



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ECOSISTEMAS AMAZÔNICOS E
DINÂMICAS SOCIOAMBIENTAIS

ANDRÉA DOS SANTOS COELHO

MODELAGEM DE DINÂMICA DO USO DA TERRA E
COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO DE SANTARÉM,
OESTE DO PARÁ

BELÉM
2009

ANDRÉA DOS SANTOS COELHO

MODELAGEM DE DINÂMICA DO USO DA TERRA E
COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO DE SANTARÉM,
OESTE DO PARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, Área de Concentração em Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais, da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dutra Aguiar

BELÉM
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C672m Coelho, Andréa dos Santos

Modelagem de dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na região de Santarém, oeste do Pará. / Andréa dos Santos Coelho. - Belém, 2009.

128 fl.: il.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Paula Dutra Aguiar

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

1. TERRITÓRIO. 2. SANTARÉM. 3. COBERTURA VEGETAL. I. Título.

CDU 504(811.5)

ANDRÉA DOS SANTOS COELHO

MODELAGEM DE DINÂMICA DO USO DA TERRA E
COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO DE SANTARÉM,
OESTE DO PARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, Área de Concentração em Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais, da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de Aprovação: ____ / ____ / _____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Dra. Ana Paula Dutra Aguiar (Doutora em Sensoriamento Remoto)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Dr. Silvio Brienza Junior (Doutor em Agricultura Tropical)
EMBRAPA Amazônia Oriental

PhD. Peter Mann de Toledo (PhD. em Geologia)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Dr. Éder Benatti (Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido)
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Dedico esse trabalho àquela que foi meu primeiro grande amor, amor que é minha força, alento e inspiração. Remédio para todos os males: dor, cansaço, desânimo e para quando a fé me falta, minha mãe, que nunca e em hipótese alguma me abandona... (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelo que me tem reservado: tudo o que preciso, nada além do que mereço ou possa suportar;

À Dione, que é meu tudo... obrigada por compreender que sonhos se constroem com sacrifícios e por ter dividido a conta comigo;

À Ana Paula Dutra Aguiar, pela orientação irrepreensível, paciência, dedicação e grandes oportunidades que me proporcionou, mas, principalmente, à amizade que me dedicou, o meu mais sincero agradecimento;

Ao amigo e, orientador sempre, Otávio do Canto pela contribuição na elaboração dos meus escritos;

Ao colaborador Adriano Venturieri por todo o conhecimento que me proporcionou e que foi imprescindível para a elaboração deste trabalho e também pelas oportunidades e incentivos, sempre, meu obrigada.

Aos colaboradores Evaldinólia Gilbertoni e Sérgio Costa pelo apoio técnico;

À coordenadora de Pós-Graduação em Ciências Ambientais Dra. Aurora Mota, pelo cuidado que me dedicou;

Ao Programa Integrado MCT/EMBRAPA – PIME pelo apoio à realização deste trabalho, por meio de bolsa de estudo e fomento aos trabalhos de campo e meu sincero agradecimento à sua coordenadora Dra. Ana Luiza Albernaz;

À Rede de Modelagem da Amazônia (GEOMA) por apostar nesse trabalho por meio das possibilidades ofertadas para que ele fosse realizado, em especial, obrigada ao Dr. Peter Mann de Toledo (ex-coordenador);

Ao projeto *Violência, Espaço Público e Dependência Social na Amazônia Oriental* pelo apoio nas pesquisas necessárias à realização deste trabalho e obrigada ao coordenador Roberto Araújo do Santos, a Otávio do Canto, à Cristina Salim, à Andréa Barreto e a Ricardo Folhes.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Amazônia Oriental) pela importância na minha formação;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela fundamental colaboração na execução deste trabalho por meio do apoio técnico que o trabalho demandou e a todos deste instituto que, de alguma forma, me ajudaram, obrigada!

Ninguém luta contra forças que não entende, cuja importância não meça, cujas formas e contornos não discirna; (...) Isto é verdade se se refere às forças da natureza (...) isto também é assim nas forças sociais (...). A realidade não pode ser modificada senão quando o homem descobre que é modificável e que ele o pode fazer.

(FREIRE, 1977, p. 48).

RESUMO

A região de Santarém, na última década, apresentou um aumento da área de agricultura de grãos, em especial, arroz, milho e soja. Na base da estrutura fundiária da região, essa dinâmica tem concorrido para a concentração fundiária devido à substituição da pequena propriedade pela grande propriedade capitalizada. Políticas de ordenamento territorial criaram um mosaico de unidades com regras específicas de uso da terra, são unidades de conservação e diferentes modalidades de projetos de assentamentos. Este trabalho tem dois objetivos: estudar o processo de transformação da paisagem após a introdução da agricultura capitalizada de grãos e construir cenários de futuro que analisem alternativas para conter o desflorestamento e a concentração fundiária em curso. O estudo foi realizado utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a partir de imagens *Landsat 5 TM* dos anos de 1999, 2004 e 2007. Técnicas de modelagem dinâmica foram empregadas para explorar cenários de futuro (2015) considerando regras de uso do território. Os resultados obtidos mostram que, até 2004, a maior parte da agricultura mecanizada foi implantada em áreas onde anteriormente eram ocupadas pela agropecuária familiar, pastagem e capoeira. Após 2004, a sua expansão se deu, principalmente, sobre áreas de floresta, em especial, dentro de projetos de assentamento. A análise das transições de uso, em diferentes modalidades de assentamento, demonstra que as regras de uso do território estabelecidas por medidas de ordenamento territorial não têm sido seguidas em muitos casos. Este trabalho apresentou como principal contribuição metodológica a incorporação de questões institucionais relacionadas à estrutura fundiária na análise de transformação da paisagem e construção de cenários. Os resultados mostram que tal abordagem é essencial para entender os processos de transformação correntes à região em questão.

Palavras-chave: Território. Paisagem. Uso da terra. Mudanças de uso e cobertura da terra. Estrutura fundiária. Regra de uso do território. Modelagem. Cenários.

ABSTRACT

In the last decade (1999-2009), the area of grain agriculture of Santarém region increased, mainly that of rice, corn and soybean. In the base of land tenancy structure of the region, this dynamic has occurred to land concentration due to the replacement of small for large and capitalized properties. Public policies of territorial law-enforcement created a mosaic of land unities with specific land-use rules, the conservation unities and a variety of settlement projects. The objectives of this research are: 1) to study the process of landscape transformation after the expansion of intensive grain agriculture, and 2) to construct scenarios of future that analyze alternatives to sustain? deforestation and land concentration in process in the region. Remote sensing techniques were used in Landsat 5 TM images of 1999, 2004 e 2007. Dynamic modeling techniques were used to explore scenarios of future (2015), considering rules of territory use. The results showed that until 2004, most of intensive grain agriculture was established in areas formerly occupied by smallholdings, pasture and *capoeira* (secondary vegetation). After 2004, the expansion of that land-use occurred mainly in forest areas, especially in settlement projects. The analyze of use transitions images in different types of settlement showed that the rules of land-use established as measure of territorial law-enforcement are not obeyed in many cases. As main methodological contribution, this research showed the importance of institutional variables related to land tenancy structure in analyzing landscape transformation and constructing scenarios. It was showed that this approach is necessary to understand the transformation processes in the studied region.

Key-words: Territory. Landscape. Land-use. Land use and cover changes. Land tenancy structure. Rules of territory use. Scenarios.

LISTA DE FIGURAS

1 – Porto da CARGILL.	24
2 – Casa incendiada em função dos conflitos de terra na comunidade de Jenipapo.	25
3 – Mosaico de unidades territoriais no estado do Pará.	26
4 – Abordagem bottom-up e top-down.	35
5 – Estrutura geral dos modelos <i>top-down</i>	36
6 – Localização da área de estudo.	39
7 – Construção da época do projeto Ford.	44
8 – Construção da época do projeto Ford.	44
9 – Mapa mostrando a evolução dos projetos de assentamento na área de estudo.	45
10 – Etapas do desenvolvimento do trabalho.	50
11 – Área de floresta.	53
12 – Área de capoeira.	54
13 – Área de pastagem.	54
14 – Área de agricultura mecanizada.	55
15 – Área de agropecuária familiar.	56
16 – Imagem segmentada.	58
17 – Imagem temática, produto da classificação não-supervisionada.	61
18 – Imagem temática após o mapeamento para geoclasses.	62
19 – Transições anuais possíveis de usos da terra – região de Santarém.	65
20 – (a) Exemplo de transições possíveis: representação esquemática do procedimento de alocação.	66
21 – Modelo modificado para incluir múltiplas regras em diferentes partições do espaço.	67
22 – Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal (1999).	74
23 – Mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal (2004).	74
24 – Mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal (2007).	75
25 – Pirâmide etária da comunidade de Aracy, Santarém, Pará.	81
26 – Pirâmide etária da comunidade de Jenipapo, Belterra, Pará.	81
27 – Plantio de grãos ao lado da igreja na comunidade de Jenipapo.	82
28 – Mapa temático de 2007 com polígonos de assentamentos.	83
29 – PAC's na área de estudo.	85
31 – Uso da terra no PAC Bela Terra II – 1999, 2004 e 2007.	87
32 – Uso da terra no PAC Bom Sossego – 1999, 2004 e 2007.	88
33 – PDS na área de estudo.	90
34 – Uso da terra no PDS Ouro Branco – 1999, 2004 e 2007.	92
35 – PA na área de estudo.	93
36 – Uso da terra no PA Moju I e II – 1999, 2004 e 2007.	95
37 – Uso da terra no PA Corta Corda – 1999, 2004 e 2007.	96
38 – PAE na área de estudo.	97
39 – Distribuição espacial das variáveis de uso do solo nas células de 500 x 500 m ² de resolução: (a) 1999 (b) 2004 e (c) 2007.	103

40 – Distribuição espacial das explanatórias selecionadas nas células de 500 x 500 m de resolução: (a) Distância mínima a estradas principais e secundárias (dist_estr_sec) (b) Distância mínima a centros urbanos (dist_urban) (c) Distância mínima a rios secundários (dist_rios_sec) e (d) Declividade média (media_declive).....	105
41 – Regras de uso não sendo seguidas em assentamentos	106
42 – Áreas de agricultura mecanizada em 2007 comparadas à estrutura fundiária e assentamentos.	107
43 – Comparação entre relação entre padrões de uso da terra e fatores determinantes: (a) relação entre uso, estradas e rios secundários no PA Moju; (b) declividade no PA Moju; (c) relação entre uso, estradas e rios secundários no PA Corta Corda; (d) declividade no PA Corta Corda	108
44 – Gráfico ilustrando transições possíveis em um PA de acordo com regras de uso do território.	110
45 – Padrões alternativos que poderiam ter emergido no PA Moju I e II, caso as regras tivessem sido seguidas, sem a presença de agricultura mecanizada e pastagem de grande porte no seu interior.....	110
46 – Padrões alternativos que poderiam ter emergido no PA Corta Corda, caso as regras tivessem sido seguidas, sem a presença de agricultura mecanizada e pastagem de grande porte no seu interior.....	111
47 – Matrizes de transições possíveis em diferentes categorias de acordo com regras de uso do território.	112
48 – Regras de uso do território em diferentes partições do espaço.	113
49 – Resultados das simulações: (a) Utilizando modelo baseado na regressão (2004) (b) Modelo modificado com presença_pa e sinal invertido nos modelos de floresta (2004) (c) Utilizando modelo baseado na regressão (2004) (d) Modelo modificado com presença_pa e sinal invertido nos modelos de floresta (2004).....	115
50 – Simulações para 2015: (a) Sem cumprir regras de uso (área toda) (b) Cumprindo regras de uso (área toda) (c) Sem cumprir regras de uso (áreas especiais) (d) Cumprindo regras de uso (áreas especiais).	117

LISTA DE GRÁFICOS

1 – Evolução da produção de arroz e soja no município de Santarém.	23
2 – Evolução da produção de arroz e soja no município de Belterra.	23
3 – Valores percentuais referentes a evolução dos usos da terra e cobertura vegetal na região de Santarém – 1999, 2004 e 2007.	75
4 – Valores relativos (%) dos diferentes usos em 1999, 2004 e 2007.....	84
5 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PAC's da área de estudo.	85
6 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bela Terra I.	86
7 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bela Terra II.	87
8 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bom Sossego. ...	88
9 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PDS's da área de estudo.	90
10 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PDS Ouro Branco. ...	91
11 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PA's da área de estudo.	93
12 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PA Moju I e II.	95
13 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PA Corta Corda.	96
14 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PAE's da área de estudo....	98

LISTA DE QUADROS

1 – Distribuição dos Projetos de Assentamento na área de estudo.	47
2 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal.	63
3 – Lista de variáveis utilizadas na etapa de modelagem	69
4 – Matriz de transição adotada nas simulações para os PA.	110
5 – Matrizes de transição adotada nas simulações para a área toda.....	112

LISTA DE TABELAS

1 – Produção de soja nas unidades federativas da Amazônia Legal e do Brasil em 1993/2007 (toneladas)	20
2 – Produção agrícola do município de Santarém de 1994 a 1996.....	22
3 – Produção agrícola do município de Santarém de 1997 a 2005.....	22
4 – Produção agrícola do município de Belterra de 1997 a 2005.....	22
5 – Valores absolutos de uso da terra e cobertura vegetal.	75
6 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (km ²).	76
7 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (%).	76
8 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (km ²).	78
9 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (%).	78
10 – Área cedida por outras classes para agricultura mecanizada.	79
11 – Distribuição das áreas de agricultura mecanizada – 1999 a 2004.	80
12 – Distribuição das áreas de agricultura mecanizada – 2004 a 2007.	80
13 – Valores absolutos de usos nos assentamentos (km ²)	83
14 – Modelos de regressão logística – comparação da importância relativa dos fatores determinantes dos padrões de uso do solo na região de Santarém em 2004 e 2007.	101
15 – Modelos de regressão logística – comparação da importância relativa dos fatores determinantes dos padrões de uso do solo nos PA Moju e Corta Corda em 2004.	108

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 EXPANSÃO DA SOJA NA AMAZÔNIA E NA REGIÃO DE SANTARÉM: DESMATAMENTO E CONFLITOS FUNDIÁRIOS	19
2.2 AÇÕES GOVERNAMENTAIS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL	26
2.3 ASPECTOS TEÓRICOS	29
2.3.1 Conceitos de espaço, paisagem e território	29
2.3.2 Geotecnologias e Modelagem dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra	31
3 MÉTODOS	39
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1.1 Histórico da ocupação da área de estudo.....	42
3.2 PASSOS METODOLÓGICOS.....	49
3.2.1 Sistematização de dados	50
3.2.2 Geração de mapas temáticos do uso da terra e cobertura vegetal	51
3.2.2.1 Definição da legenda temática	52
3.2.2.2 Georeferenciamento de imagens	56
3.2.2.3 Classificação das imagens digitais	57
3.2.2.3.1 Segmentação	57
3.2.2.3.2 Classificação não supervisionada por regiões	59
3.2.2.3.3 Mapeamento e edição	61
3.2.3 Análise da dinâmica da paisagem	62
3.2.4 Modelagem dinâmica	63
3.2.4.1 Descrição do modelo computacional utilizado.....	64
3.2.4.1.1 Características do modelo Clue-S.....	64
3.2.4.1.2 Modelo implementado em ambiente TerraME.....	66
3.2.4.2 Etapas de modelagem.....	67
3.2.4.2.1 Construção de Banco de Dados Celular	68
3.2.4.2.2 Parametrização dos modelos	70
3.2.4.2.3 Calibração e validação dos modelos	71
3.2.4.2.4 Simulações e cenários	71
4 RESULTADOS.....	73
4.1 ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL	73
4.1.1 Dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal em toda a área de estudo....	73
4.1.1.1 Transições entre usos no período de 1999 a 2004	76
4.1.1.2 Transições entre usos no período 2004 a 2007	78
4.1.1.3 Discussão sobre as transições entre usos nos dois períodos	79
4.1.2 Análise da dinâmica de uso e cobertura e regras de uso do território em diferentes modalidades de assentamentos	83
4.1.2.1 Projeto de Assentamento Coletivo (PAC).....	84
4.1.2.2 Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS)	89

4.1.2.3 Projeto de Assentamento (PA)	92
4.1.2.4 Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE)	97
4.2 MODELAGEM DINÂMICA.....	98
4.2.1 Análise estatística: relação entre fatores determinantes e padrões de uso da terra em 2004 e 2007	99
4.2.2 Resultados das simulações: aderência às regras de uso do território.....	109
4.2.2.1 Simulações para o para os PA Moju I e II e PA Corta Corda: 1999 à 2007 ...	109
4.2.2.2 Simulações para o para a área toda: 1999 a 2015.....	111
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS.....	122
ANEXOS	127
ANEXO A – LISTA INICIAL DE FATORES DETERMINANTES (VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS NOS MODELOS).....	128

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da atividade agrícola na região amazônica, nos últimos anos, tem se dado a partir da conversão, preferencialmente, de áreas de agropecuária familiar, cultivada por agricultores na sua maioria descapitalizados e áreas de pastagem em cultivo de grãos, principalmente, soja, arroz e milho (MMA/SCA, 1999). Na base da estrutura fundiária, essa dinâmica tem concorrido para um reordenamento territorial promovendo a substituição da pequena pela grande propriedade e o estímulo ao desflorestamento.

A região Oeste do Pará, em especial, os municípios de Santarém e Belterra tem se destacado no cultivo mecanizado de grãos. Em 2005, os dois municípios responderam com 12,44 % de toda a produção de arroz, milho e soja do estado, no entanto, quando se analisa apenas a produção de soja, constata-se que ela respondeu por 50,14% (SAGRI, 2005)¹ da produção estadual, índice que tem concorrido para uma dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal baseada na substituição de áreas de agropecuária familiar, capoeira e pastagem em áreas para o seu cultivo.

O uso da terra, até a década de 1980, na região que compreende esses municípios, baseava-se na pequena agricultura apoiada em técnicas tradicionais de preparo e cultivo do solo e o extrativismo vegetal. A partir das décadas de 1980 e 1990 houve uma intensificação da atividade pecuária o que provocou o desmatamento de grandes áreas, tanto de vegetação primária quanto secundária para a implantação de pastagens e nas áreas de agropecuária familiar (VENTURIERI et al., 2006).

Em meados da década de 1990, uma nova configuração territorial² começa a ser desenhada com a introdução do cultivo de grãos resultando na conversão de

¹ Dados da Secretaria de Agricultura do Estado do Pará (SAGRI).

² Configuração Territorial é o território mais o conjunto de objetos existentes sobre ele, objetos naturais ou objetos artificiais que a definem (...). A configuração territorial é formada pela constelação de recursos naturais, lagos, rios, planícies, montanhas e florestas e também de recursos criados como estradas de ferro e de rodagem, condutos de toda ordem, barragens, açudes, cidades, entre outros. É esse conjunto de todas as coisas, arranjadas em sistema que forma a configuração territorial cuja realidade e extensão se confundem com o próprio território de um país. Tipos de floresta, de solo, de clima, de escoamento são interdependentes, como também o são as coisas que o homem superpõe à natureza (SANTOS, 2008, p. 84).

áreas antes ocupadas pela agropecuária familiar, pastagem e florestas secundárias para seu cultivo, ocasionando desmatamentos e concentração fundiária. As mudanças nos arranjos produtivos são acompanhadas pelo surgimento de uma infra-estrutura necessária ao desenvolvimento do agronegócio de grãos como a abertura e recuperação de estradas, a construção de silos de armazenamento e a construção de um porto graneleiro na cidade de Santarém.

Na Amazônia, o desenvolvimento dessa atividade econômica tem sido acompanhado pelo aumento do desmatamento e da grilagem de terras e que nessa região ocorre, em especial, na direção Norte dos municípios de Uruará e na direção Sudoeste de Prainha, em áreas de reserva florestal interconectadas ao pólo graneleiro de Santarém, por estradas clandestinas, abertas, na sua maioria, por madeireiros.

Por outro lado, o Governo Federal procura, desde os anos 1970, ordenar a ocupação da região amazônica por meio de diferentes medidas de Ordenamento Territorial e Fundiário, incluindo a criação de Unidades de Conservação, Terras Indígenas e diferentes modalidades de Assentamentos da Reforma Agrária. Cada uma destas categorias possui regras específicas em relação ao uso da terra, dos recursos naturais e também em relação às diferentes categorias populacionais como os ribeirinhos, os indígenas, os quilombolas, além dos chamados “clientes” da reforma agrária que teriam direito em ocupá-las. Nos municípios de Santarém e Belterra, por exemplo, nos anos de 2005 e 2006, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em áreas gerenciadas pela Superintendência Regional de Santarém (SR-30), criou vários projetos de assentamentos com a argumentação de tentar barrar o processo de desmatamento e concentração fundiária.

Levando em consideração o processo de (re)produção do espaço regional de Santarém e Belterra, busca-se responder às seguintes questões:

- Qual a relevância do cultivo de grãos para o aumento do desmatamento na região de Santarém?
- Como medidas de ordenamento territorial e/ou fundiário influenciam a dinâmica de uso da terra na região?

O Oeste Paraense, em função de seu papel de fronteira agropecuária, onde grandes extensões de terra são comprometidas pelo avanço de pastagens e, mais recentemente, o agronegócio, remete à necessidade de estudos para o

entendimento destas dinâmicas, visando subsidiar medidas de controle do desmatamento e ordenamento da ocupação da região.

Neste contexto, são necessárias abordagens de pesquisas que proporcionem a caracterização e avaliação das diferentes paisagens, resultantes das mais variadas formas de ocupação da terra e da produção do espaço regional. Diversos estudos na Amazônia têm combinado dados sobre a dinâmica da paisagem a métodos de análise estatística (MERTENS et al., 2002; AGUIAR et al., 2007), modelagem dinâmica e construção de cenários territoriais para auxiliar no entendimento das possibilidades de futuro para determinadas regiões e de possíveis impactos de determinadas ações ou tendências (SOARES FILHO et al., 2004; SOARES FILHO et al., 2006; AGUIAR, 2006). No entanto, tais trabalhos não incorporaram explicitamente as questões relativas à estrutura fundiária nas suas análises.

O presente estudo tem como *objetivo geral* estudar o processo de transformação da paisagem ocorrido após a introdução da agricultura capitalizada na região de Santarém, com foco nas relações entre essas transformações e a estrutura fundiária da região. Para tanto será realizada a análise das transformações da paisagem por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem dinâmica. A *hipótese* central deste trabalho é que para entender a dinâmica de mudança de uso da região é necessário incorporar às análises de dados sobre a situação fundiária. Os *objetivos específicos* são:

- 1 Entender e quantificar a dinâmica de uso da terra entre 1999 e 2007 para toda a região e nos diferentes tipos de unidades territoriais relacionados a medidas de ordenamento fundiário (modalidades de assentamento e unidades de conservação).
- 2 Construir modelos dinâmicos que representem computacionalmente as mudanças de uso da terra, seus fatores determinantes e a situação fundiária da região.
- 3 Utilizar os modelos dinâmicos para projetar cenários até 2015 considerando as regras de uso do território definidas pelas medidas de ordenamento fundiário nas diferentes unidades territoriais, incluindo seu cumprimento ou não.

Esta dissertação foi elaborada como parte integrante das pesquisas do Programa Integrado MCT/EMBRAPA/PIME, na área do Distrito Florestal Sustentável da BR-163, no âmbito do Grupo de Modelagem da Amazônia (GEOMA). É resultado

de um longo processo de aprendizagem de técnicas para análise de dinâmica do uso da terra, adquiridas durante estágio realizado no Laboratório de Sensoriamento Remoto da EMBRAPA Amazônia Oriental, sob orientação do pesquisador Dr. Adriano Venturieri.

Essa importante ferramenta auxiliou na reflexão sobre as questões fundiárias e da dinâmica territorial da região, que abrange parte dos municípios de Santarém, Belterra, Prainha, Uruará e Placas, e que contou com o conhecimento e experiência de um grupo de pesquisadores do Projeto Violência, Espaço Público e Dependência Social da Amazônia Oriental, financiado pela FINEP, em especial do Dr. Roberto Araújo do Museu Paraense Emílio Goeldi e do professor M.Sc. Otávio do Canto da Universidade Federal do Pará.

Esta dissertação está organizada do seguinte modo

O Capítulo 2 apresenta a contextualização da pesquisa, fazendo referência ao processo de expansão da soja na região Amazônica e posteriormente a introdução da agricultura mecanizada na região de Santarém e seus desdobramentos, também explana sobre ações governamentais na região a partir da criação de unidades de conservação e projetos de assentamento e posteriormente trata dos conceitos que embasam a pesquisa.

O Capítulo 3 trata dos métodos utilizados como a descrição da área de estudo com seus aspectos físicos e históricos, e a evolução da implantação de diversas modalidades de projetos de assentamento. Nesse capítulo também é abordado os passos metodológicos da análise da dinâmica da paisagem e da modelagem dinâmica.

O Capítulo 4 discorre sobre os resultados alcançados, tanto da dinâmica do uso da terra como da modelagem, primeiramente para toda a área de estudo e depois focando em alguns projetos de assentamento, finalizando com cenários até 2015.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EXPANSÃO DA SOJA NA AMAZÔNIA E NA REGIÃO DE SANTARÉM: DESMATAMENTO E CONFLITOS FUNDIÁRIOS

A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa de origem asiática e teve seu cultivo reconhecido no Ocidente somente a partir do século XIX. Em função de sua boa aceitação no mercado mundial, países como os Estados Unidos e o Brasil passaram a cultivá-la e hoje são os maiores produtores mundiais desse grão, respondendo pelo 1º e 2º lugares, respectivamente.

Apesar de imigrantes japoneses, na região Sul do Brasil, cultivarem-na já em 1908, foi apenas na década de 1940 que a soja passou a ter importância econômica, quando em 1949, o país atinge a produção de 25.000t. Na década seguinte, o estado do Paraná destaca-se como o maior produtor do grão com 8 mil toneladas e 6,5 milhões (EMBRAPA SOJA, 2004).

Nos anos 1990, o estado do Mato Grosso, na Amazônia Legal³ passa a produzir soja em escala comercial.

A partir da década de 1990, a Amazônia passa a figurar como fronteira de expansão das atividades produtivas com o advento do cultivo mecanizado de grãos, em especial, do arroz, da soja e do milho e pelo crescimento do rebanho bovino. Em 2006, estados como o Mato Grosso, o Pará, Rondônia e o Maranhão despontam como produtores de soja (Tabela 1) sendo que o Mato Grosso passa a responder pela maior produção média nacional. A pecuária também passa a se destacar tendo o Mato Grosso e o Pará como seus maiores representantes, 19.582.54 e 12.807.706 de bovinos, respectivamente (CENSO AGROPECUÁRIO, 2006).

³ Conceito utilizado, a partir de 1966, pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) como forma de definição da sua área de atuação administrativa. Entretanto, a delimitação original da Amazônia Legal surgiu em 1953 com a criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) ou de acordo com Becker (2004, p. 14.): “A manipulação do território pela apropriação de terras dos estados foi um elemento fundamental da estratégia do governo federal, que criou por decreto territórios sobre os quais exercia jurisdição absoluta e/ou direito de propriedade. O primeiro grande território criado foi a Amazônia Legal, superposta à região Norte. Em 1966, a Sudam demarcou os limites da atuação governamental somando, aos 3.500.000 km² da região Norte, 1.400.000 km² e assim construindo a Amazônia Legal”.

Tabela 1 – Produção de soja nas unidades federativas da Amazônia Legal e do Brasil em 1993/2007 (toneladas)

Ano/Estado	Mato Grosso	Maranhão	Tocantins	Rondônia	Pará	Amazônia Legal	Brasil
1993	4.118.726	87.370	26.506	10.852	-	4.243.454	22.590.978
1994	5.319.793	140.637	57.585	11.052	-	5.529.067	24.931.832
1995	5.491.426	162.375	36.191	10.800	-	5.700.792	25.651.272
1996	4.759.114	194.868	14.030	11.250	-	4.979.262	23.210.877
1997	5.721.300	252.000	19.700	8.900	1.180	6.003.080	26.160.000
1998	7.150.000	302.400	80.200	14.100	2.400	7.549.100	31.364.400
1999	7.134.400	390.500	93.800	19.500	4.700	7.642.900	30.752.800
2000	-	540.930	-	-	6.100	-	-
2001	11.636.700	-	262.500	89.200	7.300	12.536.630	41.916.900
2002	12.831.300	657.640	364.000	118.100	29.200	14.000.240	50.330.400
2003/2004*	15.021.200	890.500	579.700	169.800	95.000	17.479.212	57.666.700
2004/2005*	16.891,6	1.008,8	887,3	222,8	207.000	-	50.229,9
2005/2006*	16.700,4	1.025,1	700,4	283,0	238,1	-	55.027,1
2006/2007*	15.359,0	1.084,0	646,5	277,5	140,5	-	58.391,8

Fonte: CONAB, 1993-2007.

(*) Estimativa

A dinâmica dos processos produtivos na Amazônia, historicamente traz, em seu bojo, problemas socioambientais como, por exemplo, o desmatamento e conflitos agrários, onde o homem amazônida sofre com a expropriação e expulsão de suas terras. No entanto, nos últimos trinta anos, esses problemas têm aumentado em função da intensificação da pecuária provocando a busca por novas áreas, ocasionando aumento no desmatamento de grandes áreas para a implantação de pastagens, aliadas às práticas tradicionais de preparo do solo para a agricultura que se apóiam em derrubada da mata, seguida de queimadas para melhor aproveitamento.

Recentemente, a introdução do cultivo mecanizado de grãos, apesar de ocupar preferencialmente áreas já degradadas, pelo fato de haver necessidade de um “amansamento” da terra por outras culturas, incentiva o ciclo: ocupação de áreas degradadas pela pastagem, onde elas avançam sobre áreas anteriormente ocupadas por madeireiros e estes em direção às florestas (FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE REDUCTION ESTIMATES AND CROP ASSESSMENT DIVISION, 2004), ocasionando o seu fracionamento, o que poderá causar perda e, até mesmo, a extinção de espécies vegetais e animais.

Segundo Margulis (2003), duas formas não excludentes podem ser identificados no processo de desmatamento da Amazônia: i) ação iniciada por pequenos produtores em busca de garantir a sua sobrevivência ii) ação direta dos médios e grandes produtores. Aqui os agentes diretos da transformação são

capitalizados: projetos madeireiros, de energia, de mineração, pecuário e, agora, o da soja.

A produção de grãos brasileira tem evoluído nas últimas décadas no sentido de se deslocar para áreas cada vez mais distantes dos grandes centros do Sudeste e Sul do país.

Com a viabilização técnica da produção comercial nos cerrados e a abertura de estradas, a soja modificou significativamente a paisagem da região Centro-Oeste, sendo o pivô do desenvolvimento naquela região. Este desenvolvimento tem contribuído para a melhoria da infra-estrutura, permitindo o acesso às regiões cada vez mais distantes (COSTA, 2000).

Com a consolidação da fronteira do cerrado matogrossense na década de 1990, a expansão agrícola entende-se para áreas onde se encontram vários outros tipos de vegetação, identificados pelo Projeto RADAM na década de 1970: floresta tropical densa, floresta tropical aberta, cerrado, formações pioneiras, floresta tropical decidual, refúgio ecológico e floresta secundária (resultante de ação antrópica).

Dentro desta perspectiva, a região de Santarém e Belterra destaca-se como área de expansão da agricultura de grãos como reflexo desse processo de busca de novas áreas para a sua expansão:

Uma combinação de fatores, endógenos e exógenos à região, tais como o elevado preço internacional da soja, excelente aptidão agrícola com baixo preço das terras e incentivos governamentais contribuíram para uma onda de imigração de produtores oriunda do norte do Mato Grosso, que detinham experiência e capital para iniciar um processo de utilização da terra de forma intensiva e tecnicada (VENTURIERI et al, 2006, p. 2).

Até o final de 1990, o uso da terra nesses municípios baseava-se na pequena agricultura voltada para a subsistência com a comercialização do excedente (Vide Tabela 2), o extrativismo vegetal, principalmente, madeira e seringa e pecuária. Os principais cultivos temporários eram a mandioca, o feijão, o milho e o arroz.

Os produtores de grãos do Centro-Sul do país, atraídos pelas condições logísticas privilegiadas oferecidas primeiramente pela possibilidade de escoamento da produção pelo porto de Itacoatiara em Manaus e, posteriormente, pelo porto de Santarém e pela possibilidade de pavimentação da BR- 163 (Cuiabá –Santarém), passam a investir na região como área potencial para a expansão do cultivo de soja. Isso só foi possível graças a investimentos realizados para o desenvolvimento de

grãos adaptados às características físicas da região, tendo a EMBRAPA um papel relevante nesse desenvolvimento.

E a partir do ano de 1997, a soja começa a surgir nas estatísticas oficiais, primeiramente, de forma incipiente (Tabela 2, 3, 4) e a partir de 2003, como uma das principais culturas temporárias dos municípios de Santarém e Belterra, juntamente com o arroz (Gráficos 1 e 2).

Tabela 2 – Produção agrícola do município de Santarém de 1994 a 1996.

Produtos/STM	Quantidade Produzida (ton.)		
	1994	1995	1996
Abacaxi	3000	3000	1800
Arroz	11250	12300	10025
Cana-de-açúcar	18000	13250	2625
Feijão	540	756	568
Mandioca	120000	144000	108000
Milho	4000	5300	7704

Fonte: IBGE/PAM

Elaboração: SEPOF/DIEPE/GEDE

Tabela 3 – Produção agrícola do município de Santarém de 1997 a 2005.

Produtos/STM	Quantidade Produzida (ton.)								
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Abacaxi	800	1200	1161	1174	1484	1500	1500	1500	3230
Arroz	4500	2800	4695	6523	16995	36920	198000	187200	123000
Cana-de-açúcar	750	900	500	600	600	600	600	600	600
Feijão	112	545	1231	1136	2010	2214	720	600	684
Mandioca	67200	59500	40000	60000	70000	80000	96000	96000	150000
Milho	2400	1600	3000	2380	2760	2400	2700	2100	22460
Soja	107	-	761	135	75	600	12420	29400	66000

Fonte: IBGE/PAM.

Elaboração: SEPOF/DIEPE/GEDE.

Tabela 4 – Produção agrícola do município de Belterra de 1997 a 2005.

Produtos/BLT	Quantidade Produzida (Ton.)								
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Arroz	800	504	1639	3500	13800	17800	27270	45930	50700
Mandioca	25500	16800	22100	19500	19500	2000	35000	37800	37800
Milho	2000	1140	1560	1620	2490	3240	5040	5760	17700
Soja						-	450	3750	36450

Fonte: IBGE/PAM.

Elaboração: SEPOF/DIEPE/GEDE, 2008.

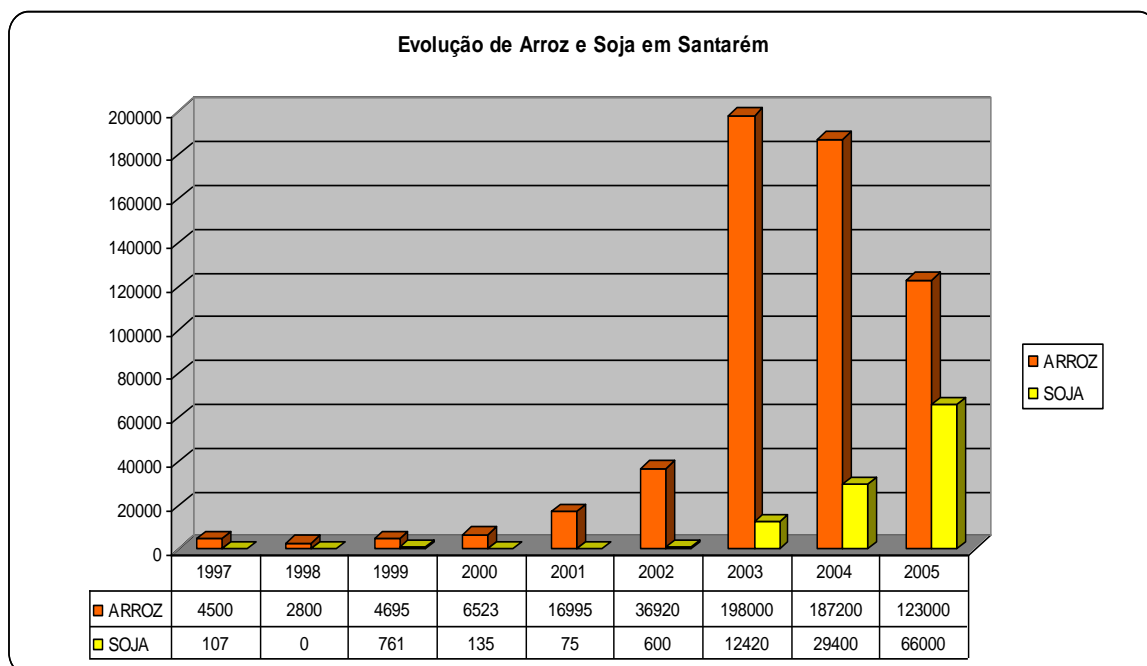


Gráfico 1 – Evolução da produção de arroz e soja no município de Santarém.
Fonte: IBGE/PAM.

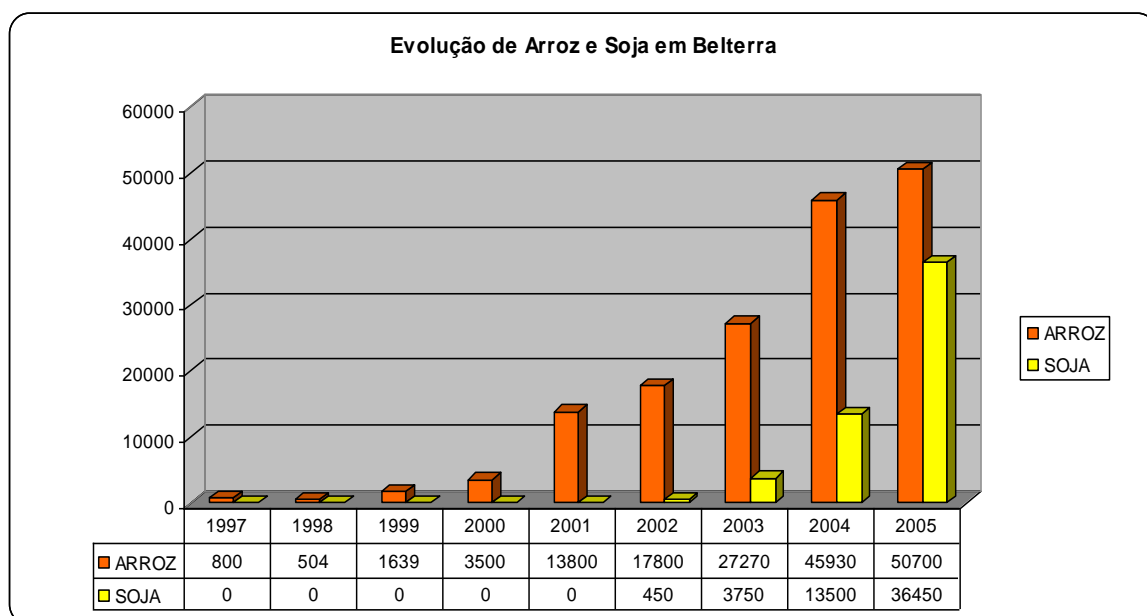


Gráfico 2 – Evolução da produção de arroz e soja no município de Belterra.
Fonte: IBGE/PAM.

Em abril de 2003, a multinacional CARGILL inaugura um porto graneleiro na cidade de Santarém (Figura 1), com um investimento de US\$ 20.000.000 com capacidade para movimentar 800 mil ton./ano e capacidade de armazenamento de

60 mil ton., o que veio impulsionar a produção local e tornar Santarém, corredor de exportação da produção de soja do Mato Grosso.



Figura 1 – Porto da CARGILL.
Foto: Otávio do Canto, 2008.

A preocupação com os possíveis impactos da expansão da soja nas taxas de desmatamento causa uma onda de protestos capitaneados, em sua maioria, por ONG's (organizações não governamentais), entidades ligadas aos movimentos sociais como a Pastoral da Terra (CPT) ligada à Comissão Nacional de Bispos do Brasil (CNBB) e Sindicato de Trabalhadores Rurais, que passaram a denunciar a grilagem e o desmatamento acelerado na região, assim como a expropriação de pequenos agricultores, dada a pressão para venda de suas terras para formação de fazendas de grãos, em alguns momentos gerando atos de violência (Figura 2).

A crescente incorporação dessa região ao mercado globalizado tem produzido um espaço cada vez mais complexo e conflitante. É no interior desse processo que surgem novos atores sociais e com eles se multiplicam as visões de Amazônia. Dessa maneira, cada vez mais se fragiliza a idéia de Amazônia enquanto uma unidade (CANTO, no prelo).



Figura 2 – Casa incendiada em função dos conflitos de terra na comunidade de Jenipapo.
Fonte: Projeto Violência, espaço público e dependência Social na Amazônia Oriental.
Foto: Otávio do Canto, 2008.

Essas manifestações ganham força, quando importadores de soja do Brasil, pressionados pela sociedade civil de seus países, em especial nos mercados consumidores da Europa, passam a exigir a certificação ambiental e social da soja. Em 24 de julho de 2006, da Moratória da Soja, que consiste em um pacto entre a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) e suas respectivas associadas, incluindo as principais traders internacionais de soja – Cargill, Bunge, ADM, Dreyfus e o grupo brasileiro Maggi, de não comprarem soja proveniente de novas áreas desmatadas da Amazônia e de fazendas que pratiquem a mão-de-obra escrava.

Essa desigualdade no processo de apropriação da terra, na qual interagem atores com múltiplas perspectivas e motivações, é um dos fatores responsáveis pelos conflitos sociais na Amazônia, um paradoxo se considerarmos que essa região sempre foi apresentada como de grande disponibilidade de terras e de vazio demográfico.

2.2 AÇÕES GOVERNAMENTAIS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Uma discussão que tem despertado grande interesse no contexto da pesquisa regional diz respeito especificamente à ação do Estado no ordenamento territorial do espaço amazônico. Nas últimas três décadas, no âmbito dos processos recentes de povoamento e ocupação do espaço amazônico, a produção e organização do espaço territorial têm se constituído em uma atividade especialmente induzida pelo Estado (ZEE BR-163 – PARNA Amazônia, p. 4).

Em função das políticas de ordenamento territorial, implantadas na Amazônia, formou-se um mosaico de unidades territoriais no Pará (Figura 3) envolvendo diversas instituições governamentais como o IBAMA, a FUNAI e o INCRA por meio da implantação de projetos de assentamento, unidades de conservação e terras indígenas objetivando, em primeira instância, a reforma agrária e a gestão dos recursos naturais.

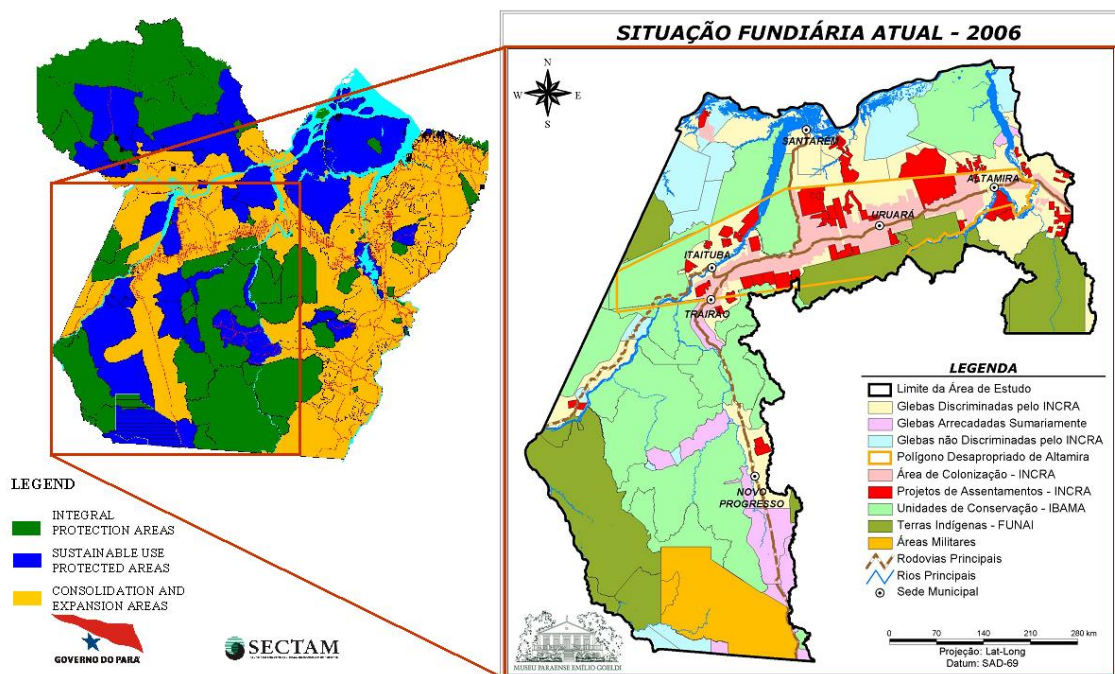


Figura 3 – Mosaico de unidades territoriais no estado do Pará.
Fonte: Governo do Estado do Pará e ZEE BR-163 (2006).

Na década de 1970, o PIN deu origem a vários projetos de ordenamento territorial orientado pelo estado, entre eles, o de ocupação dirigida⁴ que motivou um fluxo migratório para a região de pessoas de origem, principalmente, nordestina, o fomento à atividades agrícolas e ao uso e prospecção dos recursos naturais, resultando em conflitos em função dos diferentes interesses dos atores envolvidos.

Segundo Gonçalves (2001):

As populações que haviam migrado em grande parte do Nordeste, haviam aprendido a conviver com a floresta, se apropriando dos saberes das populações locais (...) a partir dos anos 70, os ecossistemas regionais passam a serem disputados partindo de outros referenciais, com uma valorização seletiva de um ou outro elemento isolado da natureza: o minerador está interessado no subsolo (...); o pecuarista vê a floresta como mato a ser derrubado para se transformar em pasto; o madeireiro, com a abertura das estradas pode explorar além das cercanias dos rios, ao ter acesso à terra firme (...); mesmo as famílias de camponeses que vieram do sul ou do nordeste, cuja cultura não foi forjada com a convivência com a floresta, mas sim na sua derrubada, reproduzem na Amazônia essas práticas (GONÇALVES, 2001, p.104).

Nesta mesma década também foram implantadas diversas unidades de conservação⁵ no Estado, na maioria das vezes, incompatíveis com a realidade social local, como a Floresta Nacional do Tapajós, unidade de Uso Sustentável⁶, a partir do Decreto nº 73.684 de 19/02/74, com previsão de ocupação de uma área de 600 mil

⁴ Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) criados a partir da década de 1970, com o objetivo de cumprir as determinações do Estatuto da Terra quanto ao assentamento de pequenos e médios agricultores, em regime de propriedade familiar. Esses projetos foram criados e titulados pela União visando a regularização de glebas rurais sob seu domínio. Lei n. 4504, de 30 de novembro de 1964.

⁵ Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), entende-se por unidade de conservação “o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”. As unidades de conservação estão divididas em dois grupos: Unidade de proteção integral e Unidade de uso sustentável. O objetivo das unidades de uso integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, estando divididas nas seguintes categorias: Estação ecológica; Reserva biológica; Parque nacional; Monumento natural e Refúgio de vida silvestre (SNUC, 2000).

⁶ O objetivo das unidades de uso sustentável é compatibilizar conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos, e correspondem às seguintes categorias: Área de proteção integral; Área de relevante interesse ecológico; Floresta nacional; Reserva extrativista; Reserva de fauna; Reserva de desenvolvimento sustentável e Reserva particular do patrimônio natural. Essa categoria de UC corresponde à uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. E a permanência de populações tradicionais é admitida, desde que a habitem quando de sua criação, em conformidade com o disposto em regulamento e no plano de manejo da unidade.

há, no entanto foi instalada com apenas 544.927ha. Quando a Flona Tapajós foi criada, em sua área, haviam diversas comunidades compostas por populações tradicionais, sendo que muitos moradores só tomaram conhecimento da sua criação após ser efetivada, o que demonstra a ausência da participação dos mesmos no processo (ROCHA et al., 2007).

Com o objetivo de promover a exploração dos recursos naturais de forma sustentável, foram realizadas concessões coletivas do uso da terra para famílias de pequenos agricultores), através dos Projetos de Assentamento (PA) voltados para a agricultura familiar e exploração dos recursos naturais provenientes do extrativismo, além de áreas voltadas para a expansão das atividades produtivas como a pecuária, a agricultura mecanizada e a agricultura familiar.

Cada uma dessas unidades territoriais possui regras de uso definidas dependendo da sua modalidade. As Florestas Nacionais (FLONAS) são unidades de conservação de uso sustentável, onde é permitida a presença de comunidades tradicionais que desempenham atividades voltadas para sua subsistência como a pequena agricultura e extrativismo animal e vegetal.

As regras de uso do território na modalidade “Projeto de Assentamento” prevêm atividades voltadas para a subsistência como a agricultura familiar. Elas devem atender à norma de abertura de apenas 20% da propriedade, mas, em função das técnicas utilizadas de derrubada e queima e por terem sido criados, em sua maioria, em área de floresta foi altamente danoso para o meio ambiente, agravado por não atender às necessidades das famílias, o que muitas vezes abandonam seus lotes, por não apresentarem as condições técnicas e de infraestrutura necessárias para sua reprodução.

Dentro desta perspectiva e com o agravamento da crise ambiental, se buscou outros critérios para a criação de projetos voltados para a reforma agrária como, por exemplo, o Projeto Agroextrativista (PAE) em 1996 e o Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) em 1999. Essas regras prevêm o desenvolvimento de atividades ambientalmente sustentáveis, voltados para as populações que tradicionalmente vivem em uma área destinada a esses tipos de modalidades de assentamento e que se baseiam na agricultura e no extrativismo animal e vegetal com vistas à subsistência familiar.

O PAE é uma modalidade de assentamento voltado para comunidades extrativistas, onde são permitidas a agricultura familiar e a criação de animais com

fins de subsistência. O PDS é uma modalidade de assentamento, criados em área de reserva florestal, com fins ao extrativismo e a agricultura de subsistência, onde não há titularização individual da terra, mas apenas a concessão de uso. Nesta modalidade, está previsto que cabe a cada família a abertura de apenas 3ha por ano para o desenvolvimento das atividades agrícolas.

Outra modalidade criada na área é o Projeto de Assentamento Coletivo, originário do antigo Projeto de Assentamento Comum de 1964, que segundo o INCRA, encontra-se em desuso. Essa modalidade prevê a propriedade coletiva da terra, é interessante ressaltar que a mesma só é encontrada na área de abrangência da R-30 (Regional Santarém) e ainda necessita de regulamentação.

2.3 ASPECTOS TEÓRICOS

O presente trabalho busca compreender a dinâmica territorial da área de estudo, combinando análises de dados multitemporais de sensoriamento remoto, técnicas de modelagem dinâmica às informações sobre a evolução do ordenamento territorial da região.

2.3.1 Conceitos de espaço, paisagem e território

Os objetivos desta pesquisa promoveram a escolha de três categorias analíticas como balizadores da interpretação dos fenômenos pesquisados, são elas: o espaço, a paisagem e o território.

A produção do espaço é caracterizada pelas diferentes formas espaciais que caracterizam a dinâmica do uso da terra ao longo do tempo. Definido os diferentes arranjos espaciais a análise é ampliada para a identificação dos agentes que comandam e definem a dinâmica territorial atual.

Na síntese conceitual do território apresentada por Haesbaert (2004), o território é uma área classificada e delimitada a partir de um determinado uso, sendo a fronteira, um elemento que combina uma proposição sobre direção no espaço e uma proposição sobre posse ou exclusão.

A proposição sobre posse ou exclusão está diretamente ligada ao controle sobre o acesso e uso da área. Somente com a articulação desses elementos que se pode definir o território, pois apenas a classificação e a delimitação de uma área representam, no máximo, uma leitura espacial e mesmo assim, bastante restrita, como ilustra o trecho destacado:

(...) circunscrever coisas no espaço, ou num mapa, como quando um geógrafo delimita uma área para ilustrar onde ocorre a cultura do milho ou onde está concentrada a indústria, identificar lugares, áreas ou regiões no sentido comum, mas não cria por si mesmo um território. Esta delimitação se torna um território somente quando suas fronteiras são usadas para afetar o comportamento pelo controle do acesso (SACK, 1986 apud HAESBAERT, 2004).

Nessa perspectiva, o uso do território pode ser definido pela

implantação de infra-estruturas, para as quais estamos igualmente utilizando a denominação sistemas de engenharia, mas também pelo dinamismo da economia e da sociedade. São os movimentos da população, a distribuição de agricultura, da indústria e dos serviços, o arcabouço normativo, incluídas a legislação civil, fiscal e financeira, que, juntamente com o alcance e a extensão da cidadania, configuram as funções do novo espaço geográfico (M. SANTOS, 1997; M. L. SILVEIRA, 1997 apud M. SANTOS et al., 2001).

Esses processos são expressos na dinâmica da paisagem a partir do uso e cobertura da terra⁷, assim, “A paisagem tem, pois, um movimento que pode ser mais ou menos rápido. As formas não nascem apenas das possibilidades técnicas de uma época, mas dependem, também, das condições econômicas, políticas, culturais etc.” (SANTOS, 2007, p. 75).

⁷ O termo cobertura compreende a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície terrestre, por exemplo, floresta, gramínea, água, ou área construída.

O termo uso se refere aos propósitos humanos associados àquela cobertura, por exemplo, recreação, conservação, pecuária, área residencial, área industrial.

O termo "mudanças de uso e cobertura" refere-se tanto a processos de conversão entre classes, por exemplo, processos de desflorestamento, quanto às modificações que não impliquem na conversão de uma classe para outra, por exemplo, degradação da cobertura vegetal, intensificação de uso na agricultura (BRIASSOULIS, 2000).

Para este autor, a paisagem está restrita ao domínio do perceptível, ou seja, é tudo aquilo que a visão alcança. Concepção relacionada à categoria forma (morfologia) dentro da sua teoria para a análise espacial considera ainda, a paisagem como uma porção heterogênea do espaço.

Desta maneira, a paisagem será traduzida pelos diferentes movimentos da sociedade que se referem aos tipos de uso da terra, ou melhor, “em cada momento histórico os modos de fazer são diferentes, o trabalho humano vai tornando-se cada vez mais complexo exigindo mudanças correspondentes às inovações” (SANTOS, 1997).

Na área de estudo, a paisagem é caracterizada pela relação existente entre os diversos ambientes naturais como, por exemplo, a floresta, os rios, as savanas e as diversas atividades desenvolvidas pelas populações locais e, recentemente, pelos produtores rurais migrantes da região Centro-Sul do país.

O tipo de uso da terra, o nível tecnológico dos atores envolvidos, a maior ou menor oferta de capital são elementos formadores de uma paisagem, que é reflexo do tipo de política que vem sendo implantada na região e das relações de poder estabelecidas.

A velocidade das mudanças ocorridas no espaço em função da apropriação e uso da terra tem concorrido para a necessidade cada vez mais constante de se lançar mão de ferramentas capazes de auxiliar pesquisas voltadas para a mitigação dos seus efeitos. Dentro desta perspectiva, as geotecnologias e as técnicas de modelagem dinâmica surgem como instrumentos fundamentais para se obter significativos resultados.

2.3.2 Geotecnologias e Modelagem dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra

A paisagem representa uma interface entre os processos sociais, ecológicos e produtivos da região. Frente a esta realidade, surge a necessidade de ações que visem o fortalecimento do controle ambiental e estimule alternativas de desenvolvimento mais adaptadas à condição amazônica, em função da rápida dinâmica de ocupação da fronteira agrícola, caracterizada por elevadas taxas de

alteração da cobertura da terra e devido à sua grande extensão territorial, torna-se necessária a utilização de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e modelagem para um efetivo monitoramento do seu crescimento e evolução, assim como para auxiliar a adoção de políticas de apoio às populações locais.

As geotecnologias, convertidas em ferramentas de sistematização do conhecimento, auxiliam no desenvolvimento de pesquisas, pois permitem o gerenciamento de dados geográficos, referentes à distribuição geográfica dos recursos naturais, uso e ocupação do solo, dados referentes a levantamento de campo em meio digital, permitindo a superposição destas informações, o que potencializa as possibilidades de análise e interpretação de suas interações. É importante enfatizar que as aplicações de geotecnologias começam no levantamento e construção de bancos de dados, organizados em um sistema único ou não (COELHO et al., 2009 – no prelo).

Geotecnologia ou Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias utilizadas para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. A Geotecnologia é a base para a efetivação do fundamento maior da Ciência da Geoinformação que é a representação computacional do espaço.

O termo *Geografia*, em latim *geographia*, vem do grego *geografia*, que é o somatório de *gh* – Terra e *grafia* – grafia, ou seja, a grafia, a representação da Terra.

Vem, também, dos gregos o pensamento geográfico sistematizado, objetivando a localização dos lugares, ainda muito ligada à matemática e à geometria. Já o sufixo “processamento”, de *Geoprocessamento*, vem de *processo*, no latim *processus*, que significa “andar avante”, “progresso”.

Os vocábulos latinos *processus* e *progressus* têm o mesmo significado: “andar avante”, “avançar”. Assim, pode-se acreditar que o termo *Geoprocessamento*, surgiu do sentido de processamento de dados georeferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra. Não é somente representar, mas é associar a esse ato, um novo olhar sobre o espaço, um ganho de informação (MOURA, 2000).

Faz parte dessa gama de tecnologias voltadas para a ciência da geoinformação o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que permite a integração de dados alfanuméricos (tabelas) e gráficos (mapas), para o processamento, análise e saída de dados georeferenciados (SIC).

Dentre as tecnologias largamente utilizadas em pesquisas voltadas para a análise da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal, destaca-se o

Sensoriamento Remoto através, principalmente, de seus produtos mais conhecidos que são as imagens de satélites. Elas possuem muitas vantagens, por exemplo, a cobertura de grandes áreas em curto espaço de tempo, o que barateia o processo, a passagem constante e nas mesmas condições em determinado local permite a análise temporal, entre outras.

Em sua definição clássica, *Sensoriamento Remoto* (SR) é o processo de obtenção de informações sobre objetos sem que haja contato físico entre eles, ou seja, é a utilização de sensores para captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície ou objetos da esfera terrestre ou ainda de outros astros.

Atualmente, as pesquisas voltadas para análise da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal buscam na interdisciplinaridade a possibilidade de ir além do que simplesmente descrever o ambiente a partir da classificação dos diferentes tipos de uso e cobertura. O que se pretende é entender como e porquê esses espaços foram escolhidos para o desenvolvimento de uma atividade produtiva. Isso permite, através do diálogo com ciências como Geografia, História, Sociologia, entre outras mais o auxílio das Geotecnologias, elaborar modelos de caráter preditivo aplicado à paisagem com o intuito de analisar os processos dinâmicos que dão origem à uma determinada paisagem.

Nesse contexto, a modelagem dinâmica (BURROUGH, 1998) procura transcender as limitações atuais da tecnologia de Geoprocessamento, fortemente baseada em uma visão estática, bidimensional do mundo. O objetivo dos modelos dinâmicos e espacialmente explícitos é realizar a simulação numérica de processos espaciais dependentes do tempo, como nos modelos hidrológicos, que simulam o fluxo de transporte de água. Modelo espacial dinâmico é uma representação matemática de um processo do mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta às variações nas forças direcionadoras (BURROUGH, 1996).

Modelos, segundo Chorley e Hagget (1967) são a apresentação formal de uma teoria que use os instrumentos de lógica, da teoria estabelecida e da matemática. Eles podem ser uma teoria, uma lei, uma hipótese, uma idéia estruturada, uma relação, uma função, uma equação, uma síntese de dados ou argumentos do mundo real.

O sistema é estudado segundo determinado objetivo e tudo o que não afeta esse objetivo é eliminado. O risco da subjetividade pode ser reduzido com processos

de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos. Uma vez calibrado, o modelo deve passar por processo de verificação, através de sua aplicação a uma situação conhecida, o que é chamado de “validação”. Só após a validação é que um modelo deve ser aplicado em situações em que não são conhecidas as saídas do sistema.

Conforme Steyaert (1993), os modelos computacionais que realisticamente simulem processos espaciais servirão para a avaliação quantitativa e confiável de complexas questões ambientais em escalas locais, regionais e globais. Dependendo da concordância entre o observado e o resultado gerado, o modelo será aceito, rejeitado ou modificado de alguma maneira, para novamente ser testado (SOARES FILHO, 1998).

Modelos computacionais são ferramentas úteis para complementar a capacidade mental de modelagem, permitindo tomadas de decisão mais informadas (COSTANZA; RUTH, 1998). Modelos de mudanças terrestres podem ajudar na avaliação de impactos possíveis das regras alternativas através da construção de cenários e contribuem para os processos de tomada de decisão. Uma grande variedade de modelos pode ser encontrada na literatura, com objetivos, técnicas, embasamento teórico e tradições de modelagem distintas (BRIASSOULIS, 2001; PARKER 2002; VERBURG, 2006).

Esses modelos se diferenciam de acordo com a aplicação, as técnicas empregadas e mesmo pelos dados de entrada ou de saída. Nesta revisão, não houve preocupação em descrever minuciosamente as técnicas computacionais ou matemáticas, mas sim as abordagens metodológicas de construção desses modelos. Distingue-se duas abordagens para a construção dos modelos: a *bottom-up* e a *top-down*⁸ (Figura 4).

⁸ Essa terminologia é empregada em varias outras disciplinas como a Engenharia e a Economia.

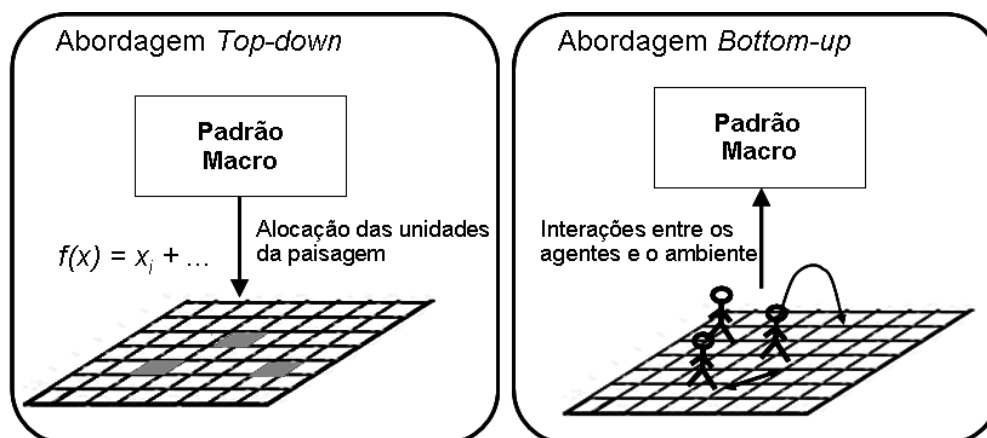


Figura 4 – Abordagem bottom-up e top-down.
Fonte: Adaptado de VERBURG, 2006.

A abordagem top-down é empregada por diversos modelos como, por exemplo, o CLUE (VELDKAMP; FRESCO, 1996; VERBURG et al., 1999), o Clue-s (VERBURG et al., 2002), o DINAMICA (SOARES FILHO et al., 2002), o RIKS (WHITE; ENGELEN, 2000; WHITE et al., 1997) e o CA_Markov (EASTMAN, 2003).

Esses modelos distinguem-se basicamente pela representação de dados e pela equação ou regras utilizadas para descrever as mudanças. Entretanto, independentemente do modelo pode-se observar três principais módulos (Figura 5):

- Módulo de Demanda: é calculada a quantidade de mudança para cada transição (em área ou número de células), com base em extrapolação de tendências ou construção de cenários. A quantidade de mudança pode ser também computada com base em modelos econômicos complexos, que consideram como traduzir variáveis macroeconômicas como o preço de *commodities* ou o crescimento do PIB de países importadores em uma necessidade de produção de determinado produto, que pode ser transformado em área para determinado uso;
- Módulo de Alocação: A quantidade de mudança calculada pelo módulo de demanda é passada para o módulo de alocação, onde algoritmos específicos irão efetuar as mudanças de acordo com um mapa de potencial de mudança, que indica o potencial das células para serem ocupadas por diferentes usos, de acordo com suas características biofísicas e de acessibilidade;

- Módulo de Potencial: Este mapa é produzido, pelo módulo de potencial, através de alguma equação matemática ou estatística que relaciona as mudanças com um conjunto de variáveis, determinados fatores determinantes, por exemplo, distância de estradas, declividade e qualidade do solo.

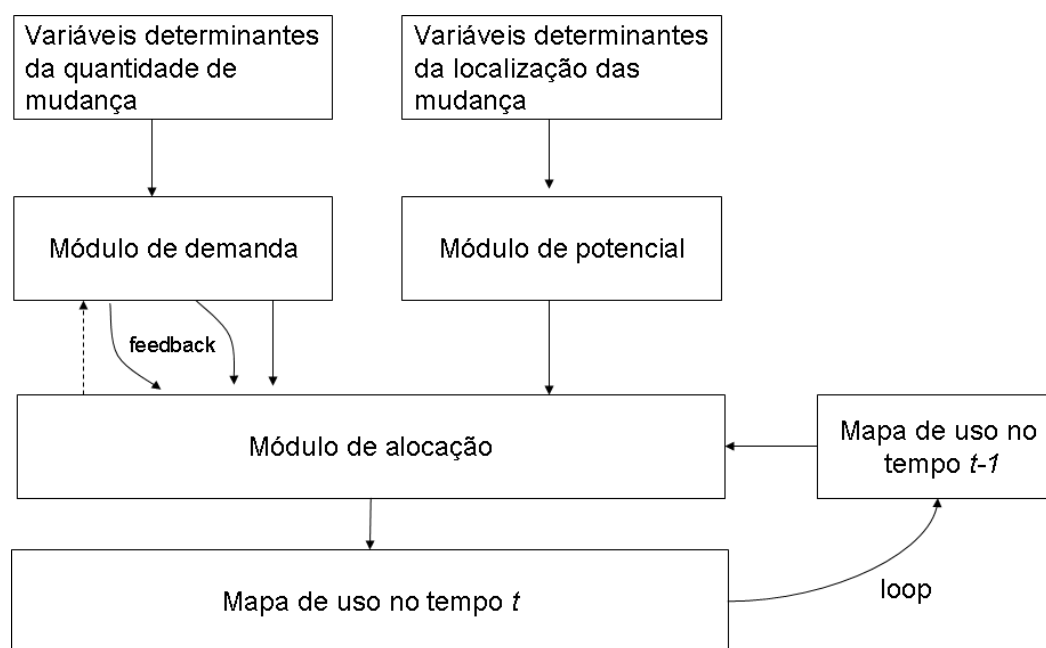


Figura 5 – Estrutura geral dos modelos *top-down*.
Fonte: Adaptado de VERBURG et al., 2006.

De acordo com Verburg (2004) três abordagens distintas são usualmente utilizadas para quantificar as relações entre uso da terra e suas forças determinantes adotadas (i) teorias de processo e leis da física (ii) métodos empíricos, especialmente, análise de regressão (iii) conhecimento de especialistas.

Relacionamentos empíricos podem ser obtidos de duas formas: (i) usando dados *cross-section* (um ponto no tempo) para analisar as relações entre fatores determinantes e a estrutura (ou padrão) de uso/cobertura da terra.

O Clue-s (VERBURG et al., 2002) e o CLUE (VELDKAMP; FRESCO, 1996), por exemplo, utilizam esta abordagem (ii) usando um painel de dados (vários pontos no tempo) para analisar o relacionamento entre fatores determinantes e as mudanças no uso/cobertura da terra em determinado período (VERBURG et al., 2004).

O *DINAMICA* (SOARES-FILHO, 1998), por exemplo, utiliza esta abordagem. Os relacionamentos estabelecidos através de métodos empíricos não podem ser considerados como a “causa” do padrão, no caso (i) ou das mudanças, no caso (ii) e não devem ser aplicadas em projeções de longo prazo, pois os processos de mudança do uso e cobertura da terra são não estacionários (VELDKAMP; LAMBIN, 2001; VELDKAMP et al., 2001).

Porém, análises do tipo *cross-section* (i) do sistema do uso da terra resulta em relacionamentos mais estáveis, pois se referem à estrutura resultante uma longa história de mudanças, não a um período específico (VERBURG et al., 2004).

Modelagem baseada em agentes é a técnica comumente empregada na abordagem *bottom-up*. Essa técnica é baseada no conceito de “emergência”, que é uma característica essencial dos sistemas de simulação social, onde as interações entre as entidades (ou agentes) no nível micro resulta em padrões no nível macro (MATTHEWS et al., 2005).

Exemplos gerais incluem o modelo de segregação (SCHELLING, 1971) e o modelo vôo dos pássaros (ou *bird-flocking*) (REYNOLDS, 1987). Agentes são entidades autônomas, heterogêneas e que compartilham e interagem com o ambiente, tomando decisões baseado em um conjunto de regras (LAMBIN, 2006). Em modelos de mudanças terrestres, os agentes podem representar entidades tais como fazendeiros, políticos e instituições.

Diferentes fatores podem afetar as decisões dos agentes como a experiência, a estrutura familiar, as técnicas e os contextos sócio-econômicos. Nessa abordagem, as mudanças terrestres são o resultado da interação entre os agentes e o ambiente, para isso é necessário que os agentes sejam alocados no espaço. Em modelos hipotéticos, essa alocação pode ser realizada de forma aleatória ou baseada em algumas regras de localização.

Entretanto, ligar os agentes às suas reais localizações ou propriedades é um grande desafio aos modelos que buscam descrever uma paisagem real. Algumas técnicas como os métodos participativos ou questionários podem ser usados para identificar os agentes e o seu real ambiente. Tais técnicas são possíveis somente em áreas de estudo de pequena extensão (VERBURG, 2006). Uma alternativa é o uso de informações cadastrais, mas em muitos países essas informações podem não estar disponíveis (VERBURG, 2006).

O uso de uma ou outra abordagem depende dos objetivos do modelo, do conhecimento do especialista e da extensão da área de estudo. A abordagem *top-down* é adequada a processos em que as mudanças são largamente dirigidas por demandas regionais, como no caso de expansão de agricultura em regiões com grande oferta de recursos naturais (VERBURG, 2006).

Os modelos *top-down* são ainda mais fáceis e rápidos de construir comparado aos modelos *bottom-up*. Por exemplo, existem alguns arcabouços (ou ferramentas) disponíveis para o desenvolvimento de modelos *top-down*, tais como *CLUE*, *CLUE-S* e *DINAMICA*. Esses arcabouços são parametrizáveis, ou seja, podem ser usados em diferentes áreas de estudo com diferentes variáveis. Dados de censo e imagens de sensoriamento remoto podem ser usados para analisar as relações entre os padrões de mudanças e as “variáveis explicativas”.

Modelos *bottom-up*, por outro lado, requerem um extenso trabalho de campo para definir as regras de comportamento dos agentes. Eles são usualmente construídos para pequenas áreas, com objetivo de responder algum conceito específico (ROBINSON et al., 2007). Entretanto, em modelos *top-down* – baseados na análise de padrões derivados de imagens de Sensoriamento Remoto – uma série de simplificações e suposições são feitas e eles não são capazes de expressar a heterogeneidade dos diferentes atores como na abordagem *bottom-up*. Já os modelos *bottom-up* têm o potencial para representar a complexidade dos processos biofísicos e socioeconômicos e a interação dos atores nos diferentes níveis de organização.

Em suma, a seleção de uma dada abordagem depende dos objetivos do modelo. No Estado da Arte atual, coloca-se quase como uma escolha entre heterogeneidade de atores e interações representadas e a escala da análise. Cabe notar que um dos desafios atuais é combinar ambas as abordagens, dado que abordagens puramente *bottom-up* ou *top-down* podem não ser suficientes para representar a complexidade de interações entre processos biofísicos e socioeconômicos em uma região como a Amazônia. Desse modo, atualmente tem surgido alguns autores que propõe o uso de multi-abordagem como Verburg (2006) e Moreira et al. (2008).

3 MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho (Figura 6) compreende o Leste do município de Santarém, o Norte do município de Belterra, o Sudoeste de Prainha, o Norte dos municípios de Uruará e Placas, na região do Oeste Paraense e situa-se entre as coordenadas w 55° 01' 42"/w 53° 45' 51" e s 02° 22' 39"/s 03° 37' 39", referente a uma área de 19.529,5km².

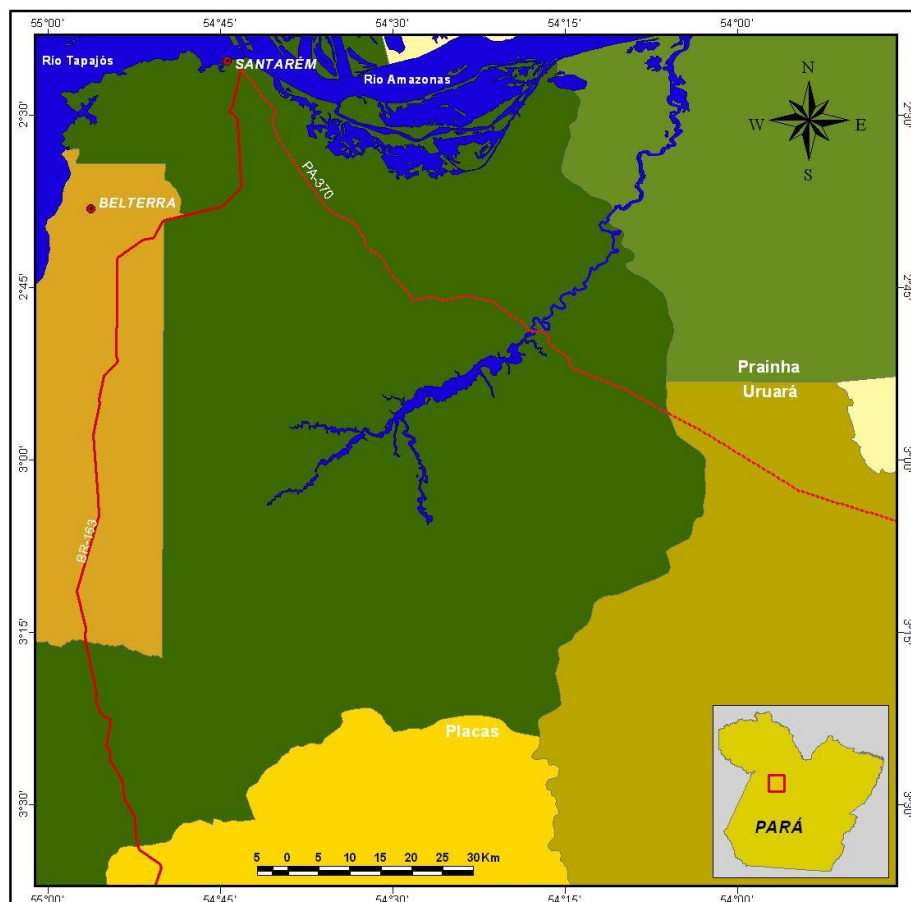


Figura 6 – Localização da área de estudo.
Fonte: Elaborado pela autora a partir da Base Digital do IBGE.

Esses municípios estão conectados por estradas, na maioria, abertas por madeireiros e indo de Santarém e Belterra em direção aos demais municípios. Essa dinâmica é determinante para a compreensão do recorte da área de estudo, definida como região⁹ de Santarém.

A escolha da área de estudo se justifica pelo intenso processo de dinâmica de uso da terra ocorrido, a partir da década de 1990, com a chegada de agricultores capitalizados voltado para o cultivo de grãos, em especial, a soja e o arroz. Nesse processo, a dinâmica que ocorre em Belterra se confunde com a realidade de Santarém. Até então, a paisagem nessa região era dominada por comunidades que tinham por base a agricultura familiar e outras às margens dos rios, denominadas de comunidades ribeirinhas¹⁰.

Ela está inserida nos aspectos fisiográficos que caracterizam a região do Baixo Amazonas e onde ocorrem, amplamente distribuídos, sedimentos paleozóicos da Bacia do Amazonas representados por arenitos, siltitos, folhelhos, calcários, dolomitos e evaporitos; sedimentos de idade mesozóica constituídos, predominantemente, por quartzo-arenito e pelitos; coberturas detrito –lateríticas e depósitos aluvionares do cenozóico. Com menor expressão em superfície, temos as intrusões jurássicas sob a forma de diques e soleiras de diabásio e derrames basálticos (Relatório ZEE BR-163, 2006, p. 2).

Faz parte do domínio morfoestrutural denominado Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas que refere-se aos relevos elaborados em rochas sedimentares fanerozóicas dos períodos mesozóico e paleozóico, envolvendo diversas épocas e idades. Compreendem modelados de aplanamento e dissecados, onde predominam os topos tabulares e convexos. Representam-se por duas Regiões Geomorfológicas: Seqüências Sedimentares Mesozóicas Xingu-Tapajós e Planalto da Bacia Sedimentar Paleozóica do Amazonas.

⁹ Unidade de análise geográfica, que exprimiria a própria forma dos homens organizarem o espaço terrestre. Entretanto, a região não seria apenas um instrumento teórico de pesquisa, mas também um dado da própria realidade. As regiões existiriam de fato e caberia ao geógrafo delimitá-las, descrevê-las e explicá-las. A região seria uma escala de análise, uma unidade espacial, dotada de uma individualidade, em relação às suas áreas limítrofes. Porém, pela observação, seria possível estabelecer a dimensão territorial de uma região, localizá-la e traçar seus limites. Estes seriam dados pela ocorrência dos traços diferenciadores, aqueles que lhe conferem um caráter individual, singular (MORAES, 2003, p.76-77).

¹⁰“Entende-se como comunidade ribeirinha aquela onde o rio é o principal referencial na organização de sua reprodução, constituindo-se dessa forma como o espaço das relações sociais que canalizam os fluxos de pessoas e informações. Como também sendo o principal provedor de alimentos, mas também é o espaço do simbólico de onde se originam seus mitos e crenças” (COELHO, 2006, p. 27).

O relevo, em geral, apresenta-se dissecado e com feições de topos tabulares predominantemente convexas em núcleos mais restritos e setores pediplanados conservados e retocados. Superfície de dissecção geralmente tabular, com declives suaves a medianos. Apresenta patamares diferenciados delimitados por ressaltos topográficos, às vezes, com topos planos.

Ao Sul de Santarém, ocorre área aplanada com baixíssima incisão de drenagem, ocorrência de canais mais importantes e nos bordos há indentações de canais secundários, que dissecam estes pontos mais elevados e que serve de exemplo para outras áreas demarcadas como pediplano conservado. Em alguns setores, observa-se relevos mais elevados, alongados, com encostas longas e mais íngremes, de topos convexas com pelo menos dois níveis e pequena diferença entre si, destacando-se dos dissecados do entorno. Alguns pontos apresentam estreitas várzeas (Relatório ZEE BR-163, 2006, p. 4-5).

As alterações químicas impostas aos sedimentos cretáceos geraram camadas, principalmente, arenosas sob a forma de Latossolos Amarelos e, nas áreas mais dissecadas, Argissolos vermelho-amarelos. Observa-se por toda a área a presença de linha de concreção avermelhada, que varia de 3cm a 1m de espessura, constituída de seixos milimétricos a blocos de dimensões decimétricas.

As alterações pedogenéticas impostas aos sedimentos cretáceos originaram nas áreas aplainadas de topo os Latossolos Amarelos e nas áreas dissecadas, Argissolos Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelos (Relatório ZEE BR-163, 2006, p. 5).

A temperatura média anual na região varia em torno de 26°C, observando que o mês mais quente é outubro com média de 27 C e o mais frio, o de março com média de 25.4°C.

A umidade relativa do ar na região é bastante elevada e acompanha o ciclo da precipitação, pois apresenta valores médios mensais entre 78% a 88%, com média anual variando em torno de 84%. Normalmente, apresenta valores elevados no período mais chuvoso (dezembro a junho), com média de 87%, e no menos chuvoso (junho a novembro) com média de 81%, caracterizando-se deste modo como uma região úmida.

A pluviosidade é de 2000mm anuais, com certa irregularidade, durante todo o ano, no período mais seco as médias mensais são inferiores a 60mm entre julho e setembro (Relatório ZEE BR-163, 2006, p. 21).

A vegetação é constituída por floresta ombrófila densa, que se caracteriza por possuir diversificação em sua forma e estrutura, proveniente da distribuição em diferentes ambientes. É constituída por árvores com alturas entre 20 e 30m, troncos retos e bem copados representando a fitofisionomia dominante. Floresta ombrófila aberta com formação submontana tem a ocorrência das palmeiras, dos cipós e dos bambus, possui diferentes aspectos fisiográficos e litológicos e caracteriza-se por um bioclima de período seco pouco pronunciado (2 a 3 meses) e altas temperaturas (acima de 22°C).

Há também a presença de manchas de savana florestada que, nesta área, se sobressaem nos extensos chapadões areníticos, de solos deficientes de bases trocáveis, bastante lixiviados e, às vezes, concrecionários e com prolongado período seco e que, na área de estudo, localiza-se nos terrenos arenosos dos arredores da cidade de Santarém (Relatório ZEE BR-163, 2006, p. 24; 26).

3.1.1 Histórico da ocupação da área de estudo

O município de Santarém, teria sido criado em 1754, ou por Carta Régia de 6 de junho de 1756. Só haveria recebido a designação de Santarém a 14 de março de 1758, data que, para alguns, corresponde à de sua instituição e instalação. Em 1761, deu-se a criação do distrito-sede, cuja instalação se teria efetuado a 1º de junho de 1829 (Livro sócioeconomia ZEE BR-163).

A partir de 1971, com a implantação, pelo Governo Federal, do Programa Nacional de Integração Nacional (PIN), a agropecuária passa a ser o foco dos investimentos e são os eixos rodoviários da BR-163 e da Transamazônica, os principais indutores de uma nova configuração territorial.

O PIN objetivava um processo de colonização em massa para povoar a Amazônia com a vinda de grande contingente de trabalhadores rurais de diversos pontos do país, em especial, da Região Nordeste.

O processo de colonização do INCRA, baseado na estrutura preexistente de cidades como Altamira, Itaituba e Santarém, induziu revigoração e estimulou como centros de polarização do conjunto de novos núcleos urbanos (na “área de influência da BR-163”), planejados e espontâneos, emergentes do Plano Integrado de Colonização (PIC) e dos processos migratórios da região sul e sudeste para as bordas da Transamazônica e da Cuiabá – Santarém (Livro da sócioeconomia ZEE BR-163).

A origem do município de Belterra está intimamente ligada à implantação do projeto de Henry Ford e sua Ford Motors, líder na indústria automobilística nos Estados Unidos, que previa o cultivo racional de seringueira (*Hevea Brasiliensis*) na Amazônia, para superar a dependência da borracha asiática, sob o domínio do Japão, o que inviabilizava o comércio com o mercado americano, em função da aliança desse país com os países aliados durante a II Guerra Mundial.

A primeira tentativa desse cultivo se deu na área entre os municípios de Itaituba e Aveiro, que ficou conhecida como *Fordlândia* por volta de 1940, no entanto, a área não foi propícia para ser base de implantação do projeto.

Buscaram-se novas áreas para a implantação do projeto e o lugar escolhido era uma planície elevada às margens do rio Tapajós. A essa área foi dado o nome de ‘Bela Terra’, que depois passou a ser chamada de ‘Belterra’.

Como em Fordlândia, o projeto teve início e uma estrutura urbanística foi montada na região e que incluía hospital, escolas, casas no estilo americano, mercearias, portos e vilas de casas construídas para abrigar as famílias de todos os empregados do projeto (Figuras 7 e 8). Grande parte dos trabalhadores braçais vinha do sertão nordestino, fugindo dos problemas da seca e, fundamentalmente, dos problemas fundiários.



Figura 7 – Construção da época do projeto Ford.
Foto: Andréa Coelho, 2008.



Figura 8 – Construção da época do projeto Ford.
Foto: Andréa Coelho, 2008.

De 1839 a 1940, Belterra viveu o seu período áureo e foi considerado o maior produtor individual de seringa do mundo. No entanto, o final da II Guerra Mundial, a grande incidência de doenças nos seringais e, principalmente, a descoberta da

borracha sintética foram fatores decisivos para a decadência do projeto na área. A partir daí, ela foi negociada para o Brasil e a Companhia Ford retirou-se da região.

Durante 39 anos, Belterra viveu a estagnação econômica e a “cidade americana” foi transformada, entre outras denominações, em Estabelecimento Rural do Tapajós (ERT), ficando sob a jurisdição do Ministério da Agricultura. Em 1997, a localidade foi elevada à categoria de município sendo desmembrado do município de Santarém.

Na área de estudo, desde a década de 1970, primeiramente, com a criação da Floresta Nacional do Tapajós em 1974, houve uma evolução de unidades territoriais, que incluem além dessa FLONA, diversas modalidades de assentamento (Figura 9).

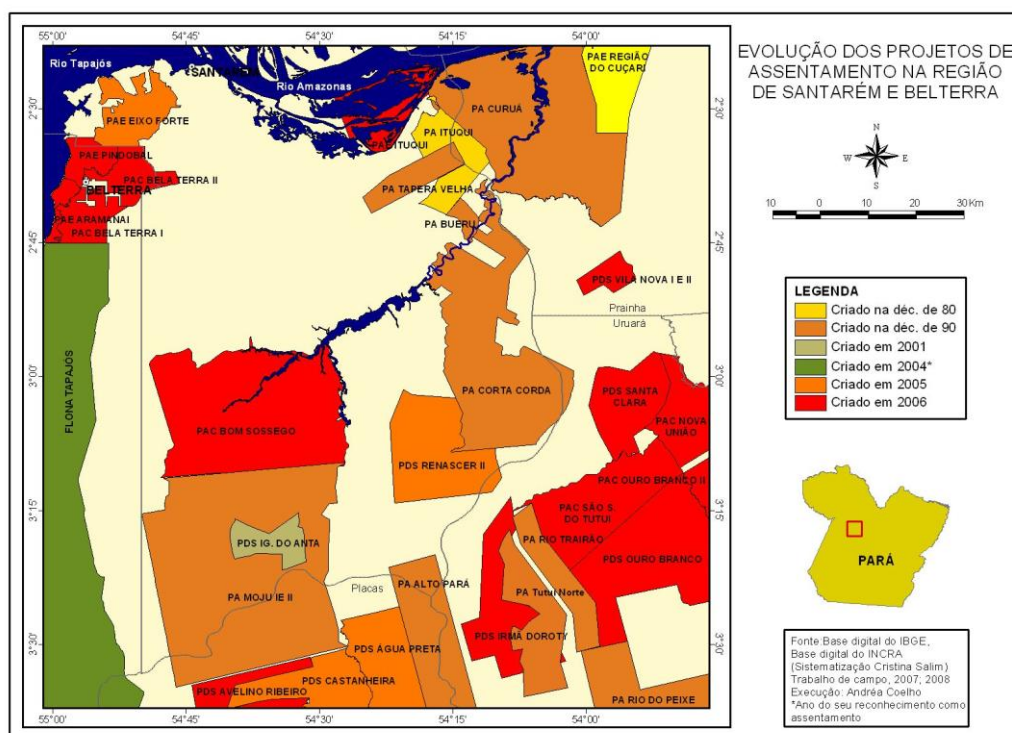


Figura 9 – Mapa mostrando a evolução dos projetos de assentamento na área de estudo.

Em relação aos PA (Projeto de Assentamento), o histórico de criação é:

- Em setembro de 1987 é criado o PA-ITUQUI, com área equivalente a 159,58km².
- Na década de 1990, é criado o PA-RIO DO PEIXE, em 1995, no município de Placas ocupando 222 km² da área de estudo¹¹.
- Em 1996 é criado o PA -MOJU I e II, com área aproximada de 1475km².

¹¹ *Somente partes destes assentamentos encontram-se na área de estudo.

- Em 1997 é criado o PA-CORTA CORDA com área de 783Km², dentro da Gleba Pacoval, uma das regiões de maior conflito fundiário na região Oeste do Pará, com capacidade para assentar 466 famílias e o PA TUTUÍ DO NORTE.
- No mesmo ano, foram criados os PA'S RIO TRAIRÃO com 160km², ALTO PARÁ* com 317km².
- Em 1998 são criados os PA'S CURUÁ com 962km², TAPERÁ VELHA com 108km², BUERU com 29km².

Essa modalidade de assentamento prevê a titularização de lotes de até 100ha objetivando a implementação dos sistemas de vivência e de produção sustentáveis, na perspectiva do cumprimento da função social da terra e da promoção econômica, social e cultural do (a) trabalhador (a) rural e de seus familiares.

Em função dos problemas fundiários decorrentes da introdução de grãos na área de estudo, a superintendência do INCRA em Santarém sob a justificativa de tentar conter o avanço do desmatamento e a grilagem, cria vários projetos de assentamento das modalidades PDS¹²; PAC¹³ e PAE¹⁴, que por suas características promoveriam a ocupação das terras públicas sem provocar desmatamento.

- Na área de estudo foram criados, em 2005, o PAE Eixo Forte, PDS Água Preta e o Renascer II.
- Em 2006, os PDS's Avelino Ribeiro, Santa Clara, Irmã Doroty, Ouro Branco, Igarapé do Anta, Vila Nova I e II, Castanheira.
- No mesmo ano, foram criados os PAE's Pindobal, Aramanaí, Ituqui, São Sebastião do Tutui e os PAC's Ouro Branco II, Bela Terra I e II, Região do Cuçari e Bom Sossego.

¹² Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS): modalidade de projeto criada para o desenvolvimento de atividades sustentáveis, ambientalmente diferenciadas, destinado às populações que baseia sua subsistência no extrativismo, na agricultura familiar e outras atividades de baixo impacto ambiental. A obtenção da terra, criação do Projeto, a seleção dos beneficiários, aporte de recursos de crédito apoio a instalação e de crédito de produção (PRONAF A), infra-estrutura básica (estradas de acesso, água e energia elétrica) e a titulação (Concessão de Uso/Título de Propriedade) são de responsabilidade do INCRA. Não há a individualização de parcelas (Titulação coletiva – fração ideal). Portaria/INCRA/P n. 477, de 04 de novembro de 1999.

¹³ Projeto de Assentamento Coletivo (PAC).

¹⁴ Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE): modalidade de assentamento destinado à exploração de área dotadas de riquezas extrativas, através de atividades economicamente viáveis, socialmente justas e ecologicamente sustentáveis a serem executadas pelas populações oriundas de comunidades extrativistas. A obtenção da terra, criação do Projeto, a seleção dos beneficiários, aporte de recursos de crédito, apoio à instalação e de crédito de produção (PRONAF A). A infra-estrutura básica (estradas de acesso, água e energia elétrica) e a Titulação (Concessão de Uso/Título de Propriedade) são de responsabilidade do INCRA. PAE Portaria/INCRA/P/ n. 268, de 23 de outubro de 1996.

A política adotada para implantação desses projetos, que visam o desenvolvimento de atividades de baixo impacto ambiental por clientes da reforma agrária, foi balizada pela política de parceria pública privada, adotada pelo INCRA na criação do Projeto de Assentamento Coletivo (PAC), em 1964, que previa a parceria de empresas privadas no desenvolvimento de atividades dentro dessas áreas. Na região, foi forte a adesão do setor madeireiro, que viu nela a possibilidade de explorar madeira, abundante nessas áreas. Essa ação acabou por proporcionar a “legalização” da extração de madeira de grande parte dos assentamentos em troca de alguns benefícios às famílias assentadas como abertura e/ou manutenção de estradas, sistema de abastecimento de água, entre outros, porém, estimulou a apropriação de lotes por pessoas que não se encaixam no perfil do cliente da reforma agrária e mesmo a criação de projetos sem assentados, mas com atividade das empresas.

Atualmente, o mosaico de unidades territoriais na área de estudo está distribuído da seguinte forma (Vide Quadro 1):

Modalidade	Nome	Capac. Fam	Data Criação
FLONA	Tapajós	1100	1974
PA	Ituqui	283	1987
PA	Rio Do Peixe	260	1995
PA	Moju I e II	1590	1996
PA	Corta Corda	468	1997
PA	Rio Trairão	170	1997
PA	Alto Pará	400	1997
PA	Tutuí Norte	200	1997
PA	Bueru	53	1998
PA	Curuá	161	1998
PA	Tapera Velha	253	1998
PDS	Igarapé Do Anta	40	2001
PA	Curá-Una	975	2005
PDS	Renascer II	360	2005
PAE	Eixo Forte	1400	2005
PDS	Água Preta	120	2005
PDS	Castanheira	126	2005
PDS	Vila Nova I E II	55	2006
PDS	Santa Clara	200	2006
PDS	Ouro Branco	463	2006
PDS	Irmã Doroty	150	2006
PDS	Avelino Ribeiro	217	2006

Quadro 1 – Distribuição dos Projetos de Assentamento na área de estudo.
Fonte: INCRA (Sistematização: Ana Cristina Salim).

Modalidade	Nome	Capac. Fam	Data Criação
PAE	Ituqui	420	2006
PAE	Aramanai	181	2006
PAE	Pindobal	230	2006
PAE	Região do Cuçari	250	2006
PAC	Bom Sossego	1000	2006
PAC	São Sebastião Do Tutui	282	2006
PAC	Ouro Branco II	293	2006
PAC	Nova União	290	2006
PAC	Bela Terra II	270	2006
PAC	Bela Terra I	280	2006

Cont... Quadro 1 – Distribuição dos Projetos de Assentamento na área de estudo.
 Fonte: INCRA (Sistematização: Ana Cristina Salim).

- 1 FLONA (Floresta Nacional), destinada ao uso coletivo da terra, com regras de uso do território que prevêm atividades voltadas para a subsistência de populações tradicionais da área;
- 10 PA (Projeto de Assentamento) designados para clientes da reforma agrária, onde as regras de uso do território prevêm a agropecuária familiar. Os lotes destinados a estas famílias variam até 100ha e está prevista a titularização individual da terra;
- 5 PAC (Projeto de Assentamento Coletivo) esta modalidade não é regularizada e dentre as regras de uso do território está previsto que o uso é coletivo;
- 5 PAE (Projeto de Assentamento Agroextrativista) destinado às populações tradicionais que possuem como base de sua reprodução o extrativismo dos recursos naturais. Nesta modalidade, é permitida a agropecuária familiar.
- 9 PDS (Projeto de Desenvolvimento Sustentável) destinado à atividades de baixo impacto como, por exemplo, o extrativismo vegetal e animal, onde cada família assentada só pode fazer uso de até 3ha de terra por ano para o desenvolvimento de atividades voltadas para a agricultura de subsistência.

Em 2007, o Ministério Público Federal em função de várias arbitrariedades cometidas pelo INCRA- Regional Santarém na criação desses assentamentos entra com uma ação cautelar inominada de suspensão de pedidos de licenças para a criação de novos assentamentos e também das licenças emitidas de 2005 a 2007,

alegando falta de licenciamento ambiental e vários vícios procedimentais no processo de criação. O inquérito alega-se que:

Verificou-se que tais projetos não atendem a uma autêntica demanda de potenciais clientes da reforma agrária. São antes resultado da pressão do setor madeireiro junto às esferas governamentais, que vislumbram nos assentamentos um estoque de matéria-prima cujo manejo é objeto de um licenciamento mais rápido, devido ao valor social que seu manejo apresentaria, em tese (INQUÉRITO CIVIL PÚBLICO, n. 1.23.002.000185/2007-76/PRM/STM/MPF).

3.2 PASSOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada no diagnóstico espacial da dinâmica do uso da terra na região de Santarém, com vistas à construção de cenários está balizada na utilização de técnicas e produtos de Sensoriamento Remoto, da Análise Estatística e da Modelagem Dinâmica. As principais etapas do trabalho descritas nesta seção são:

- Sistematização dos dados (seção 3.2.1);
- Geração de mapas temáticos do uso da terra e cobertura vegetal (seção 3.2.2);
- Análise da dinâmica da paisagem (seção 3.2.3);
- Modelagem Dinâmica e construção de cenários (seção 3.2.4);

A Figura 10 ilustra o encadeamento destas etapas através um fluxograma geral de atividades:

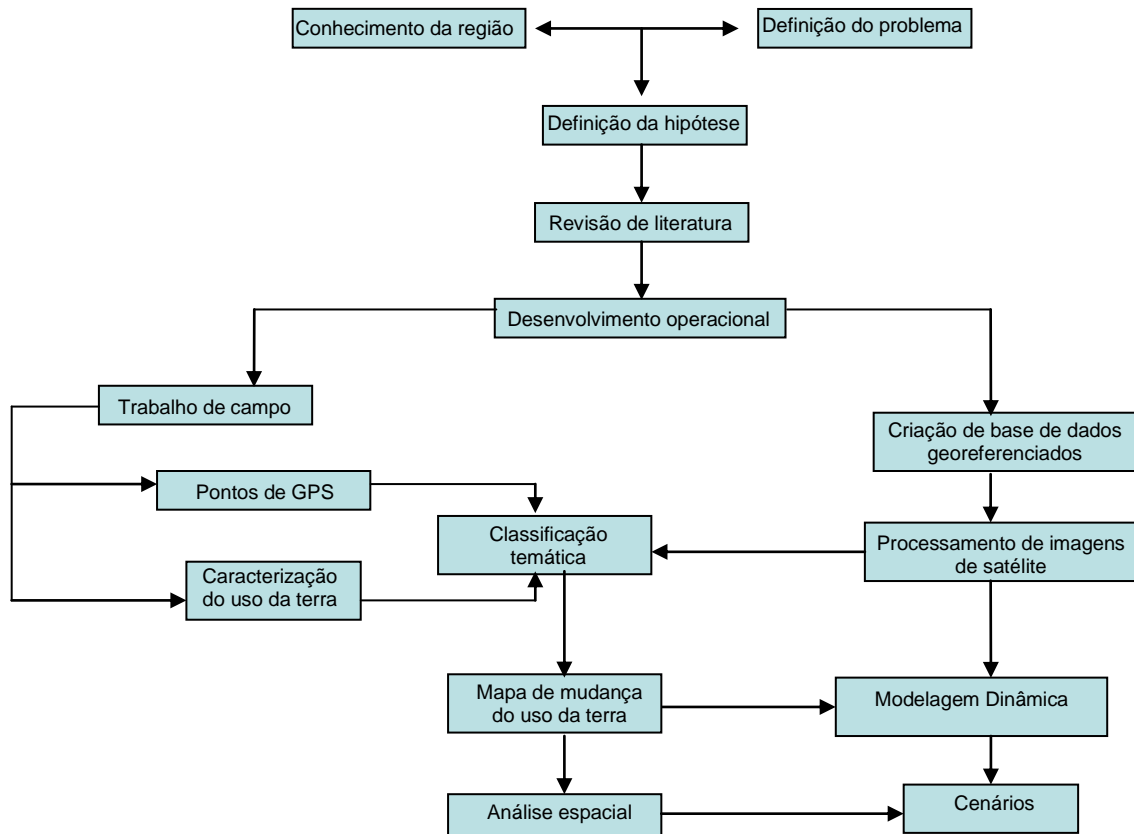


Figura 10 – Etapas do desenvolvimento do trabalho

3.2.1 Sistematização de dados

O tratamento e a análise do conjunto de dados e informações georeferenciadas foram conduzidos no *SPRING* versão 4.2 e 4.3 (Sistema de Processamento de Imagens Georeferenciadas).

Foram armazenadas no sistema, informações disponíveis em meio digital, oriundas de cartas planimétricas, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relativas à drenagem, às estradas, à localidades e a núcleos urbanos; de informações, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), relativos aos limites georeferenciados das diversas modalidades de assentamentos encontrados na área de estudo, assim como informações referentes à sua composição; de informações, do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), relativos ao limite e composição da Floresta Nacional do Tapajós; de informações coletadas em campo (georeferenciamento das diversas formas de uso da terra,

utilizadas como subsídio no mapeamento digital); de informações de declividade geradas a partir da utilização de imagens dos modelos digitais de elevação da *National Aeronautics And Space Administration* (NASA), da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

3.2.2 Geração de mapas temáticos do uso da terra e cobertura vegetal

Para a análise multi-temporal utilizada na avaliação da dinâmica da cobertura e uso da terra na área de estudo foram empregadas imagens do satélite Landsat TM/5¹⁵ bandas espectrais 3 referente à faixa do visível¹⁶, 4 infravermelho próximo¹⁷ e 5 infravermelho médio, composição colorida RGB, anos de 1999, 2004 e 2007, órbita/ponto 227-062, obtidas no CDTECA, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através de levantamento realizado no “quick-look” disponível na página do Instituto.

A partir da combinação destas bandas foi possível caracterizar as principais formas de uso e cobertura da terra na área de estudo, compatibilizando a escala de mapeamento com a escala dos dados planimétricos, 1:100.000.

Segundo Steininger (2000), a utilização da banda na região do infravermelho próximo (TM 4) é importante na caracterização da vegetação secundária por ela apresentar um aumento da refletância¹⁸ durante os primeiros estádios de abandono

¹⁵Satélite Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM).

¹⁶ Faixa do Visível: corresponde à radiação capaz de produzir a sensação de visão para o olho humano normal, ocupando apenas uma pequena variação de comprimento de onda que vai do violeta ao vermelho. Tal radiação pode ser produzido por luminescência ou por corpos muito quentes. Os produtos de sensores remotos obtidos na faixa do visível geralmente apresentam excelente correlação com a experiência visual do fotointérprete (VENTURIERI, 2007).

¹⁷ Infravermelho: este tipo de radiação é de grande importância para o sensoriamento remoto devido às suas características específicas como a fácil absorção pela maioria das substâncias, nelas produzindo um efeito de aquecimento. A energia emitida pelos corpos aquecidos se situa, principalmente, nesta faixa e pode ser próximo, médio ou distante (VENTURIERI, 2007).

¹⁸ A *Refletância* representa uma relação entre a *Radiância* refletida de um dado objeto pela *Irradiância*. Nota-se, portanto, que a *Refletância* expressa as propriedades intrínsecas dos objetos em refletir a REM sobre eles incidente. Ela é expressa em percentagem, possuindo então um caráter relativo. É através da *Refletância* que são estudadas as características intrínsecas dos objetos em refletir a REM incidente, pois ela é dependente das suas propriedades físico-químicas. Este estudo é denominado de estudo do *Comportamento espectral de alvos* (VENTURIERI, 2007).

neste comprimento de onda. Ainda segundo o autor, no espectro do infravermelho médio, correspondente à banda TM5, ocorre uma redução gradual da refletância durante os primeiros 15 anos de regeneração.

Pereira et al. (1993) verifica que as pastagens apresentam altos valores de refletância na região do espectro vermelho e infravermelho médio, com baixa refletância no infravermelho próximo quando comparado com as áreas de vegetação secundária.

A escolha dos anos seguiu dois critérios: baixa cobertura de nuvens, considerando a dificuldade de se obter imagens com essa característica na área estudada e a temporalidade que deveria cobrir o período anterior à intensificação da agricultura mecanizada (1999), uma que registrasse o momento em que ela se intensifica (2004 e 2007), pela necessidade de se espacializar o processo na sua fase mais recente, além de ser o ano da realização dos trabalhos de campo.

3.2.2.1 Definição da legenda temática

Tendo como elemento balizador a escala (1: 100.000) e os produtos adotados para a execução deste trabalho (imagens TM/ Landsat 5) foi concebida uma legenda temática, onde a definição das classes de uso da terra obedeceu à resposta observada para os alvos de interesse segundo atributos espectrais como, por exemplo, cor/tonalidade nas diferentes bandas e espaciais como forma, textura e padrão.

No mapeamento efetuado, além da dimensão espacial do uso da terra, procurou-se incluir aspectos ligados às variáveis econômicas, sociais e ambientais, ou seja, a análise estrutural e conjuntural das unidades observadas na área de estudo.

Em função do antigo processo de ocupação da área de estudo e por seu caráter atual de fronteira agrícola em expansão, têm-se um diversificado sistema de produção composto por uma diversidade de usos. Essa diversidade bastante fragmentada, em virtude dos diferentes níveis de produtores da região, dificulta o processo de mapeamento digital e separabilidade de algumas classes, o que foi

superado através da associação de alguns usos e cobertura. A partir de critérios utilizados pelo IBGE, contidos no seu Manual de Uso e Cobertura da Terra, optou-se por uma legenda de classificação de nível II, considerando o uso e cobertura interpretada através das imagens de satélite, dados bibliográficos e avaliação de campo. Assim foram identificadas 6 (seis) classes descritas: Floresta, Capoeira, agricultura mecanizada, agropecuária familiar (agricultura familiar + capoeira + pastagem), pastagem, outros (água, savana, solo exposto, nuvem, sombra de nuvem, área urbana).

- (i) Floresta: Classe (Figura 11) representada pela vegetação primária encontrada sob as formas de ocorrência (Floresta ombrófila densa, Floresta ombrófila aberta).

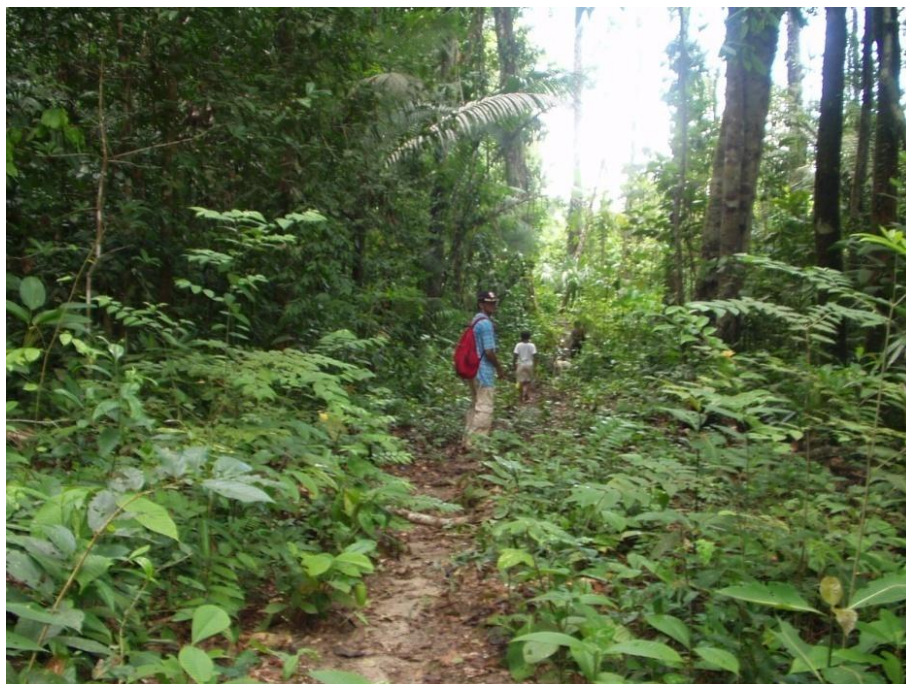


Figura 11 – Área de floresta.
Fonte: Andréa Coelho, 2003 (Projeto CARUSO).

- (ii) Capoeira: Nesta classe (Figura 12) estão incluídas as áreas de sucessão secundária em fase inicial e avançada de regeneração, como resultado da intervenção humana na vegetação primária.



Figura 12 – Área de capoeira.

Fonte: Andréa Coelho, 2008. Acervo Projeto violência, espaço público e dependência social na Amazônia Oriental.

- (iii) Pastagem: Foram agrupados os diversos estágios de desenvolvimento e/ou degradação das áreas de pastagem plantada da região (Figura 13) em uma única classe, visando à redução de erros no processo de classificação digital.



Figura 13 – Área de pastagem.

Fonte: Andréa Coelho, 2005 (ZEE BR-163).

- (iv) Agricultura mecanizada: Classe referente à agricultura mecanizada de grãos, em especial, a soja (Figura 14), introduzida inicialmente nas áreas de cerrado, começa a se expandir em áreas de floresta, nos estados do Pará, em especial, em Santarém e ao longo do corredor de povoamento do estado do Amazonas (BECKER, 2001).



Figura 14 – Área de agricultura mecanizada.
Fonte: Andréa Coelho, 2006 (ZEE BR-163)

- (v) Agropecuária familiar: classe que abrange a agricultura familiar + capoeira, que poderá ou não estar associada às áreas de pecuária, com predomínio da primeira (Figura 15). **(MANUAL DE VEGETAÇÃO DO IBGE)**. Esse agrupamento foi necessário visando à redução de erros no processo de classificação digital. Ele inclui o conjunto de classes de cobertura da terra normalmente encontrados em pequenas propriedades familiares, com uma mistura de coberturas da terra que não podem ser facilmente diferenciados na resolução do sensor Landsat TM, devido ao tamanho das propriedades. Neste caso, além das características espectrais, o padrão espacial foi também utilizado para apoiar a processo de classificação.



Figura 15 – Área de agropecuária familiar.
Fonte: Andréa Coelho, 2005 (ZEE BR-163).

3.2.2.2 Georeferenciamento de imagens

As imagens de sensores remotos são sujeitas a uma série de distorções espaciais, não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nela apresentados. Assim, torna-se necessário aplicar correções de modo a reorganizar os *pixels*¹⁹ da imagem de interesse em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica. Segundo Richards; Jia (1998), a uniformidade obtida é possibilitada pelo fato de que os *pixels* em questão podem ser reorganizados para o sistema de projeção cartográfica de uma carta ou mapa da mesma área imageada, a ser tomado como referência. Para os mesmos autores, através de tal processo denominado de *georeferenciamento*, os *pixels* estariam agora individualizados em termos de coordenadas geográficas e não apenas no sistema de linhas e colunas. O georeferenciamento das imagens

¹⁹ Pixels: elementos discretos, que apresentam-se radiometricamente quantizados em níveis discretos de brilho. Assim, esse arranjo dos dados digitais gera uma matriz, onde as linhas e colunas definem as coordenadas do pixel e o nível de cinza ou brilho indica a radiância presente neste pixel.

trabalhadas se deu a partir de imagens *Landsat* compactada pelo MRSID realizado no software ERDAS 8.0.

3.2.2.3 Classificação das imagens digitais

3.2.2.3.1 Segmentação

Visando minimizar as limitações intrínsecas dos métodos de classificação por pixel, realizou-se uma metodologia alternativa onde a fase de análise é precedida pela fase de segmentação (Figura 16). Para que a imagem seja submetida a esse processo no *Spring*, há necessidade de definir os limiares de similaridade e de área.

Em seguida, são realizadas a segmentação e a classificação das imagens multiespectrais²⁰. Segundo Belaid et al. (1992), na classificação por regiões há incorporação além de informações como média e variância espectrais, dos parâmetros que descrevem a forma, o tamanho e o contexto do segmento ou região. Salienta-se que cada região que compõe uma imagem segmentada deve preferencialmente apresentar-se uniforme e homogênea com respeito a algumas características, que por sua vez mostram-se diferentes em relação às regiões adjacentes.

²⁰ Imagem multiespectral pode ser representada digitalmente através de uma matriz tridimensional, onde para cada coordenada (x,y) haverá um vetor que representa os canais espectrais (VENTURIERI, 2007).

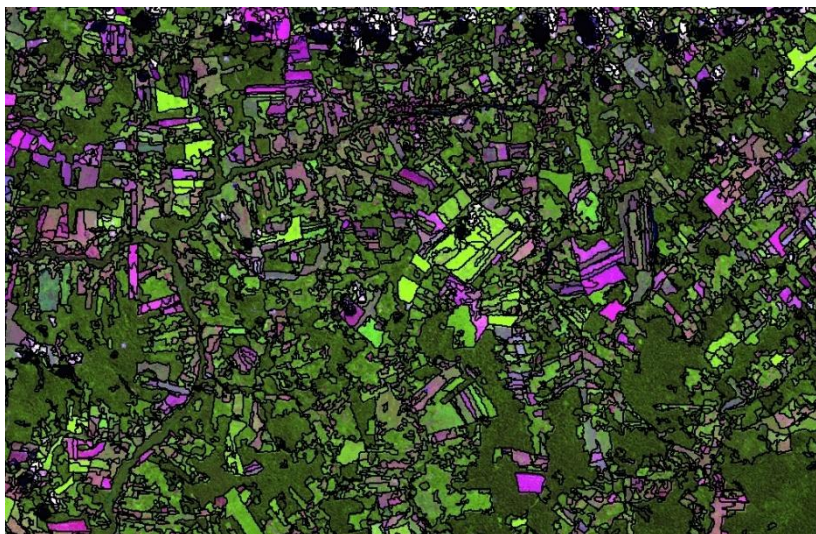


Figura 16 – Imagem segmentada.

Segundo Bins et al. (1993), o método de segmentação de imagens implementado no *SPRING* é baseado no critério de crescimento de regiões, ou seja, na similaridade de níveis de cinza da imagem, sendo de emprego amplo por ser considerado simples e efetivo.

Conforme Kai; Muller (1991), a técnica de crescimento de regiões pode ser assim resumida: i) segmentação da imagem em regiões (um ou mais *pixels*) ii) comparação de cada segmento com seus vizinhos e fusão dos segmentos estatisticamente mais similares, seguido da atualização das médias dos níveis de cinza iii) comparação dos segmentos formados com os seus novos vizinhos até não existirem mais segmentos para serem interligados, formando assim uma região que será rotulada e iv) análise da próxima célula inconsolidada, repetindo toda a seqüência até que todas as células sejam rotuladas.

Considerando os objetivos deste trabalho, foram selecionados, a partir de inspeção visual, os limiares considerados mais adequados para a formação de segmentos homogêneos que individualizassem os diferentes padrões de uso da terra de interesse, considerando a resolução espacial das imagens *Landsat TM/5* e a escala de trabalho 1: 100.000.

Dessa forma, foram definidos os limiares 8 para similaridade, pois proporcionaram regiões com maior homogeneidade em termos espectrais e 30 para área, pois a separabilidade de usos da terra é desejável considerando a necessidade de se identificar os diversos tipos produtivos na região.

3.2.2.3.2 Classificação não supervisionada por regiões

Para a geração dos produtos finais, os mapas temáticos²¹ foi utilizado o método de classificação de imagens que consiste em um processo responsável por associar elementos de imagem (pixel) à classes, que seriam regiões formadas por pixels que tenham características semelhantes ou comuns.

A técnica de classificação multiespectral adotada neste trabalho foi a classificação não-supervisionada. Neste tipo de classificação não se utiliza nenhum conhecimento, a priori, sobre as classes existentes na imagem, procurando-se apenas determinar se um conjunto de dados multiespectral possui tendência a se aglomerar naturalmente em certo número de grupos isolados. Richards; Jia (1998) destacam que o método de classificação não-supervisionada corresponde a uma técnica onde as imagens são divididas em classes não conhecidas, ou seja, o algoritmo define as classes com base em regras estatísticas. Conforme Crósta (1992), este método de classificação baseia-se em uma análise de agrupamento onde são identificadas no espaço de atributos nuvens ou “clusters” formados por *pixels* espectralmente similares.

Esta análise é feita pelo próprio classificador que define as classes componentes e atribui cada um dos pixels a uma determinada classe. Neste item será tratado apenas o algoritmo *ISOSSEG*, devido aos objetivos deste trabalho. A principal característica deste algoritmo de classificação não-supervisionada é o seu objeto de trabalho, que são as regiões obtidas na fase de segmentação.

O classificador *ISOSSEG* é um dos algoritmos disponíveis no *SPRING* para classificar regiões de uma imagem segmentada. É um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância, e também pela área (MANUAL DO SPRING, 2007).

²¹ Mapa temático: é a representação gráfica da síntese de uma pesquisa ou estudo com temas arqueológicos, climáticos, econômicos, agrícolas e outros, sobre um mapa básico topográfico, geográfico ou hidrográfico. Os mapas temáticos representam conjuntos espaciais resultantes da classificação dos fenômenos que integram o objeto de estudo.

Um algoritmo de "clustering" não supõe nenhum conhecimento prévio da distribuição de densidade de probabilidade dos temas, como ocorre no algoritmo de máxima verossimilhança. É uma técnica para classificação que procura agrupar regiões, a partir de uma medida de similaridade entre elas. A medida de similaridade utilizada consiste na distância de Mahalanobis entre a classe e as regiões candidatas à relação de pertinência com esta classe (MANUAL DO SPRING, 2007).

O *Isosseg* utiliza os atributos estatísticos das regiões: a matriz de covariância e o vetor de média para estimar o valor central de cada classe. Este algoritmo resume-se em três etapas, descritas a seguir:

(i) Definição do limiar: o usuário define um limiar de aceitação dado em percentagem. Este limiar por sua vez define uma distância de Mahalanobis, de forma que todas as regiões pertencentes a uma dada classe estão distantes da classe por uma distância inferior a esta. Quanto maior o limiar, maior esta distância e, conseqüentemente, menor será o número de classes detectadas pelo algoritmo.

(ii) Detecção das classes: as regiões são ordenadas em ordem decrescente de área e inicia-se o procedimento para agrupá-las em classes. Serão tomados como parâmetros estatísticos de uma classe (média e matriz de covariância), os parâmetros estatísticos da região de maior área que ainda não tenha sido associada à classe alguma. Em seguida, associa-se a esta classe todas as regiões cuja distância de Mahalanobis for inferior à distância definida pelo limiar de aceitação.

Assim, a primeira classe terá como parâmetros estatísticos àquelas regiões com maior área. As classes seguintes terão parâmetros estatísticos de média das regiões de maior área, que não tenham sido associadas a nenhuma das classes previamente detectadas. Esta fase repete-se até que todas as regiões tenham sido associadas a alguma classe.

(iii) Competição entre classes: as regiões são reclassificadas, considerando-se os novos parâmetros estatísticos das classes, definidos na etapa anterior. A fase 2 consiste basicamente na detecção de classes, sendo um processo seqüencial que pode favorecer as classes que são detectadas em primeiro lugar. Com vista a eliminar este favorecimento procede-se a "competição" entre classes, que consiste em reclassificar todas as regiões. O parâmetro estatístico (média de cada classe é então recalculado. O processo repete-se até que a média das classes não se altere (convergência).

Salienta-se que a classificação foi realizada utilizando-se os limiares de aceitação de 75%, pois, os limiares de aceitação mais baixos permitem uma maior separabilidade de classes. Após a obtenção das imagens classificadas, foi realizada uma análise baseada nos trabalhos de campo efetuados e nas informações temáticas já disponíveis para a área de estudo. O desempenho satisfatório das classificações pós-segmentação pode ser atribuído ao uso dos *pixels* agrupados dentro de entidades homogêneas (segmento) e pela introdução de informações cartográficas.

3.2.2.3.3 Mapeamento e edição

A partir da classificação das imagens, foi realizado o mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados no *SPRING*), visando a criação das imagens temáticas finais (Figuras 17 e 18). Isso é feito associando uma determinada classe definida na imagem classificada com a sua classe correspondente existente no banco de dados. Salienta-se que, nessa fase, as unidades de mapeamento, que a partir das análises efetuadas, consideradas similares, foram reagrupadas para uma única classe.

Dessa forma, foram criadas novas imagens que foram armazenadas em uma nova categoria denominada de imagens temáticas.

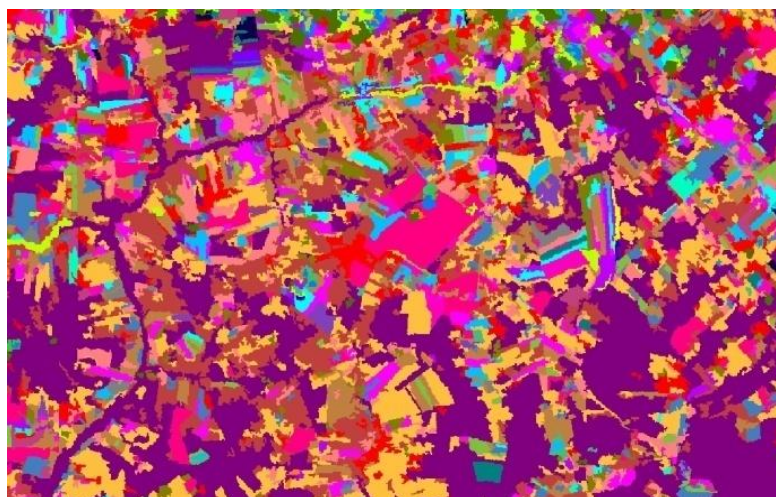


Figura 17 – Imagem temática, produto da classificação não-supervisionada.



Figura 18 – Imagem temática após o mapeamento para geoclasses.

De modo a refinar as imagens temáticas geradas anteriormente, elas foram submetidas a um tratamento adicional denominado edição, compreendendo duas etapas complementares: matricial e vetorial. Tal procedimento foi necessário devido à ocorrência de pequenos segmentos indesejáveis no contexto de uma classe específica (intrusões) como, por exemplo, aqueles de capoeira em área de floresta. Assim, com a correção dos erros de classificação, efetuada a partir da correta integração dos segmentos às classes correspondentes foram então obtidos os produtos temáticos desejados.

Almeida-Filho e Shimabukuro (2002) destacam que a acurácia dos produtos oriundos da classificação pós-segmentação pode ser considerada similar aos dos mapas gerados através de interpretação visual, pois as classes mapeadas podem ser reagrupadas baseadas na experiência do analista. Assim, os produtos obtidos a partir dessa abordagem apresentarão uma aparência realista, na medida em que os chamados erros de omissão e comissão serão potencialmente reduzidos.

3.2.3 Análise da dinâmica da paisagem

A partir da obtenção da imagem temática de interesse, foi realizada a quantificação de área das classes de uso da terra consideradas neste levantamento, a partir da função medida de classes. Posteriormente, foi conduzida a etapa referente à análise referente à análise da dinâmica do uso da terra no período

considerado através do cruzamento entre mapas temáticos de datas consecutivas (tabulação cruzada), com base na distribuição espacial de suas informações temáticas, gerando matrizes de mudanças. Para a realização dessa etapa, foi fundamental a associação de algumas classes, como visto anteriormente, na definição da legenda temática para tornar a análise mais prática e, também, para a geração de mapas mais simplificados para serem utilizados na modelagem, dando origem à outra legenda (Quadro 2).

LEGENDA TEMÁTICA	
Floresta	
Capoeira	
Pastagem	-Pastagem; pastagem + Capoeira
Agricultura mecanizada	
Agropecuária	Agricultura + Capoeira; Agricultura + Pastagem + Capoeira; Agricultura + Pastagem
Outros	Área urbana, Corpos d'Água, solo exposto, nuvem, sombra de nuvem, savana.

Quadro 2 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal.

Neste procedimento, com base na distribuição espacial das diferentes classes temáticas foram gerados como produtos matrizes de mudanças, que indicam a porcentagem de transição entre os diferentes usos.

Para a análise da relação entre as alterações da paisagem e a estrutura fundiária, tais análises foram realizadas em diferentes partições do espaço para os períodos 1999 a 2004 e 2004 a 2007:

- (i) toda área de estudo;
- (ii) diferentes modalidades de assentamentos.

Os resultados da análise visual dos mapas temáticos nestas diferentes partições combinados aos da quantificação de áreas e de transições através das tabulações cruzadas, permitiram entender como se deu o processo de ocupação de 1999 a 2007 e validar parcialmente as hipóteses levantadas.

3.2.4 Modelagem dinâmica

Neste trabalho, optou-se por modelos baseados na abordagem *Top-down*, descrito na seção 2.3.3, pois o objetivo é analisar a dinâmica da paisagem numa

escala regional, com base em padrões obtidos através de imagens de Sensoriamento Remoto.

Buscando atender às questões científicas foi utilizado um modelo computacional desenvolvido no ambiente de modelagem TerraME (CARNEIRO, 2006), em colaboração com pesquisadores do INPE²², através da REDE GEOMA de Modelagem. TerraME é uma plataforma para desenvolvimento de modelos dinâmicos espacialmente explícitos, que provê uma linguagem de programação de alto nível e acesso direto a um banco de dados geográfico. Este modelo, baseado na abordagem *top-down*, foi desenvolvido a partir das idéias e conceitos do modelo Clue-S (VERBURG et al., 2002).

Esta seção do documento está organizada da seguinte forma. A seção 3.2.4.1 apresenta as principais características e o modo de funcionamento do modelo utilizado e também as diferenças em relação ao modelo Clue-S original, visando a incorporação de questões fundiárias/institucionais (PIMENTA et al. 2008).

A seção 3.2.4.2 descreve todo o processo de modelagem adotado incluindo a definição de variáveis, a construção do banco de dados celular, as etapas de parametrização e validação do modelo e, finalmente, as simulações/cenários analisados.

3.2.4.1 Descrição do modelo computacional utilizado

3.2.4.1.1 Características do modelo Clue-S

O modelo Clue-S desenvolvido pela Universidade de Wageningen, na Holanda, é um típico modelo *top-down*. Nesta seção descrever-se-á algumas características dos módulos de alocação e potencial. O módulo de alocação usa uma demanda definida externamente, que determina a quantidade de mudança em cada ano, para cada uso (por exemplo, quantas células devem ser convertidas para pastagem).

Neste modelo, as variáveis de uso são discretas e binárias, isto é, representam a existência ou não de uma determinada classe de uso. As variáveis de uso são,

²² Eva Moreira, Sérgio Costa, Ana Paula Aguiar.

geralmente, obtidas por meio de mapas temáticos classificados a partir de imagens de Sensoriamento Remoto. Usualmente, a resolução espacial utilizada varia de 100 x 100 m² a 1 x 1 km². O potencial de cada célula é atribuída a cada um dos usos e calculado com base em um método de análise estatística multivariada, a regressão logística (NETER, 1996).

O Clue-s utiliza dados *cross-section* (um ponto no tempo) para analisar as relações entre fatores determinantes e a estrutura/padrão de uso/cobertura da terra.

Através dos coeficientes estimados pela regressão, o *módulo de cálculo do potencial* estabelece a adequação de cada célula em relação a diferentes usos. Por exemplo, define-se um coeficiente negativo para agricultura mecanizada em relação à declividade (significando que quanto menor a declividade – mais plano o terreno – maior a probabilidade daquela célula ser convertida para agricultura mecanizada). Com base nestes potenciais, o *módulo de alocação* executa a cada ano, um método de competição entre classes, de modo a decidir quais células serão convertidas, num processo iterativo até atender às demandas estabelecidas para aquele ano. Neste processo, algumas restrições são impostas através de parâmetros do modelo:

- Restrições em relação às quais as conversões (ou transições entre classe) são permitidas na área de estudo (por exemplo, floresta pode ser convertida para agricultura, mas não diretamente para vegetação secundária). Estas transições são representadas por Matrizes de Transição, como ilustra a Figura 19.

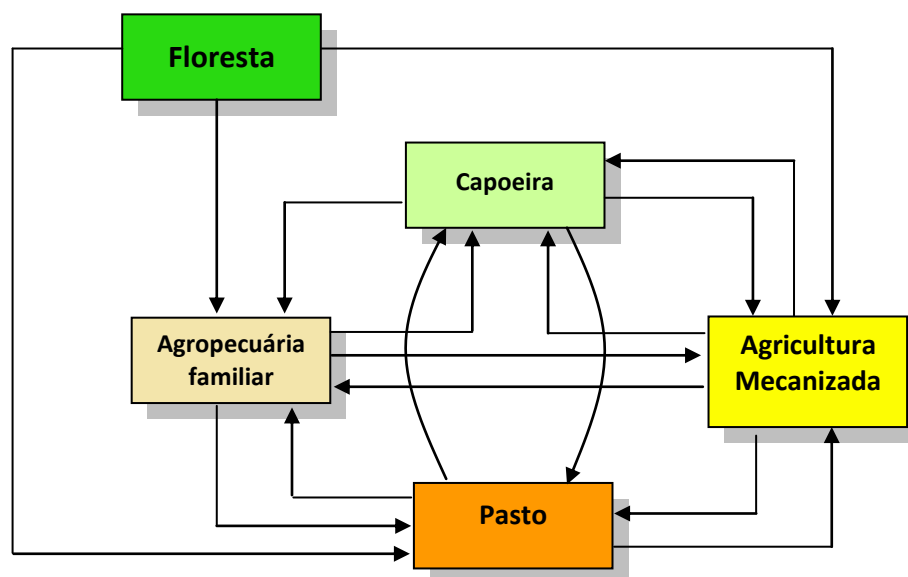


Figura 19 – Transições anuais possíveis de usos da terra – região de Santarém.

- Restrições espaciais, que representam áreas onde determinadas transições não podem ocorrer (por exemplo, impedindo que a floresta seja convertida dentro de parques);
- Restrições temporais indicando o número máximo e mínimo de anos que o modelo de alocação deve esperar antes que determinada conversão possa ocorrer. Por exemplo, num sistema de agricultura itinerante (“shifting cultivation”) qual o número de anos necessários para que o solo possa ser utilizado devido à diminuição dos nutrientes e infestação por pragas;
- Outro parâmetro importante no modelo são as denominadas “Elasticidades”, que indicam a dificuldade relativa de modificar determinado uso (por exemplo, uma área industrial pode ser mais difícil de remover do que uma área de pastagem). A figura 20 ilustra o esquema de funcionamento do modelo.

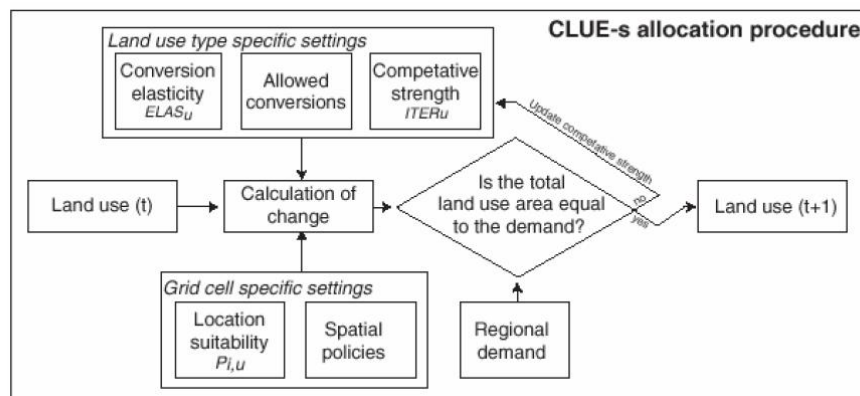


Figura 20 – (a) Exemplo de transições possíveis: representação esquemática do procedimento de alocação.

Fonte: Adaptado de VERBURG et al. 2002.

3.2.4.1.2 Modelo implementado em ambiente TerraME

A principal diferença em relação ao modelo Clue-S original refere-se às restrições mencionadas acima. Estendeu-se os conceitos originais para permitir que sejam criadas múltiplas matrizes de transições possíveis, visando possibilitar a

existência de múltiplas diferentes regras de uso do território em diferentes partições espaciais da área de estudo.

Nesta dissertação, cada uma destas partições representa uma unidade territorial definida por políticas fundiárias e de ordenamento territorial. Em cada uma destas unidades, o modelo também permite redefinir todos os demais parâmetros, se necessário (coeficientes de regressão, elasticidade). As partições podem evoluir com o tempo, possibilitando incluir no modelo o processo de criação das unidades em diferentes anos. A Figura 21 ilustra estas modificações, em relação ao esquema apresentado na Figura 20.

Por outro lado, em comparação ao CLUE-S original, o modelo em TerraME não inclui por restrições temporais discutidas acima, nem funcionalidades mais recentes acrescentadas ao Clue-S original como autômatos celulares e vizinhança.

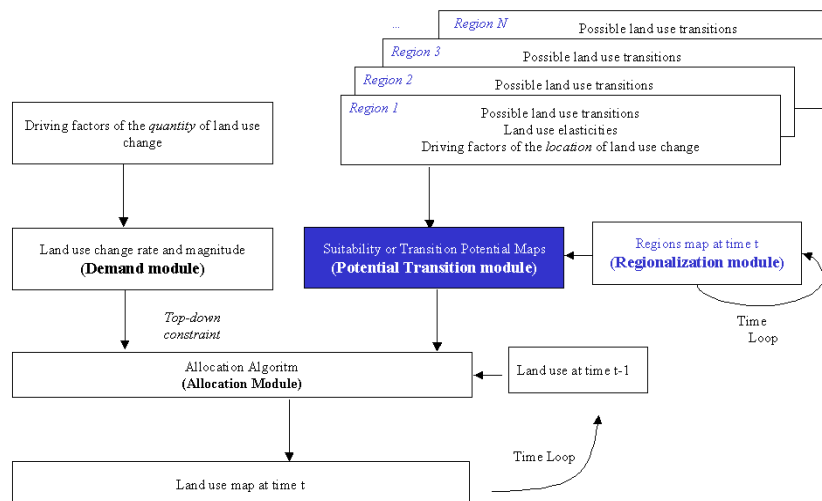


Figura 21 – Modelo modificado para incluir múltiplas regras em diferentes partições do espaço.
Fonte: PIMENTA et al., 2008.

3.2.4.2 Etapas de modelagem

As seguintes etapas do processo de modelagem são descritas a seguir:

- Construção de um Banco de Dados Celular
 - Parametrização dos modelos
 - Calibração e validação dos modelos
- Simulações e cenários

3.2.4.2.1 Construção de Banco de Dados Celular

Para subsidiar as atividades de modelagem, a primeira etapa é a construção de um Banco de Dados Celular, em ambiente Terralib. Este espaço celular, com células de 500 x 500m², pode ser acessado diretamente dos modelos em TerraME.

O banco de dados construído para esta dissertação inclui cerca de 18 variáveis socioeconômicas e ambientais que representam fatores que poderiam, potencialmente, explicar as diferenças nos padrões de uso da terra na área de estudo. A seleção de fatores candidatos e variáveis correspondentes se deram em várias etapas através de um processo iterativo incluindo múltiplas escolhas. Inicialmente, foi realizada uma pré-seleção de fatores com base numa revisão de literatura sobre o processo de ocupação da Amazônia e sobre estudos empíricos semelhantes realizados na região (Apêndice A).

Posteriormente, esta lista foi refinada de acordo com a disponibilidade de dados. A seleção de variáveis enfatiza fatores mais voltados à políticas públicas de infra-estrutura (acessibilidade), conservação (áreas protegidas) e de ordenamento fundiário (criação de assentamento) que possam subsidiar a modelagem dinâmica e a construção de cenários. Após a definição dos fatores de interesse, é verificada a disponibilidade de dados e realiza-se uma nova etapa de refinamento, na qual foram definidas e calculadas uma ou mais variáveis relativas a cada fator utilizando o software *Terraview*, que possui um plugin²³ para cálculo de variáveis em espaços celulares.

A lista final de variáveis computadas para este estudo é apresentada na Tabela 7. O processo de parametrização dos modelos inclui novas etapas de refinamento e seleção dessas variáveis, visando minimizar problemas de correlação. As variáveis geradas foram classificadas nos seguintes fatores:

- Fatores de acessibilidade: inclui distância mínima das duas principais estradas da região: BR_163 (dist_Santarém) e Curua-Una. (dist_curua) e uma variável que inclui a distância mínima às duas juntas (dist_estr_princ). Inclui também distância mínima a todas as estradas, primárias e

²³ Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/php/plugins.php>

secundárias (dist_estradas) e inclui também a distância aos principais rios (dist_rios) navegáveis (Amazonas e Curuá);

- Fatores relacionados à estrutura fundiária: os que indicam a presença de determinadas modalidades de assentamento (presença_pa, presença_pac, presença_pae, presença_pds e variáveis que indicam presença de unidades de conservação (presença_flona);
- Fatores biofísicos: declividade (media_declive) e presença de rios/água próximos, representado por distância mínima a rios secundários (dist_rios_sec).
- Acesso a serviços: distância mínima a centros urbanos (dist_urban), considerando Santarém, Belterra, Uruará e Mojuí dos Campos e a cada uma das cidades em separado (dist_santarem, dist_belterra, dist_mojui, dist_santarem), aos portos (dist_portos), no caso, o de Santarém.

.VARIÁVEIS		
Atributos	Dados de entrada	Operação
1 presença_pa	Layer de assentamento – INCRA	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
2 presença_pac	Layer de assentamento – INCRA	TERRA VIEW – Presença
3 presença_pae	Layer de assentamento – INCRA	TERRA VIEW – Presença
4 presença_pds	Layer de assentamento – INCRA	TERRA VIEW – Presença
5 presença_flona	Layer de UC – IBAMA	TERRA VIEW – Presença
8 dist_br	Layer de estrada – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a linhas
9 dist_area_urbana	Layer de sede – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
10 dist_curua	Layer de estrada – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a linhas
11 dist_porto	Layer de porto – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
12 dist_mojuí	Layer de localidade – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
13 dist_rios	Layer de rios – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a linhas
14 dist_estradas	Layer de estrada – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a linhas
15 dist_belterra	Layer de sede – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
16 dist_santarém	Layer de sede – IBGE	TERRA VIEW – Mínima distância a pontos
17 media_declive	Layer grade de declividade – SRTM	TERRA VIEW – Média
ATRIBUTOS DINÂMICOS		
18 uso e cobertura	Layer de classes de uso e cobertura: 1999; 2004 e 2007	TERRA VIEW – Categórico

Quadro 3 – Lista de variáveis utilizadas na etapa de modelagem

3.2.4.2.2 Parametrização dos modelos

- a) A primeira etapa consiste da realização de análise estatística, incluindo a seleção de variáveis e a estimativa dos coeficientes (NETER, 1996). O conjunto de variáveis apresentado no Quadro 3 apresenta um alto grau de correlação. Decidiu-se por construir modelos de regressão espacial diferentes, onde cada modelo inclui apenas variáveis explanatórias com menos de 50% de correlação entre elas.

O modelo adota dados *cross-section* (um ponto no tempo) para analisar as relações entre fatores determinantes e a estrutura/padrão de uso/cobertura da terra como discutido nas seções anteriores. Como em 1999 não havia ainda agricultura mecanizada na região, optou-se por realizar as análises estatísticas para 2004 e 2007, visando tanto analisar possíveis diferenças entre as relações estabelecidas nos dois períodos quanto obter parâmetros para os modelos.

- b) A segunda etapa consistiu da construção de diagramas de transições possíveis entre usos, por exemplo, não é possível passar de vegetação secundária para floresta na área de expansão agrícola e dentro das diferentes unidades especiais (FLONA, PA, PDS, PAE, PAC). Tais diagramas foram construídos com base nos resultados da análise dinâmica da paisagem e com base nas normas estabelecidas para as diferentes modalidades.
- c) Em seguida, foram estabelecidos valores iniciais de elasticidade que representam da dificuldade relativa de alterar determinado uso, por exemplo, mais difícil retirar uma área onde foi instalada agricultura capitalizada, do que converter de vegetação secundária.
- d) Por fim, foram estabelecidos valores de demanda para o período de 1999 a 2007, visando possibilitar a calibração dos modelos. O seguinte procedimento foi adotado: foi calculada da diferença total entre as áreas de cada uma das classes entre os anos de 1999, 2004 e 2007. As diferenças calculadas nos dois períodos foram divididas igualmente – ano a ano – de 1999 a 2004 e de 2004 a 2007 para os cenários de 2007 a 2015.

3.2.4.2.3 Calibração e validação dos modelos

a) Os modelos foram calibrados tendo como base os mapas temáticos de 2004, comparando os resultados das simulações em diferentes partições do espaço no período de 1999 a 2004 aos mapas temáticos. Os resultados das simulações foram comparados através de análises visuais e matrizes de classificação, indicando erros de inclusão e omissão. Nesta etapa, foram ajustados:

- pesos relativos dos fatores determinantes;
- transições possíveis;
- elasticidade.

Para definição dos parâmetros foi combinando conhecimento de campo ao uso estrito da técnica de análise estatística, como tem sido realizado em outros trabalhos da área (CASTELLA, 2007, OVERMAS, 2006, AGUIAR, 2006).

b) Numa segunda etapa, os resultados dos modelos ajustados foram comparados aos mapas temáticos de 2007, também através de análises visuais e matrizes de classificação.

3.2.4.2.4 Simulações e cenários

Nesta dissertação, as simulações serão utilizadas com dois objetivos distintos:

- Análise da aderência de regras de uso do território aos padrões de ocupação de 1999 a 2007:* análise de resultados alternativos do modelo dinâmico de acordo com a aplicação (ou não) das regras de uso do território em áreas especiais (áreas protegidas e assentamentos). Isso será obtido através da comparação dos resultados de modelos com parâmetros alternativos em determinadas partições do espaço, em termos das transições possíveis. São comparadas as regras de uso de acordo com a modalidade do assentamento às transições efetivamente encontradas nos

trabalhos de campo nas áreas fora dos assentamentos e unidades de conservação. Idealmente, estas transições reais deveriam ser diferenciadas para cada modalidade, mas optamos por adotar uma única regra para simplificar o processo de modelagem.

- ii *Exploração de cenários futuros (2007 a 2015)* para analisar os possíveis impactos na dinâmica da paisagem do cumprimento (ou não) das regras de uso do território relativas às políticas de ordenamento fundiário e territorial. Serão analisados neste cenário, por exemplo, as regras de uso estabelecidas pelo INCRA, em relação aos assentamentos de diferentes modalidades. Nestes cenários de futuro, a quantidade de demanda foi calculada como uma extrapolação das tendências em relação às quantidades de mudanças atuais (de 1999 a 2007).

4 RESULTADOS

Este capítulo está organizado em duas subseções. A seção 4.1 aborda os resultados e discussões da análise da dinâmica de uso e cobertura considerando diferentes partições do espaço, incluindo toda a área de estudo e áreas de assentamentos. Nas áreas de assentamentos, a análise é realizada também por modalidade em alguns assentamentos específicos. A seção 4.2 apresenta resultados de modelagem dinâmica que complementam as análises da seção 4.1, considerando as mesmas partições do espaço.

4.1 ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

4.1.1 Dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal em toda a área de estudo

Nesta seção é apresentada uma análise dos resultados obtidos sobre a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal na região de Santarém, equivalente a área classificada de 19.318,62km², para os anos de 1999, 2004 e 2007, a partir da metodologia utilizada, foi identificada uma progressiva diminuição das áreas de floresta. As figuras 22, 23 e 24 ilustram os mapas temáticos obtidos para os anos de 1999, 2004 e 2007. A tabela 5 e o gráfico 3 ilustram os valores absolutos e os percentuais obtidos a partir dos mapas temáticos gerados.

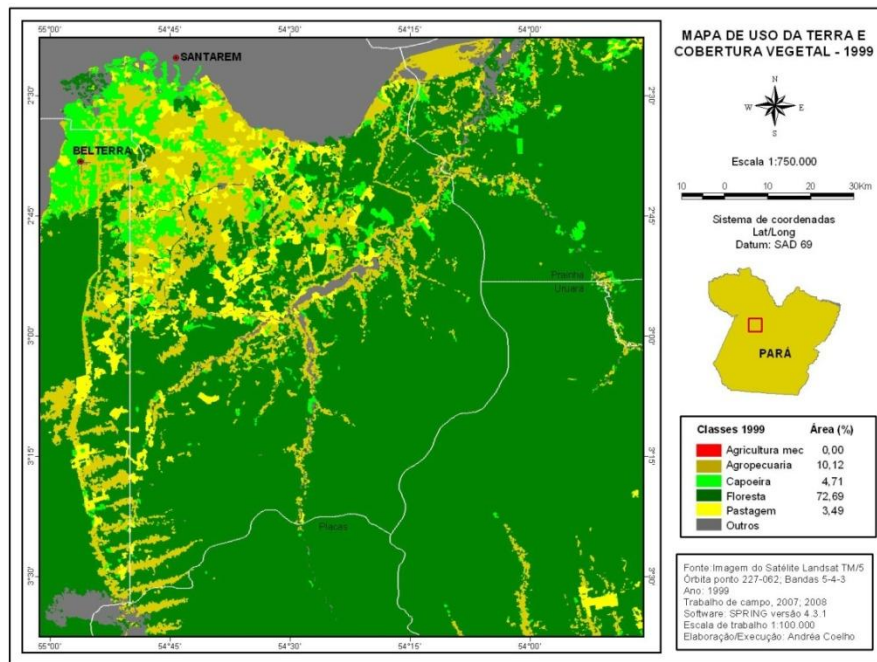


Figura 22 – Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal (1999).

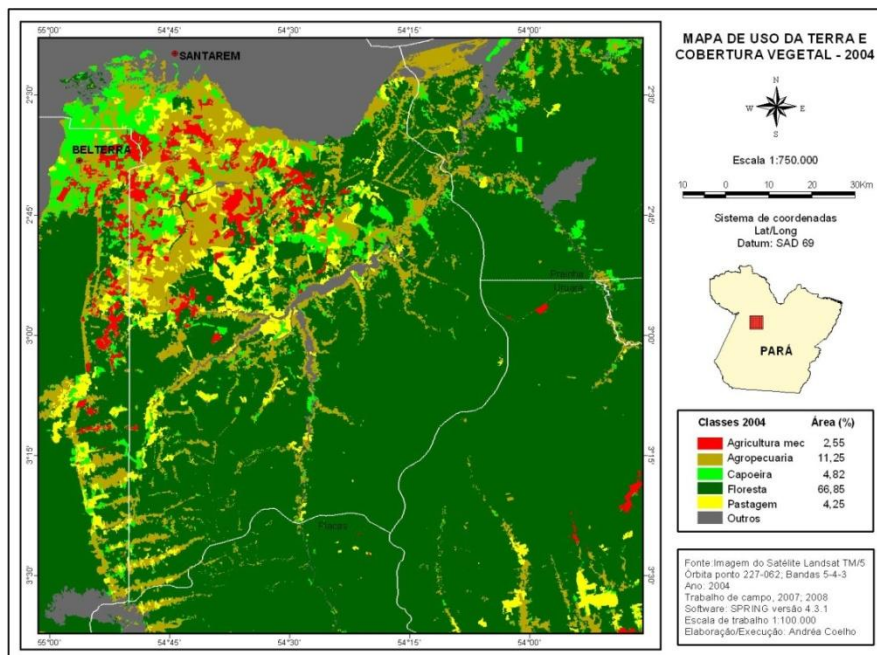


Figura 23 – Mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal (2004).

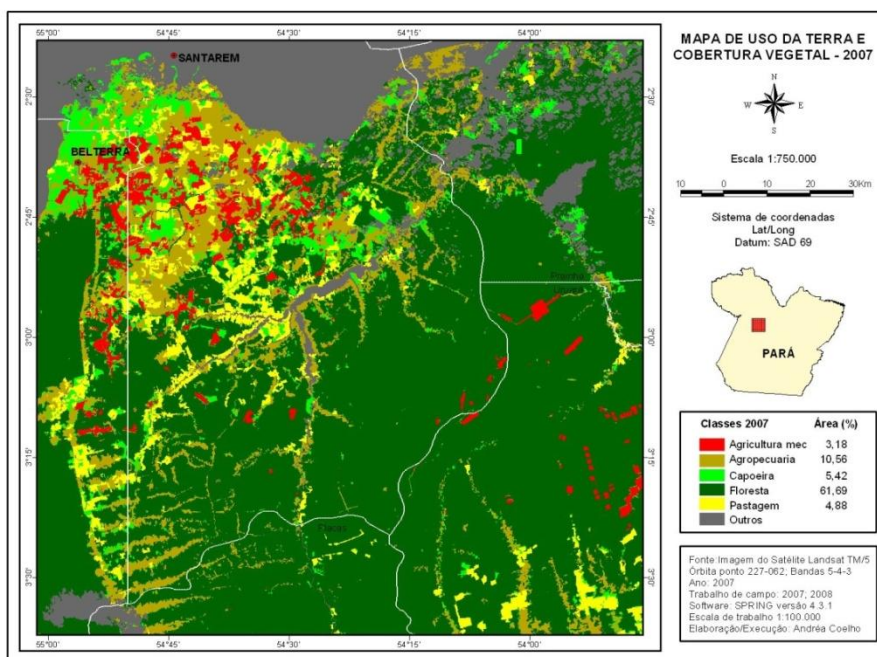


Figura 24 – Mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal (2007)

Tabela 5 – Valores absolutos de uso da terra e cobertura vegetal.

EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL (km²)			
Classes	1999	2004	2007
Floresta	14.042,12	12.914,78	11.916,71
Capoeira	909,63	931,05	1.048,27
Agricultura mec	0,00	496,27	620,38
Agropecuária	1.954,71	2.214,76	2.133,83
Pastagem	674,18	776,86	842,02

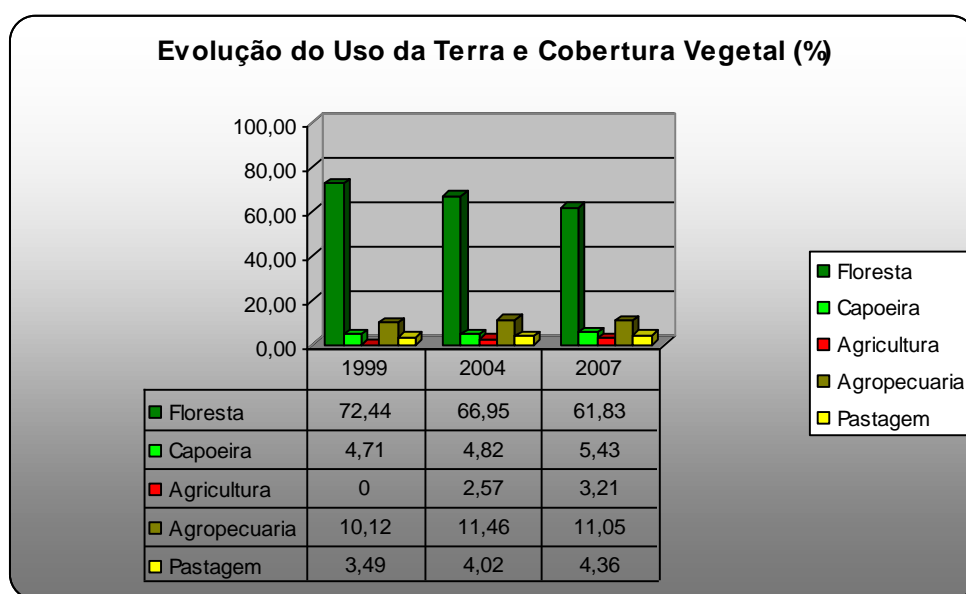


Gráfico 3 – Valores percentuais referentes a evolução dos usos da terra e cobertura vegetal na região de Santarém – 1999, 2004 e 2007.

Em 1999, essa classe era equivalente a 72,44% da área estudada, em 2004 66,95% e em 2007 61,83%, o que em número absoluto equivale à uma perda acumulada de 2.125,41km². Nesse período, houve um aumento das áreas de agricultura mecanizada.

Em 2004, ano em que o processo já estava consolidado, esse cultivo representava 2,57% da área e em 2007 3,21%, em números absolutos representava 496,27km² e 620,38km².

A área de pastagem também aumentou, de 3,49% em 1999 para 4,02% em 2004 e para 4,36% em 2007, ocupando, neste ano, um total de 842,09 km².

A agropecuária familiar representava 10,15% em 1999, 11,46% em 2004 e 11,05% em 2007, em números absolutos, 1.960,39km², 2.214,76km² e 2.133,83km² respectivamente e quanto à capoeira 4,68% em 1999, 4,82% em 2004 e 5,43% em 2007 (Figuras 21, 22 e 23).

As tabelas 6, 7, 8 e 9 apresentam os resultados da tabulação cruzada entre os mapas temáticos apresentados acima, visando a análise da evolução temporal das conversões entre usos da terra (também denominadas transições neste documento) nos dois períodos.

A seguir são analisadas em maiores detalhes as conversões entre usos (ou transições) em cada um dos períodos.

4.1.1.1 Transições entre usos no período de 1999 a 2004

Tabela 6 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (km²).

TRANSIÇÃO DOS USOS DA TERRA E COBERTURA VEGETAL 1999-2004 (km ²)					
	Floresta	Capoeira	Agricultura mecanizada	Agropecuária	Pastagem
Floresta	12.914,77	231,47	79,31	476,17	168,71
Capoeira	0,00	578,02	112,77	147,26	45,84
Agropecuária	0,00	0,00	188,78	1.460,83	268,51
Pastagem	0,00	122,43	112,09	88,71	338,25

Tabela 7 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (%).

TRANSIÇÃO DOS USOS DA TERRA E COBERTURA VEGETAL 1999-2004 (%)					
	Floresta	Capoeira	Agricultura	Agropecuária	Pastagem
Floresta	-	1,79	0,62	3,80	1,19
Capoeira	-	-	19,53	25,79	7,63
Agropecuária	-	0,02	12,85	-	16,83
Pastagem	-	36,91	34,17	28,87	-

Quanto à dinâmica de conversões entre os usos da terra, é possível observar nas tabelas 9 e 10 que, no período entre 1999 e 2004, a agricultura mecanizada ocupou áreas prioritariamente já abertas correspondendo a áreas de pastagens (34,17%), de capoeiras (19,53%) e de agropecuária familiar (12,85%). Esses dados confirmam uma das hipóteses levantadas neste trabalho: de que além dos problemas técnicos de se plantar soja, em especial, em áreas ocupadas por florestas está a opção dos produtores de ocuparem áreas que já possuíam algum tipo de regularização (BARRETO, 2008).

A conversão de capoeira para agropecuária familiar (25,79%), no período entre os anos de 1999 a 2004, pode ser explicada a partir das técnicas utilizadas pelos pequenos produtores que lançam mão do sistema de *pousio*, prática que prevê a interrupção do uso agrosilvopastoril do solo por um ou mais anos para possibilitar a recuperação de sua fertilidade por um período que a vegetação nativa não atinja o estágio médio de regeneração, favorecendo a rotação de uso e a cobertura da terra.

O alto índice de conversão da classe pastagem para agropecuária (28,87%), se deve, em parte, a uma estratégia adotada para a classificação da imagem do ano de 2004 que apresentava grande parte de sua área recoberta por penumbra, dificultando o seu processamento e também sua edição a partir da interpretação visual. Deste modo, foi necessário agrupar um maior número de áreas de pastagens com a agricultura familiar e capoeira.

A conversão de grande área de pastagem para capoeira (36,91%) pode ser explicada pelo fato de que boa parte dos pastos na região pode ser classificada como pastos sujos que se caracterizam pela presença de áreas de regeneração e abundância de invasoras como as palmeiras babaçu (*Orbygnia* sp.) e anajás (*Maximiliana regia*), o que Veiga et. al. (2004) classifica de “pastagem juquirada, ou seja, pastagem invadida por juquiras²⁴, nesse trabalho classificadas como capoeira.

O avanço da agricultura mecanizada sobre áreas de floresta no período de 1999 a 2004 foi de 0,62% que, em número absoluto, representa 80,33 km².

²⁴ Regeneração da cobertura vegetal de mais ou menos dois anos de idade.

4.1.1.2 Transições entre usos no período 2004 a 2007

Tabela 8 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (km²).

Transição dos usos da terra e cobertura vegetal 2004-2007 (km ²)					
	Floresta	Capoeira	Agricultura mec	Agropecuária	Pastagem
Floresta	11.916,66	156,21	85,05	167,97	109,41
Capoeira	0,00	717,81	32,30	56,96	49,15
Agricultura mec	0,00	36,77	369,27	0,00	76,20
Agropecuária	0,00	0,00	69,05	1701,22	219,33
Pastagem	0,00	135,60	60,10	113,10	487,86

Tabela 9 – Transição dos usos da terra e cobertura vegetal (%).

Transição dos Usos da Terra e Cobertura Vegetal 2004-2007 (%)					
	Floresta	Capoeira	Agricultura	Agropecuária	Pastagem
Floresta	-	1,33	0,70	1,53	0,79
Capoeira	-	-	4,51	8,60	6,14
Agricultura mec	-	9,50	-	1,78	16,90
Agropecuária	-	0,91	3,95	-	10,14
Pastagem	-	26,27	11,71	25,92	-

A análise dos resultados no período de 2004 a 2007, apresentados nas tabelas 11 e 12, demonstra que houve decréscimo de áreas de floresta convertidas para outras classes, com exceção da classe agricultura mecanizada que no período anterior analisado foi de 0,62% e, no atual, foi de 0,70%, perda equivalente a 85,05 Km². A classe que mais cedeu área para essa atividade foi a pastagem (11,71%) em função da prática da rotação de usos entre estas duas práticas, o que possibilita a recuperação do solo quando introduzida a pecuária:

A semeadura de soja sobre pastagem dessecada vem destacando-se para aumentar a matéria orgânica do solo e permite a rotação de culturas. Esta tecnologia consiste na implementação da integração entre lavoura e pastagem, num sistema de levada produtividade (EMBRAPA, 2002).

A agropecuária, nesse período, cedeu 3,95% de sua área para esse cultivo, o que equivale a 69,05 km² e a capoeira (4,51%), o que em número absoluto representa 32,30 km².

4.1.1.3 Discussão sobre as transições entre usos nos dois períodos

Considerando os dados obtidos, é possível afirmar que nos dois períodos analisados para a classe agricultura mecanizada, de 1999 a 2004 e de 2004 a 2007, ela ocupou áreas prioritariamente abertas (Tabela 10), sendo a agropecuária (257,83 km²), a pastagem (172,19 km²), a capoeira (143,95 km²) e que somadas equivalem a 573,97 km² dos 620,38 km² ocupados por ela em 2007.

No entanto, quem mais perdeu área para esse cultivo, em termos percentuais, foi a pastagem (34,17%), no primeiro período e no segundo período (11,71%), seguido da capoeira (19,53% e 4,51% respectivamente).

Tabela 10 – Área cedida por outras classes para agricultura mecanizada.

Área cedida para a agricultura mecanizada 1999/2007		
	km ²	%
Floresta	164,36	22,26
Capoeira	143,95	19,50
Agropecuária	257,83	34,92
Pastagem	172,20	23,32
Total*	738,33	100,00

*Área quantificada sem considerar a conversão de agricultura mecanizada para outras classes, no período analisado.

Quando se analisa os percentuais de agricultura mecanizada considerando as áreas antes ocupadas por outros usos, obtêm-se os seguintes resultados (Tabelas 11 e 12):

- (i) no período de 1999 a 2004 sua área era ocupada pela agropecuária (38,29%), pela capoeira (22,88%), pela pastagem (22,74%) e pela floresta (16,09%).
- (ii) no período de 2004 a 2007 é sobre a floresta que há maior expansão desse cultivo atingindo 13,84% do total da sua área, seguido da agropecuária (11,23%), da pastagem (9,78%) e da capoeira (5,07%). O que confirma a hipótese de que inicialmente a entrada da agricultura mecanizada prioriza áreas já abertas e, posteriormente, isso se dá sobre as áreas de floresta.

Tabela 11 – Distribuição das áreas de agricultura mecanizada – 1999 a 2004.

Distribuição da área ocupada pela Agricultura mec – 1999/2004		
	Agricultura mec km ²	%
Floresta	79,31	16,09
Capoeira	112,77	22,88
Agropecuária	188,78	38,29
Pastagem	112,09	22,74
Total	492,96	100,00

Tabela 12 – Distribuição das áreas de agricultura mecanizada – 2004 a 2007.

Distribuição da área ocupada pela Agricultura mec – 2004/2007		
	Agricultura mec km ²	%
Floresta	85,05	13,84
Capoeira	31,18	5,07
Agricultura mecanizada	369,27	60,08
Agropecuária	69,05	11,23
Pastagem	60,10	9,78
Total	614,65	100,00

Um dos resultados mais contundentes da dinâmica que envolve as áreas de agropecuária e agricultura mecanizada se reflete diretamente sobre comunidades afetadas pelo processo. A comparação das figuras 25 e 26 permite identificar como as estruturas etárias de comunidades que estão sob pressão dos processos da dinâmica do uso da terra, como Jenipapo no município de Belterra, se diferencia da de uma comunidade que não está sob impacto direto, a exemplo da comunidade de Aracy no Lago Grande do Curuai. Nesta, a pirâmide segue a tendência de pirâmides de países subdesenvolvidos, com base larga e estreitamento significativo em direção ao topo, o que significa população jovem e baixo número de idosos. Enquanto que a de Jenipapo demonstra a desestruturação de sua composição, com ausência de várias faixas de idade.

Durante os trabalhos de campo foi possível identificar a desarticulação do seu território, ou seja, pequenas propriedades, de moradores que resistem em vendê-los, surgem na paisagem desconectados do seu entorno, onde predominam grandes extensões de terra que dependendo do ano podem estar totalmente expostas, dotadas de infra-estrutura como silos e galpões que abrigam grande quantidade de maquinário (Figura 27).

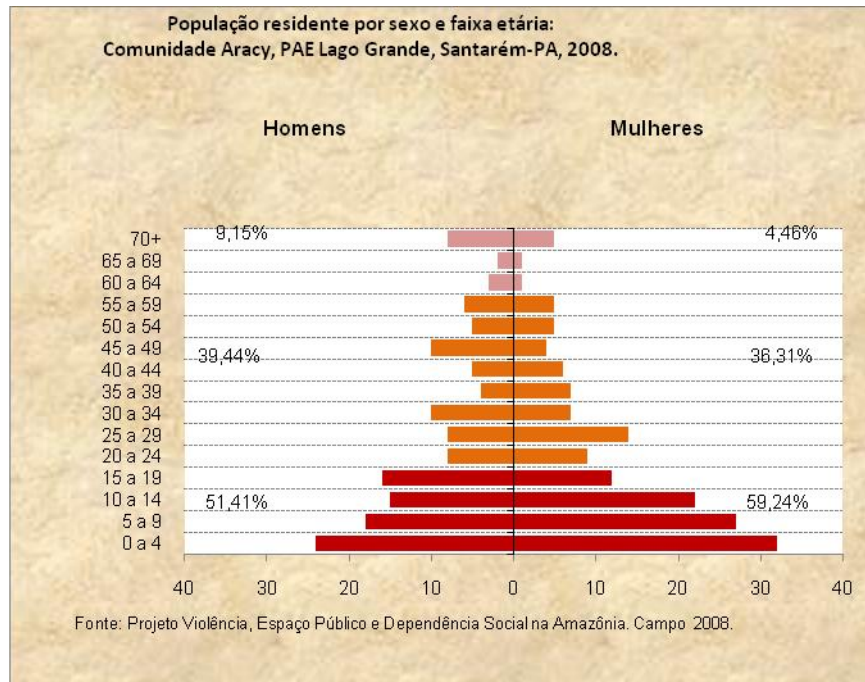


Figura 25 – Pirâmide etária da comunidade de Aracy, Santarém, Pará.
Fonte: Projeto Violência, Espaço Público Dependência Social na Amazônia Oriental. (Sistematização: Otávio do Canto, 2008).

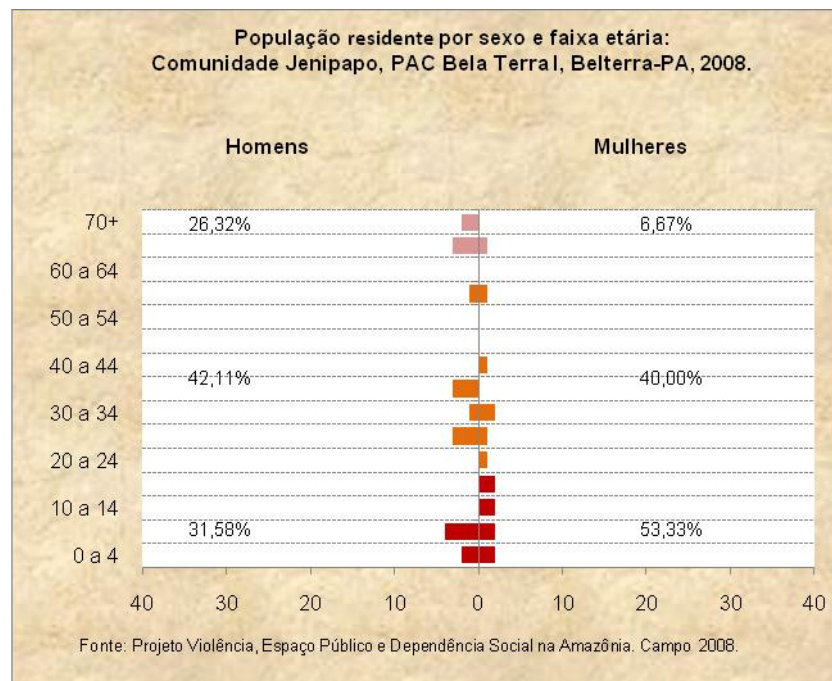


Figura 26 – Pirâmide etária da comunidade de Jenipapo, Belterra, Pará.
Fonte: Projeto Violência, Espaço Público Dependência Social na Amazônia Oriental. (Sistematização: Otávio do Canto, 2008).



Figura 27 – Plantio de grãos ao lado da igreja na comunidade de Jenipapo.
Fonte: *Projeto Violência, Espaço Público e Dependência Social na Amazônia Oriental*. (Foto: Otávio do Canto, 2008).

Um aspecto importante que pode ser observado na figura 28, respaldadas pelos trabalhos de campo, é que parte das áreas de floresta, no período estudado, que foram convertidas para grãos *está dentro de projetos de assentamento, no entanto, não são de propriedade dos clientes da reforma agrária*, mas de produtores externos que avançam sobre essas áreas para expandir suas atividades.

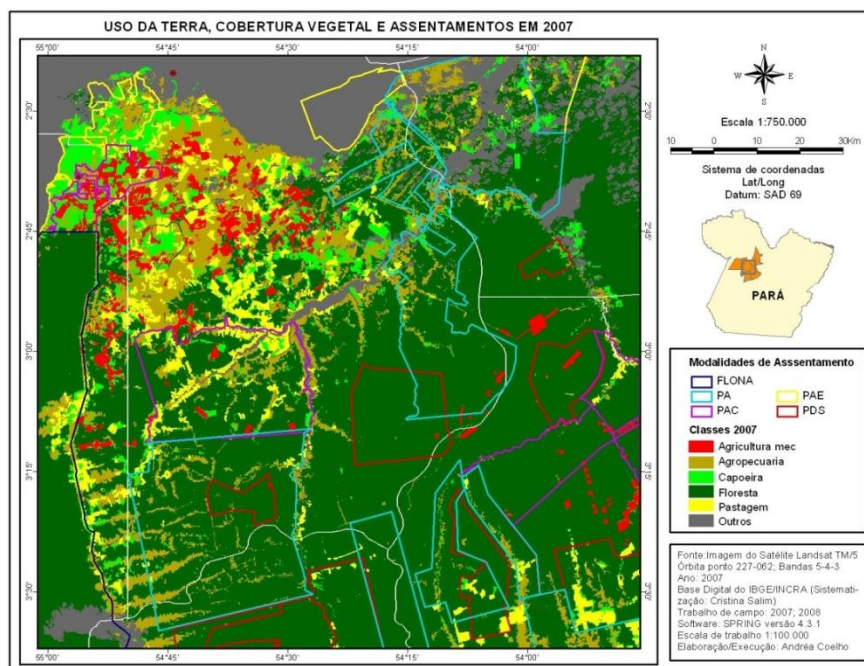


Figura 28 – Mapa temático de 2007 com polígonos de assentamentos.

A seção seguinte analisa com maior detalhamento a dinâmica de uso dentro das diferentes modalidades de assentamento, assim como a aderência ou não às regras de uso do território aplicáveis às diferentes modalidades.

4.1.2 Análise da dinâmica de uso e cobertura e regras de uso do território em diferentes modalidades de assentamentos

A tabela 13 e o gráfico 04 apresentam os valores absolutos (km²) e relativos (porcentagem) da evolução dos diferentes usos nas áreas de assentamento. Ao todo, são 29 projetos de assentamento, ou parte deles, na área de estudo de diferentes modalidades e que abrangem uma área de 8.485,55km², 43,44% da área total de estudo.

Tabela 13 – Valores absolutos de usos nos assentamentos (km²)
Uso da Terra e Cobertura Vegetal nos Assentamentos (km²)

	Floresta	Capoeira	Agricultura mec	Agropecuária	Pastagem
1999	8.336,56	381,83	0,00	704,43	119,69
2004	7.864,09	385,37	94,51	921,67	197,00
2007	7.301,75	429,61	155,80	896,26	271,43

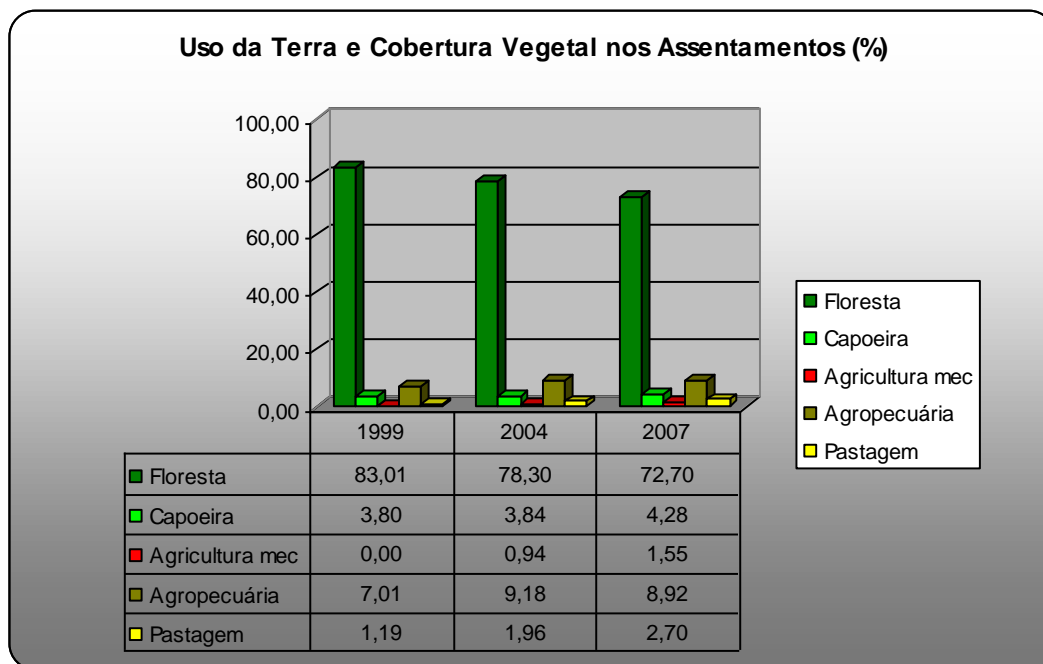


Gráfico 4 – Valores relativos (%) dos diferentes usos em 1999, 2004 e 2007

De acordo com a tabela 13 e o gráfico 04, em 2004 o total da área de agricultura mecanizada nos assentamentos era de 94,51km², 19,04% dos 496,27km² ocupados por esse cultivo na área de estudo. Em 2007 a área equivalia à 155,80km² do total de 620,38km², representando 25,11%, um aumento de 64,85% no total. Considerando que a floresta de 2004 à 2007 cedeu uma área de 85,05km² para esse cultivo, 40,35 % desse número encontra-se dentro dos assentamentos, estudados com maior detalhamento na próxima seção: PAC Bom Sossego que cedeu 7,80km², PDS Ouro Branco 19,97km² e PA Corta Corda 6,55km², total de 34,32km².

A seguir é apresentado com maior detalhe a análise da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal nos assentamentos, considerando as modalidades encontradas na área de estudo: PAC, PAE, PDS e PA.

4.1.2.1 Projeto de Assentamento Coletivo (PAC)

Na área de estudo encontram-se seis PAC, como ilustra a figura 29, todos criados a partir de 2006 e que ocupam uma área total de 1.359,89km². O gráfico 05 apresenta os percentuais absolutos dos diferentes usos no período de análise.

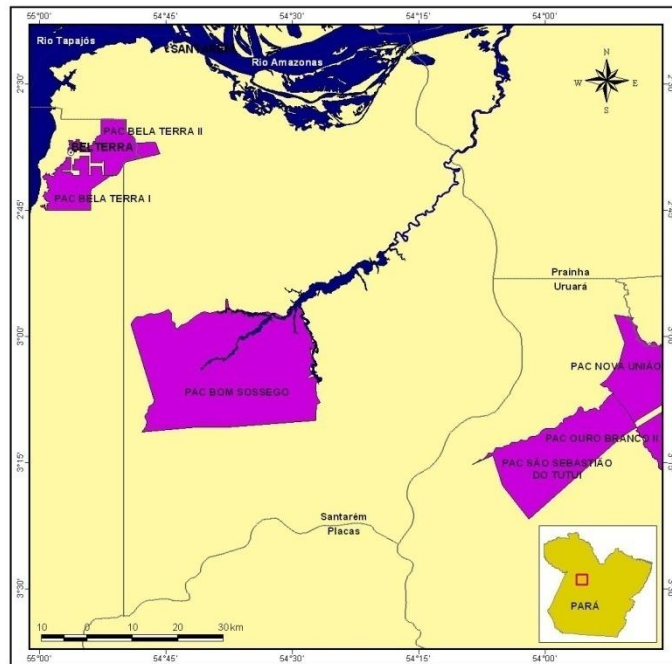


Figura 29 – PAC's na área de estudo

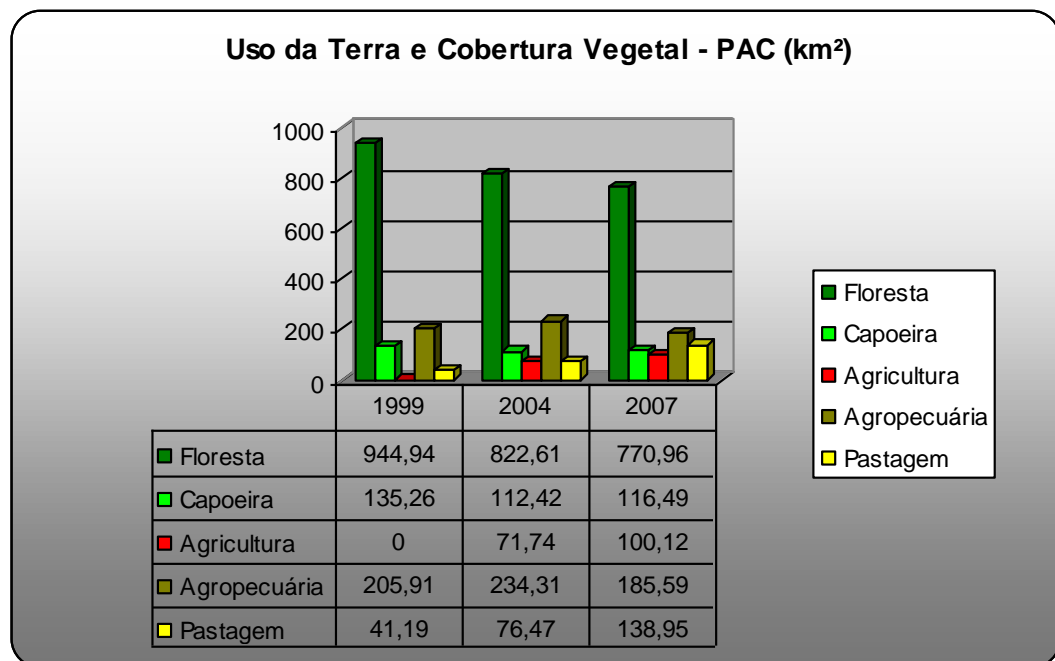


Gráfico 5 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PAC's da área de estudo.

Quando considerado, em conjunto, o percentual de floresta nessa modalidade de assentamento ainda é significativo, mas percebe-se um decréscimo, cerca de 18,41%, no período de 1999 a 2007.

A agropecuária familiar, de 2004 a 2007, diminuiu 9,86%, à medida que os percentuais da agricultura mecanizada e da pastagem aumentam. Considerando as regras de uso do território no PAC, percebe-se que eles não estão de acordo com o que está previsto, ou seja, estar voltado para atividades econômicas baseadas na agricultura familiar e no extrativismo vegetal e/ou animal. Quanto à posse da terra, ela é apenas concedida para uso individual e o título é coletivo.

Porém, é preciso considerar que alguns assentamentos foram criados após a introdução da agricultura mecanizada, é o caso dos PAC's Bela Terra I e II, criados em 2006, em áreas onde a agricultura mecanizada já se encontrava consolidada no ano de 2004 (Gráfico 6 e Figura 30).

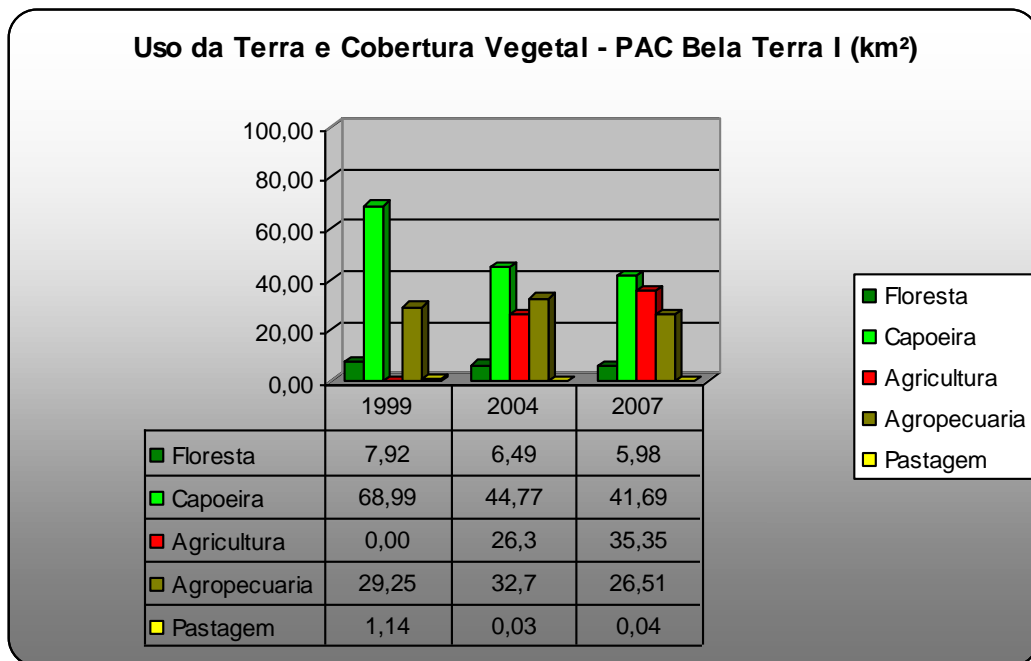


Gráfico 6 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bela Terra I.

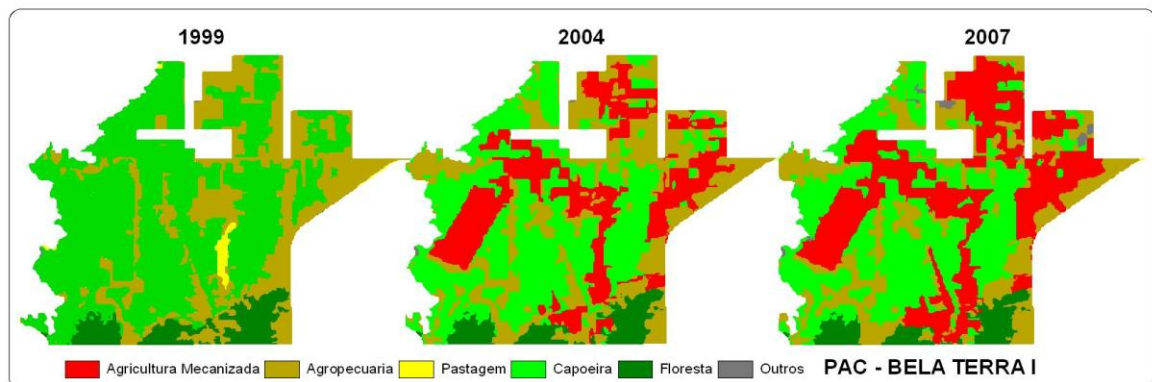


Figura 30 – Uso da terra no PAC Bela Terra I – 1999, 2004 e 2007.

Em 2004, a área de agricultura mecanizada no PAC Bela Terra I correspondia a 26,30 km² e, em 2007, a 35,35 km², 23,8% e 32,03% de sua área total respectivamente, um aumento na área de 25,69%. Enquanto que a agropecuária, de 1999 a 2007 teve uma redução de 9,36% passando de 29,25 km², em 1999, para 26,51% em 2007.

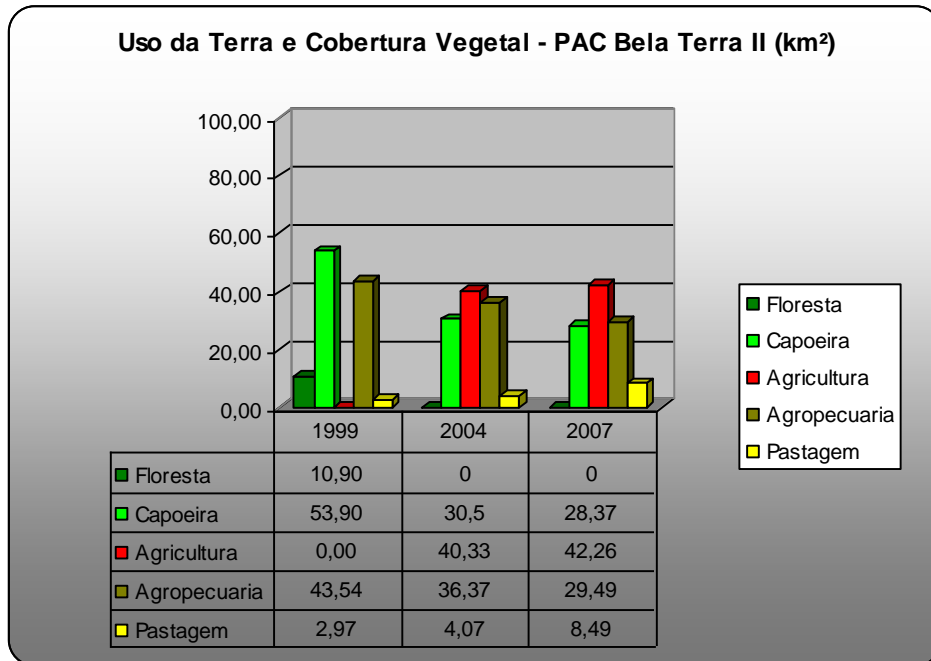


Gráfico 7 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bela Terra II.

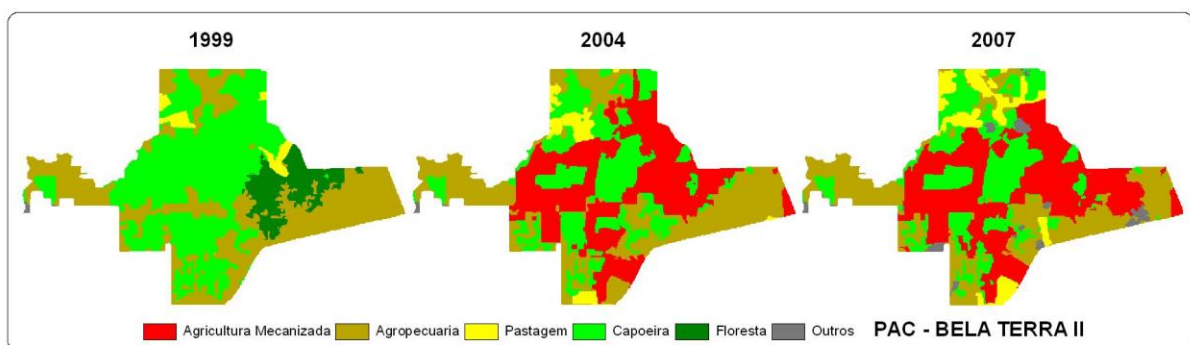


Figura 31 – Uso da terra no PAC Bela Terra II – 1999, 2004 e 2007.

Em 2004, a área de agricultura mecanizada no PAC Bela Terra II (Figura 31 e Gráfico 7), correspondia a 40,33km² e, em 2007, a 42,26km², 36,18% e 37,91% de sua área total, respectivamente. Vale ressaltar os índices de cobertura vegetal, ou

seja, a classe floresta, pois em 1999, ela correspondia a uma área de 10,90km² e, em 2004, já havia sido totalmente suprimida.

A capoeira também decresceu de forma significativa, em 1999, respondia por 53,90km², em 2004, a 30,50km² e, em 2007, a 28,37km², ou seja, uma redução total de 47,36%.

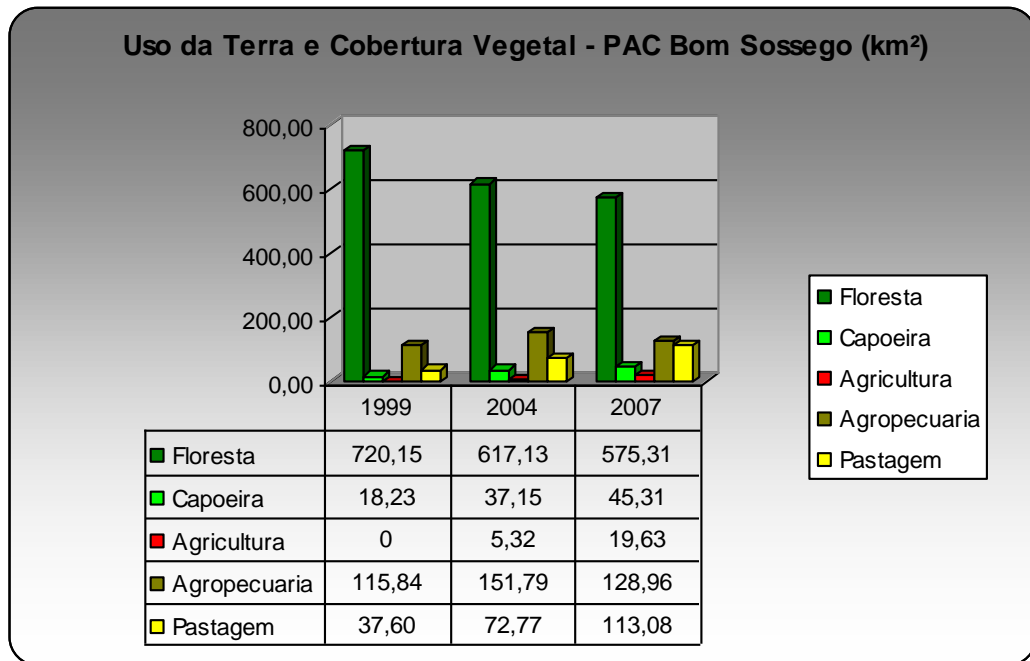


Gráfico 8 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PAC Bom Sossego.

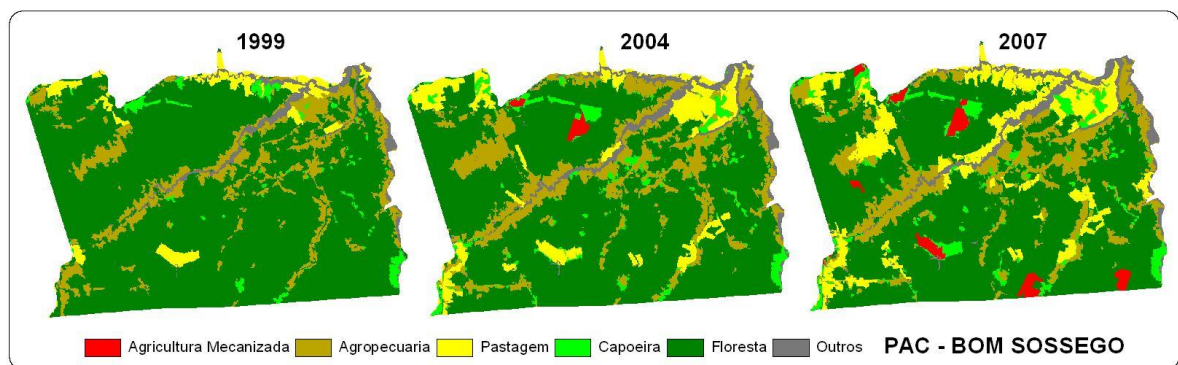


Figura 32 – Uso da terra no PAC Bom Sossego – 1999, 2004 e 2007.

No PAC Bom Sossego (Figura 32 e Gráfico 8), em 1999, a área de floresta correspondia a 720,15km² e, em 2007, a 575,31km², o que representa uma diminuição de 20,10% dessa classe, enquanto que a pastagem aumentou cerca de 200,75 % e passou de 37,60km² para 113,08km².

A agricultura mecanizada teve um aumento de 269% entre 2004 e 2007 e passou de 5,32km² para 19,63km².

Outro dado a ser considerado é a própria legalidade dessa modalidade de assentamento, já que segundo o INCRA, ela foi criada em 1964 e encontra-se fora de vigência.

Na concepção de sua criação, o projeto era definido como Projeto de Assentamento Conjunto e estava previsto que sua implantação deveria ser em parceria com empresas rurais de grande porte ou cooperativas, essa metodologia do INCRA foi uma alternativa para superar a crise financeira que dificultava o financiamento dos projetos. A terra era doada, pelo governo, às cooperativas que vendia os lotes aos colonos e com o recurso deveriam garantir a infra-estrutura do assentamento.

Na região de estudo, os PAC atendem pela denominação de Projetos de Assentamento Coletivo, de uso coletivo pelos assentados, não estando previsto a titularização da terra e a parceria público-privada refere-se ao direito que empresas passaram a ter de explorar madeira dentro dessas áreas, legalizando a atividade.

4.1.2.2 Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS)

Na área de estudo encontram-se nove Projetos de Desenvolvimento Sustentável (PDS) (Figura 33), todos criados também a partir de 2006 e que ocupam uma área total de 2.196,14km². O gráfico 9 apresenta os percentuais absolutos dos diferentes usos no período de análise.

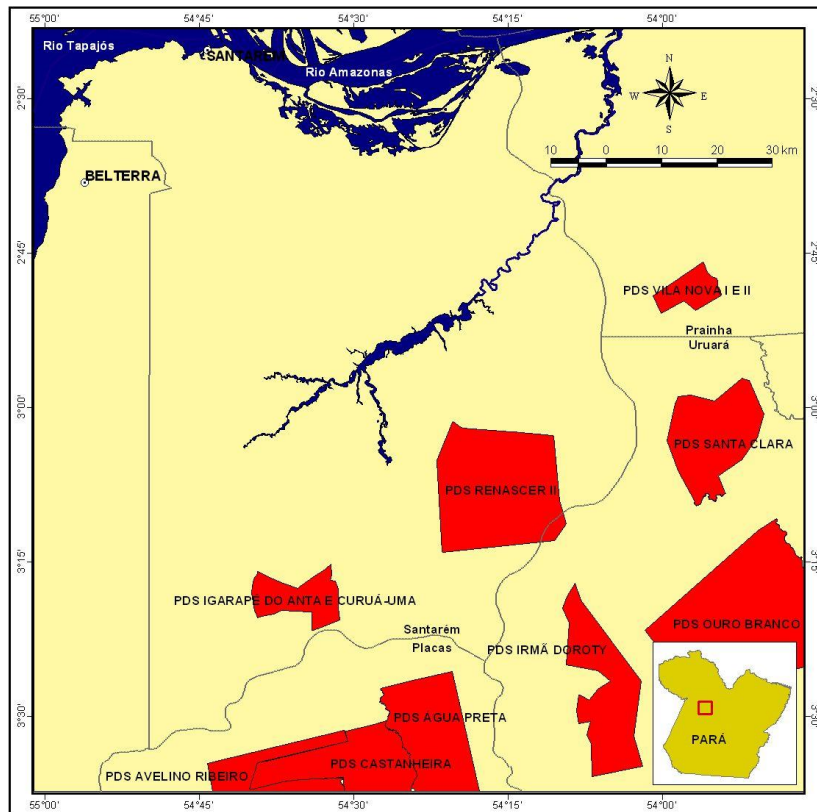


Figura 33 – PDS na área de estudo

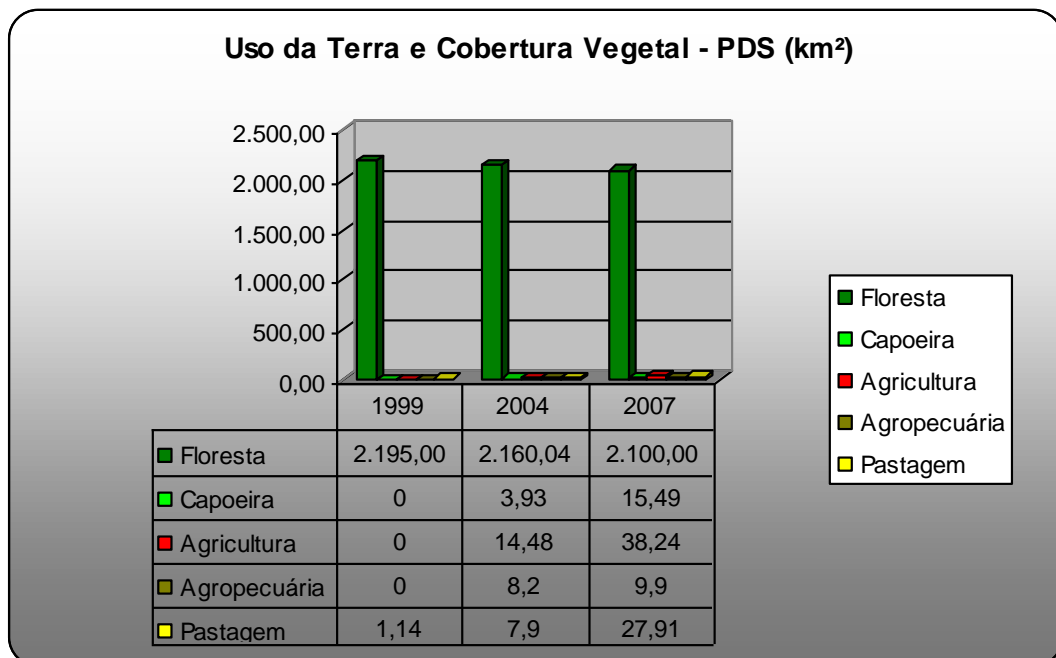


Gráfico 9 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PDS's da área de estudo.

Os percentuais de floresta nos PDS, demonstram que houve um decréscimo de sua área de cerca de 4,32%, o que em números absolutos representa 95km². Eles

foram ocupados pela agricultura mecanizada (38,24km²), pela pastagem (27,91km²) e pela agropecuária familiar (9,9km²).

Como já foi visto anteriormente, áreas ocupadas por PDS, onde o corte raso é proibido e destinado exclusivamente às atividades voltadas para o extrativismo vegetal e agricultura familiar de subsistência tem concentrado boa parte da expansão da agricultura mecanizada sobre área de floresta, em especial, o arroz, que além de possuir destaque na economia da região, também é muito usado para “amansar” a terra para posterior introdução da soja.

O PDS Ouro Branco (Gráfico 10 e Figura 34), no Norte do município de Uruará, é um exemplo de como as regras de uso do território nesses assentamentos são infringidas.

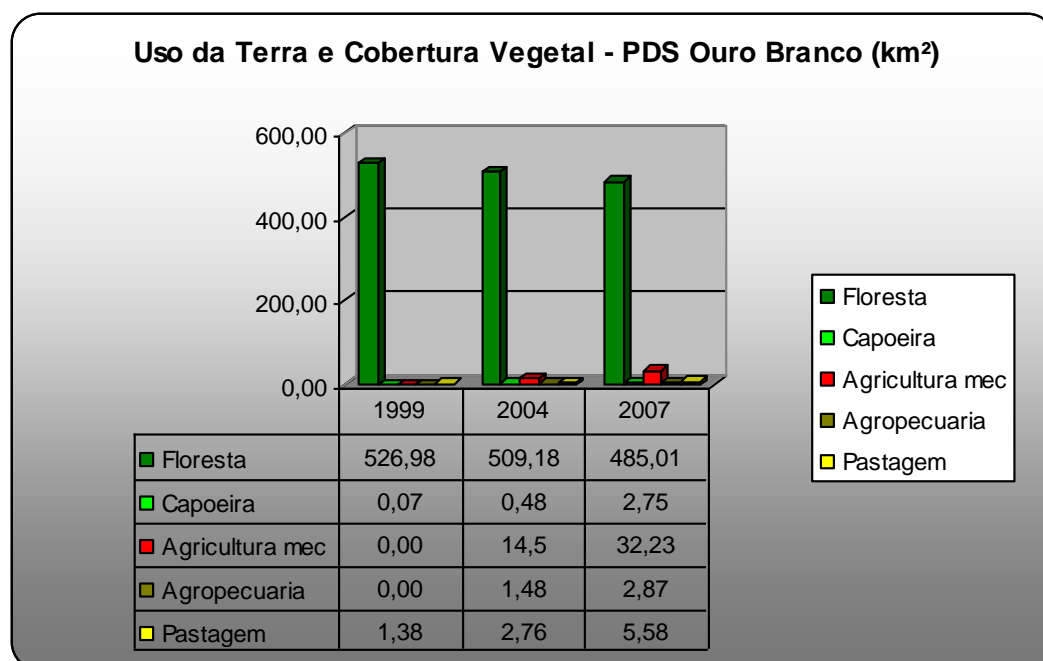


Gráfico 10 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PDS Ouro Branco.

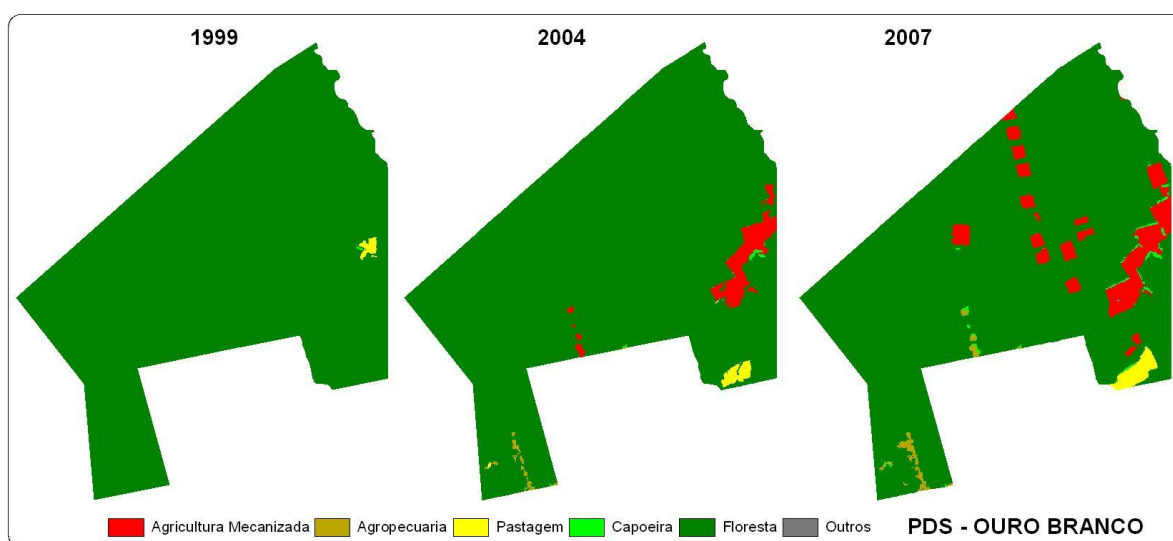


Figura 34 – Uso da terra no PDS Ouro Branco – 1999, 2004 e 2007.

4.1.2.3 Projeto de Assentamento (PA)

Na área de estudo encontram-se dez Projetos de Assentamento (PA) (Figura 35), criados a partir do ano de 1987 e que ocupam uma área total de 4.459,88km². O gráfico 11 apresenta os percentuais relativos dos diferentes usos no período de análise.

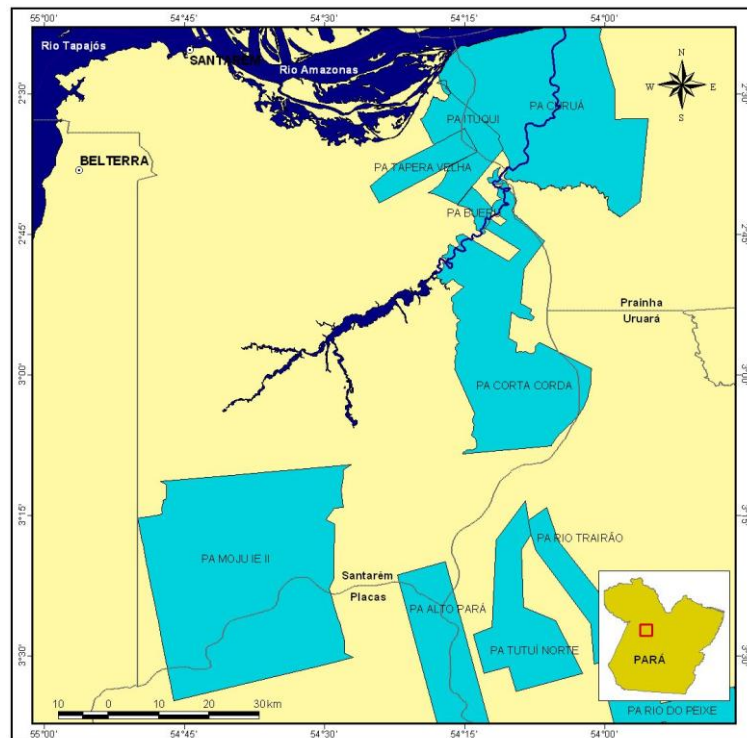


Figura 35 – PA na área de estudo.

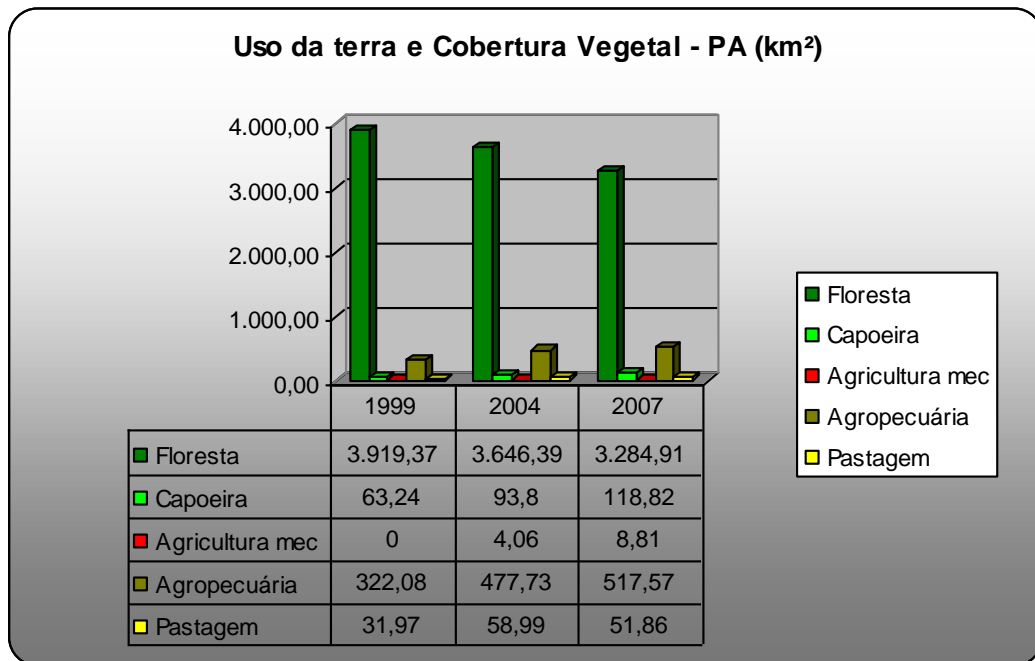


Gráfico 11 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PA's da área de estudo.

Nessa modalidade de assentamento, a classe floresta respondia, em 2007, por 73,65% da cobertura vegetal, o que em número absoluto equivale a 3.284,91km².

No período analisado (1999 a 2007), esta classe perdeu uma área de 634,46km², o que equivale a 29,85% do desflorestamento total da área de estudo que foi de 2.125,41km².

Nos Projetos de Assentamento, também é possível identificar irregularidade no uso do território, pois apesar de não estar proibida a introdução da agricultura mecanizada nessa modalidade de assentamento, sabe-se que essa cultura não é praticada pelos assentados.

Esse fato pode ser constatado pelo levantamento realizado em campo, por meio da visita realizada às áreas onde há esse tipo de cultivo e pelas entrevistas realizadas em comunidades dentro dos projetos, onde esse cultivo respondeu por uma área de 8,81km² em 2007.

No entanto, há diferença na dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal, dentro de uma mesma modalidade de assentamento, o que pode ser observado nos dados obtidos para os PA Corta-Corda, às proximidades do Rio Curuá-Una, e Mojú I e II em um dos travessões da BR-163, na altura do km 129.

O PA Moju I e II possui uma área de 1.478,36km², onde em 1999, a área de floresta equivalia à 1.416,54km² e, em 2007, a 1.268,79km², uma diminuição equivalente à 10,43%, enquanto que a área de agropecuária passa de 48,53km², em 1999, para 181,16km² em 2007 (Gráfico 12).

O padrão de uso da terra é compatível com as atividades econômicas previstas nas regras de uso do território de um PA, o que é facilmente identificado na análise da paisagem nos territórios das comunidades dentro deles, quando se destacam pequenas roças de mandioca, milho, feijão, fruteiras, criação de animais de pequeno porte como galinhas, porcos, entre outros. Esse padrão de uso se destaca nos produtos temáticos oriundos das imagens de satélite utilizadas (Figura 36).

Também há destaque para o extrativismo vegetal realizado pelos assentados, principalmente, de frutos comestíveis e oleaginosos e de madeira, essa atividade é realizada por uma empresa madeireira que realiza algumas obras de infra-estrutura nas comunidades.

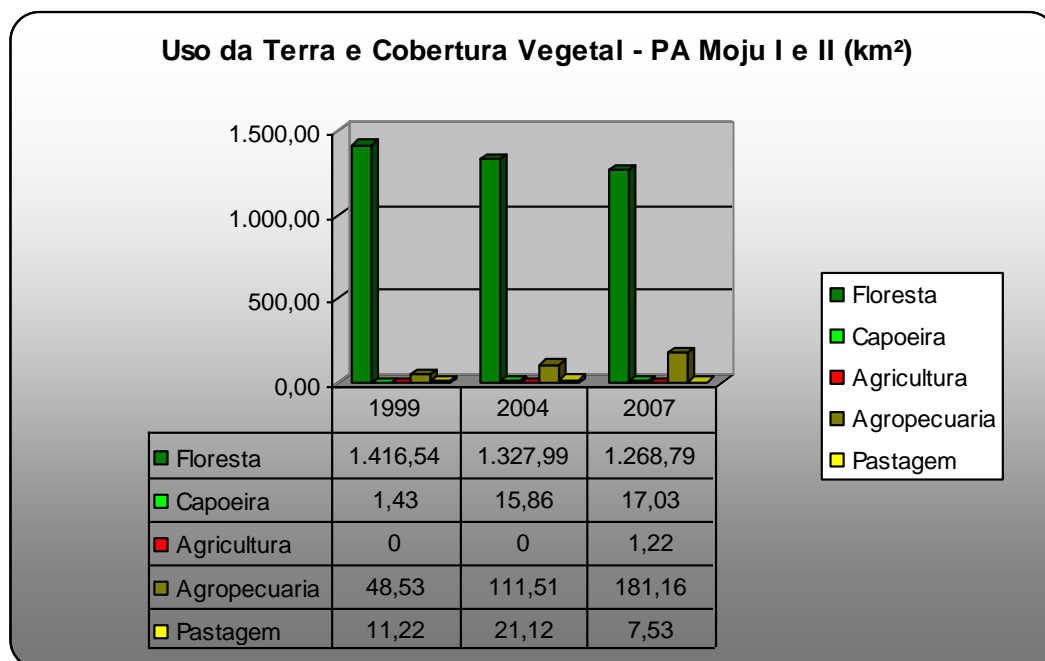


Gráfico 12 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PA Moju I e II.

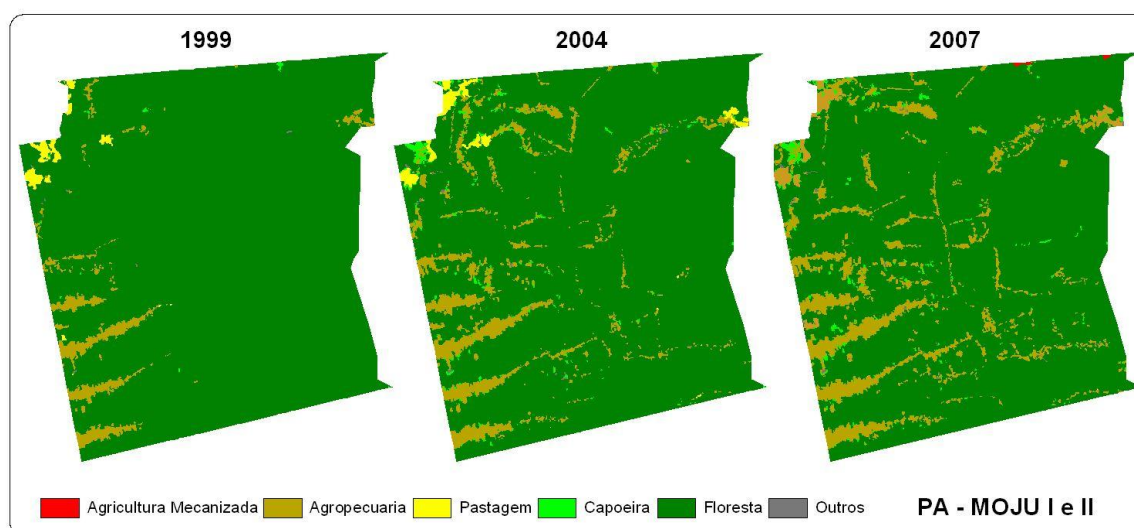


Figura 36 – Uso da terra no PA Moju I e II – 1999, 2004 e 2007.

O PA Corta-Corda possui uma área de 788,77km² e, em 1999, a área de floresta equivalia a 738,03km² e, em 2007, a 682,95km², uma diminuição equivalente a 7,46%.

A agropecuária passou de 37,03km², em 1999, para 59,28km² em 2007.

A agricultura mecanizada, a exemplo do que acontece em outras modalidades de assentamento, aparece como atividade acompanhada por infra-estrutura

composta por maquinário e melhoramento de estradas e é desenvolvida por pessoas que não são clientes da reforma agrária (Gráfico 13).

No PA Corta-Corda, a agropecuária se concentra nas proximidades dos cursos d'água, enquanto que a agricultura mecanizada ocupa as áreas planas dentro do assentamento, que antes eram recobertas por densa floresta (Figura 37).

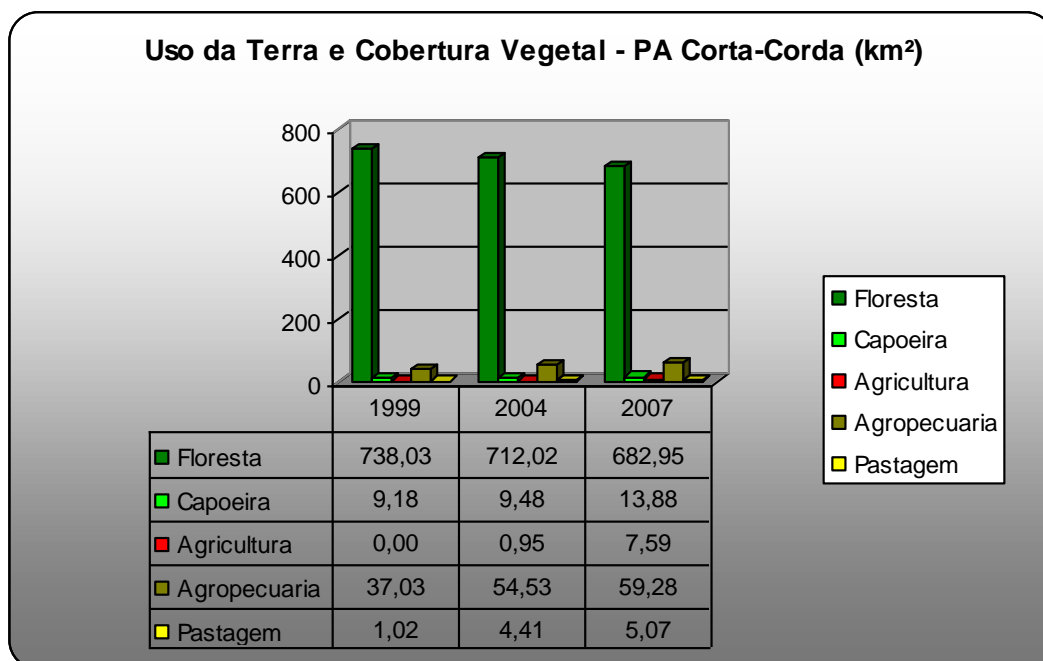


Gráfico 13 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal na área do PA Corta Corda.

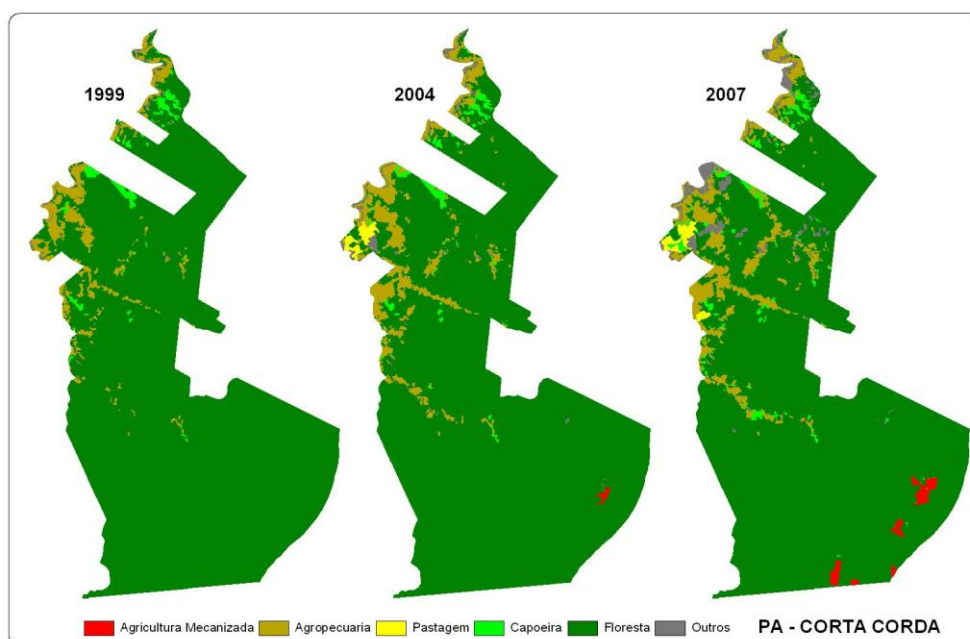


Figura 37 – Uso da terra no PA Corta Corda – 1999, 2004 e 2007

4.1.2.4 Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE)

Na área de estudo encontram-se cinco Projetos de Assentamento Agroextrativista (PAE) (Figura 38), criados a partir do ano de 2005 e que ocupam uma área total de 463,59km². O gráfico 14 apresenta os valores relativos às áreas dos diferentes usos no período de análise.

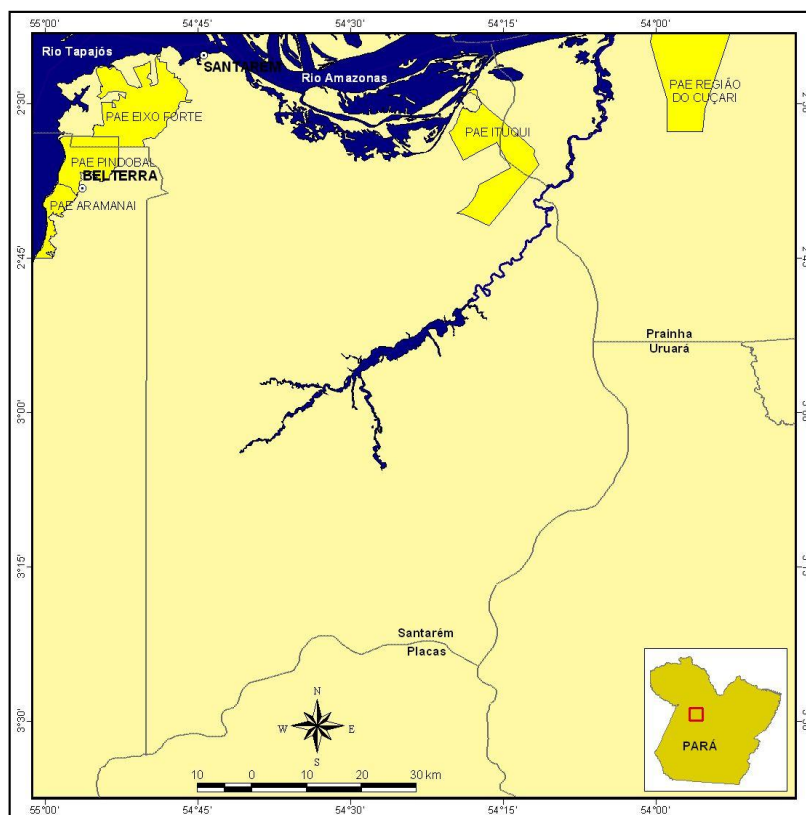


Figura 38 – PAE na área de estudo

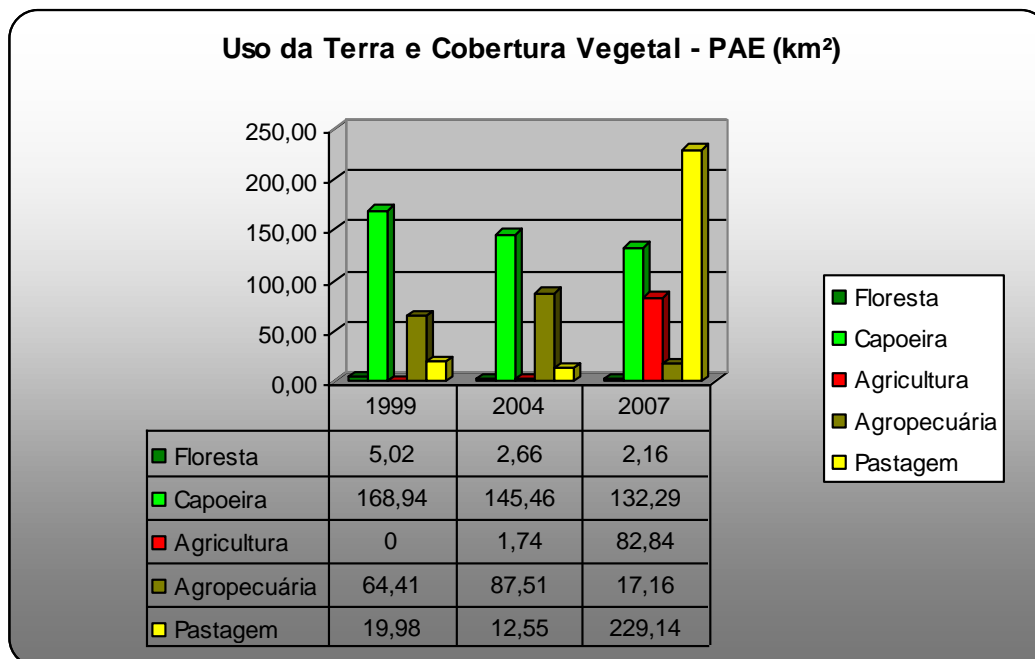


Gráfico 14 – Evolução do uso da terra e cobertura vegetal nos PAE's da área de estudo.

No PAE, a capoeira corresponde à uma área de 132,29km² e apenas 2,16km² de floresta no ano de 2007. A agropecuária após ter apresentado um aumento de 1999 a 2004 passando de 64,98km² para 87,51km², sofre uma diminuição acentuada em 2007 ocupando uma área de apenas 17,16km². No entanto, a pastagem ganha destaque quando, em 2007, alcança a marca de 229,14km² contra apenas 19,98km² em 1999, um aumento de 1.046,8%.

4.2 MODELAGEM DINÂMICA

Os resultados de modelagem dinâmica serão apresentados em duas partes. A Seção 4.2.1 apresenta os resultados da análise estatística para relacionar fatores determinantes aos padrões de uso da terra. A Seção 4.2.2 apresenta os resultados das simulações:

- (i) Qual a relevância do cultivo de grãos para a concentração fundiária e aumento do desmatamento na região de Santarém?
- (ii) Como medidas de ordenamento territorial e/ou fundiário influenciam a dinâmica de uso na região?

4.2.1 Análise estatística: relação entre fatores determinantes e padrões de uso da terra em 2004 e 2007

Esta seção apresenta os resultados das regressões logísticas para cada um dos diferentes usos e discute seus resultados em diferentes partições do espaço:

- (i) toda a área de estudo;
- (ii) dois projetos de Assentamento: PA Moju e o PA Corta Corda.

A primeira etapa da análise estatística visou a seleção de um subconjunto de variáveis explanatórias não correlacionadas entre si (como discutido no Capítulo 3). Foram selecionados os seguintes fatores em cada uma das categorias:

- **Fatores de acessibilidade:** Distância mínima às duas principais estradas da região (BR_163 e Curuana) (*dist_estr_princ*); distância mínima a todas as estradas, primárias e secundárias (*dist_estradas*).
- **Fatores de acesso a serviços:** Distância mínima a centros urbanos (*dist_urban*), considerando Santarém, Belterra, Uruará e Mojuí dos Campos. A variável distância a portos foi descartada por apresentar alta correlação com a distância aos centros urbanos, pois o porto está localizado em Santarém
- **Fatores biofísicos:** declividade (*media_declive*) e presença de rios/água próxima, representado por distância mínima a rios secundários (*dist_rios_sec*).
- **Fatores relacionados à estrutura fundiária**²⁵: Indicam a presença de determinadas modalidades de assentamento. A seção neste caso não se deu por critérios de correlação, mas com base nos resultados apresentados da seção anterior sobre a dinâmica da paisagem.

Foram incluídas na análise estatística as variáveis que indicam a presença de unidades de conservação, pois estas realmente funcionam como uma barreira à ocupação.

Quanto aos assentamentos, dada a diversidade de situações, somente a variável *Presença de PA* foi incluída para verificar sua significância em relação às

²⁵ Ver capítulo 3 para detalhes da evolução da estrutura fundiária na região.

diferentes classes de uso e, como esperado, foi significativa no modelo da agricultura familiar (Gráfico 11).

Esta decisão deve-se também ao fato das unidades das demais modalidades terem quase todas criadas em 2006 apenas. Optou-se por explorar as relações com as demais modalidades (PAC, PAE e PDS) através dos modelos de simulação e da análise da aderência/ou não às regras de uso.

A Tabela 14 apresenta os resultados das análises estatísticas para os anos de 2004 e 2007. São apresentados os resultados dos cinco modelos de regressão logística referentes às seguintes classes de uso: (1) floresta, (2) vegetação secundária, (3) pastagem, (4) agricultura mecanizada, (5) agricultura familiar.

Em cada um dos modelos, a variável dependente representa a presença (ou não) de cada uma das classes de uso nas células de 500 x 500m, isto é, o padrão espacial daquele uso em determinado ano. São apresentados as estimativas dos coeficientes Beta²⁶, todos com significância > 0.001.

Os coeficientes estimados nos permitem caracterizar o papel e a importância relativa de cada variável explanatória na determinação do estado da variável dependente ocorrer (no nosso caso, uma determinada classe de uso ser encontrada nas células) (MERTENS et al., 2002).

Com base nestes coeficientes, serão posteriormente calculados os mapas de potencial de mudança, com base nos valores das variáveis em cada célula, pelo módulo de cálculo de potencial/alocação, como descrito anteriormente. Para subsidiar a discussão dos resultados, a figura 39 ilustra – para a área toda – os planos celulares representando a evolução do uso da terra de 1999 a 2007.

A figura 40 ilustra as principais variáveis explanatórias selecionadas representando fatores de acessibilidade, acesso a serviços e biofísicos. Os dois PA (Moju e Corta Corda) analisados com maior detalhe subseqüentemente são indicados nos mapas.

²⁶ Uma descrição detalhada da formulação da regressão logística pode ser encontrada em Neter, 1996, e de aplicações semelhantes na Amazônia em SOARES-FILHO et al. (2001), MERTENS et al., (2002).

Tabela 14 – Modelos de regressão logística – comparação da importância relativa dos fatores determinantes dos padrões de uso do solo na região de Santarém em 2004 e 2007.

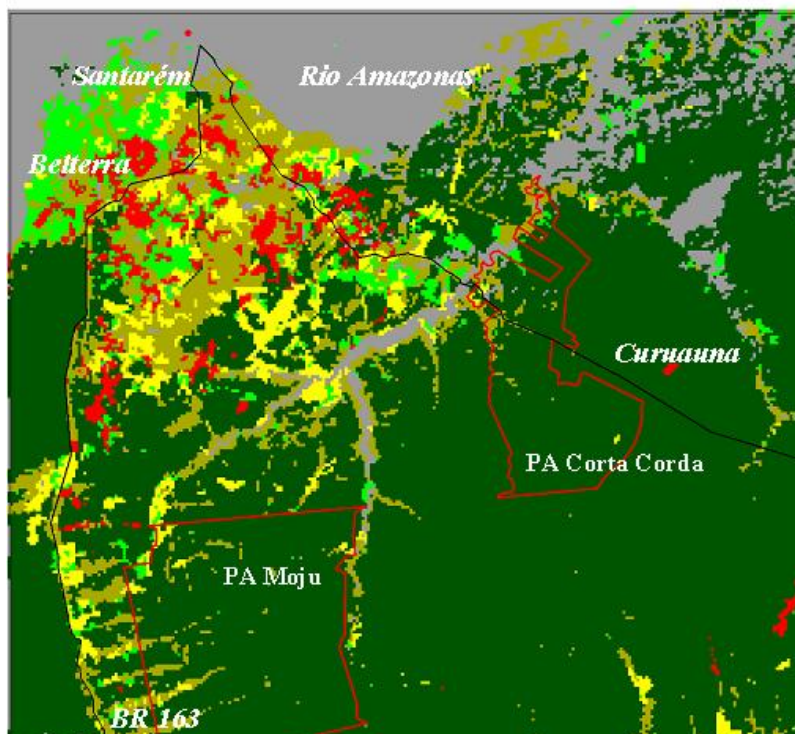
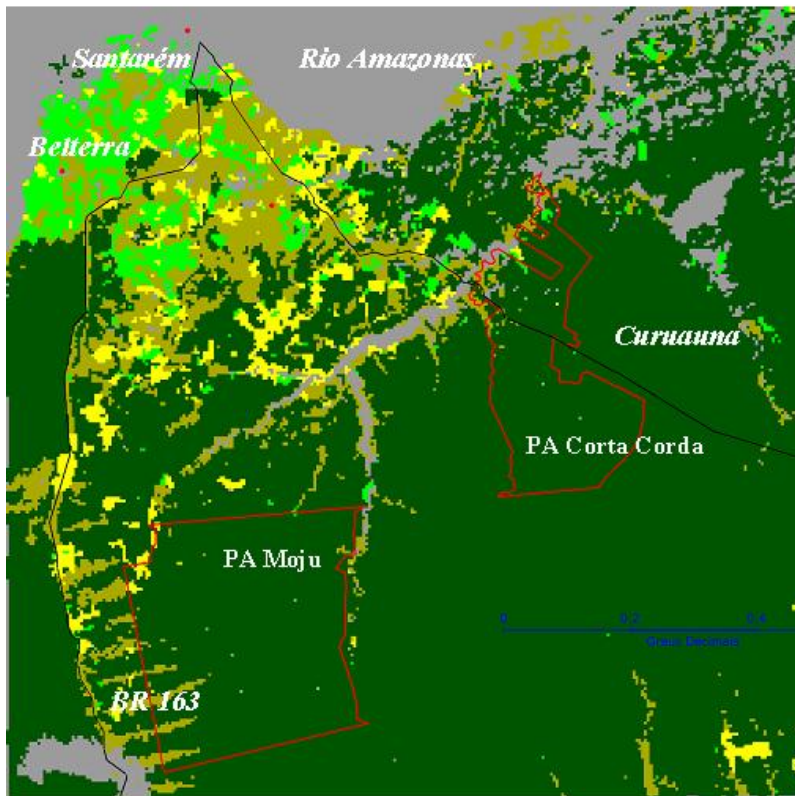
Floresta	2004		2007	
	Estimate	p	Estimate	p
Interc	-2.342	0.000	-2.113	0.000
declividade	-0.027	0.000	-0.018	0.000
dist_urb	4.310	0.000	4.001	0.000
dist_br	3.103	0.000	2.507	0.000
dist_curua	0.445	0.000	0.475	0.000
dist_rios_sec	47.356	0.000	41.984	0.000
dist_estradas	38.497	0.000	29.086	0.000
presenca_flonas	0.798	0.000	0.830	0.000

Vegetação Secundaria	2004		2007	
	Estimate	p	Estimate	p
Interc	-1.756	0.000	-1.739	0.000
declividade	0.061	0.000	0.053	0.000
dist_urb	-4.020	0.000	-3.483	0.000
dist_br	-2.318	0.000	-1.720	0.000
dist_curua				
dist_rios_sec				
dist_estradas	-21.110	0.000	-20.178	0.000
presenca_flonas	-0.982	0.000	-0.875	0.000

Mecanizada	2004		2007	
	Estimate	p	Estimate	P
Interc	-1.196	0.000	-1.290	0.000
declividade	-0.211	0.000	-0.254	0.000
dist_urb	-5.800	0.000	-4.997	0.000
dist_br	-2.288	0.000	-1.455	0.000
dist_curua	0.607	0.007		
dist_rios_sec	6.314	0.010		
dist_estradas	-34.785	0.000		
presenca_flonas	-1.521	0.000	-1.598	0.000

Pastagem	2004		2007	
	Estimate	p	Estimate	p
Interc	-0.180	0.000	-0.669	0.000
declividade				
dist_urb	-2.895	0.000	-3.073	0.000
dist_br	-0.801	0.000	-0.542	0.000
dist_curua	0.956	0.000	1.194	0.000
dist_rios_sec	-72.856	0.000	-67.129	0.000
dist_estradas	-76.757	0.000	-39.460	0.000
presenca_flonas			-0.263	0.000

Familiar	2004		2007	
	Estimate	p	Estimate	P
Interc	-0.100	0.050	-1.146	0.000
declividade	0.058	0.000	-0.271	0.000
dist_urb	-0.975	0.000	-5.183	0.000
dist_br	-2.517	0.000	-1.279	0.000
dist_curua	-1.267	0.000	-0.938	0.000
dist_rios_sec	-40.365	0.000	-42.090	0.000
dist_estradas	-23.084	0.000	-25.762	0.000
presenca_flonas	-0.375	0.000	-0.382	0.000



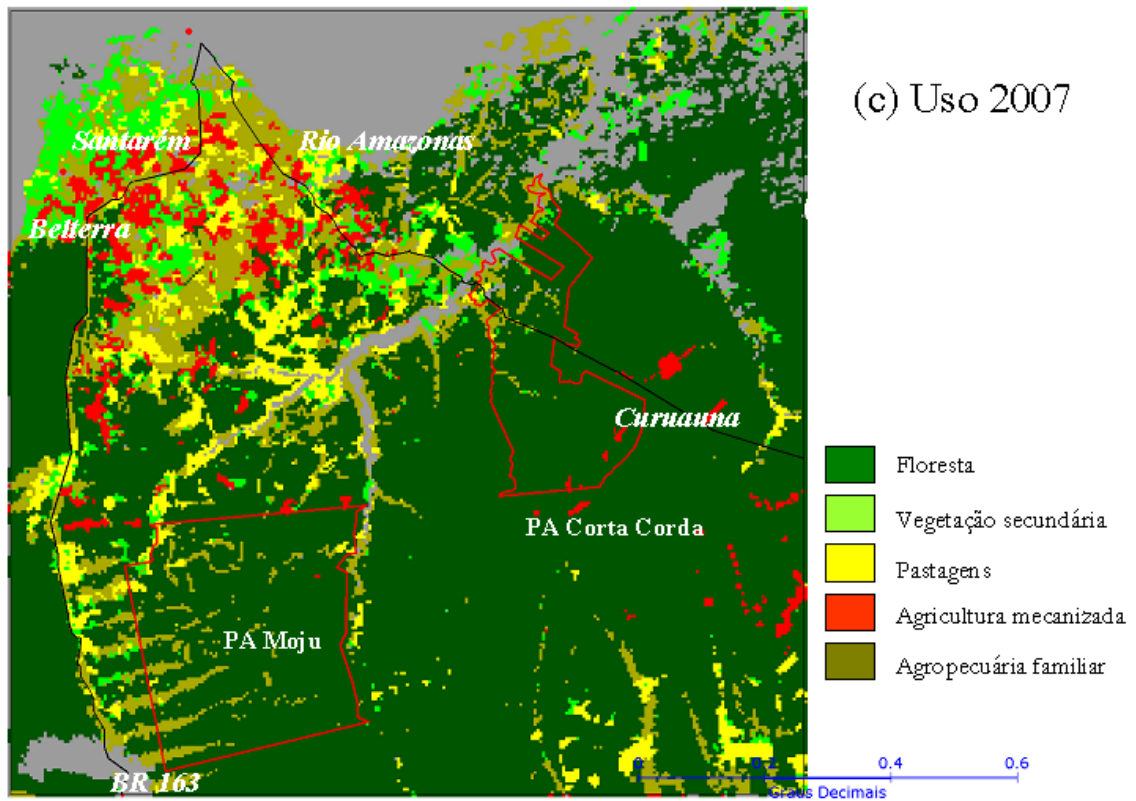
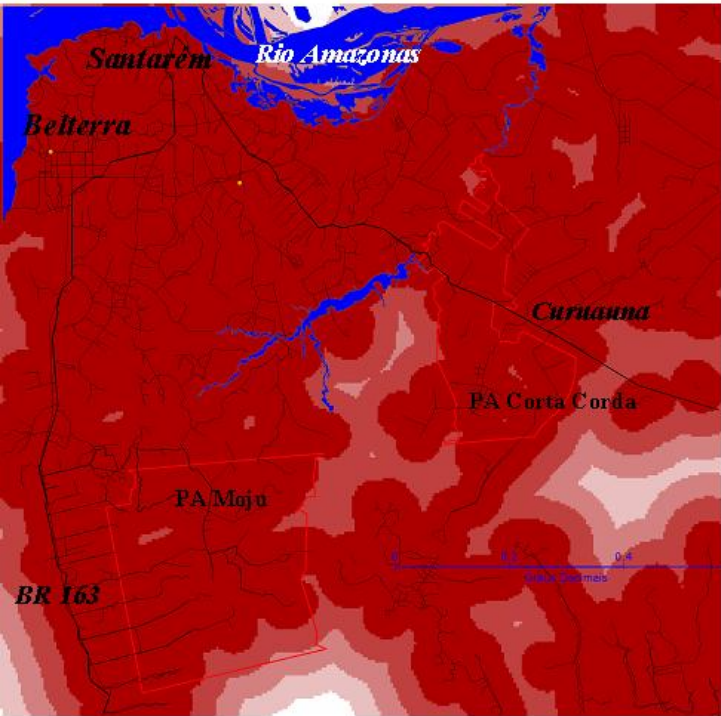


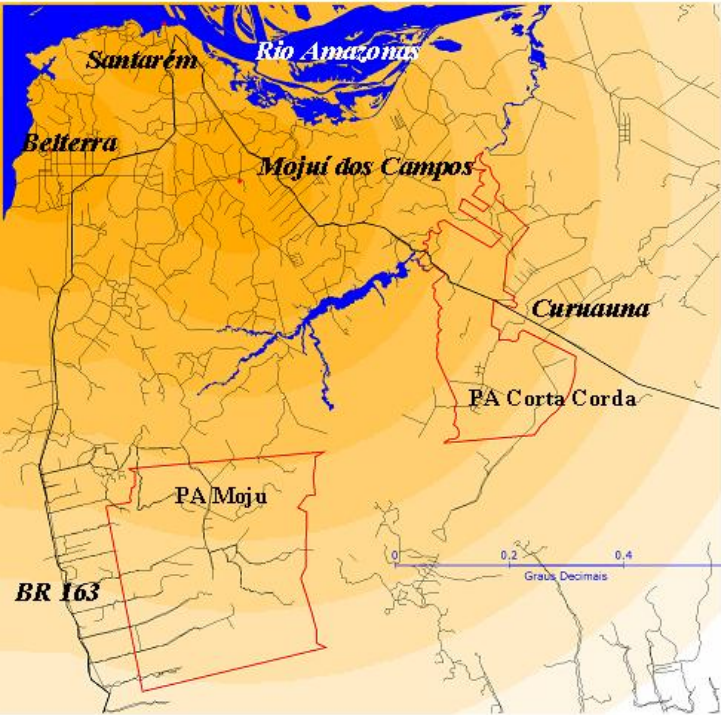
Figura 39 – Distribuição espacial das variáveis de uso do solo nas células de 500 x 500 m² de resolução: (a) 1999 (b) 2004 e (c) 2007.



(a)

Distância a estradas primarias e secundarias (km):

0 → 40



(b)

Distância a centros urbanos (km):

0 → 150

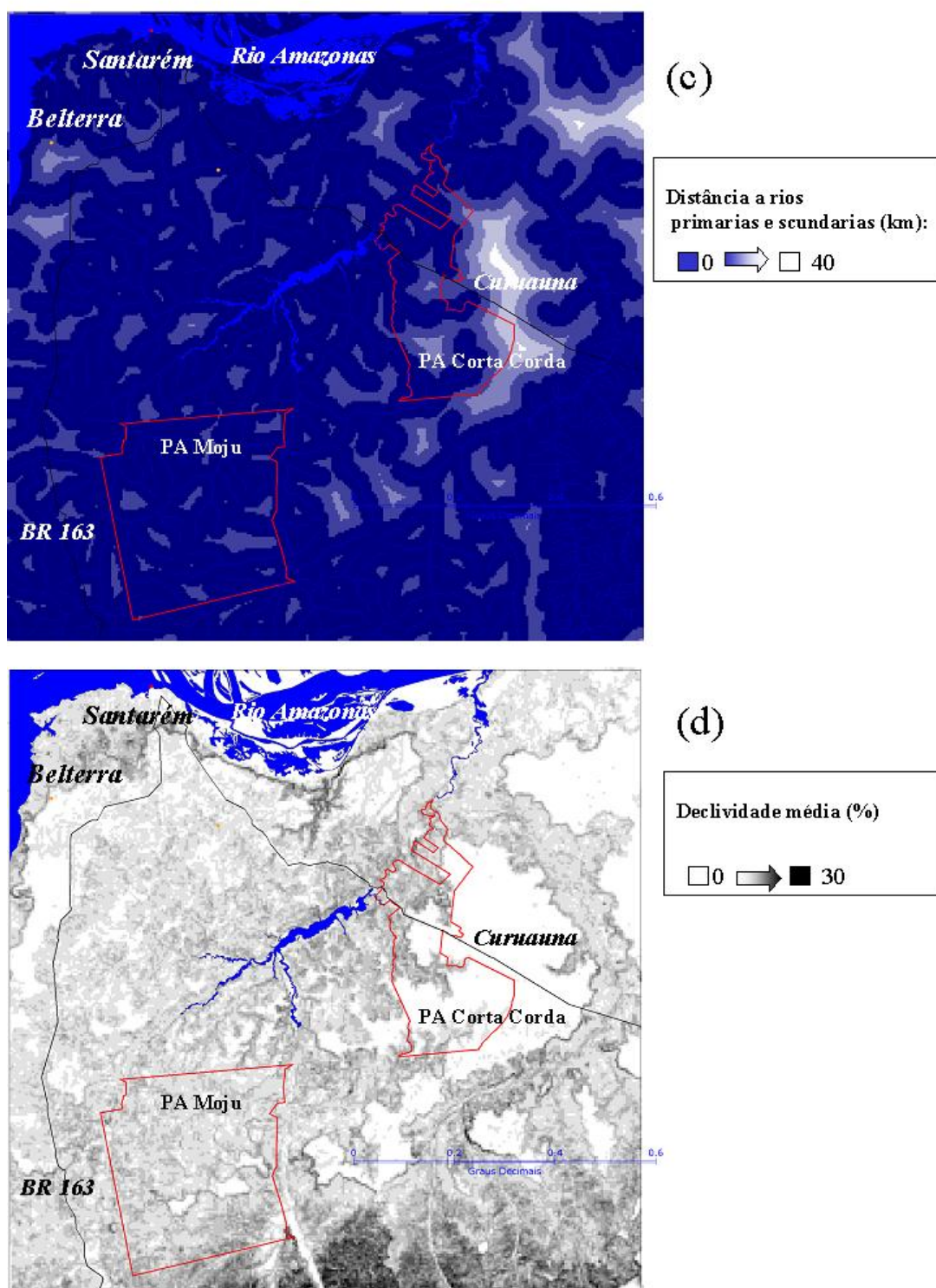


Figura 40 – Distribuição espacial das explanatórias selecionadas nas células de 500 x 500 m de resolução: (a) Distância mínima a estradas principais e secundárias (dist_estr_sec) (b) Distância mínima a centros urbanos (dist_urban) (c) Distância mínima a rios secundários (dist_rios_sec) e (d) Declividade média (media_declive).

Os coeficientes de regressão apresentados na tabela 14 refletem a mudança nos padrões de uso da terra observados na figura 39. Até 2004, a maior parte da agricultura

mecanizada concentrava-se próxima a Santarém, nas áreas previamente ocupadas pela agricultura familiar.

O processo inicial se dá pela aquisição de lotes com algum tipo de titulação mais próximos da sede municipal e das estradas (BARRETO, 2008). Em 2007, nota-se um novo padrão, nos platôs cruzados pela Curuá-Una (Figura 40c).

Como discutido anteriormente, estas novas áreas ocorrem em muitos casos dentro de áreas de assentamento, em áreas não ocupadas, e com condições de declividade favoráveis (Tabela 14 e Figuras 41 e 42).

A Figura 40 mostra que uma das principais variáveis do modelo para 2004, *Distância a estradas*, perde a significância. O sinal da regressão era negativo, isto é, indicava uma maior presença de agricultura mecanizada em áreas com menor distância a estradas.

Assim como *Distância à estrada Curuá-Una*, que possuía um sinal positivo indicando que, em 2004, existia uma maior probabilidade de encontrar agricultura mecanizada em áreas com maior distância a esta estrada específica. No modelo de 2007, o sinal se torna ligeiramente negativo, porém, com significância maior que 0.001.

Outros aspectos importantes nos resultados da regressão é a importância da *Distância a rios secundários*, na probabilidade de encontrar agricultura familiar (sinal positivo) indicando a dependência da disponibilidade de água. Tal relação é também encontrada para as áreas de pastagem, mas não para agricultura mecanizada.

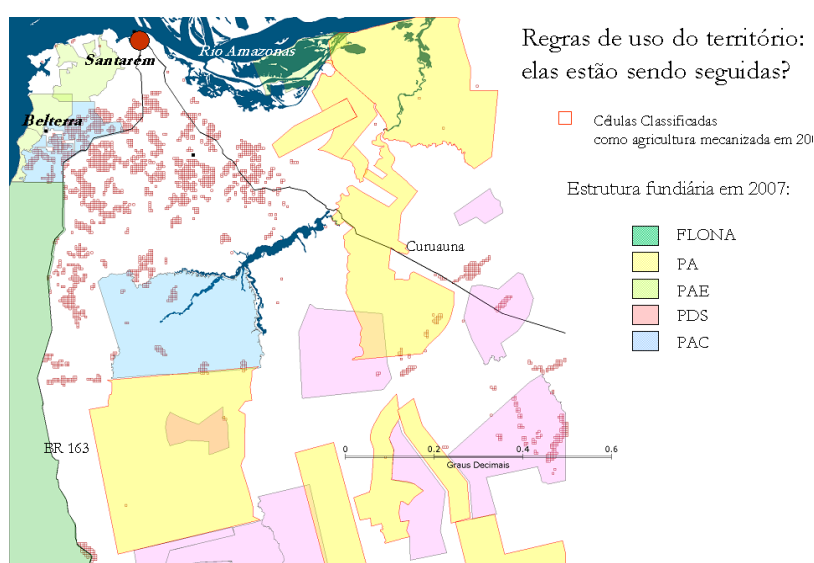


Figura 41 – Regras de uso não sendo seguidas em assentamentos (FONTE: INCRA,2007) Sistematização: Ana Cristina Salim).

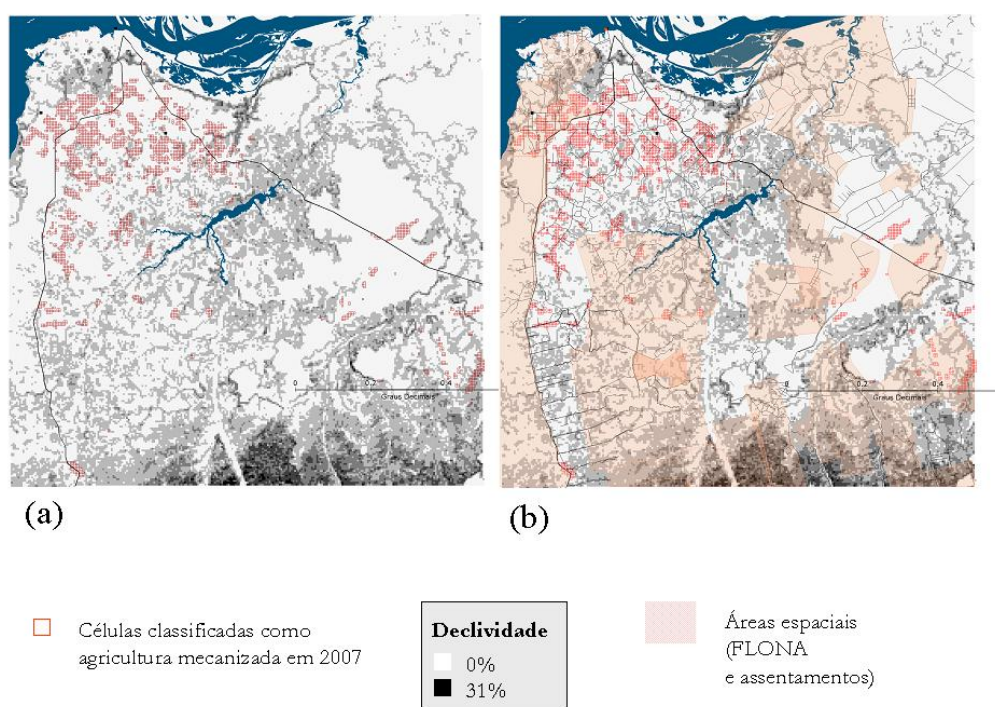


Figura 42 – Áreas de agricultura mecanizada em 2007 comparadas à estrutura fundiária e assentamentos.

No restante desta seção, será analisado com maior detalhe os padrões e os resultados de análise estatística em uma das modalidades de assentamento, tomando como exemplo, os PA Corta Corda e Moju I e II.

Inicialmente, analisando a distribuição espacial dos fatores determinantes na área toda (Figuras 40a e 40b), nota-se que os PA apresentam condições similares em termos de acessibilidade (distâncias similares dos centros urbanos e a estradas secundárias e primárias). As diferenças residem na declividade e na presença de água (Figuras 40c e 40d).

Estas diferenças se refletem nos padrões de uso da terra em ambos os assentamentos. A agricultura familiar no PA Corta Corda encontra-se concentrada, principalmente, ao longo dos rios secundários, nas áreas mais ao Norte, próximas a Santarém. Nota-se nesta área, uma maior concentração ao longo dos rios do que ao longo das estradas, tratando-se de uma ocupação mais antiga.

Ao Sul, na área plana e sem água, ela não se expande. Porém, estas mesmas condições biofísicas, aliadas ao acesso via Curuá-Una e a distância dos órgãos fiscalizadores favorecem a entrada da agricultura mecanizada dentro do assentamento.

No PA Moju I e II, as condições de declividade não favorecem a entrada da agricultura mecanizada. Nota-se uma distribuição uniforme de rios secundários na região, estando a agricultura familiar distribuída ao longo das estradas e rios mais próximos à BR (Figura 43). Tais diferenças se refletem nos resultados da análise de regressão logística realizada para cada um dos PA separadamente, como ilustra a Tabela 15 (tendo como variável dependente à agricultura familiar em 2004).

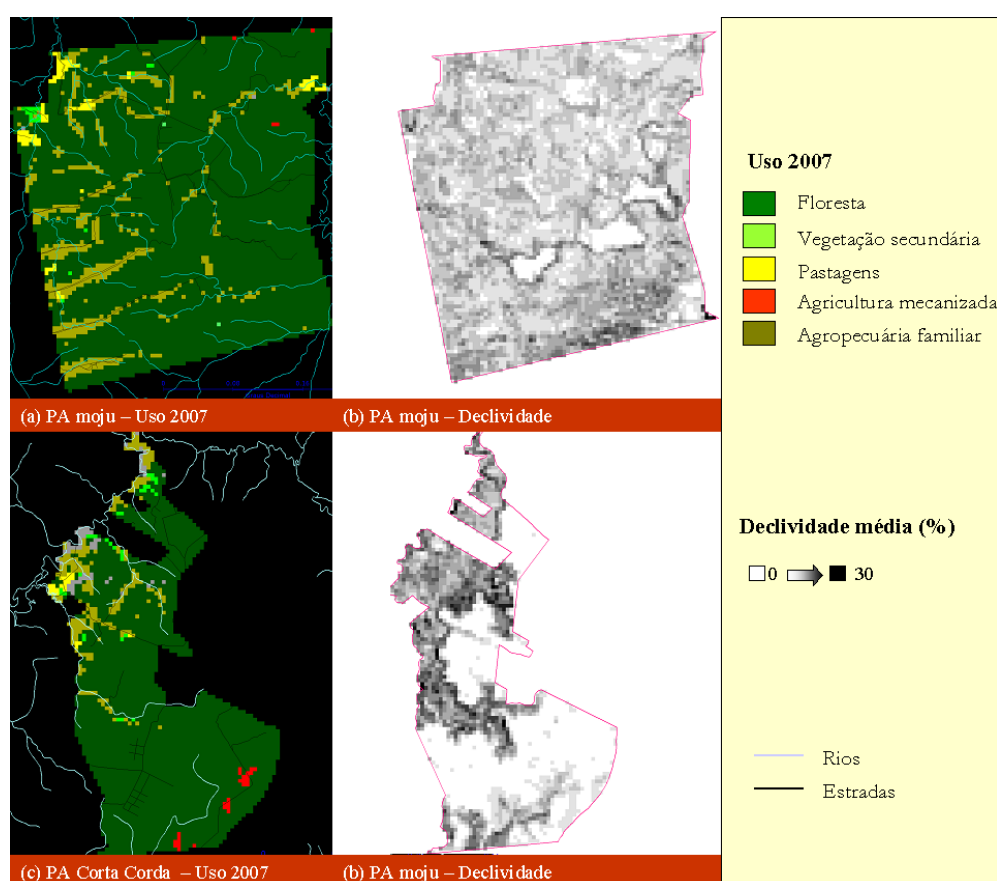


Figura 43 – Comparação entre relação entre padrões de uso da terra e fatores determinantes: (a) relação entre uso, estradas e rios secundários no PA Moju; (b) declividade no PA Moju; (c) relação entre uso, estradas e rios secundários no PA Corta Corda; (d) declividade no PA Corta Corda

Tabela 15 – Modelos de regressão logística – comparação da importância relativa dos fatores determinantes dos padrões de uso do solo nos PA Moju e Corta Corda em 2004.

PA MOJU			PA CORTA CORDA		
Familiar	2004 Estimate	p	Familiar	2004 Estimate	p
Interc	8.206	0.000	Interc	-0.185	0.525
media_declive	0.100	0.001	media_declive	0.237	0.000
dist_rios_sec	-111.750	0.000	dist_rios_sec	-88.231	0.000
dist_area_urbana	-23.822	0.000	dist_br	-10.544	0.000
			dist_estradas	-135.687	0.000

4.2.2 Resultados das simulações: aderência às regras de uso do território

Nesta seção, são apresentados os resultados de simulações com o modelo para exemplificar como as regras de uso do território são incorporadas aos modelos.

Na Seção 4.2.2.1 apresenta o resultado de simulações nos PA Corta Corda e Moju I e II e demonstra padrões fictícios, caso as regras de uso do território tivessem sido seguidas no período de 1999 a 2007.

Na seção 4.2.2.2 são apresentados os resultados de simulação para toda a área de estudo, comparando a situação real em 2004 e 2007 com padrões simulados pelos modelos, seguindo ou não as regras de uso do território.

4.2.2.1 Simulações para o para os PA Moju I e II e PA Corta Corda: 1999 à 2007

Nas simulações para os PA Corta Corda e Moju I e II, foram utilizados os modelos de regressão específicos para cada uma das áreas e foram empregadas regras de transição (Figura 44).

Nestas regras, a floresta pode apenas ser convertida para agricultura familiar, e esta cede espaço somente para a vegetação secundária. Todos os demais usos porventura existentes são convertidos pelo modelo para agricultura familiar ou vegetação secundária.

A matriz de transições permitidas correspondente é apresentada no Quadro 4. O valor zero significa que a conversão não é permitida e o valor 1 que a conversão é permitida. As figuras 45 e 46 ilustram os resultados das simulações nos PA's Corta Corda e Moju I e II, comparadas aos dados reais de 2004 e 2007.

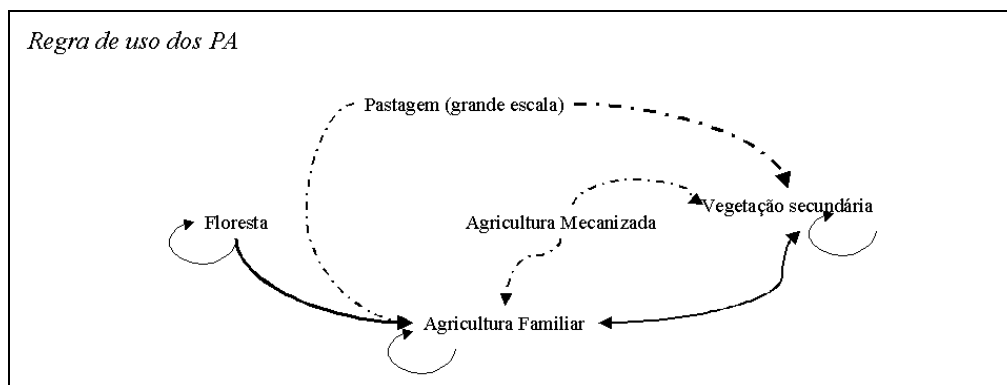


Figura 44 – Gráfico ilustrando transições possíveis em um PA de acordo com regras de uso do território.

Regras de uso nos PA	Floresta	Vegetação Secundária	Pastagem	Agricultura mecanizada	Agricultura familiar
Floresta	1	0	0	0	1
Vegetação Secundária	0	1	0	0	1
Pastagem	0	1	0	0	1
Agricultura mecanizada	0	1	0	0	1
Agricultura familiar	0	1	0	0	1

Quadro 4 – Matriz de transição adotada nas simulações para os PA.

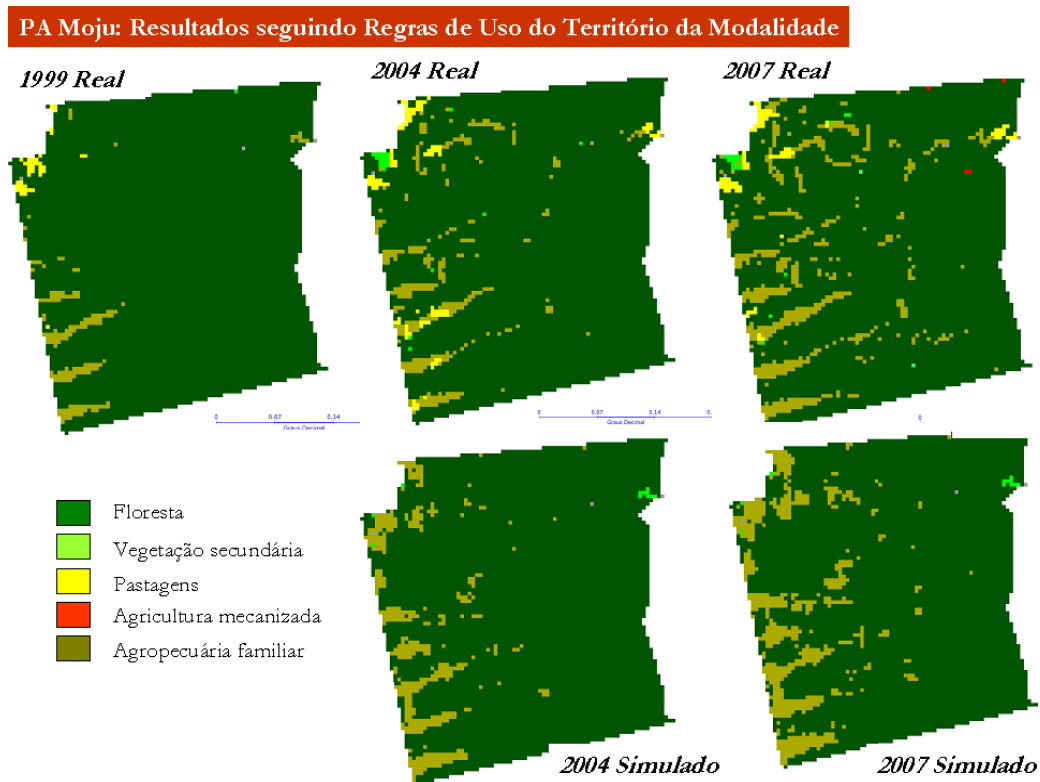


Figura 45 – Padrões alternativos que poderiam ter emergido no PA Moju I e II, caso as regras tivessem sido seguidas, sem a presença de agricultura mecanizada e pastagem de grande porte no seu interior.

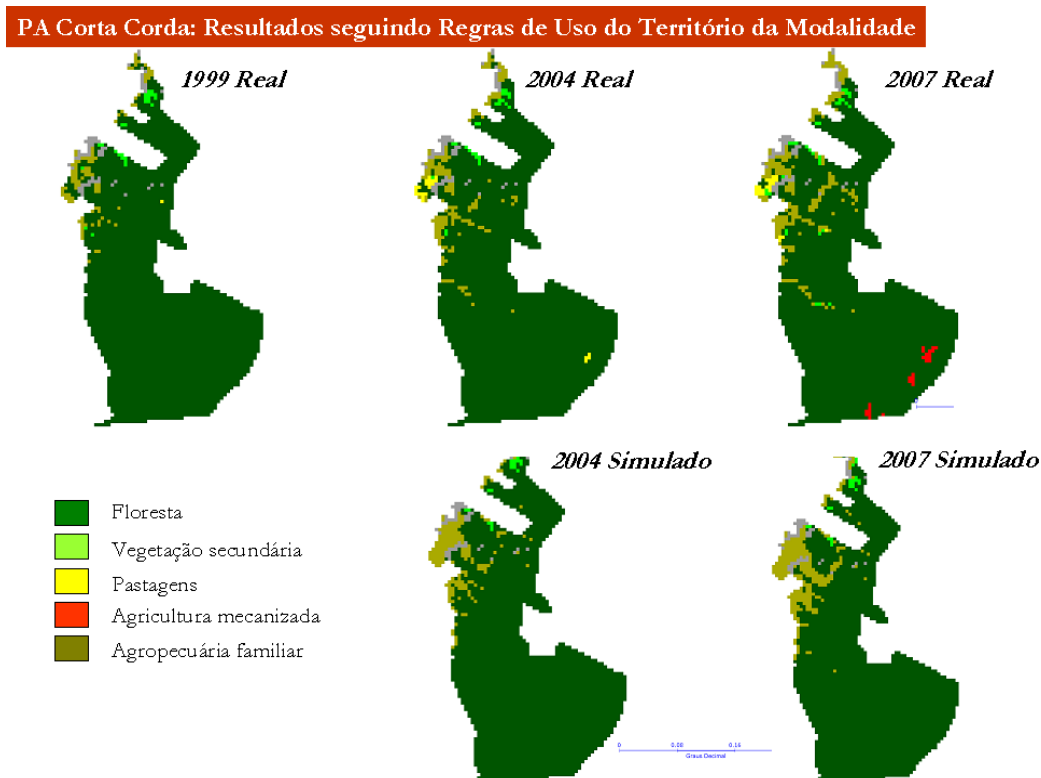


Figura 46 – Padrões alternativos que poderiam ter emergido no PA Corta Corda, caso as regras tivessem sido seguidas, sem a presença de agricultura mecanizada e pastagem de grande porte no seu interior.

4.2.2.2 Simulações para o para a área toda: 1999 a 2015

Neste caso, foi explorada a possibilidade de incluir múltiplas regras nos modelos para comparar os resultados simulados aos padrões reais de 2004 e 2007, caso elas fossem seguidas.

As regras foram agrupadas em três conjuntos: (i) as regras de transições permitidas para a denominada área de expansão (fora das áreas especiais); (ii) para a FLONA e PDS, nos quais a floresta teoricamente não pode ser convertida para nenhum uso, mas áreas existentes de agricultura familiar podem ser mantidas e (iii) PA, PAE e PAC, onde somente a conversão para agricultura familiar/vegetação secundária deveria ser permitida. A figura 47 ilustra as matrizes de transição em cada um desses casos e o quadro 5, as matrizes de transições adotadas nas simulações.

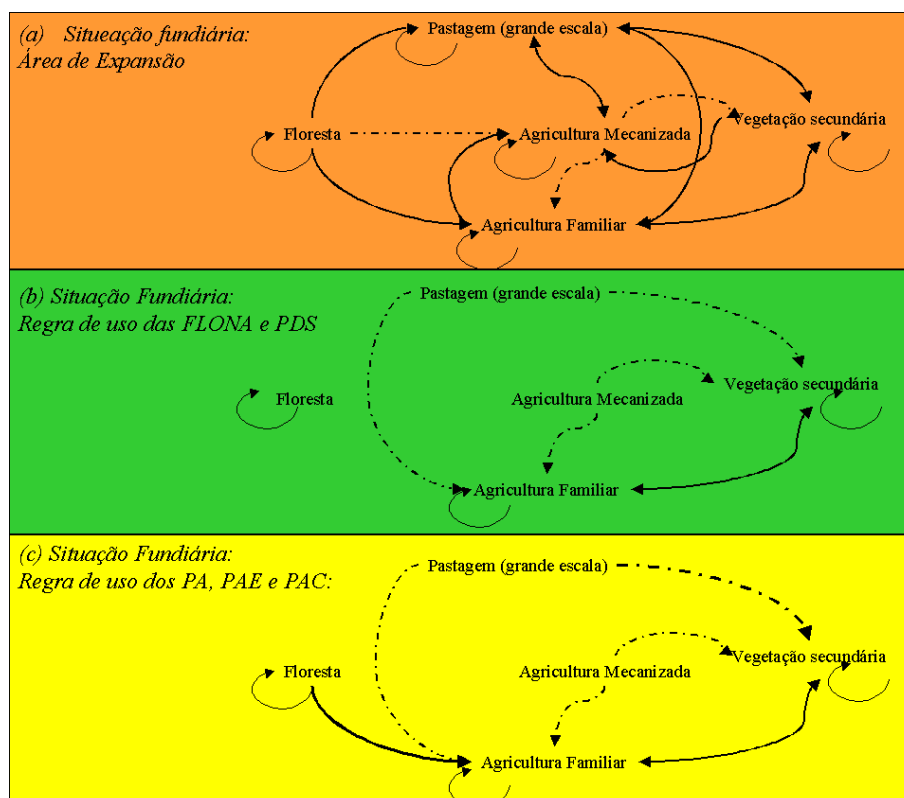


Figura 47 – Matrizes de transições possíveis em diferentes categorias de acordo com regras de uso do território.

A) Área de expansão	Floresta	Vegetação Secundária	Pastagem	Agricultura mecanizada	Agricultura familiar
Floresta	1	0	1	1	1
Vegetação Secundária	0	1	1	1	1
Pastagem	0	1	1	1	1
Agricultura mecanizada	0	1	1	1	1
Agricultura familiar	0	1	1	1	1
B) Regras de uso nas FLONA e PDS	Floresta	Vegetação Secundária	Pastagem	Agricultura mecanizada	Agricultura familiar
Floresta	1	0	0	0	0
Vegetação Secundária	0	1	0	0	1
Pastagem	0	1	0	0	0
Agricultura mecanizada	0	1	0	0	0
Agricultura familiar	0	1	0	0	1
C) Regras de uso nos PA, PAC e PAE	Floresta	Vegetação Secundária	Pastagem	Agricultura mecanizada	Agricultura familiar
Floresta	1	0	0	0	1
Vegetação Secundária	0	1	0	0	1
Pastagem	0	1	0	0	1
Agricultura mecanizada	0	1	0	0	1
Agricultura familiar	0	1	0	0	1

Quadro 5 – Matrizes de transição adotada nas simulações para a área toda.

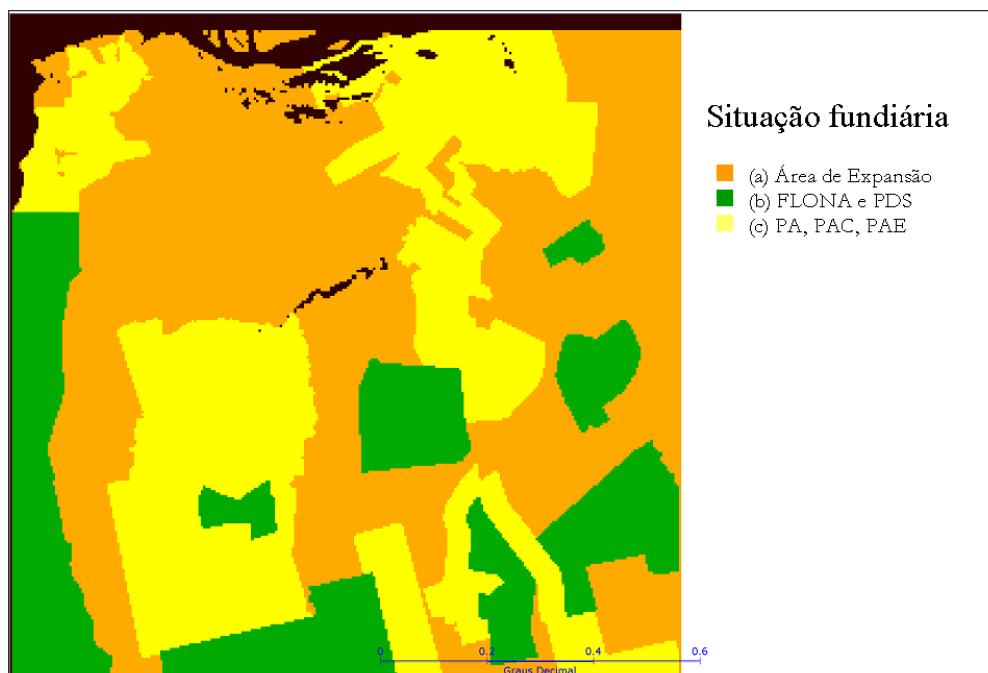


Figura 48 – Regras de uso do território em diferentes partições do espaço.

Uma etapa inicial de calibração/análise dos modelos foi realizada onde foram utilizadas apenas as regras de expansão para a área toda (correspondendo ao item a) e ajustar os parâmetros de elasticidade, principalmente, os coeficientes obtidos através da regressão logística para o funcionamento do modelo dinâmico. Os seguintes parâmetros de elasticidades, que indicam a resistência de ceder espaço de cada um dos usos (resistência à conversão) de cada um dos usos, foram ajustados:

- Floresta: 1
- Vegetação Secundária: 0.7
- Pastagem: 0.5
- Agricultura Mecanizada: 0.8
- Agricultura Familiar: 0.7

Então, os modelos foram executados, inicialmente, com as regressões de 2004, apresentadas na tabela 18. Os resultados de simulação (Figura 49a e 49b) mostram uma concentração de toda a ocupação humana em torno de Santarém e da BR, não captando o aumento da ocupação em áreas de assentamento pela agricultura familiar em áreas distantes e, principalmente, a expansão da agricultura mecanizada para áreas mais remotas a partir de 2004. Neste sentido, duas

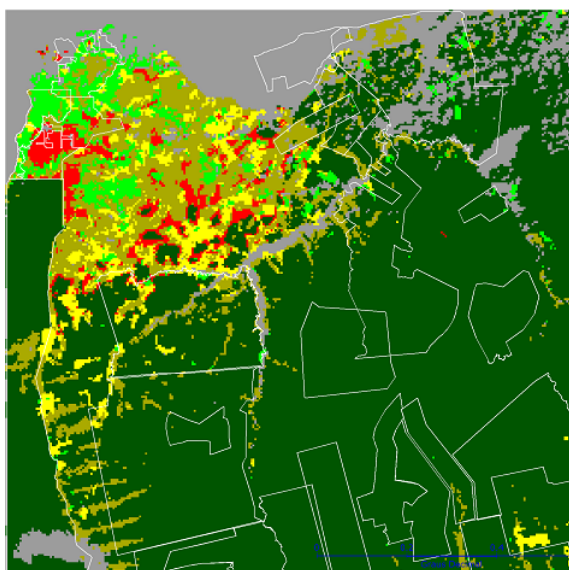
alterações foram realizadas, misturando resultados de regressões ao conhecimento especialista, como vem sendo utilizadas em outras aplicações:

Foi acrescentado um fator (*presença_pa*) no modelo da agricultura familiar, com valor positivo (0.8) para “incentivar” o aparecimento de agricultura familiar em áreas desta modalidade de assentamento (PA), mesmo em áreas remotas.

No caso da agricultura mecanizada, a expansão se deu nas áreas próximas a Santarém e à BR num primeiro momento, como mostra o modelo. Além da proximidade dos centros de serviços e facilidade de acesso, os agricultores mais capitalizados que migraram dos estados do Sul e Centro-Oeste, na maioria, adquiriram terras de pequenos proprietários que possuíam algum tipo de titulação (BARRETO, 2008).

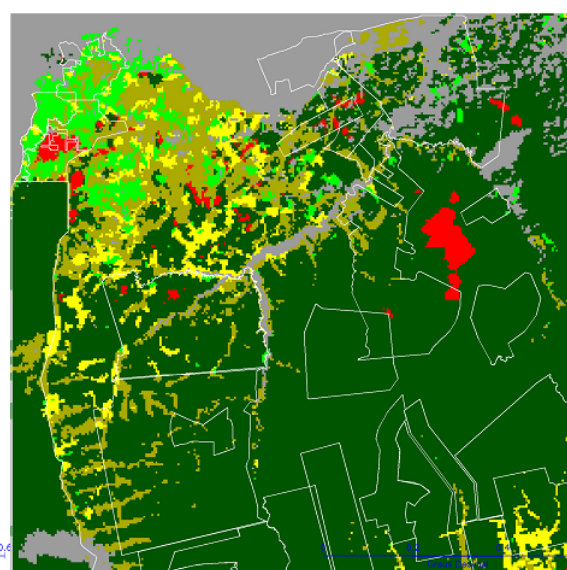
Após 2004, nota-se uma alteração neste processo e observa-se uma expansão dessas áreas nos platôs da Curuá-Una, na direção de Uruará. Para captar ambos os processos no modelo de simulação dinâmica (concentração em torno de Santarém, mas também o início de expansão na área do Curuá-Una), diversos testes foram realizados. Mas os resultados permaneciam apresentando uma concentração ao redor de Santarém, nas áreas já ocupadas. Além disso, todas as reservas de floresta próximas a Santarém eram convertidas em uso agrícola nestes modelos.

Isso mostra uma limitação do modelo de regressão em captar determinados aspectos do comportamento humano, pois consideram as amostras de modo estatístico. Após a entrada da soja na região e, principalmente, após a moratória da soja, o que ocorreu foi um respeito a estas áreas de floresta próximas do poder e opinião públicas. No entanto, o mesmo não ocorre nas áreas distantes (Comparar com figura 39, os padrões reais e simulados). Neste contexto, experimentou-se trocar o sinal da regressão da classe floresta: os sinais positivos relativos a fatores que “empurram” a floresta para áreas remotas nas simulações (Distância à BR e Distância aos centros urbanos/) foram trocados por sinais negativos, para reservar a floresta em áreas próximas. E deste modo, conseguiu-se dois resultados: preservar as florestas próximas a Santarém, e simular a entrada da agricultura capitalizada para a área do Curuá-Una.



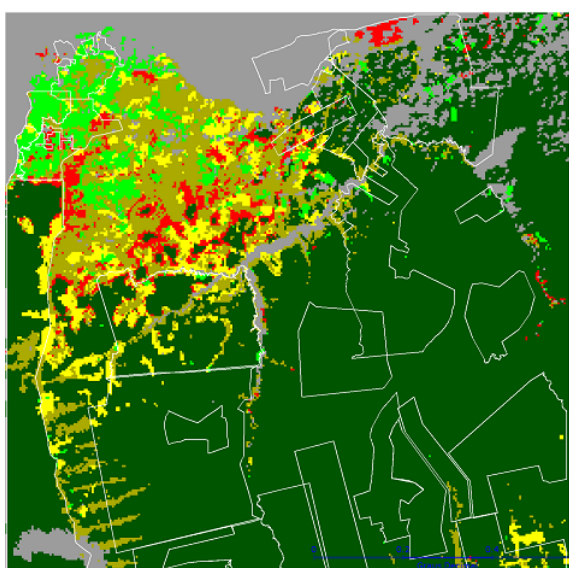
(a) Simulado 2004 –
modelo baseado na regressão

*Mudanças concentradas nas áreas
Próximas a Santarém e BR 163*



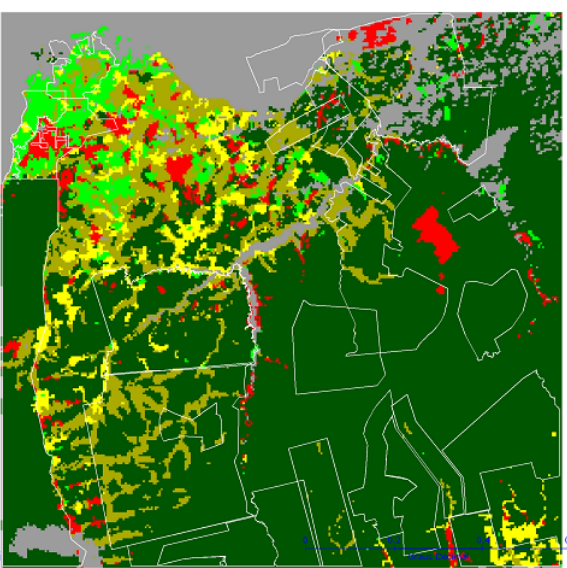
(b) Simulado 2004 –
modelo baseado na regressão modificada

*Captura processo de expansão da agricultura
mecanizada em áreas remotas,
florestas próximas são preservadas,
E agricultura familiar dentro de assentamentos*



(c) Simulado 2007 –
modelo baseado na regressão

*Mudanças concentradas nas áreas
Próximas a Santarém e BR 163*

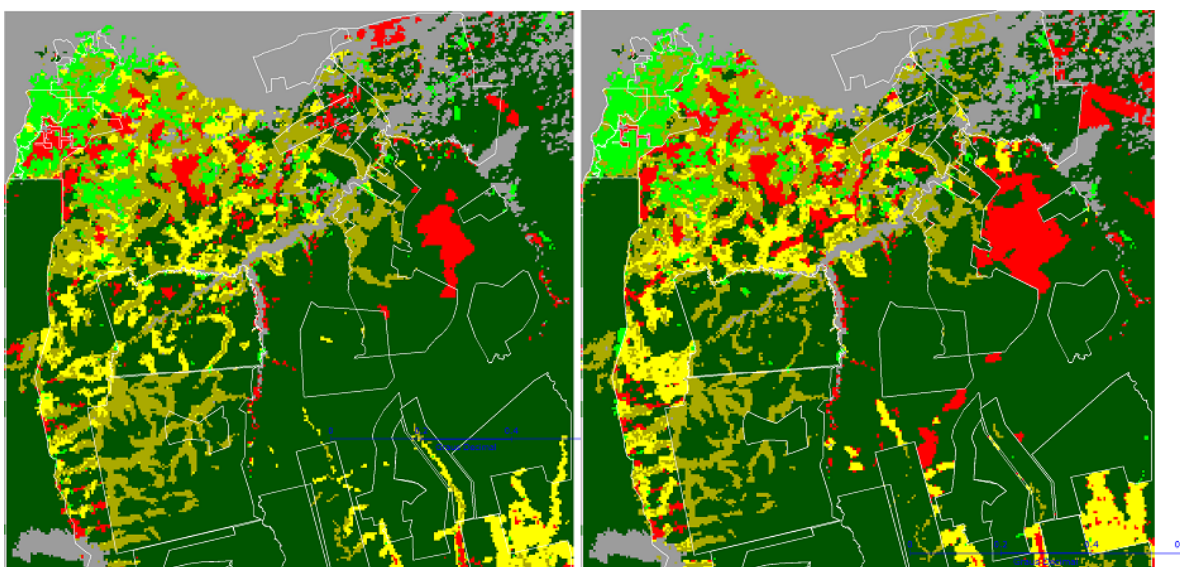


(d) Simulado 2007 –
modelo baseado na regressão modificada

*Captura processo de expansão da agricultura
mecanizada em áreas remotas,
florestas próximas são preservadas,
E agricultura familiar dentro de assentamentos*

Figura 49 – Resultados das simulações: (a) Utilizando modelo baseado na regressão (2004) (b) Modelo modificado com presença_pa e sinal invertido nos modelos de floresta (2004) (c) Utilizando modelo baseado na regressão (2004) (d) Modelo modificado com presença_pa e sinal invertido nos modelos de floresta (2004).

Por outro lado, o modelo agora passa a favorecer demais esta área, se comparado aos dados reais. Os resultados dos modelos precisam ainda ser melhor calibrados para distribuir a expansão da agricultura mecanizada entre as duas áreas, mas eles captam a mudança de processo. E reforçam a idéia de que modelos dinâmicos devem ser utilizados não para “prever” o futuro, mas como ferramentas de aprendizado: eles ensinam ainda mais quando se faz refletir sobre seus resultados “errados”. Com base no resultado (49b), foram realizadas simulações com e sem considerar as regras de uso do território, como mostra a figura 49a e 49b para a área toda e as figuras 49c e 49d para as áreas especiais até 2015.



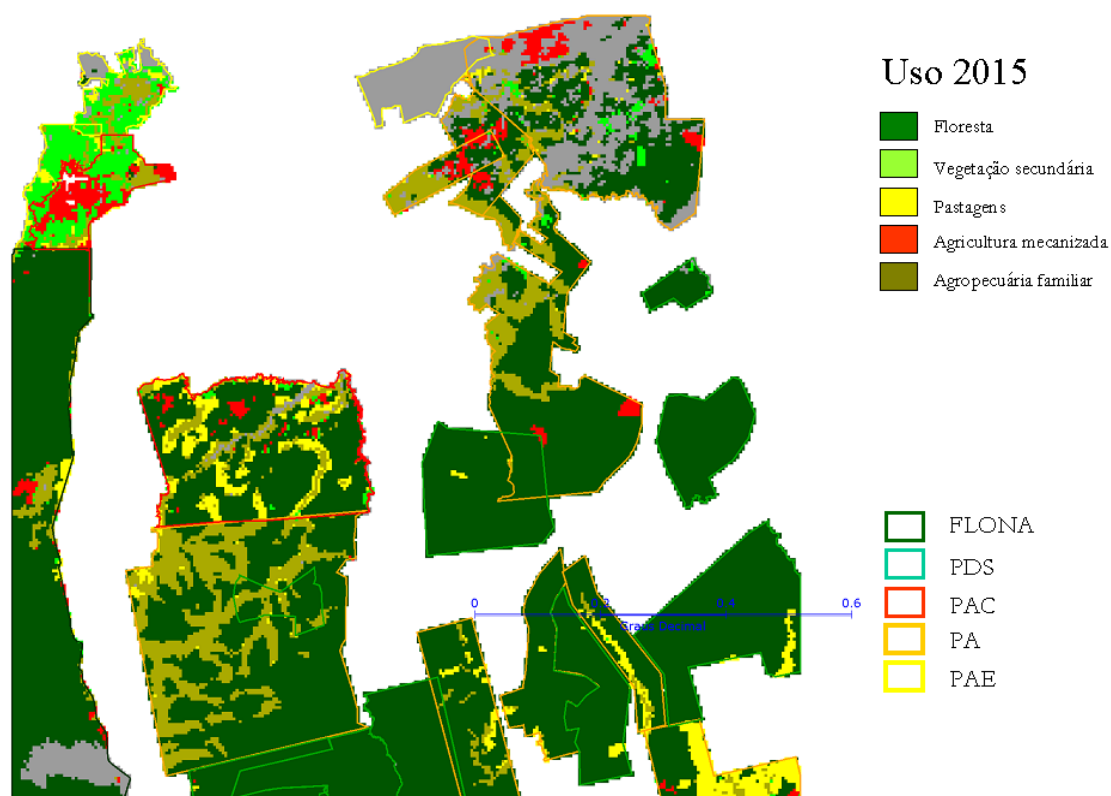
(a) Simulado 2015 –
modelo baseado na regressão modificada

Sem regras de uso do território

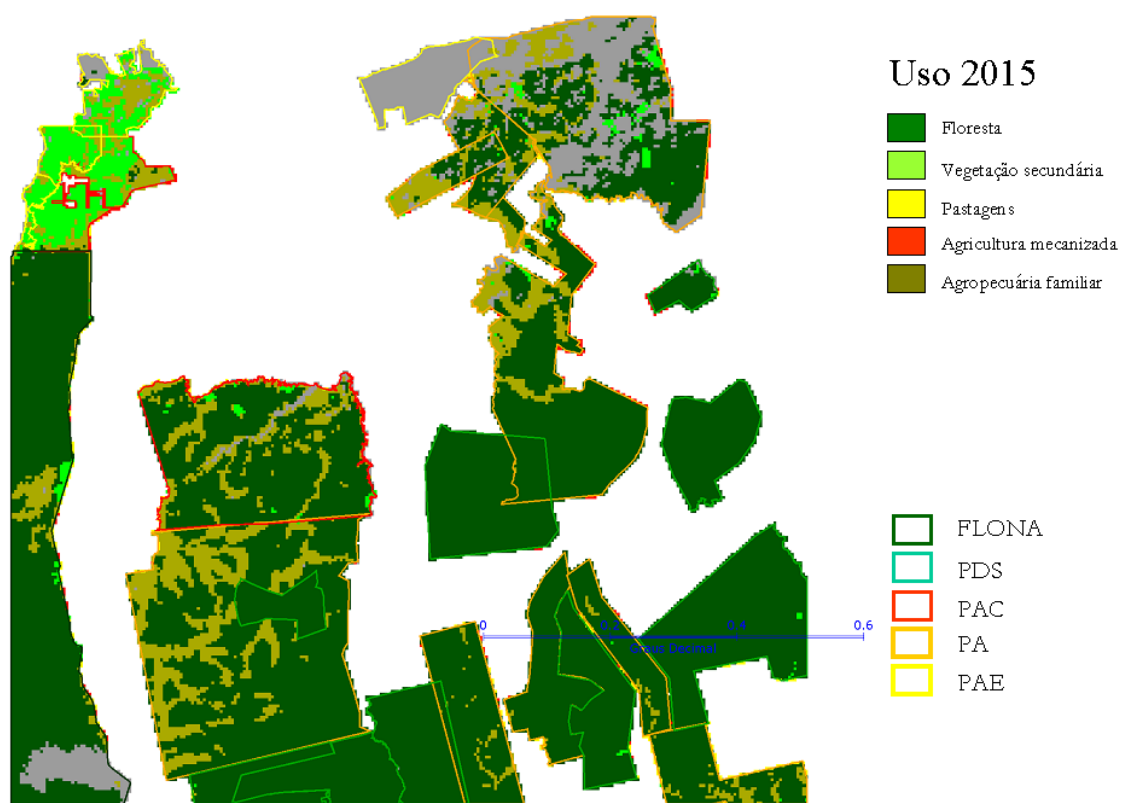
(d) Simulado 2015 –
modelo baseado na regressão modificada

Com regras de uso do território

(premissa: mesma quantidade de mudança redistribuída na área de expansão)



(c) Sem regras de uso



(d) Com regras de uso

Figura 50 – Simulações para 2015: (a) Sem cumprir regras de uso (área toda) (b) Cumprindo regras de uso (área toda) (c) Sem cumprir regras de uso (áreas especiais) (d) Cumprindo regras de uso (áreas especiais).

Nas simulações para a área toda, apesar das inconsistências geradas, como o agrupamento excessivo de agricultura mecanizada em algumas áreas, quando utilizadas as regras de uso do território, o modelo distribuiu essa classe fora das áreas especiais de forma compatível com a declividade e ao longo das estradas (figura 50b).

A simulação considerando o desrespeito às regras de uso do território, reflete uma extrapolação do que ocorre hoje na região, onde a agricultura mecanizada avança sobre áreas voltadas para projetos de assentamento.

Quanto às simulações para as áreas especiais, considerando que as regras de uso do território não sejam respeitadas, há a expansão, principalmente, das áreas de pastagem, no Sul da área de estudo e uma expansão da área de agricultura mecanizada, a exemplo do que ocorreu com a simulação para a área toda, em especial, em áreas onde a declividade é mais suave, independente da presença de projetos de assentamento e unidade de conservação, no caso, a Floresta Nacional do Tapajós.

Ao contrário, quando as regras são respeitadas nessas áreas especiais, prevalece a agropecuária familiar, em especial, ao longo dos rios e estradas com maior preservação das áreas de floresta, principalmente, nos platôs quando o acesso aos recursos hídricos é mais difícil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica do uso da terra e sua relação com a estrutura fundiária na região de Santarém após a introdução da agricultura empresarial no final da última década. O período estudado foi de 1999 a 2007 e os métodos empregados combinam levantamentos de campo e técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem dinâmica.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a introdução da agricultura empresarial, representada pelo cultivo de grãos e que se dá em áreas de médio a grande porte, concorreu para a concentração fundiária, considerando os números referentes à conversão de agropecuária familiar para esse tipo de cultivo.

Os resultados da pesquisa demonstram que a agricultura empresarial, em seu primeiro momento (1999 a 2004) priorizou áreas já abertas, em especial, as ocupadas pela agropecuária familiar, as áreas de pastagem e a capoeira. Porém, num segundo momento, os resultados indicam a expansão de áreas de grãos para áreas de floresta, em áreas de relevo plano e mais distantes das áreas previamente ocupadas e dos centros urbanos.

Outro importante aspecto decorre do fato de que a agricultura empresarial tem se expandido em áreas de projetos de assentamento, o que denota o desrespeito às regras de uso do território nas mesmas.

Os números referentes à agropecuária familiar, apesar de ser a classe de uso que mais cedeu área para a agricultura mecanizada, têm se mantido estável. O que pode indicar que pelo menos parte dos pequenos agricultores que vendem suas propriedades para os empresários de grãos busca novas áreas de floresta para se reproduzir. Esta hipótese se reforça quando analisa-se os dados referentes à conversão direta da classe floresta para agropecuária nos períodos analisados.

Quando se cruzam os dados obtidos nos dois períodos analisados (1999/2004 e 2004/2007) com os dados fundiários, no caso específico dos assentamentos, é possível verificar também a arbitrariedade na criação de alguns assentamentos, principalmente, a partir do ano de 2005, pois eles foram criados em áreas onde a agricultura empresarial já estava consolidada, o que tornava a área incompatível com algumas modalidades, em especial, com os PAC.

O uso de técnicas de modelagem dinâmica para gerar simulações onde as regras de uso do território são ou não respeitadas ilustra bem este caso.

Por outro lado, a análise estatística de fatores determinantes permitiu também observar que a conversão entre os usos se dá com maior ênfase em áreas localizadas mais próximas dos núcleos urbanos, onde a ocupação é mais antiga e as terras já possuíam algum tipo de regularização. Acrescido a isso está a maior facilidade de escoamento da produção em função da presença das estradas.

Quanto à conversão direta de floresta para o plantio de grãos, se deu nas áreas mais distantes das sedes dos municípios, onde as ações de comando e controle são dificultadas pelo acesso, mas que apresentam condições biofísicas adequadas à mecanização, em especial, nos grandes platôs encontrados na região. Nestas condições, como indicam os resultados, a presença ou não de assentamentos é desconsiderada por estes atores mais capitalizados, não sendo impedimento para a apropriação das terras.

Deste modo, pode-se afirmar que desenvolvimento metodológico aplicado na pesquisa possibilitou a comprovação das hipóteses e dos objetivos apresentados para o desenvolvimento do trabalho. Os dados da dinâmica do uso da terra permitiram identificar “onde” estão localizados os processos de conversão de uso refletidos na paisagem, o “quanto” representam esses valores e, principalmente, “quem” são os atores envolvidos. Além disso, a análise da co-evolução da dinâmica do uso e das questões fundiárias na região permitiu analisar a aderência às regras de uso do território por diferentes atores.

A importância da metodologia elaborada nesta pesquisa, no que se refere à utilização de geotecnologias, se caracteriza pela geração de informações de baixo custo, de forma ágil e em curto espaço de tempo. Os resultados obtidos além de poderem ser utilizados na elaboração de políticas públicas e auxílio à gestão do território, também podem ser utilizados como dados primários para a elaboração de outros estudos.

No que se refere às técnicas de modelagem utilizadas, a principal conclusão é a que modelos dinâmicos devem ser utilizados não para “prever” o futuro, mas como ferramentas de aprendizado: eles ensinam mais quando permitem realizar reflexões sobre seus resultados “errados”, como no caso da aderência das regras de uso do território em diferentes modalidades de assentamento.

Finalmente, em termos de recomendações para políticas públicas, os resultados permitem concluir que medidas de ordenamento territorial e/ou fundiário são fatores determinantes na dinâmica de uso da terra na região, porém, além da criação de áreas especiais, é necessário assegurar mecanismos para que as regras definidas sejam seguidas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazon: exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological modelling**, v. 209, p. 169-88, 2007.
- BECKER, B. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **Parcerias estratégicas**, n. 12, set. 2001, Rio de Janeiro.
- BELAIDE, M. et al. Post-Segmentation Classification of Images Containing Small Agricultural Fields. **Geocarto international**, v. 7, n. 3, 53, 1992.
- BINS, L.S.; ERTHAL, G.J.; FONSECA, L.M.G.; Um método de classificação não supervisionada por regiões. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 6. Recife, Pe, out, 1983. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993, v.2, p. 65-8.
- BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. LEI Nº 9.985/2002.
- BRIASSOULIS, H., Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches, Livro on-line. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>. Regional Research Institute, West Virginia University, 2000.
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. **Principles os geographical information systems: spatial information systems and geostatistics**. Londres: Oxford University, 1998. 333 p.
- _____. et al. Spatial Data Quality and Error Analysis Issues: GIS functions and Environmental Modeling. GOODCHILD, M. F. et al. (Edit.). **GIS and environmental modeling: progress and research issues**. 1996. p. 29-34.
- CANTO, O. **A expansão da cultura da soja: técnica e (re)qualificação do espaço na Amazônia**. (no prelo).
- CARNEIRO, T. **Nested-CA: a foundation for multiscale modelling of land use and land cover change** Ph.D. Thesis. São José dos Campos: INPE, 2006.
- CASTELLA, J.-C.; VERBURG, P. H. Combination of process-oriented and pattern-oriented models of land-use change in a mountain area of Vietnam. **Ecological modelling**, v. 202, p. 410-420, 2007.

CHORLEY, J., HAGGET, P. Models, Paradigms and the New Geography. In: _____. **Integrated models in geography**. Londres: Methuen, 1967. p. 9-41.

COELHO, A. **Análise e representação do uso da terra e cobertura vegetal nas comunidades de São Luiz do Tapajós e Nova Canaã na região do Baixo Tapajós**. Belém. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Pará, 2006.

COELHO, A. et al. **Uso de geotecnologias em pesquisas arqueológicas**. (no prelo)

CONSTANZA, R. E RUTH, M. Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. **Environmental management**, v. 22, p. 183-95, 1998.

COSTA, F.G. **Avaliação do potencial de expansão da soja na amazônia legal: uma aplicação do modelo de Von Thünen**. Tese (Doutorado em economia aplicada). ESALQ. Piracicaba, 2000.

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

ROCHA, M.G et.al. **Diagnóstico relativo à área de ocupação na floresta nacional do tapajós**. ZEE BR-163, 2007.p.4.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de produção de soja: região Central do Brasil (2002/2003)**. Paraná: EMBRAPA, 2002.

EASTMAN, J. I. **Kilimanjaro**. Guide to GIS and Image Processing. Worcester: Clark University, 2003.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**. Paraná: EMBRAPA, 2004.

ESTADOS UNIDOS. Departamento de Agricultura (Foreign Agricultural Service Production Estimates and Crop Assessment Division). **A Amazônia: a última fronteira brasileira da soja**, 2004.

GONÇALVES, C.W.P. **Amazônia Amazonias**. São Paulo: Contexto, 2001. (Col. Caminhos da Geografia).

HAESBAERT, R. **O mito da desterritorialização: do fim dos territórios à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004.

INQUÉRITO CIVIL PÚBLICO, n. 1.23.002.000185 /2007-76/PRM/STM/MPF.

KAI, L.; MULLER, J.P. Sementation Satellite Imagery: a region growing scheme. SYMPOSIUM ON INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, Helsinke, Finlândia, 1991. **Anais...**

LAMBIN, E. F. G., HELMUT J. **Land-use and land-cover change**. Local Processes and Global Impacts. 2006.

MARGULLIS, S. **Causas do desmatamento na Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

MATTHEWS, R. N. G. et al. Agent-based land-use models: a review of applications. **Landscape ecology**, v. 22, n. 10, dez. 2007, p. 1447-59.

MEIRELLES, P.S.M.; CAMARA, G.; ALMEIDA, M.C (org.). **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. Brasília: EMBRAPA; Rio de Janeiro: UERJ, 2007.

MERTENS, B. et al. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazon: the case of São Felix do Xingu in South Pará. **Agricultural economics**, v. 27, p. 269-94, 2002.

MORAES, C. R. **Geografia: pequena história crítica**. São Paulo: Annablume, 2003. p. 76-7.

MOREIRA, E. G. et al. Dynamic coupling of multiscale land change models: Interactions and feedbacks across regional and local deforestation models in the Brazilian Amazon, **Landscape ecology**, São José dos Campos, SP, 2008.

MOURA, A. **Contribuições metodológicas do geoprocessamento à geografia**. Tese (Doutorado em Geografia) – Geoprocessamento, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

NETER, J. et al. **Applied linear statistical models**. 4. McGraw-Hill, 1996.

PARKER, D. et al. **Agent-based models of land-use /land-cover change. report and review of an international workshop**. Califórnia: LUCG Project, 2002.

PIMENTA, P. et al. Land change modeling and institutional factors: heterogeneous rules of territory use in the Brazilian Amazonia. X Simpósio Brasileiro de Geoinformática, RJ. 2008. **Anais...** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/pimenta_geoinfo2008.pdf>.

PEREIRA, M. C.; SETZER, A. Spectral characteristics os fire scars in Landsat-5 TM images of Amazônia. **International journal of remote sensing**, v. 14, p. 2061-2078, 1993.

REYNOLDS, C. Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. SIGGRAPH comput. **Graph.**, v. 21, n.4, p. 25-34, 1987.

RELATÓRIO MMA/SCA. **A expansão da soja na Amazônia: a repetição do modelo da pecuária?**. Brasília, 1999.

RELATÓRIO SÓCIOECONOMIA. ZEE BR-163. Belém: EMBRAPA, 2008.

RICHARDS, J.A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 3. ed. Berlin: Springer, 1998. 363 p.

ROBINSON, D. T. et al. Comparison of Empirical Methods for Building Agent-Based Models in Land Use Science. **Journal of land use science**, v. 2, n.1, p. 31-55, 2007.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. 6. ed. São Paulo: Hucitec, 2008, p.75.

_____. **Metamorfoses do espaço habitado**. 6. ed. São Paulo: Edusp, 2008, p.84

SANTOS, R.A. (org.). **Violência espaço público e dependência social na amazônia oriental**. (Relatório parcial). Rio de Janeiro: FINEP, 2008.

SCHELLING, T. Dynamic models of segregation. **Journal of mathematical sociology**, v. 1, p. 143-186, 1971.

SOARES FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. São Paulo. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998.

SOARES-FILHO B. et al. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. **Global change biology**. n. 10, 2004.

SOARES FILHO, B.; CERQUEIRA, G.; PENNACHIN, C. Dinâmica: a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological modeling**, v. 154, n. 3, p. 217-35, 2002.

SOARES-FILHO, B. et al. Modeling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 4389, 2006.

STEYAERT, L.. A Perspective on the State of Environmental Simulation Modeling. In: GOODCHILD, M. F. et al. (Edit.). **GIS and environmental modeling: progress and research issues**. 1993. p. 16-30.

STEININGER, M. K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass data from Brazil and Bolívia. **International journal of remote sensing**, n. 21, p. 1139-57, 2000.

VEIGA, J. B. et.al. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia**. Brasília: UNB, 2004.

VELDKAMP, A.; FRESCO, L. O. CLUE: a conceptual model to study the Conversion of Land Use and its Effects. **Ecological modelling**, v. 85, p. 253-70, 1996 b.

VELDKAMP, A., LAMBIN, E. F. Editorial: Predicting land-use change. *Agric. Ecosyst. Environ.*, n. 85, p. 1-6, 2001.

_____. (Org.). **Resumo dos diagnósticos temáticos do zoneamento ecológico-econômico da área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém)**. 1. ed. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2006. v. 1.

VENTURIERI, A. et al. Análise da Expansão da Agricultura de Grãos na Região de Santarém e Belterra, Oeste do estado do Pará. XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.02.21>>.

_____. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Belém (no prelo).

VERBURG, P. H.; SOEPBOER, W.; VELDKAMP, A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental management**, v. 30, n. 3, p. 391-405, 2002.

_____. H.; SCHOT, P. P.; DIJST, M. J.; VELDKAMP, A. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, n.4, p. 309-24, 2004.

_____. Simulating feedbacks in land use and land cover change models. **Landscape ecology**, v. 21, n.8, p. 1171-83, 2006.

WHITE, R.; ENGELEN, G. High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. **Computer, environment and urban systems**, v. 24, p. 383-400, 2000.

WHITE, R.; ENGELEN, G.; ULJEE, I. The Use of Constrained Cellular Automata for High-resolution Modelling of Urban Land Use Dynamics. **Environment and planning b: planning and design**, v. 24, p. 323-43, 1997.

ZEE BR-163. DIAGNÓSTICO RELATIVO À ÁREA DE OCUPAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DA AMAZÔNIA – PARNA AMAZÔNIA. Belém: EMBRAPA, 2007.

ANEXOS

**ANEXO A – LISTA INICIAL DE FATORES DETERMINANTES (VARIÁVEIS
EXPLANATÓRIAS NOS MODELOS)**

FATOR		VARIÁVEIS
Projetos de assentamentos	MODELO	Quantidade total de pessoas assentadas
	MODELO	Quantidade de lotes
	MODELO	Tamanho médio dos lotes
	CENÁRIO	Índice qualitativo de eficácia de instituições (e.g., extensão agrícola, crédito, etc.)
Áreas protegidas	MODELO	Presença de unidades de conservação (talvez por tipo de unidade)
Políticas de incentivos fiscais/credito	CENÁRIO	Quantidade de crédito para atividades
	CENÁRIO	Existência de incentivos à determinada atividade
Crescimento populacional	CENÁRIO	Rural – Local e pressão da vizinhança
	CENÁRIO	Urbano – Local e pressão da vizinhança
	CENÁRIO	Total – Local e pressão da vizinhança
Densidade populacional	CENÁRIO	Rural – Local e pressão da vizinhança
	CENÁRIO	Urbano – Local e pressão da vizinhança
	CENÁRIO	Total – Local e pressão da vizinhança
Fluxos migratórios	CENÁRIO	Crescimento populacional devido à migração
	CENÁRIO	Quantidade de migrantes
Índice de intensificação da agricultura	MODELO	Aumento na produção total (ou por produtos)/quantidade de área cultivada
	CENÁRIO	Proximidade a mercados internacionais
Infra-estrutura local	MODELO	Distância a via de acesso mais próxima (estradas, portos locais, estações ferroviárias)
	MODELO	Distância a área urbana (e.g., vila) mais próxima
Hidrografia	MODELO	Presença de grandes rios
Topografia	MODELO	Declividade
	MODELO	Altitude
Proximidade das áreas abertas	MODELO	Distância
Presença do terceiro setor	CENÁRIO	ONGs; Estratégias entre CARGILL e produtores
ZEE BR-163	CENÁRIO	Unidades de gestão/implementação
Barreira sanitária	CENÁRIO	Retirada
UHE-Belo Monte	CENÁRIO	Construção