0,06	0,03	-0,01	-0,03	0,10	0,10	0,07	-0,09	-0,03	-0,22
gini_renda	0,11	0,16	0,03	0,12	0,09	0,17	0,08	-0,14	-0,06	0,03
pop_pobre	-0,05	-0,11	-0,04	0,01	-0,01	0,06	0,02	0,02	0,00	0,04
val_prod_lav_temp	-0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,04	0,03	-0,06	-0,01	-0,02
rend_feijao	0,00	0,08	0,04	0,01	0,14	0,01	-0,06	0,07	-0,02	0,03
rend_mandioca	-0,02	0,07	-0,09	-0,08	-0,10	0,07	-0,06	0,09	-0,02	0,12
rend_milho	0,09	0,18	-0,07	-0,01	-0,04	0,03	-0,25	0,24	-0,01	0,10
rend_arroz	-0,06	0,07	-0,24	-0,12	0,04	0,06	-0,17	0,05	-0,01	-0,04
rend_cana	-0,03	0,02	-0,13	-0,12	-0,06	-0,01	-0,30	0,25	0,06	0,05
estrat_carvao	1,00	0,23	0,07	0,02	0,07	0,05	-0,10	0,03	0,01	-0,05
extrat_lenha_madeira	0,23	1,00	-0,07	0,10	0,11	0,01	-0,07	-0,07	-0,01	0,06
cred_pec	0,07	-0,07	1,00	0,37	-0,03	-0,06	0,10	-0,03	-0,03	-0,03
cred_pec_FNE	0,02	0,10	0,37	1,00	0,14	-0,02	0,08	-0,11	-0,06	0,01
val_prod_leite	0,07	0,11	-0,03	0,14	1,00	0,10	0,04	-0,07	-0,03	-0,01
gini_estrut_agraria	0,05	0,01	-0,06	-0,02	0,10	1,00	-0,03	0,05	-0,03	0,01
índ_aridez_semiarido	-0,10	-0,07	0,10	0,08	0,04	-0,03	1,00	-0,40	-0,07	0,06
índ_aridez_subumido	0,03	-0,07	-0,03	-0,11	-0,07	0,05	-0,40	1,00	-0,02	-0,02
índ_aridez_umido	0,01	-0,01	-0,03	-0,06	-0,03	-0,03	-0,07	-0,02	1,00	0,00

(continua)

Tabela B.4 – Conclusão.

	estrat_carvao	extrat_lenha_madeira	cred_pec	cred_pec_FNE	val_prod_leite	gini_estrut_agraria	índ_aridez_semiarido	índ_aridez_subumido	índ_aridez_umido	dist_rodovias
dist_rodovias	-0,05	0,06	-0,03	0,01	-0,01	0,01	0,06	-0,02	0,00	1,00
dist_unid_conserv	0,02	0,11	0,01	0,13	-0,06	-0,09	-0,08	-0,04	-0,09	0,05
prop_area_unid_conserv	-0,04	-0,03	-0,07	-0,07	-0,05	0,11	0,04	0,03	0,05	0,10
dist_vias	0,13	-0,02	0,15	-0,12	-0,04	-0,09	-0,16	0,22	0,07	0,03
dist_rios	0,02	-0,17	-0,12	-0,25	-0,10	0,09	-0,21	0,28	0,06	0,02
geol_med	0,10	-0,07	0,02	0,02	0,11	-0,03	0,05	-0,01	0,08	-0,05
geol_alta	-0,11	0,04	-0,23	-0,12	-0,13	0,17	-0,09	0,10	-0,03	0,13
pedo_med	0,11	0,01	0,08	0,02	0,14	-0,08	-0,05	0,00	0,04	-0,11
pedo_alta	-0,06	-0,09	0,01	0,07	-0,03	0,11	0,18	-0,09	-0,05	0,02
geom_med	0,04	0,06	0,07	0,04	-0,06	-0,09	0,12	-0,06	-0,04	0,05
geom_alta	0,02	0,10	-0,02	0,02	0,10	-0,10	-0,03	0,02	0,10	-0,01
decliv_med	0,01	-0,10	0,05	0,04	-0,04	-0,07	-0,03	0,08	-0,01	0,00
decliv_alta	0,06	0,07	0,04	-0,01	0,05	-0,12	-0,15	0,14	0,10	0,01
dist_fogo	-0,05	-0,10	0,09	0,03	-0,03	0,02	0,14	-0,04	-0,01	-0,04
dist_pivo	0,02	-0,15	-0,01	0,03	-0,12	-0,04	0,13	-0,15	-0,05	-0,03
preciptacao	0,04	0,05	-0,09	-0,17	-0,02	0,20	-0,50	0,46	0,13	-0,02
seca_<_40%	-0,05	0,16	-0,05	0,03	0,04	-0,15	-0,29	0,19	0,01	0,06
seca_>_40%	0,01	-0,13	0,04	-0,02	-0,03	0,12	0,25	-0,17	-0,02	-0,05
dist_nucleos	0,05	0,25	-0,04	0,00	0,02	-0,24	-0,35	0,19	0,01	0,16
perc_estab_agro_<10_ha	-0,09	-0,09	-0,08	-0,10	-0,19	-0,18	-0,01	-0,04	0,05	-0,07
perc_estab_agro_10_>_100_ha	-0,06	-0,03	-0,02	0,03	-0,15	-0,64	0,08	-0,20	-0,01	-0,05
perc_estab_agro_>100_ha	0,08	0,06	0,05	0,03	0,23	0,67	-0,04	0,13	-0,04	0,06
perc_estab_agro_n_prop	-0,05	-0,09	-0,04	-0,06	-0,06	-0,08	-0,04	0,06	0,08	-0,14
perc_area_estab_agro_lav_temp	-0,05	-0,09	-0,09	-0,07	-0,06	-0,20	0,11	-0,17	0,00	-0,05
perc_estab_agro_assitencia	0,00	0,06	-0,03	-0,01	0,13	-0,04	0,07	-0,04	-0,02	-0,06
perc_estab_agro_adubacao	-0,08	-0,07	-0,01	-0,08	0,06	0,03	0,00	0,07	0,02	-0,07
perc_estab_agro_conservacao	0,13	-0,03	-0,08	-0,02	0,11	0,06	0,05	-0,05	0,01	-0,08
perc_estab_agro_pec	0,07	0,16	0,18	0,19	0,18	-0,16	0,04	-0,11	-0,08	0,02
tx_lotacao_animal	-0,10	-0,06	-0,17	-0,17	-0,11	-0,03	0,24	-0,14	-0,02	0,01
focos_queimada	0,01	0,08	-0,01	0,04	0,00	-0,01	-0,08	0,02	-0,01	0,04
pop_rural	0,12	0,16	-0,03	-0,10	-0,11	0,02	0,14	-0,15	-0,02	-0,01
dens_pop_rural	-0,04	-0,09	0,02	-0,05	-0,10	-0,16	-0,16	0,10	0,11	-0,14
tx_analfabetismo	-0,06	-0,19	-0,05	-0,06	0,02	0,19	0,05	-0,08	-0,05	0,10
geol_media_alta	-0,06	0,00	-0,24	-0,12	-0,08	0,18	-0,07	0,11	0,02	0,12
pedol_media_alta	0,04	-0,09	0,09	0,09	0,11	0,04	0,14	-0,11	-0,01	-0,09
geom_media_alta	0,06	0,14	0,06	0,05	0,02	-0,17	0,10	-0,05	0,03	0,05
decliv_media_alta	0,04	-0,03	0,06	0,03	0,01	-0,14	-0,12	0,15	0,06	0,01
prop_vulne_pobreza	-0,02	-0,02	0,04	0,07	0,10	0,18	0,02	-0,03	-0,08	0,20

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.5 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 5).

	dist_unid_conserv	prop_area_unid_conserv	dist_vias	dist_rios	geol_med	geol_alta	pedo_med	pedo_alta	geom_med	geom_alta
APD	-0,04	-0,04	-0,06	-0,21	0,04	-0,09	0,00	0,07	0,07	0,00
NOAPD	0,07	-0,03	0,08	0,22	-0,03	0,10	0,03	-0,05	-0,06	0,00
prop_past_natu	-0,03	-0,12	0,20	-0,09	0,11	-0,36	0,28	-0,01	0,09	-0,03
prop_past_plant	0,09	-0,08	0,34	-0,16	-0,15	-0,01	-0,07	-0,07	0,24	0,06
area_estab_agro_lav_temp	-0,04	-0,02	-0,22	-0,06	0,07	-0,06	0,00	0,12	-0,05	0,06
efet_reb_bovino	0,06	0,02	0,32	0,08	-0,04	0,03	0,06	-0,17	0,09	0,02
efet_reb_capri_ovin	-0,05	0,14	-0,14	-0,10	-0,01	-0,04	-0,09	0,10	0,16	-0,09
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,02	0,07	-0,28	-0,09	0,05	-0,06	-0,07	0,18	0,08	-0,15
estab_agro_<10_ha	-0,03	0,14	-0,12	-0,07	-0,04	0,02	-0,15	0,15	0,18	-0,10
estab_agro_10_<_100_ha	0,11	0,00	0,03	-0,13	-0,02	-0,01	-0,04	-0,05	0,10	0,04
estab_agro_>100_ha	0,05	-0,04	0,22	-0,01	0,06	-0,06	0,11	-0,11	0,02	-0,02
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	-0,05	-0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,06	-0,02
intens_agropecuaria	0,09	-0,25	0,25	-0,06	0,18	-0,39	0,35	-0,13	0,01	0,05
prop_pastagem_x_lav_temp	0,02	-0,01	0,22	0,08	-0,02	-0,03	0,08	-0,06	0,05	-0,01
estab_agro_assitencia	0,03	0,00	0,03	-0,13	-0,04	-0,04	-0,01	0,06	0,12	-0,03
estab_agro_adubacao	-0,03	0,04	0,03	-0,12	-0,07	0,07	-0,08	0,08	0,14	-0,02
estab_agro_conservacao	0,01	-0,05	0,03	0,01	0,22	-0,18	0,23	-0,08	-0,06	0,02
estab_agro_energia	0,00	-0,07	0,01	0,01	0,14	-0,12	0,17	-0,01	-0,04	0,00
area_estab_agro_nao_prop	0,02	0,02	-0,14	0,12	0,15	-0,05	0,13	-0,03	-0,16	-0,04
pop_rural	0,09	0,01	-0,08	0,02	-0,06	0,12	-0,13	0,03	0,05	-0,02
idhm_e	0,00	-0,16	-0,04	-0,14	0,11	-0,20	0,14	0,03	-0,03	0,04
idhm_r	-0,04	-0,11	0,04	-0,15	0,03	-0,14	0,08	-0,03	0,02	0,02
gini_renda	-0,02	0,08	-0,17	-0,04	0,01	0,01	-0,05	0,06	0,09	-0,01
pop_pobre	0,13	-0,05	-0,08	0,09	0,02	0,03	-0,01	0,07	-0,10	-0,05
val_prod_lav_temp	0,01	-0,01	0,01	-0,06	-0,02	-0,03	-0,05	0,02	0,09	0,01
rend_feijao	-0,06	0,00	0,14	-0,20	-0,13	0,20	-0,16	-0,02	0,07	0,17
rend_mandioca	0,09	0,12	0,23	0,02	-0,21	0,32	-0,23	-0,05	0,13	0,03
rend_milho	0,04	0,00	0,00	0,06	-0,10	0,26	-0,05	-0,06	-0,18	0,11
rend_arroz	0,04	0,02	-0,24	-0,04	0,05	0,06	0,03	-0,01	-0,17	-0,01
rend_cana	-0,01	0,11	0,19	0,16	-0,07	0,18	-0,06	-0,13	-0,04	0,12
estrat_carvao	0,02	-0,04	0,13	0,02	0,10	-0,11	0,11	-0,06	0,04	0,02
extrat_lenha_madeira	0,11	-0,03	-0,02	-0,17	-0,07	0,04	0,01	-0,09	0,06	0,10
cred_pec	0,01	-0,07	0,15	-0,12	0,02	-0,23	0,08	0,01	0,07	-0,02
cred_pec_FNE	0,13	-0,07	-0,12	-0,25	0,02	-0,12	0,02	0,07	0,04	0,02
val_prod_leite	-0,06	-0,05	-0,04	-0,10	0,11	-0,13	0,14	-0,03	-0,06	0,10
gini_estrut_agraria	-0,09	0,11	-0,09	0,09	-0,03	0,17	-0,08	0,11	-0,09	-0,10
índ_aridez_semiarido	-0,08	0,04	-0,16	-0,21	0,05	-0,09	-0,05	0,18	0,12	-0,03
índ_aridez_subumido	-0,04	0,03	0,22	0,28	-0,01	0,10	0,00	-0,09	-0,06	0,02

(continua)

Tabela B.5 – Conclusão.

	dist_unid_conserv	prop_area_unid_conserv	dist_vias	dist_rios	geol_med	geol_alta	pedo_med	pedo_alta	geom_med	geom_alta
índ_aridez_umido	-0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	-0,03	0,04	-0,05	-0,04	0,10
dist_rodovias	0,05	0,10	0,03	0,02	-0,05	0,13	-0,11	0,02	0,05	-0,01
dist_unid_conserv	1,00	-0,39	-0,02	-0,12	-0,02	-0,01	0,03	-0,03	0,02	-0,02
prop_area_unid_conserv	-0,39	1,00	-0,11	0,05	-0,11	0,19	-0,15	0,04	-0,03	-0,04
dist_vias	-0,02	-0,11	1,00	0,21	0,03	-0,13	0,11	-0,21	0,12	0,17
dist_rios	-0,12	0,05	0,21	1,00	0,13	0,05	0,07	-0,12	-0,11	-0,08
geol_med	-0,02	-0,11	0,03	0,13	1,00	-0,48	0,32	-0,11	0,00	0,04
geol_alta	-0,01	0,19	-0,13	0,05	-0,48	1,00	-0,47	0,14	-0,15	0,05
pedo_med	0,03	-0,15	0,11	0,07	0,32	-0,47	1,00	-0,55	-0,04	-0,02
pedo_alta	-0,03	0,04	-0,21	-0,12	-0,11	0,14	-0,55	1,00	0,01	0,05
geom_med	0,02	-0,03	0,12	-0,11	0,00	-0,15	-0,04	0,01	1,00	-0,46
geom_alta	-0,02	-0,04	0,17	-0,08	0,04	0,05	-0,02	0,05	-0,46	1,00
decliv_med	0,04	-0,04	0,07	0,00	0,04	-0,08	-0,01	0,08	0,00	0,09
decliv_alta	-0,01	-0,03	0,35	-0,06	-0,03	-0,09	0,03	-0,01	0,01	0,35
dist_fogo	-0,09	-0,01	-0,02	-0,10	0,00	-0,14	0,00	0,12	0,16	-0,10
dist_pivo	0,19	-0,01	-0,15	0,18	0,07	-0,14	0,09	0,04	-0,04	-0,15
preciptacao	-0,08	0,06	0,21	0,38	0,05	0,08	0,14	-0,12	-0,15	0,05
seca_<_40%	0,07	-0,07	0,14	-0,01	-0,11	0,09	-0,05	-0,13	0,10	0,08
seca_>_40%	-0,06	0,05	-0,11	-0,01	0,08	-0,07	0,03	0,10	-0,07	-0,07
dist_nucleos	0,11	-0,02	0,44	0,01	-0,21	0,16	-0,07	-0,24	0,15	0,17
perc_estab_agro_<10_ha	-0,09	0,06	-0,19	-0,02	-0,02	-0,04	-0,08	0,16	0,10	-0,04
perc_estab_agro_10_>_100_ha	0,07	-0,05	-0,11	-0,13	0,02	-0,13	-0,03	0,03	0,11	0,07
perc_estab_agro_>100_ha	-0,03	0,02	0,14	0,09	-0,01	0,11	0,05	-0,07	-0,11	-0,04
perc_estab_agro_n_prop	-0,10	-0,03	-0,17	-0,06	0,09	-0,13	0,07	0,08	-0,01	-0,03
perc_area_estab_agro_lav_temp	-0,04	-0,02	-0,22	-0,06	0,07	-0,06	0,00	0,12	-0,05	0,06
perc_estab_agro_assitencia	-0,04	-0,06	0,02	-0,11	0,04	-0,12	0,06	-0,01	0,04	-0,03
perc_estab_agro_adubacao	-0,08	-0,04	0,00	-0,13	0,01	-0,06	0,01	0,01	0,06	-0,03
perc_estab_agro_conservacao	-0,04	-0,05	0,03	0,00	0,24	-0,20	0,23	-0,09	-0,08	0,02
perc_estab_agro_pec	0,12	-0,15	0,21	-0,14	0,00	-0,20	0,15	-0,08	0,16	0,03
tx_lotacao_animal	-0,10	0,18	-0,19	-0,01	-0,02	0,04	-0,11	0,06	0,12	-0,07
focos_queimada	0,11	-0,03	-0,03	-0,01	-0,02	0,06	0,01	-0,07	-0,05	0,04
pop_rural	0,00	0,05	0,06	-0,12	0,05	-0,09	-0,04	0,04	0,24	-0,06
dens_pop_rural	-0,05	-0,11	-0,02	0,01	0,14	-0,27	0,15	0,02	0,06	-0,03
tx_analfabetismo	-0,08	0,19	-0,17	0,19	0,02	0,07	-0,03	0,07	-0,06	-0,15
geol_media_alta	-0,02	0,15	-0,13	0,14	0,11	0,82	-0,32	0,09	-0,17	0,08
pedol_media_alta	0,00	-0,11	-0,11	-0,06	0,20	-0,32	0,41	0,53	-0,03	0,03
geom_media_alta	0,00	-0,07	0,27	-0,18	0,03	-0,13	-0,06	0,05	0,71	0,31
decliv_media_alta	0,02	-0,05	0,28	-0,04	0,01	-0,12	0,02	0,05	0,01	0,30
prop_vulne_pobreza	0,02	0,11	-0,05	0,11	0,00	0,11	-0,06	0,03	-0,01	-0,02

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.6 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 6).

	decliv_med	decliv_alta	dist_fogo	dist_pivo	preciptacao	seca_<_40%	seca_>_40%	dist_nucleos	perc_estab_agro_<10_ha	perc_estab_agro_10_>_100_ha
APD	-0,12	-0,08	0,06	-0,08	-0,37	-0,06	0,05	-0,06	-0,05	0,09
NOAPD	0,11	0,09	-0,07	0,11	0,34	0,06	-0,05	0,07	0,04	-0,06
prop_past_natu	0,05	0,06	0,19	0,04	0,00	-0,02	0,01	-0,06	-0,10	-0,13
prop_past_plant	0,10	0,29	0,10	-0,26	-0,04	0,42	-0,32	0,52	0,01	0,14
area_estab_agro_lav_temp	0,05	-0,10	0,03	0,10	-0,08	-0,17	0,12	-0,19	0,62	0,52
efet_reb_bovino	-0,03	0,15	-0,09	-0,17	0,13	0,27	-0,20	0,41	-0,25	-0,25
efet_reb_capri_ovin	-0,04	-0,06	0,11	-0,02	-0,26	-0,16	0,15	-0,20	0,03	0,04
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,08	-0,24	0,11	0,26	-0,39	-0,45	0,36	-0,52	0,05	0,09
estab_agro_<10_ha	0,04	0,01	0,12	0,16	-0,14	-0,10	0,10	-0,15	0,46	0,27
estab_agro_10_<_100_ha	0,01	0,02	-0,06	0,04	-0,26	0,04	-0,01	0,10	-0,11	0,31
estab_agro_>100_ha	-0,04	-0,01	-0,10	-0,04	0,00	-0,02	0,03	0,03	-0,45	-0,38
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	-0,08	0,02	0,06	-0,08	-0,03	-0,02	0,01	-0,06	0,17	0,06
intens_agropecuaria	0,06	0,08	0,03	-0,01	0,19	0,06	-0,06	0,06	-0,09	-0,03
prop_pastagem_x_lav_temp	0,01	0,06	-0,02	0,01	0,13	0,08	-0,06	0,14	-0,06	-0,10
estab_agro_assitencia	-0,03	0,03	0,03	-0,15	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	-0,06
estab_agro_adubacao	0,02	0,08	0,21	-0,17	0,06	0,15	-0,11	0,05	0,21	-0,01
estab_agro_conservacao	0,07	-0,02	-0,10	0,13	0,11	-0,11	0,08	-0,16	0,01	-0,01
estab_agro_energia	0,03	-0,01	0,08	-0,05	0,24	-0,04	0,02	-0,12	0,21	0,02
area_estab_agro_nao_prop	-0,06	-0,18	-0,15	0,16	0,07	-0,20	0,13	-0,26	-0,19	-0,20
pop_rural	0,10	-0,01	-0,05	0,15	-0,19	0,08	-0,06	0,09	0,12	0,26
idhm_e	-0,13	-0,03	0,03	-0,15	0,08	-0,08	0,05	-0,15	-0,01	-0,05
idhm_r	-0,08	0,03	0,08	-0,14	-0,12	-0,02	0,03	-0,01	-0,01	0,04
gini_renda	0,02	-0,05	-0,10	0,15	-0,10	-0,03	0,03	-0,09	0,09	0,14
pop_pobre	0,10	-0,12	-0,07	0,19	0,05	-0,19	0,14	-0,22	0,04	0,08
val_prod_lav_temp	0,01	0,03	0,09	-0,06	-0,03	0,06	-0,05	0,06	0,15	0,07
rend_feijao	-0,07	0,17	-0,01	-0,43	-0,01	0,28	-0,20	0,37	-0,07	-0,05
rend_mandioca	0,07	0,17	-0,07	-0,04	-0,02	0,25	-0,18	0,38	-0,04	-0,02
rend_milho	0,01	-0,01	-0,22	-0,22	0,20	0,20	-0,16	0,26	-0,10	-0,07
rend_arroz	-0,06	-0,13	-0,24	-0,01	0,09	-0,04	0,02	-0,08	0,01	0,03
rend_cana	0,02	0,19	-0,25	-0,12	0,28	0,31	-0,25	0,41	-0,03	-0,01
estrat_carvao	0,01	0,06	-0,05	0,02	0,04	-0,05	0,01	0,05	-0,09	-0,06
extrat_lenha_madeira	-0,10	0,07	-0,10	-0,15	0,05	0,16	-0,13	0,25	-0,09	-0,03
cred_pec	0,05	0,04	0,09	-0,01	-0,09	-0,05	0,04	-0,04	-0,08	-0,02
cred_pec_FNE	0,04	-0,01	0,03	0,03	-0,17	0,03	-0,02	0,00	-0,10	0,03
val_prod_leite	-0,04	0,05	-0,03	-0,12	-0,02	0,04	-0,03	0,02	-0,19	-0,15

(continua)

Tabela B.6 – Continuação.

	decliv_med	decliv_alta	dist_fogo	dist_pivo	preciptacao	seca_<_40%	seca_>_40%	dist_nucleos	perc_estab_agro_<10_ha	perc_estab_agro_10_>_100_ha
gini_estrut_agraria	-0,07	-0,12	0,02	-0,04	0,20	-0,15	0,12	-0,24	-0,18	-0,64
índ_aridez_semiarido	-0,03	-0,15	0,14	0,13	-0,50	-0,29	0,25	-0,35	-0,01	0,08
índ_aridez_subumido	0,08	0,14	-0,04	-0,15	0,46	0,19	-0,17	0,19	-0,04	-0,20
índ_aridez_umido	-0,01	0,10	-0,01	-0,05	0,13	0,01	-0,02	0,01	0,05	-0,01
dist_rodovias	0,00	0,01	-0,04	-0,03	-0,02	0,06	-0,05	0,16	-0,07	-0,05
dist_unid_conserv	0,04	-0,01	-0,09	0,19	-0,08	0,07	-0,06	0,11	-0,09	0,07
prop_area_unid_conserv	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	0,06	-0,07	0,05	-0,02	0,06	-0,05
dist_vias	0,07	0,35	-0,02	-0,15	0,21	0,14	-0,11	0,44	-0,19	-0,11
dist_rios	0,00	-0,06	-0,10	0,18	0,38	-0,01	-0,01	0,01	-0,02	-0,13
geol_med	0,04	-0,03	0,00	0,07	0,05	-0,11	0,08	-0,21	-0,02	0,02
geol_alta	-0,08	-0,09	-0,14	-0,14	0,08	0,09	-0,07	0,16	-0,04	-0,13
pedo_med	-0,01	0,03	0,00	0,09	0,14	-0,05	0,03	-0,07	-0,08	-0,03
pedo_alta	0,08	-0,01	0,12	0,04	-0,12	-0,13	0,10	-0,24	0,16	0,03
geom_med	0,00	0,01	0,16	-0,04	-0,15	0,10	-0,07	0,15	0,10	0,11
geom_alta	0,09	0,35	-0,10	-0,15	0,05	0,08	-0,07	0,17	-0,04	0,07
decliv_med	1,00	0,02	0,04	0,17	0,00	0,06	-0,04	0,01	0,13	0,15
decliv_alta	0,02	1,00	0,04	-0,15	0,05	0,25	-0,19	0,36	0,04	0,07
dist_fogo	0,04	0,04	1,00	-0,11	-0,12	0,01	0,01	-0,16	0,24	0,03
dist_pivo	0,17	-0,15	-0,11	1,00	-0,10	-0,21	0,16	-0,34	0,12	0,20
preciptacao	0,00	0,05	-0,12	-0,10	1,00	0,14	-0,14	0,08	-0,06	-0,32
seca_<_40%	0,06	0,25	0,01	-0,21	0,14	1,00	-0,57	0,60	-0,02	0,03
seca_>_40%	-0,04	-0,19	0,01	0,16	-0,14	-0,57	1,00	-0,46	0,01	-0,03
dist_nucleos	0,01	0,36	-0,16	-0,34	0,08	0,60	-0,46	1,00	-0,13	0,06
perc_estab_agro_<10_ha	0,13	0,04	0,24	0,12	-0,06	-0,02	0,01	-0,13	1,00	0,52
perc_estab_agro_10_>_100_ha	0,15	0,07	0,03	0,20	-0,32	0,03	-0,03	0,06	0,52	1,00
perc_estab_agro_>100_ha	-0,16	-0,07	-0,11	-0,19	0,23	-0,03	0,03	-0,01	-0,73	-0,92
perc_estab_agro_n_prop	0,08	-0,02	0,21	-0,05	0,02	-0,06	0,03	-0,21	0,60	0,21
perc_area_estab_agro_lav_temp	0,05	-0,10	0,03	0,10	-0,08	-0,17	0,12	-0,19	0,62	0,52
perc_estab_agro_assitencia	-0,07	0,00	0,06	-0,18	-0,09	-0,02	0,03	-0,03	-0,07	-0,11
perc_estab_agro_adubacao	-0,05	0,06	0,20	-0,24	-0,02	0,11	-0,08	0,01	0,10	-0,08
perc_estab_agro_conservacao	0,05	-0,03	-0,10	0,11	0,09	-0,12	0,09	-0,16	-0,02	-0,03
perc_estab_agro_pec	-0,07	0,10	0,07	-0,13	-0,10	0,13	-0,09	0,19	-0,36	-0,10
tx_lotacao_animal	-0,05	-0,10	0,05	0,04	-0,19	-0,17	0,14	-0,17	0,18	0,14
focos_queimada	0,04	-0,03	-0,33	0,08	0,04	0,03	-0,04	0,07	-0,07	0,01
pop_rural	-0,01	0,06	0,10	-0,06	-0,09	0,01	0,00	-0,05	0,20	0,17
dens_pop_rural	0,16	0,05	0,26	-0,01	0,15	0,04	-0,05	-0,12	0,64	0,33
tx_analfabetismo	0,08	-0,16	-0,03	0,31	0,01	-0,18	0,14	-0,27	0,10	-0,02

(continua)

Tabela B.6 – Conclusão.

	decliv_med	decliv_alta	dist_fogo	dist_pivo	preciptacao	seca_<_40%	seca_>_40%	dist_nucleos	perc_estab_agro_<10_ha	perc_estab_agro_10_>_100_ha
geol_media_alta	-0,07	-0,12	-0,16	-0,11	0,12	0,03	-0,03	0,05	-0,06	-0,14
pedol_media_alta	0,08	0,02	0,13	0,14	0,01	-0,20	0,14	-0,34	0,09	0,00
geom_media_alta	0,08	0,28	0,09	-0,16	-0,12	0,18	-0,12	0,30	0,08	0,17
decliv_media_alta	0,74	0,69	0,05	0,03	0,04	0,21	-0,16	0,25	0,12	0,15
prop_vulne_pobreza	0,08	-0,06	-0,09	0,15	0,03	-0,06	0,05	-0,05	0,00	0,04

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.7 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 7).

	perc_estab_agro_>100_ha	perc_estab_agro_n_prop	perc_area_estab_agro_lav_temp	perc_estab_agro_assitencia	perc_estab_agro_adubacao	perc_estab_agro_conservacao	perc_estab_agro_pec	tx_lotacao_animal	focos_queimada	pop_rural
APD	-0,04	0,02	0,11	0,18	0,15	-0,01	0,08	0,12	-0,06	0,09
NOAPD	0,06	-0,04	-0,09	-0,18	-0,16	0,02	-0,07	-0,15	0,07	-0,09
prop_past_natu	0,16	0,09	-0,18	0,18	0,17	0,10	0,31	-0,30	-0,08	-0,11
prop_past_plant	-0,11	-0,13	-0,21	-0,06	0,01	-0,19	0,31	-0,24	0,03	0,11
area_estab_agro_lav_temp	-0,59	0,37	1,00	-0,04	-0,04	0,14	-0,44	0,13	-0,02	0,11
efet_reb_bovino	0,29	-0,19	-0,30	0,11	0,00	0,01	0,25	0,09	0,07	0,32
efet_reb_capri_ovin	-0,03	-0,05	0,01	0,09	0,08	-0,03	0,10	0,84	-0,06	0,40
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,05	-0,04	0,09	0,00	-0,08	0,04	-0,01	0,47	-0,08	0,17
estab_agro_<10_ha	-0,34	0,03	0,27	-0,11	-0,05	0,01	-0,22	0,35	-0,03	0,74
estab_agro_10_<_100_ha	-0,18	-0,23	-0,01	-0,10	-0,15	0,01	0,10	0,16	0,06	0,60
estab_agro_>100_ha	0,46	-0,29	-0,32	0,01	-0,08	0,16	0,19	-0,05	0,02	0,33
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	-0,11	0,20	0,04	0,25	0,25	-0,03	-0,19	0,14	-0,05	0,44
intens_agropecuaria	0,08	0,02	0,04	0,03	0,01	0,14	0,15	-0,40	0,00	-0,13
prop_pastagem_x_lav_temp	0,09	-0,03	-0,10	0,13	0,02	-0,02	0,15	-0,03	0,02	-0,04
estab_agro_assitencia	0,05	0,10	0,00	0,48	0,21	0,11	0,09	0,33	-0,03	0,42
estab_agro_adubacao	-0,06	0,22	0,00	0,12	0,48	0,00	-0,09	0,22	-0,07	0,37

(continua)

Tabela B.7 – Continuação.

	perc_estab_agro_>100_ha	perc_estab_agro_n_prop	perc_area_estab_agro_lav_temp	perc_estab_agro_assitencia	perc_estab_agro_adubacao	perc_estab_agro_conservacao	perc_estab_agro_pec	tx_lotacao_animal	focos_queimada	pop_rural
estab_agro_conservacao	0,02	0,05	0,14	-0,02	-0,06	0,80	-0,08	-0,03	0,07	0,22
estab_agro_energia	-0,08	0,45	0,18	0,10	0,19	0,24	-0,14	0,00	-0,01	0,29
area_estab_agro_nao_prop	0,24	-0,07	-0,03	-0,04	-0,13	0,25	-0,11	-0,07	0,05	0,14
pop_rural	-0,21	-0,17	0,07	-0,31	-0,22	-0,06	-0,03	-0,01	0,06	-0,01
idhm_e	0,08	0,30	0,06	0,34	0,26	0,12	0,11	-0,05	-0,05	0,11
idhm_r	0,05	0,22	0,04	0,32	0,29	0,04	0,12	0,08	-0,07	0,24
gini_renda	-0,04	-0,03	0,15	-0,08	-0,16	0,07	-0,06	0,04	0,07	0,32
pop_pobre	-0,06	-0,06	0,10	-0,18	-0,14	0,13	-0,07	-0,10	0,03	-0,17
val_prod_lav_temp	-0,10	0,07	0,02	-0,03	0,06	-0,01	0,05	-0,05	-0,03	0,08
rend_feijao	0,08	-0,08	-0,09	0,09	0,20	-0,15	0,11	0,05	-0,02	0,11
rend_mandioca	0,04	-0,22	-0,17	-0,19	-0,10	-0,13	0,03	0,08	0,04	0,10
rend_milho	0,09	-0,03	-0,05	-0,02	0,00	0,02	0,03	-0,06	0,12	-0,06
rend_arroz	-0,02	0,21	0,08	0,10	0,08	0,15	-0,15	0,13	0,10	0,04
rend_cana	0,01	-0,07	-0,02	-0,04	-0,03	0,06	-0,05	0,17	0,12	0,19
estrat_carvao	0,08	-0,05	-0,05	0,00	-0,08	0,13	0,07	-0,10	0,01	0,12
extrat_lenha_madeira	0,06	-0,09	-0,09	0,06	-0,07	-0,03	0,16	-0,06	0,08	0,16
cred_pec	0,05	-0,04	-0,09	-0,03	-0,01	-0,08	0,18	-0,17	-0,01	-0,03
cred_pec_FNE	0,03	-0,06	-0,07	-0,01	-0,08	-0,02	0,19	-0,17	0,04	-0,10
val_prod_leite	0,23	-0,06	-0,06	0,13	0,06	0,11	0,18	-0,11	0,00	-0,11
gini_estrut_agraria	0,67	-0,08	-0,20	-0,04	0,03	0,06	-0,16	-0,03	-0,01	0,02
índ_aridez_semiarido	-0,04	-0,04	0,11	0,07	0,00	0,05	0,04	0,24	-0,08	0,14
índ_aridez_subumido	0,13	0,06	-0,17	-0,04	0,07	-0,05	-0,11	-0,14	0,02	-0,15
índ_aridez_umido	-0,04	0,08	0,00	-0,02	0,02	0,01	-0,08	-0,02	-0,01	-0,02
dist_rodovias	0,06	-0,14	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	0,02	0,01	0,04	-0,01
dist_unid_conserv	-0,03	-0,10	-0,04	-0,04	-0,08	-0,04	0,12	-0,10	0,11	0,00
prop_area_unid_conserv	0,02	-0,03	-0,02	-0,06	-0,04	-0,05	-0,15	0,18	-0,03	0,05
dist_vias	0,14	-0,17	-0,22	0,02	0,00	0,03	0,21	-0,19	-0,03	0,06
dist_rios	0,09	-0,06	-0,06	-0,11	-0,13	0,00	-0,14	-0,01	-0,01	-0,12
geol_med	-0,01	0,09	0,07	0,04	0,01	0,24	0,00	-0,02	-0,02	0,05
geol_alta	0,11	-0,13	-0,06	-0,12	-0,06	-0,20	-0,20	0,04	0,06	-0,09
pedo_med	0,05	0,07	0,00	0,06	0,01	0,23	0,15	-0,11	0,01	-0,04
pedo_alta	-0,07	0,08	0,12	-0,01	0,01	-0,09	-0,08	0,06	-0,07	0,04
geom_med	-0,11	-0,01	-0,05	0,04	0,06	-0,08	0,16	0,12	-0,05	0,24
geom_alta	-0,04	-0,03	0,06	-0,03	-0,03	0,02	0,03	-0,07	0,04	-0,06
decliv_med	-0,16	0,08	0,05	-0,07	-0,05	0,05	-0,07	-0,05	0,04	-0,01
decliv_alta	-0,07	-0,02	-0,10	0,00	0,06	-0,03	0,10	-0,10	-0,03	0,06
dist_fogo	-0,11	0,21	0,03	0,06	0,20	-0,10	0,07	0,05	-0,33	0,10

(continua)

Tabela B.7 – Conclusão.

	perc_estab_agro_>100_ha	perc_estab_agro_n_prop	perc_area_estab_agro_lav_temp	perc_estab_agro_assitencia	perc_estab_agro_adubacao	perc_estab_agro_conservacao	perc_estab_agro_pec	tx_lotacao_animal	focos_queimada	pop_rural
dist_pivo	-0,19	-0,05	0,10	-0,18	-0,24	0,11	-0,13	0,04	0,08	-0,06
preciptacao	0,23	0,02	-0,08	-0,09	-0,02	0,09	-0,10	-0,19	0,04	-0,09
seca_<_40%	-0,03	-0,06	-0,17	-0,02	0,11	-0,12	0,13	-0,17	0,03	0,01
seca_>_40%	0,03	0,03	0,12	0,03	-0,08	0,09	-0,09	0,14	-0,04	0,00
dist_nucleos	-0,01	-0,21	-0,19	-0,03	0,01	-0,16	0,19	-0,17	0,07	-0,05
perc_estab_agro_<10_ha	-0,73	0,60	0,62	-0,07	0,10	-0,02	-0,36	0,18	-0,07	0,20
perc_estab_agro_10_>_100_ha	-0,92	0,21	0,52	-0,11	-0,08	-0,03	-0,10	0,14	0,01	0,17
perc_estab_agro_>100_ha	1,00	-0,36	-0,59	0,12	0,03	0,04	0,22	-0,15	0,02	-0,18
perc_estab_agro_n_prop	-0,36	1,00	0,37	0,30	0,40	0,12	-0,23	0,04	-0,06	0,07
perc_area_estab_agro_lav_temp	-0,59	0,37	1,00	-0,04	-0,04	0,14	-0,44	0,13	-0,02	0,11
perc_estab_agro_assitencia	0,12	0,30	-0,04	1,00	0,54	0,15	0,14	0,08	-0,06	0,07
perc_estab_agro_adubacao	0,03	0,40	-0,04	0,54	1,00	0,22	0,00	0,04	-0,10	0,10
perc_estab_agro_conservacao	0,04	0,12	0,14	0,15	0,22	1,00	-0,06	-0,05	0,06	0,08
perc_estab_agro_pec	0,22	-0,23	-0,44	0,14	0,00	-0,06	1,00	0,00	0,00	-0,07
tx_lotacao_animal	-0,15	0,04	0,13	0,08	0,04	-0,05	0,00	1,00	-0,04	0,29
focos_queimada	0,02	-0,06	-0,02	-0,06	-0,10	0,06	0,00	-0,04	1,00	-0,04
pop_rural	-0,18	0,07	0,11	0,07	0,10	0,08	-0,07	0,29	-0,04	1,00
dens_pop_rural	-0,48	0,59	0,45	-0,05	0,16	0,04	-0,24	-0,13	-0,07	0,16
tx_analfabetismo	0,01	-0,08	0,11	-0,23	-0,19	0,06	-0,32	-0,03	0,03	-0,05
geol_media_alta	0,12	-0,09	-0,02	-0,11	-0,06	-0,07	-0,23	0,04	0,06	-0,08
pedol_media_alta	-0,03	0,16	0,13	0,06	0,02	0,14	0,06	-0,04	-0,06	0,00
geom_media_alta	-0,15	-0,03	-0,01	0,02	0,04	-0,07	0,20	0,07	-0,03	0,21
decliv_media_alta	-0,16	0,04	-0,03	-0,05	0,00	0,02	0,02	-0,10	0,00	0,03
prop_vulne_pobreza	0,07	-0,23	0,04	-0,28	-0,27	0,02	-0,04	-0,05	0,07	-0,15

Fonte: Elaboração própria.

Tabela B.8 – Matriz de correlação entre os fatores candidatos relacionados aos processo de degradação/desertificação no SANEB com correlação ≤ 0,6 (GRUPO 8).

	dens_pop_rural	tx_analfabetismo	geol_media_alta	pedol_media_alta	geom_media_alta	decliv_media_alta	prop_vulne_pobreza
APD	-0,13	-0,15	-0,08	0,07	0,07	-0,14	-0,12
NOAPD	0,12	0,18	0,09	-0,03	-0,07	0,14	0,21
prop_past_natu	0,10	-0,03	-0,34	0,27	0,07	0,08	-0,06
prop_past_plant	0,12	-0,15	-0,11	-0,15	0,30	0,27	-0,01
area_estab_agro_lav_temp	0,45	0,11	-0,02	0,13	-0,01	-0,03	0,04
efet_reb_bovino	-0,21	-0,16	0,00	-0,13	0,12	0,08	-0,10
efet_reb_capri_ovin	-0,17	-0,06	-0,05	0,02	0,11	-0,07	-0,07
prop_efet_reb_capr_ovin	-0,20	0,15	-0,03	0,13	-0,03	-0,22	0,10
estab_agro_<10_ha	0,10	0,17	0,00	0,01	0,12	0,03	0,07
estab_agro_10_<_100_ha	-0,17	0,00	-0,02	-0,10	0,14	0,02	0,06
estab_agro_>100_ha	-0,32	-0,02	-0,03	-0,01	0,01	-0,04	0,00
estab_agro_<_10_ha _lav_temp	0,17	-0,16	0,00	-0,03	0,04	-0,04	-0,26
intens_agropecuaria	0,38	-0,04	-0,32	0,21	0,05	0,10	-0,01
prop_pastagem_x_lav_temp	-0,03	-0,03	-0,05	0,01	0,05	0,04	-0,02
estab_agro_assitencia	-0,04	-0,16	-0,06	0,06	0,10	0,00	-0,18
estab_agro_adubacao	0,17	-0,16	0,03	0,01	0,13	0,07	-0,19
estab_agro_conservacao	0,03	0,05	-0,06	0,14	-0,05	0,04	0,01
estab_agro_energia	0,33	-0,16	-0,05	0,16	-0,04	0,02	-0,24
area_estab_agro_nao_prop	-0,14	0,11	0,04	0,09	-0,21	-0,16	0,03
pop_rural	0,00	0,46	0,10	-0,10	0,04	0,07	0,65
idhm_e	0,12	-0,62	-0,15	0,17	0,00	-0,12	-0,60
idhm_r	0,07	-0,50	-0,14	0,04	0,04	-0,03	-0,58
gini_renda	0,00	0,19	0,02	0,01	0,09	-0,02	0,20
pop_pobre	0,02	0,24	0,05	0,06	-0,14	-0,01	0,31
val_prod_lav_temp	0,11	-0,05	-0,05	-0,03	0,10	0,03	0,00
rend_feijao	-0,13	-0,24	0,13	-0,18	0,21	0,07	-0,09
rend_mandioca	-0,15	0,03	0,22	-0,29	0,16	0,17	0,18
rend_milho	-0,12	-0,12	0,23	-0,12	-0,11	0,00	0,03
rend_arroz	-0,04	-0,04	0,10	0,02	-0,19	-0,13	-0,05
rend_cana	-0,09	-0,11	0,16	-0,21	0,05	0,14	0,00
estrat_carvao	-0,04	-0,06	-0,06	0,04	0,06	0,04	-0,02
extrat_lenha_madeira	-0,09	-0,19	0,00	-0,09	0,14	-0,03	-0,02
cred_pec	0,02	-0,05	-0,24	0,09	0,06	0,06	0,04
cred_pec_FNE	-0,05	-0,06	-0,12	0,09	0,05	0,03	0,07
val_prod_leite	-0,10	0,02	-0,08	0,11	0,02	0,01	0,10
gini_estrut_agraria	-0,16	0,19	0,18	0,04	-0,17	-0,14	0,18
índ_aridez_semiarido	-0,16	0,05	-0,07	0,14	0,10	-0,12	0,02
índ_aridez_subumido	0,10	-0,08	0,11	-0,11	-0,05	0,15	-0,03
índ_aridez_umido	0,11	-0,05	0,02	-0,01	0,03	0,06	-0,08

(continua)

Tabela B.8 – Conclusão.

	dens_pop_rural	tx_analfabetismo	geol_media_alta	pedol_media_alta	geom_media_alta	decliv_media_alta	prop_vulne_pobreza
dist_rodovias	-0,14	0,10	0,12	-0,09	0,05	0,01	0,20
dist_unid_conserv	-0,05	-0,08	-0,02	0,00	0,00	0,02	0,02
prop_area_unid_conserv	-0,11	0,19	0,15	-0,11	-0,07	-0,05	0,11
dist_vias	-0,02	-0,17	-0,13	-0,11	0,27	0,28	-0,05
dist_rios	0,01	0,19	0,14	-0,06	-0,18	-0,04	0,11
geol_med	0,14	0,02	0,11	0,20	0,03	0,01	0,00
geol_alta	-0,27	0,07	0,82	-0,32	-0,13	-0,12	0,11
pedo_med	0,15	-0,03	-0,32	0,41	-0,06	0,02	-0,06
pedo_alta	0,02	0,07	0,09	0,53	0,05	0,05	0,03
geom_med	0,06	-0,06	-0,17	-0,03	0,71	0,01	-0,01
geom_alta	-0,03	-0,15	0,08	0,03	0,31	0,30	-0,02
decliv_med	0,16	0,08	-0,07	0,08	0,08	0,74	0,08
decliv_alta	0,05	-0,16	-0,12	0,02	0,28	0,69	-0,06
dist_fogo	0,26	-0,03	-0,16	0,13	0,09	0,05	-0,09
dist_pivo	-0,01	0,31	-0,11	0,14	-0,16	0,03	0,15
preciptacao	0,15	0,01	0,12	0,01	-0,12	0,04	0,03
seca_<_40%	0,04	-0,18	0,03	-0,20	0,18	0,21	-0,06
seca_>_40%	-0,05	0,14	-0,03	0,14	-0,12	-0,16	0,05
dist_nucleos	-0,12	-0,27	0,05	-0,34	0,30	0,25	-0,05
perc_estab_agro_<10_ha	0,64	0,10	-0,06	0,09	0,08	0,12	0,00
perc_estab_agro_10_>_100_ha	0,33	-0,02	-0,14	0,00	0,17	0,15	0,04
perc_estab_agro_>100_ha	-0,48	0,01	0,12	-0,03	-0,15	-0,16	0,07
perc_estab_agro_n_prop	0,59	-0,08	-0,09	0,16	-0,03	0,04	-0,23
perc_area_estab_agro_lav_temp	0,45	0,11	-0,02	0,13	-0,01	-0,03	0,04
perc_estab_agro_assitencia	-0,05	-0,23	-0,11	0,06	0,02	-0,05	-0,28
perc_estab_agro_adubacao	0,16	-0,19	-0,06	0,02	0,04	0,00	-0,27
perc_estab_agro_conservacao	0,04	0,06	-0,07	0,14	-0,07	0,02	0,02
perc_estab_agro_pec	-0,24	-0,32	-0,23	0,06	0,20	0,02	-0,04
tx_lotacao_animal	-0,13	-0,03	0,04	-0,04	0,07	-0,10	-0,05
focos_queimada	-0,07	0,03	0,06	-0,06	-0,03	0,00	0,07
pop_rural	0,16	-0,05	-0,08	0,00	0,21	0,03	-0,15
dens_pop_rural	1,00	0,05	-0,22	0,18	0,04	0,15	-0,08
tx_analfabetismo	0,05	1,00	0,10	0,05	-0,18	-0,05	0,62
geol_media_alta	-0,22	0,10	1,00	-0,23	-0,12	-0,13	0,12
pedol_media_alta	0,18	0,05	-0,23	1,00	-0,01	0,08	-0,03
geom_media_alta	0,04	-0,18	-0,12	-0,01	1,00	0,25	-0,02
decliv_media_alta	0,15	-0,05	-0,13	0,08	0,25	1,00	0,02
prop_vulne_pobreza	-0,08	0,62	0,12	-0,03	-0,02	0,02	1,00

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE C - Parametrização dos modelos espacialmente explícitos.

Tabela C.1 – Parametrização do modelo espacialmente explícito não regionalizado considerando em relação a mudança.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Semiárido do Nordeste do Brasil
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
Constate	Constante da regressão	-0,11752		0,02002
efet_reb_capri_ovin	Média do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,17301	0,00000
seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca (CARVALHO, 1973)	0,07302	0,13466	0,00000
perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00150	-0,09134	0,00000
perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00173	0,12614	0,00000
dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	0,12039	0,00000
perc_estab_agro_assitencia	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de assistência em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00199	-0,06295	0,00000
geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,05448	0,08439	0,00000
dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	-0,11022	0,00000
efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,03461	0,00000
índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,03923	0,07735	0,00000
dist_rodovias	Distância euclidiana à rodovias pavimentadas mais próximas (MMA, 2015)	0,00000	-0,05277	0,00000
prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00068	-0,04068	0,00000

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Semiárido do Nordeste do Brasil
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
perc_estab_agro_pec	Média da porcentagem de estabelecimentos com pecuária em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00030	0,02278	0,00088
geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,02585	0,04068	0,00000
prop_vulne_pobreza	Média da proporção da população vulnerável à pobreza em cada célula (PNUD, 2015)	0,00297	0,08787	0,00000
tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula (PNUD, 2015)	-0,00104	-0,05595	0,00000
perc_area_estab_agro_lav_temp	Porcentagem da área da célula com áreas dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (IBGE, 1996, 2006)	-0,00155	-0,06180	0,00000
dens_pop_rural	Média da densidade da população rural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00104	0,04467	0,00000
decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,02526	-0,03309	0,00000
prop_efet_reb_capr_ovin	Média da proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00057	-0,06170	0,00000
perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00059	-0,05066	0,00000
gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,16604	-0,04247	0,00000
pop_rural	Média da proporção da população rural em cada célula (PNUD, 2015)	0,00000	0,04982	0,00000
prop_area_unid_conserv	Porcentagem da área da célula com unidades de conservação (MMA, 2015)	-0,02245	-0,02298	0,00002
tx_lotacao_animal	Média da taxa de lotação animal em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00259	0,05384	0,00000
perc_estab_agro_<10_ha	Média do percentual de estabelecimentos com menos de 10 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00185	-0,04819	0,00000
perc_estab_agro_n_prop	Média da porcentagem de estabelecimentos agropecuários de não proprietários em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00005	0,03393	0,00002

(continua)

Tabela C.1 – Conclusão.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Semiárido do Nordeste do Brasil
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula (BNB, 2014)	-0,00017	-0,02610	0,00001
cred_pec	Média do percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em cada célula (BCB, 2000, 2010)	0,00014	0,02165	0,00019
focos_queimada	Número de focos de queimadas em cada célula (INPE, 2015)	-0,00248	-0,01068	0,03662

Alocação: parâmetros do componente *AllocationClueLike*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação

maxDifference	Diferença máxima permitida entre o valor da demanda informado e a quantidade alocada pelo modelo para cada uso/cobertura da terra.	50 km²
minValue	Corresponde ao valor percentual mínimo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	0%
maxValue	Corresponde ao valor percentual máximo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	100%
minChange	Informa a o valor percentual mínimo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	2%
maxChange	Informa a o valor percentual máximo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	7%
changeLimiarValue	Informa o limiar de mudança para um dado tipo de uso da terra na célula. A partir deste limiar, a velocidade de mudança de um dado tipo de uso pode ser modificada.	50%
maxChangeAboveLimiar	Informa a mudança máxima permitida para um dado tipo de uso da terra na célula após o limiar de saturação.	80%

Demanda: parâmetros do componente

Taxas de áreas em processo de desertificação (km²/ano)

Acréscimo de 2355 (2000 a 2010)

Fonte: Elaboração própria

Tabela C.2 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança - Região1.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 1 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
Constate	Constante da regressão	-0,16983		0,00009
dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	0,17219	0,000
gini_estrut_agraria	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,56219	0,21350	0,000
seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca (CARVALHO, 1973)	0,02638	0,05368	0,005
perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00149	0,15450	0,000
perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00104	-0,13065	0,000
cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula (BNB, 2014)	-0,00034	-0,05770	0,000
perc_estab_agro_pec	Média da porcentagem de estabelecimentos com pecuária em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00128	0,10906	0,000
dens_pop_rural	Média da densidade da população rural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00152	0,07970	0,000
efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,08199	0,000
tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula (PNUD, 2015)	0,00149	0,08128	0,000
geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,02821	-0,04525	0,001
perc_area_estab_agro_lav_temp	Porcentagem da área da célula com áreas dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (IBGE, 1996, 2006)	-0,00124	-0,05192	0,009
decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,03665	-0,05328	0,000

(continua)

Tabela C.2 – Continuação.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 1 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
dist_rodovias	Distância euclidiana à rodovias pavimentadas mais próximas (MMA, 2015)	0,00000	-0,04434	0,001
focos_queimada	Número de focos de queimadas em cada célula (INPE, 2015)	0,01000	0,04183	0,000
geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,02790	-0,04347	0,000
efet_reb_capri_ovin	Média do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,10043	0,000
pop_rural	Média da proporção da população rural em cada célula (PNUD, 2015)	0,00000	-0,09697	0,000
cred_pec	Média do percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em cada célula (BCB, 2000, 2010)	-0,00034	-0,05791	0,000
dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	0,08444	0,000
dist_nucleos	Distância euclidiana ao focos de queimada mais próximos (INPE, 2015)	0,00000	-0,09778	0,000
prop_efet_reb_capr_ovin	Média da proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00043	-0,04094	0,009
prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00093	-0,05599	0,000
perc_estab_agro_assitencia	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de assistência em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00081	-0,02925	0,036
tx_lotacao_animal	Média da taxa de lotação animal em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00426	-0,04786	0,002
perc_estab_agro_>100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com mais de 100 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00514	-0,44667	0,000
perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00443	-0,29510	0,000
perc_estab_agro_<10_ha	Média do percentual de estabelecimentos com menos de 10 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00437	-0,13564	0,000

(continua)

Tabela C.2 – Conclusão.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 1 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*				
Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,04926	-0,02196	0,033

Alocação: parâmetros do componente *AllocationClueLike*		
Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		
maxDifference	Diferença máxima permitida entre o valor da demanda informado e a quantidade alocada pelo modelo para cada uso/cobertura da terra.	50 km²
minValue	Corresponde ao valor percentual mínimo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	0%
maxValue	Corresponde ao valor percentual máximo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	100%
minChange	Informa a o valor percentual mínimo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	2%
maxChange	Informa a o valor percentual máximo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	15%
changeLimiarValue	Informa o limiar de mudança para um dado tipo de uso da terra na célula. A partir deste limiar, a velocidade de mudança de um dado tipo de uso pode ser modificada.	50%
maxChangeAboveLimiar	Informa a mudança máxima permitida para um dado tipo de uso da terra na célula após o limiar de saturação.	80%

Demanda: parâmetros do componente	
Taxas de áreas em processo de desertificação (km²/ano)	
	Acréscimo de 2355 (2000 a 2010)

Fonte: Elaboração própria

Tabela C.3 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região2.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 2 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
Constate	Constante da regressão	-0,12384		0,00000
dist_nucleos	Distância euclidiana ao focos de queimada mais próximos (INPE, 2015)	0,00000	-0,15054	0,00000
decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,05659	-0,13609	0,00000
pedol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à pedologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,04446	0,12691	0,00000
perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00097	-0,15780	0,00000
perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00110	0,11129	0,00000
geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,04186	0,13505	0,00000
gini_estrut_agraria	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,07180	0,06093	0,00000
dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	0,06355	0,00000
dist_rodovias	Distância euclidiana à rodovias pavimentadas mais próximas (MMA, 2015)	0,00000	-0,06368	0,00001
efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,04493	0,00055
tx_lotacao_animal	Média da taxa de lotação animal em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00300	0,08957	0,00000
perc_estab_agro_<10_ha	Média do percentual de estabelecimentos com menos de 10 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00231	-0,11213	0,00000
dens_pop_rural	Média da densidade da população rural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00127	0,07958	0,00000
perc_estab_agro_pec	Média da porcentagem de estabelecimentos com pecuária em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00032	-0,04522	0,00091

(continua)

Tabela C.3 – Conclusão.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 2 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,03169	0,04369	0,00012
índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,05440	-0,03349	0,00167
gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,08908	0,04245	0,00055
cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula (BNB, 2014)	-0,00013	-0,04063	0,00149
cred_pec	Média do percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em cada célula (BCB, 2000, 2010)	0,00009	0,02651	0,02410
prop_area_unid_conserv	Porcentagem da área da célula com unidades de conservação (MMA, 2015)	-0,01132	-0,02571	0,02826

Alocação: parâmetros do componente *AllocationClueLike*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação

maxDifference	Diferença máxima permitida entre o valor da demanda informado e a quantidade alocada pelo modelo para cada uso/cobertura da terra.	50 km²
minValue	Corresponde ao valor percentual mínimo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	0%
maxValue	Corresponde ao valor percentual máximo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	100%
minChange	Informa a o valor percentual mínimo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	2%
maxChange	Informa a o valor percentual máximo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	15%
changeLimiarValue	Informa o limiar de mudança para um dado tipo de uso da terra na célula. A partir deste limiar, a velocidade de mudança de um dado tipo de uso pode ser modificada.	50%
maxChangeAboveLimiar	Informa a mudança máxima permitida para um dado tipo de uso da terra na célula após o limiar de saturação.	80%

Demanda: parâmetros do componente

Taxas de áreas em processo de desertificação (km²/ano)

Acréscimo de 2355 (2000 a 2010)

Fonte: Elaboração própria

Tabela C.4 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região3.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 3 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
Constate	Constante da regressão	-0,74295		0,00000
efet_reb_capri_ovin	Média do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,16395	0,00000
dist_rios	Distância euclidiana aos principais rios da colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	0,22521	0,00000
perc_estab_agro_>100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com mais de 100 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00678	0,32830	0,00000
dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	-0,19690	0,00000
prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00199	-0,09007	0,00000
perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00254	0,14074	0,00000
geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,10637	0,10796	0,00000
seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca (CARVALHO, 1973)	0,23636	0,18407	0,00000
efet_reb_bovino	Média do efetivo do rebanho bovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00000	0,06387	0,00000
gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,66126	-0,10048	0,00000
pedol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à pedologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,04970	-0,04609	0,00000
perc_estab_agro_assitencia	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de assistência em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00305	-0,08380	0,00000

(continua)

Tabela C.4 – Continuação.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 3 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
prop_pastagem_x_lav_temp	Média da proporção de área com pastagem natural e plantada em relação à áreas com lavoura temporária em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00350	0,04297	0,00081
pop_rural	Média da proporção da população rural em cada célula (PNUD, 2015)	0,00000	0,13330	0,00000
geol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,06386	0,07058	0,00000
gini_estrut_agraria	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,17066	-0,04134	0,00966
dist_nucleos	Distância euclidiana ao focos de queimada mais próximos (INPE, 2015)	0,00000	0,08878	0,00000
dist_rodovias	Distância euclidiana à rodovias pavimentadas mais próximas (MMA, 2015)	0,00000	-0,04667	0,00000
cred_pec	Média do percentual do crédito oriundo do Sistema Nacional de Crédito Rural – SNCR destinado à pecuária em cada célula (BCB, 2000, 2010)	0,00047	0,05392	0,00000
prop_vulne_pobreza	Média da proporção da população vulnerável à pobreza em cada célula (PNUD, 2015)	0,00553	0,11003	0,00000
tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula (PNUD, 2015)	-0,00211	-0,08251	0,00000
perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00423	0,16707	0,00015
perc_estab_agro_n_prop	Média da porcentagem de estabelecimentos agropecuários de não proprietários em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00016	0,06517	0,00000
cred_pec_FNE	Média do percentual do crédito oriundo do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE destinado à pecuária em cada célula (BNB, 2014)	-0,00030	-0,03172	0,00143
perc_area_estab_agro_lav_temp	Porcentagem da área da célula com áreas dos estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (IBGE, 1996, 2006)	-0,00156	-0,04827	0,00010
decliv_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à declividade em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,02673	-0,02402	0,00651

(continua)

Tabela C.4 – Conclusão.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 3 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
prop_efet_reb_capr_ovin	Média da proporção do efetivo do rebanho caprino e ovino em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00063	-0,04205	0,00062
prop_past_plant	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00112	-0,03224	0,00925
índ_aridez_semiarido	Porcentagem da área da célula com índice de aridez semiárido (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,09539	0,01954	0,01819
focos_queimada	Número de focos de queimadas em cada célula (INPE, 2015)	-0,00754	-0,01771	0,03391

Alocação: parâmetros do componente *AllocationClueLike*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação

maxDifference	Diferença máxima permitida entre o valor da demanda informado e a quantidade alocada pelo modelo para cada uso/cobertura da terra.	50 km²
minValue	Corresponde ao valor percentual mínimo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	0%
maxValue	Corresponde ao valor percentual máximo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	100%
minChange	Informa a o valor percentual mínimo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	2%
maxChange	Informa a o valor percentual máximo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	15%
changeLimiarValue	Informa o limiar de mudança para um dado tipo de uso da terra na célula. A partir deste limiar, a velocidade de mudança de um dado tipo de uso pode ser modificada.	50%
maxChangeAboveLimiar	Informa a mudança máxima permitida para um dado tipo de uso da terra na célula após o limiar de saturação.	80%

Demanda: parâmetros do componente

Taxas de áreas em processo de desertificação (km²/ano)

Acréscimo de 2355 (2000 a 2010)

Fonte: Elaboração própria

Tabela C.5 – Parametrização do modelo espacialmente explícito em relação a mudança – Região 4.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 4 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
Constate	Constante da regressão	0,09011		0,00000
dist_nucleos	Distância euclidiana ao focos de queimada mais próximos (INPE, 2015)	0,00000	-18,52664	0,00000
dist_rodovias	Distância euclidiana à rodovias pavimentadas mais próximas (MMA, 2015)	0,00000	-18,44178	0,00000
perc_estab_agro_conservacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de conservação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00088	8,07276	0,00000
perc_estab_agro_10_>_100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com 10 ha e menos de 100 em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00052	-2,42792	0,01521
dist_vias	Distância euclidiana às principais vias de penetração da pecuária durante a colonização mais próximos (VALVERDE, 1967; ANDRADE, 1973, 2004; SOUZA, 1989; JUCÁ, 1994)	0,00000	5,54594	0,00000
prop_past_natu	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem natural em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00105	-8,55887	0,00000
perc_estab_agro_pec	Média da porcentagem de estabelecimentos com pecuária em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00054	5,10257	0,00000
gini_renda	Média do índice de gini de renda em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,18782	-9,20771	0,00000
prop_vulne_pobreza	Média da proporção da população vulnerável à pobreza em cada célula (PNUD, 2015)	0,00128	5,50711	0,00000
prop_past_plant	Média do percentual de área total dos estabelecimentos agropecuários com pastagem plantada em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00072	-5,30966	0,00000
geom_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à geomorfologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	0,02098	5,03019	0,00000
seca_>_40%	Porcentagem da área da célula com mais de 40% de incidência de seca (CARVALHO, 1973)	-0,01991	-5,18531	0,00000
perc_estab_agro_adubacao	Média da porcentagem de estabelecimentos com informação de uso de adubação em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	-0,00044	-4,64622	0,00000

(continua)

Tabela C.5 – Conclusão.

Parâmetros Gerais		
Escala espacial	Extensão	Região 4 do Semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 3.56)
	Resolução	Células regulares de 5 km x 5 km
Escala temporal	Extensão	2000 a 2010
	Resolução	Anual
	Calibração/Validação	2000 e 2010
Classes de uso e cobertura da terra	Porcentagem de áreas em processo de desertificação em cada célula	

Potencial: parâmetros do componente *LinearRegression*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação		*Betas*	*Betas* padronizados	Significância
perc_estab_agro_>100_ha	Média do percentual de estabelecimentos com mais de 100 ha em cada célula (IBGE, 1996, 2006)	0,00048	3,24485	0,00118
prop_area_unid_conserv	Porcentagem da área da célula com unidades de conservação (MMA, 2015)	-0,01391	-2,77515	0,00553
tx_analfabetismo	Média da taxa de analfabetismo de pessoas com 11 anos ou mais de idade em cada célula (PNUD, 2015)	-0,00043	-2,43086	0,01509
pedol_media_alta	Média do percentual de área classificada como de suscetibilidade média a muito alta à desertificação em relação à pedologia em cada célula (SAP, 2015; VIEIRA, 2015)	-0,00954	-2,33433	0,01961

Alocação: parâmetros do componente *AllocationClueLike*

Determinantes espaciais das áreas em processo de desertificação

maxDifference	Diferença máxima permitida entre o valor da demanda informado e a quantidade alocada pelo modelo para cada uso/cobertura da terra.	50 km²
minValue	Corresponde ao valor percentual mínimo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	0%
maxValue	Corresponde ao valor percentual máximo de um dado tipo de uso/cobertura da terra permitido a cada nova mudança.	100%
minChange	Informa a o valor percentual mínimo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	2%
maxChange	Informa a o valor percentual máximo da mudança permitido para um dado tipo de uso da terra na célula em um passo de tempo até o limite de saturação.	15%
changeLimiarValue	Informa o limiar de mudança para um dado tipo de uso da terra na célula. A partir deste limiar, a velocidade de mudança de um dado tipo de uso pode ser modificada.	50%
maxChangeAboveLimiar	Informa a mudança máxima permitida para um dado tipo de uso da terra na célula após o limiar de saturação.	80%

Demanda: parâmetros do componente

Taxas de áreas em processo de desertificação (km²/ano)

Acréscimo de 2355 (2000 a 2010)

Fonte: Elaboração própria